

ОБЩЕСТВО ПОЧВОВЕДОВ ИМ. В.В. ДОКУЧАЕВА

Федеральный исследовательский центр
«Коми научный центр Уральского отделения
Российской академии наук»

Институт биологии Коми научного центра Уральского отделения РАН

ПОЧВЫ – СТРАТЕГИЧЕСКИЙ РЕСУРС РОССИИ

Тезисы докладов

VIII съезда Общества почвоведов им. В.В. Докучаева
и Школы молодых ученых по морфологии и классификации почв

Сыктывкар, 2020-2022 гг.

Часть 3



Москва–Сыктывкар
2021

УДК 631.4
ББК 40.3
П 65

Почвы – стратегический ресурс России: тезисы докладов VIII съезда Общества почвоведов им. В.В. Докучаева и Школы молодых ученых по морфологии и классификации почв (Сыктывкар, 2020-2022 гг.). Часть 3 / Отв. ред.: С.А. Шоба, И.Ю. Савин. – Москва-Сыктывкар: ИБ ФИЦ Коми НЦ УрО РАН, 2021. – 1038 с.

Представлены тезисы докладов VIII съезда Общества почвоведов им. В.В. Докучаева. Освещены актуальные вопросы современного почвоведения, земледелия, мелиорации, функций почв и почвенного покрова в биосфере.

При издании сборника проведено техническое редактирование присланных тезисов. Сущность научных текстов не изменена. Ответственность за научное содержание несут авторы.

Ответственные редакторы:
С.А. Шоба, И.Ю. Савин

Составители:

Алексеев А.О., Алексеева Т.В., Алифанов В.М., Андроханов В.А., Апарин Б.Ф., Безуглова О.С., Гольева А.А., Горячкин С.В., Залибеков З.Г., Иванов А.Л., Иванов И.В., Инишева И.Л., Капелькина Л.П., Кирюшин В.И., Колесникова В.М., Конюшков Е.Д., Кудеяров В.Н., Курганова И.Н., Лаптева Е.М., Лебедева М.П., Лукина Н.В., Любимова И.Н., Макаров О.А., Макеев А.О., Масютенко Н.П., Минкина Т.М., Пинский Д.Л., Самсонова В.П., Сапожников П.М., Степанов А.Л., Сычев В.Г., Хитров Н.Б., Чернова О.В., Чуков С.Н., Шеин Е.В., Яковлев А.С.

ISBN 978-5-6046344-0-0 (ч. 3)
ISBN 978-5-6043449-3-4

DOI: 10.31140/book-2021-05

© ИБ ФИЦ Коми НЦ УрО РАН, 2021

Комиссия I

ФИЗИКА ПОЧВ

**совместно с подкомиссией по физико-механическим свойствам
и технологии почв**

Председатель – д.б.н. Е.В. Шеин

УДК 631.4

**ВНУТРИАГРЕГАТНАЯ ПОРИСТОСТЬ
И МИКРОСТРУКТУРА ЧЕРНОЗЕМА ТИПИЧНОГО
ПРИ РАЗЛИЧНОЙ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ОБРАБОТКЕ
И ЕСТЕСТВЕННЫХ УСЛОВИЯХ**

Абросимов К.Н., Холодов В.А., Фомин Д.С.
Почвенный институт им. В.В. Докучаева, Москва
E-mail: abrosimov_kn@esoil.ru

Изучение микроструктуры и порового пространства микроагрегатов при разрешении 1 μm фактически возможно только одним методом – компьютерной микротомографией. Выбранный способ исследования позволяет уверенно диагностировать и разделять поровое пространство агрегатов и твердую фазу.

Цель работы – выявить различия в микроструктуре агрегатов и структуре внутриагрегатного порового пространства для чернозема с различной сельхозобработкой и без нее.

В исследовании задействованы сухие агрегаты чернозема типичного двух различных фракций – 10-7 мм и 2-1 мм. Произведена выборка агрегатов черноземной почвы: 1) косая степь, 2) No-till, 3) No-till (контрольный образец), 4) севооборот, 5) многолетний пар, 6) лесополоса, 7) многолетняя кукуруза, 8) многолетний картофель, 9) многолетняя пшеница, 10) залежь.

Томографическое исследование выполнено в Лаборатории физики и гидрологии почв Почвенного института им. В.В. Докучаева на микротомографе SkyScan1172G. Разные фракции снимались с разным разрешением: фракция 10-7 мм с разрешением 3 μm , фракция 2-1 мм с разрешением 1 μm . Анализ томографических данных осуществлен

при помощи фирменного ПО Bruker – CTAnalyzer (CTan) v1.18.4.0. Аналитическая программа работает со стеком томографических изображений, анализируя рентген-контрастные фазы на основе автоматических алгоритмов сегментации (алгоритм Оцу и др., если фаз больше двух), или простой бинаризации изображения, где поры выделяются черным, а все что порами не является – белым. В нашем исследовании использована бинаризация на основе экспертных настроек, одинаковая для всех снятых образцов.

Сравнение микроструктуры и порового пространства осуществлялось по ряду показателей: распределение структурных элементов агрегата (пор и частиц твердой фазы) по локальной толщине, пористость (%), закрытая пористость (%), количество закрытых пор. Общая пористость – это простой подсчет черных вокселей в объемной модели (стек томографических изображений, состоящий из нескольких сотен томографических срезов, где вертикальное разрешение равно горизонтальному). Закрытая пористость – это объемные структуры порового пространства, обособленные от сети пор, выходящих на поверхность агрегата при данном томографическом разрешении.

Для агрегатов фракции 10-7 мм велико влияние пространственной изменчивости внутренней структуры, тогда как фракция 2-1 мм внутренне неразличима, различаются только объемы агрегата. Распределение частиц твердой фазы по локальной толщине в агрегатах 10-7 и 2-1 мм сильно различается. Если крупные агрегаты выглядят конгломератом частиц разного размера, то мелкие агрегаты на томографических срезах выглядят очень похожими по микроструктуре. При детальном изучении микроструктуры крупных агрегатов выявляются признаки микроагрегированности, как если бы агрегат фракции 1 см состоял из нескольких десятков более мелких. Чернозем с различной обработкой заметно различается по локальной толщине микрочастиц на фракционном уровне 10-7 мм. Наиболее явные различия наблюдаются у агрегатов с пара и косимой степи. Остальные агрегаты занимают промежуточное положение. Распределение размерных фракций у них сильно похоже друг на друга. Во фракции 2-1 мм визуальная схожесть микроструктуры подтверждается расчетами локальной толщины. Распределение долей размерных фракций в большинстве сельхозобработок практически полностью совпадает. Различия наблюдаются только в преобладающей размерной фракции 0.01-0.016 мм, выделяется пар и косимая степь более мелким фракционным составом.

Общая пористость при разрешении 3 μm варьирует в диапазоне 11.2% (пар) – 26.5% (косимая степь). Остальные параметры находятся в диапазоне 17-25%. Для разрешения 1 μm общая пористость изменяется в пределах 43 (лесополюса)–54% (косимая степь, пшеница).

В агрегатах фракции 10-7 мм также отмечена наиболее высокая закрытая пористость, а также наименьшее соотношение общей/закрытой пористости. Почти треть порового пространства крупных агрегатов лесополосы и пара приходится на закрытую пористость, но при разрезении 1 μm это соотношение изменяется на порядки. Закрытые поры практически исчезают.

По ряду показателей из чернозема с разной сельхозобработкой можно выделить многолетний пар (высокая закрытая пористость, низкая общая, локальная толщина частиц заметно выше среднего показателя).

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФ (проекты № 19-74-10070 и 19-16-00053) и РФФИ (проект № 19-04-01056) с привлечением оборудования Центра коллективного пользования «Функции и свойства почв и почвенного покрова» Почвенного института им. В.В. Докучаева.

УДК 631.437

МАГНИТНАЯ ВОСПРИИМЧИВОСТЬ МЕРЗЛОТНЫХ ЛУГОВО-ЧЕРНОЗЕМНЫХ ПОЧВ ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЯКУТИИ

Алексеев А.А., Чевычелов А.П.

Институт биологических проблем криолитозоны СО РАН, Якутск
E-mail: alex3.fromru@gmail.com

Магнитная восприимчивость (МВ) является показателем, отражающим почвенно-генетические и почвенно-экологические особенности конкретных типов почв. В настоящее время достаточно хорошо изучена МВ почв европейской территории России и в меньшей степени Сибири. Работы по исследованию МВ мерзлотных почв криолитозоны до последнего времени практически не проводились и в научной литературе имеются лишь отдельные упоминания об этом. Здесь нами впервые приводятся результаты исследования объемной магнитной (ОМВ) и удельной магнитной (УМВ) восприимчивости мерзлотных лугово-черноземных почв Центральной Якутии. Данный тип относится к группе лугово-степных почв. Лугово-черноземные почвы формируются в пределах Центрально-Якутской равнины в условиях криоардного климата, на надпойменных террасах р. Лена и ее притоков под разнотравно-злаковыми остепненными лугами. Всего нами было изучено 11 разрезов мерзлотных лугово-черноземных почв, заложенных на средней Лене, при этом шесть почвенных разрезов представляли естественные лугово-степные ландшафты данного региона, а пять – антропогенно измененные сельскохозяйственные угодья (пашни, пары, залежи). ОМВ определялась на

малогабаритном измерителе магнитной восприимчивости КМ-7, который является усовершенствованной версией каппаметра КТ-6 чешского производителя SatisGeo. Каппаметр КМ-7 характеризуется высокой чувствительностью ($1 \cdot 10^{-6}$ ед. Си) и превосходной точностью измерений. Значения ОМВ (χ) рассчитывали по среднему показанию из трех измерений. Величину УМВ (χ) получали путем деления значения ОМВ на плотность почвы ρ (выраженную в $\text{кг}/\text{м}^3$), т.е. $\chi = \rho/\chi$. Размерность УМВ – $10^{-8} \text{ м}^3/\text{кг}$. Для получения обобщенных показателей УМВ изучаемых мерзлотных лугово-черноземных почв оба массива, как целинных ($n = 6$), так и антропогенно измененных ($n = 5$) почв обрабатывали статистическими методами и получали значения среднего (\bar{x}), стандартного отклонения (S), ошибки среднего (S_x) и коэффициента вариации (V). При этом итоговое значение УМВ, отнесенное к конкретному почвенному горизонту, записывалось в виде $(\bar{x} \pm S_x)V$. Таким образом, для мерзлотных лугово-черноземных почв естественных ландшафтов были получены следующие значения УМВ: Ad – $(67.6 \pm 7.7)23$, A – $(86.9 \pm 11.6)33$, AB – $(74.4 \pm 9.3)30$, Bca – $(63.8 \pm 5.2)18$, BCca – $(85.6 \pm 10.9)31$, C – $(105.7 \pm 11.3)24$, в то время как для мерзлотных лугово-черноземных агрогенно трансформированных почв: Ap – $(105.0 \pm 13.1)28$, AB – $(98.0 \pm 15.6)35$, Bca – $(114.6 \pm 40.8)80$, BCca – $(99.6 \pm 7.5)17$, C – $(133.1 \pm 18.3)31$. Полученные данные указывают на то, что вариабельность значений МВ в целинных лугово-черноземных почвах, как правило, незначительная и не превышает 30%, в то время как в их антропогенно измененных аналогах таковая достигает 80%. Из приведенных данных также следуют, как минимум, два вывода: во-первых, для исследуемых мерзлотных почв не характерен аккумулятивный тип магнитного профиля, отмечаемый для аналогичных черноземных почв немерзлотных регионов России, и, во-вторых, антропогенное воздействие на мерзлотные лугово-черноземные почвы в природных условиях Центральной Якутии сопровождается ростом значений их УМВ. К этому необходимо добавить то, что мерзлотные почвы, подстилаемые многолетнемерзлыми породами, выполняющими роль мерзлотного экрана, формируются под влиянием процессов криогенеза и, вероятно, обладают специфическими магнитными свойствами и магнитным профилем.

УДК 631.43

**ВОДНО-ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА
ТРУДНОМЕЛИОРИРУЕМЫХ ПОЧВ МИРЗАЧУЛЬСКОГО ОАЗИСА****Батиров Ш.А.¹, Курвантаев Р.^{2,3}**¹Ташкентский аграрный университет, Ташкент²НИИ почвоведения и агрохимии, Ташкент³Гулистанский государственный университет, Гулистан

E-mail: kurvontoev@mail.ru

Сельскохозяйственные производители теряют до 50% урожая в результате избытка токсичных растворимых солей в верхних слоях почвы. Практикуемые методы мелиорации земель связаны с интенсивной промывкой земель и значительным объемом коллекторно-дренажного стока, отводимым в реки, и являются основной причиной ухудшения качества вод в их нижних течениях. Природные условия поливной территории, где распространены трудномелиорируемые луговые и сероземно-луговые почвы Мирзачульского оазиса, характеризуются высокой интенсивностью биологических процессов, которые приводят к быстрому уменьшению запасов гумуса и питательных элементов в почве, засолению, утрате структуры, ухудшению физических свойств.

Удельная масса (УМ) – наиболее постоянная величина, зависит от химического и, в значительной степени содержания гумуса, минералогического состава почвообразующих пород. УМ новоорошаемой легкосуглинистой луговой почвы колеблется от 2.60 до 2.70 г/см³, сероземно-луговой почвы – от 2.55 до 2.68 г/см³. Объемная масса, или плотность сложения (ОМ) определяет водный, воздушный, тепловой и питательный режимы, микробиологическую деятельность и развитие корневой системы растений. Величина ОМ в трудномелиорируемых почвах изменяется в широких пределах (1.29-1.70 г/см³). Наименьшие показатели ее в пахотном горизонте орошаемых луговых и сероземно-луговых почвах, наибольшие – в подпахотном и нижних слоях почвенного профиля. Под влиянием орошения, обработки и сельскохозяйственных культур происходят большие изменения морфологических, химических и физических свойств почв, особенно ОМ. В процессе полива иллювируются и дезагрегация в нижних горизонтах увеличиваются, особенно там, где уровень грунтовых вод залегает ближе к поверхности, тонкая прослойка гипса появляется на уровне 40-50 см на луговой почве, ее ОМ доходит до 1.55-1.75 г/см³. В пределах верхних горизонтов наибольшим уплотнением отличается подпахотный горизонт. Следовательно, сероземно-луговые почвы имеют более рыхлое сложение не только в верхней части почвенного профиля, но и в почвообразующей породе. Общая

порозность (ОП) пахотного горизонта сероземно-луговой почвы характеризуется наиболее высокими значениями с колебаниями от 45 до 50%. В луговой почве с увеличением ОМ в нижних горизонтах ОП сильно снижается – до 36-42 %.

Особенности механического и макроагрегатного составов, а также ОМ, ОП, степень засоленности и гипсованность почв оказывают большое влияние на водные свойства трудномелиорируемых почв Мирзачульского оазиса. Максимальная гигроскопичность (МГ) зависит прежде всего от механического состава почвы, главным образом от содержания илистых частиц, гумуса, солей и состава поглощенных оснований. МГ на отмытых от солей образцах новоорошаемых среднесуглинистых сильнозасоленных, средnezасоленных луговых и сероземно-луговых почв колеблется от 2.9 до 7.0%, в новоорошаемых легкосуглинистых сильнозасоленных луговых и новоорошаемых супесчаных сильнозасоленных сероземно-луговых почвах – от 4.0 до 6.0 г/см³. Высокая МГ связана в значительной мере с гигроскопичностью присутствующих в почве солей (NaCl, Na₂SO₄, MgCl₂, CaCl₂, CaSO₄·2H₂O). В орошаемых легко-среднесуглинистых слабо-средnezасоленных луговых, сероземно-луговых почвах влажность завядания (ВЗ) составляет 3.5-6.5%, а в новоорошаемых легкосуглинистых сильнозасоленных сероземно-луговых и луговых почвах – 6.0-7.0% к массе почвы. В отличие от незасоленных и слабозасоленных в сильнозасоленных орошаемых луговых и сероземно-луговых почвах в силу большой обогащенности их солью, а также наличия гипсованных горизонтов величины ВЗ несколько повышены.

УДК 631.4

ВЛИЯНИЕ ВЕРХНЕГО ГРАНИЧНОГО УСЛОВИЯ НА ТОЧНОСТЬ РАСЧЕТА РЕЖИМА ВЛАЖНОСТИ ПОЧВ В ИМИТАЦИОННОМ МОДЕЛИРОВАНИИ

Болотов А.Г.¹, Шейн Е.В.^{2,3}

¹ РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева, Москва

E-mail: agbolotov@gmail.com

² Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Москва

³ Почвенный институт им. В.В. Докучаева, Москва

E-mail: evgeny.shein@gmail.com

Обязательным элементом цифровизации является разработка и создание интеллектуальных управляющих систем в различных отраслях экономики. В сельском хозяйстве при создании подобных систем одной из проблем является мониторинг влажности почвы на поле с учетом вариабельности ее свойств. При моделировании возникает вопрос точности входных параметров модели и оценки

диапазона ее адаптации. Для выявления степени влияния верхнего граничного условия на режим влажности почв и оценки погрешности его расчета была проведена функциональная проверка полученных значений гидротермических параметров и свойств с помощью численного моделирования в программной среде *Hydrus*, что позволило сформировать экспериментальный блок модели (пре-процессор). Для оценки погрешности расчета режима влажности было выбрано верхнее граничное условие в виде изменяющихся и постоянных экспериментальных значений объемной влажности, давления, потока с различным шагом опробования; нижнее граничное условие задавалось в виде свободного стока. Проведены численные эксперименты с входными параметрами, изменяющимися в диапазоне от -50 до $+50\%$ относительно исходных значений и регистрацией погрешности расчета объемной влажности почвы.

Анализ зависимости относительной погрешности расчетной влажности почвы от изменения входных параметров показал, что погрешность расчета менее всего зависит от изменения начального условия и параметра K_s . Для граничных условий и параметра θ_r эта зависимость несколько выше. Наиболее высокие требования к точности задания входных величин должны предъявляться к параметрам ван Генухтена n , θ_s и α , так как при вариации этих параметров погрешность расчета наибольшая. Показано, что зависимость $S_E = f(\Delta\beta/\beta)$ отображает диапазон адаптации модели. Выявлена возможность адаптации модели для рассмотренного случая по нижнему граничному условию и параметру α . Уменьшение этих величин на 20 и 10% соответственно снизило общую ошибку расчета до 7.8%. Критерием адаптации модели является необходимое и достаточное условие экстремумов (минимума) функции $S_E = f(\Delta\beta/\beta)$: $S'_E = f(\Delta\beta/\beta) = 0$, $S''_E = f(\Delta\beta/\beta) > 0$, где $\Delta\beta/\beta$ – стационарная точка. Другой информативной характеристикой является функция чувствительности модели $\Delta u/y_0 = S(\Delta\beta/\beta_0)$, где β_0 – выходная функция модели влагопереноса (объемная влажность почвы), $\Delta\beta$ – ее изменение, y_0 – входные параметры модели влагопереноса (параметры модели ОГХ), Δu – их изменение, S – коэффициент чувствительности модели. Анализ зависимости величин коэффициента чувствительности от изменения входных параметров показал, что модель наименее чувствительна к изменению начального условия и параметра K_s . Для граничных условий и параметра θ_r чувствительность несколько выше. Наиболее высокие требования к точности задания входных величин должны предъявляться к параметрам модели ОГХ ван Генухтена n , θ_s и α , так как их коэффициенты чувствительности наибольшие. Выявлено уменьшение влияния начального условия с течением времени на погрешность расчета режима влажности, что является следствием того, что *Hydrus* является детерминистской моделью. На 11 сут. и расчета это влияние полностью нивелируется.

Из этого можно сделать практически важный вывод, что в качестве начальных условий можно задавать любые значения влажности (давления влаги) почвы, например, соответствующие наименьшей влагоемкости на момент весеннего снеготаяния, и принимать к учету расчетные значения этих величин, полученные на 11 сут. расчета. Для минимизации погрешности расчета режима влажности в течение вегетационного периода при использовании верхнего граничного условия первого рода не рекомендуется превышать шаг по времени более 10 сут.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 19-29-05112.

УДК 631.43 (571.63)

ВЛИЯНИЕ ВНЕСЕНИЯ БИОУГЛЯ НА ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА АГРОПОЧВ ЮГА ПРИМОРСКОГО КРАЯ

Брикманс А.В.¹, Попова А.Д.^{1,2}, Семаль В.А.^{1,2}, Нестерова О.В.¹

¹ Дальневосточный федеральный университет, Владивосток

E-mail: anastasyach7@mail.ru

² ФНЦ биоразнообразия наземной биоты Восточной Азии ДВО РАН,

Владивосток

E-mail: semal.va@dvfu.ru

Возникновение и развитие земледелия мотивирует изучение изменений свойств почв, перешедших из естественного состояния в агроэкосистемы и приобретших статус агроземов. При организации угодий и севооборотов решается вопрос о полном и рациональном использовании всех земель с целью получения максимального количества продукции при наименьших затратах средств и труда. Однако при систематическом возделывании сельскохозяйственной продукции почва подвергается колоссальной нагрузке, что оказывает негативное влияние на ее агрофизические свойства.

Объект исследования – почвы (темногумусовые подбелы) Приморской овощной опытной станции с овощным севооборотом с применением глубокого дренажа (120 см) и без него. С 2018 г. в качестве мелиоранта для улучшения физических свойств почв впервые внесли биочар (1 и 3 кг/м²) как структурный улучшитель для агропочв. В связи с этим целью исследования является изучение изменения физических свойств агропочв юга Приморского края при внесении биочара.

Исследования показали, что до внесения биочара в мае 2017 г. агрозем по гранулометрическому составу в системе с дренажом относился к глинам средним – содержание физической глины составляло

71%, содержание фракции ила достигало 35%. В системе без дренажа по гранулометрическому составу агрозем относился к глинам легким (сумма фракций <0.01 мм – 56%, содержание фракции ила 24%). После внесения биочара в июне 2018 г. в дренажной системе наблюдались незначительные улучшения гранулометрического состава до глины легкой – содержание суммы частиц <0.01 составляло 51%, при этом значительные изменения наблюдались в содержании фракции ила – 7%. В системе без дренажа гранулометрический состав остался без изменений. К 2019 г. данные гранулометрического состава в дренажной системе остались без изменений (глина легкая), в системе без дренажа были выявлены изменения гранулометрического состава до суглинка тяжелого (содержание частиц <0.01 мм составляло 41%, при этом фракция ила составила 9%).

Также были выявлены незначительные улучшения общей пористости агроземов, которая в 2017 г. составляла в дренажной системе 53% (удовлетворительная), без дренажа – 47% (неудовлетворительная). К 2019 г. данные показали, что в дренажной системе общая пористость составила 59% (отличная), в системе без дренажа – 53% (удовлетворительная).

Применение биочара в течение 2018-2019 гг. улучшило физические свойства почв, гранулометрический состав с глины средней изменился на суглинок тяжелый, а также улучшилась общая пористость агропочв.

Исследования проведены при поддержке гранта РФФИ № 19-29-05166\19.

УДК 631.4

ГИДРОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА КОНСТРУКТОЗЕМОВ В УСЛОВИЯХ ГОРОДА МОСКВЫ

**Бутылкина М.А., Умарова А.Б., Гулакова К.Н., Сусленкова М.М.,
Терашкевич М.С., Гасина А.И., Кокорева А.А.**

Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Москва
E-mail: m.butylkina@gmail.com

Конструктоземы, или почвенные конструкции – это искусственные почвы различного целевого назначения. Использование разнообразных почвенно-грунтовых субстратов, а также изменение последовательности и мощности слоев в профиле конструкций может приводить к формированию различных вариантов водно-воздушного, температурного и питательного режимов для растений. Уже в первые годы после создания в насыпных слоях конструктоземов происходит быстрое изменение почвенных свойств, дифференциация порового

пространства, что в дальнейшем на порядки замедляет скорость трансформации почв и определяет их водно-воздушный режим. Интенсивность и направленность изменений зависит от состава и строения конструктороземов. Целью исследования явилось изучение гидрологических свойств конструктороземов разного строения через четыре года после создания в условиях г. Москвы.

В 2012 г. на территории Почвенного стационара МГУ, почвенный покров которого представлен конструктороземом 1950-х гг., был выкопан котлован глубиной 30 см. На выровненном по уровню дне котлована из вынутой почвы – горизонт Апах – был создан однородный слой мощностью 12 см. На его поверхности были установлены деревянные квадратные коробки без дна высотой 18 см. В качестве гидро- и теплоизоляции конструкций была использована строительная пена. Пространство между стенками коробов было засыпано уплотненной почвой. Далее были сформированы три варианта почвенных конструкций размером 50×50 см. Вариант 1 – конструкции, состоящие из горизонта Апах (0-18 см); вариант 2 – слоистые конструкции, представляющие собой чередование слоев Апах (0-6 см)–торф (6-12 см) (пакетированный, низинный высокой степени разложения (более 30%), нейтрализованный мелом (рН 5.5-6.5), производитель ООО «Селигер-торф»)–песок карьерный (12-18 см); вариант 3 – конструкции, состоящие из смеси Апах, торфа и песка (0-18 см), взятых в том же соотношении, в каком они представлены в слоистой конструкции. Каждый вариант конструкций был создан в семикратной повторности. В 2016 г. на поверхности опытных площадок с конструкциями было проведено измерение водопроницаемости методом трубок с постоянным напором. Из конструкций каждого варианта были отобраны большие монолиты ($d = 15$ см, $h = 24$ см) в двух повторностях, малые монолиты ($d = 4.5$ см, $h = 10$ см) – в трех повторностях, и насыпные образцы. Малые монолиты были отобраны таким образом, чтобы в середине монолита оказалась граница между соседними слоями, большие монолиты по высоте охватывали весь профиль конструкций. Были послойно определены плотность твердой фазы (ρ_s , г/см³), содержание общего углерода (%), гранулометрический состав почв. В ходе лабораторных колоночных экспериментов с большими и малыми монолитами были определены коэффициенты фильтрации (Кф). Определение основной гидрофизической характеристики (ОГХ) было проведено капилляриметрическим методом в зондовом варианте (в диапазоне rF от 1.0 до 2.7-2.9). Аппроксимация кривых ОГХ была проведена в пакете RETC. По кривым ОГХ были рассчитаны значения почвенно-гидрологических констант по методу А.Д. Воронина (1984). Величина наименьшей влагоемкости была также определена по кривым ОГХ как влажность, соответствующая потенциалу почвенной влаги – 330 см в.ст. Полученные результаты

свидетельствуют о дифференцированности порового пространства и наличии крупных пор и трещин в конструкциях варианта 1. Послойное изучение Кф выявило снижение скорости фильтрации на стыке разнородных по своему составу слоев: при переходе от песчаного слоя к Апах и слоя из смеси к Апах. Водоудерживающая способность почв возрастает в ряду песок–смесь–Апах–торф.

Работа осуществлена при поддержке гранта РФФИ № 19-29-05252 МК.

УДК 631.43

ВЛИЯНИЕ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ДОРОЖНОЙ ПЫЛЬЮ НА СМАЧИВАЕМОСТЬ ПОЧВ НА ПРИМЕРЕ ГОРОДА МОСКВЫ

Быкова Г.С., Умарова А.Б., Клепикова Е.А., Большакова В.В.

Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Москва

E-mail: bykovags@gmail.com

В условиях города одной из важных функций почв и почвенных конструкций является их способность поддерживать необходимые условия для роста и развития искусственных насаждений. Поэтому вопросы поддержания оптимального водного режима почв можно по праву считать одними из приоритетных. Способность почв смачиваться водой, т.е. их смачиваемость – характеристика, дающая нам представление о том, как будет себя вести жидкость на поверхности и в профиле почв. Жидкость будет беспрепятственно проникать в гидрофильную, хорошо смачиваемую почву, впитываться и удерживаться в ее агрегатах. Гидрофобные почвы, напротив, будут отталкивать воду, сокращая запасы продуктивной влаги, а их орошение сопряжено с большими трудностями.

Почвы крупных городов подвержены влиянию огромного количества источников загрязнения, и городской транспорт и транспортные системы в последние 10-летия, пожалуй, являются одними из повсеместно и наиболее распространенных источников. Городская дорожная пыль содержит нефтепродукты, остатки резины, различные полимеры, продукты абразии асфальта, токсичные углеводороды (ПАУ). Имея отличные от почвы состав и свойства, попадая на поверхность почвы, дорожная пыль может менять ее свойства.

Цель работы – исследование влияния дорожной пыли на смачиваемость верхнего слоя городских почв на примере почв г. Москвы.

Был проведен модельный эксперимент, в котором образцы почвы загрязнялись дорожной пылью в дозах, характерных для одного, пяти и 10 лет загрязнения. Для оценки смачиваемости полученных смесей были определены краевые углы смачивания методом статической

сидячей капли с помощью цифрового гониометра – системы анализа формы капли Drop Shape Analysis System DSA100 (KRÜSS, Германия). В качестве тестовой жидкости использовалась дистиллированная деаэрированная вода, подаваемая на поверхность подготовленных образцов каплями объемом 1.5 мкл со скоростью 200 мкл/мин.

Все фракции дорожной пыли (<0.1, 0.1-0.25, 0.25-0.5 и 0.5-1 мм) обладают гидрофобной поверхностью с углом смачивания более 130°. Загрязняя почву в дозе, характерной для годового воздействия, пыль уменьшает смачиваемость исходно гидрофильной почвы (краевой угол смачивания увеличился с 60.4 до 83.4°). С возрастанием доз загрязнения поверхность твердой фазы почвы становится гидрофобной (117.9° и более 120° для пяти- и 10-летнего загрязнения соответственно). Исследования динамики впитывания капли в образец показали, что даже низкие концентрации загрязнителя существенно снижают время впитывания капли в образец.

Работа выполнена при финансовой поддержке проектов РФФИ № 19-04-01298 и 19-29-05252 мк.

УДК 631.4:631.5

ВЛИЯНИЕ ПРЕДШЕСТВЕННИКОВ НА ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА КАШТАНОВЫХ ПОЧВ И УРОЖАЙНОСТЬ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ

Гумматов Н.Г., Алескерова Т.С.
НИИ земледелия, Баку
E-mail: ngummatov@mail.ru

Основной целью современной агрофизики и земледелия является обеспечение устойчивого, экономически эффективного и экологически безопасного производства продукции растениеводства для удовлетворения потребности населения при сохранении агроресурсов, прежде всего, плодородия почвы. С этой точки зрения в связи с физической, химической и биологической деградацией почвенного плодородия и неполноценным формированием потенциальной урожайности зерновых культур, вызванным негативными воздействиями природных и антропогенных факторов, в современных условиях наравне с внесением удобрений и обработкой почвы научно обоснованный выбор предшественника является актуальным. Отбор правильного и качественного предшественника, особенно в богарных регионах, на фоне внесения удобрений и обработки почвы, соответствующих почвенно-климатическим условиям, в целом способствует улучшению плодородия почвы, ее физических свойств, а также получению высокого и качественного урожая зерновых культур.

В связи с вышеизложенным целью исследования являлось изучение влияния предшественников на физические показатели плодородия почвы, урожайность озимой пшеницы и качество урожая на фоне традиционного внесения удобрений и обработки почвы в подрайоне Хилмилли Гобустанского района Горно-Ширванского экономико-географического региона Азербайджанской Республики.

Исследование проведено в масштабе производственных сельхозугодий в подрайоне Хилмилли Гобустанской зонально-опытной станции НИИ земледелия при идентичных условиях возделывания и отличающихся по предшественникам (кормовой горох (Π_1), черный пар (Π_2), продовольственный горох (Π_3), пшеница (Π_4) агроценозах озимой пшеницы в вегетационный период 2018-2019 гг. Участок исследования состоял из горного серо-коричневого (каштанового) почвенного покрова с легким и среднесуглинистым гранулометрическим составом. Образцы почвы были взяты в начале и конце вегетации с помощью почвенного бура в пяти повторностях из пахотного (0-30 см) и подпахотного (30-60 см) слоев. Физические свойства почвы (влажность – W , плотность – ρ_b , плотность твердой фазы – ρ_s , пористость – ε_t , количество водопрочных агрегатов (>0.25 мм) и средневзвешенный диаметр агрегатов – D_m и т.д.), биологическая урожайность, урожайность зерна и показатели качества зерна (масса 1000 зерен, стекловидность, содержание белка и клейковины, ИДК и т.д.) пшеницы были определены существующими стандартными методами.

Было выявлено, что среднее значение изученных в результате исследования характеристик почв и растений в зависимости от предшественника и глубины почвенного слоя варьировали в следующих интервалах: ρ_s – 2.53-2.74 г/см³, ρ_b – 0.97-1.52 г/см³, W – 13.08-33.13%, ε_t – 39.02-61.01%, >0.25 мм – 51.56-85.30, D_m – 0.512-0.897 мм. В зависимости от предшественника урожайность и показатели качества зерна озимой пшеницы варьировали в следующем диапазоне: общая сухая биомасса – 10.0-19.9 т/га, урожайность зерна – 2.6-5.9 т/га, показатели качества зерна: масса 1000 зерен – 33.2-45.9 г, стекловидность – 47.3-73.3%, содержание белка – 10.9-14.3%, содержание клейковины – 13.9-29.7%, ИДК – 83.4-104.4.

Сравнительный статистический анализ результатов показывает, что предшественники Π_1 , Π_2 и Π_3 играют важную роль в получении высокого и качественного урожая зерновых культур и улучшении физических свойств почвы, так как эти предшественники наряду с положительным влиянием на свойства почвы, также значительно повышают биологическую продуктивность, урожайность и качество зерна пшеницы. При порядке уменьшения влияния предшественника на урожайность и качество зерна озимой пшеницы $\Pi_1 > \Pi_2 > \Pi_3 > \Pi_4$ абсолютная разница между предшественниками Π_3 , Π_2 , Π_1 и Π_4 по урожайности зерна пшеницы составляет 19-33 ц/га, а между предшественниками Π_2 , Π_3 и Π_1 – 5-14 ц/га.

УДК 631.434.1

НЕКОТОРЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ СТРУКТУРНОГО СОСТОЯНИЯ МЕРЗЛОТНЫХ ПОЧВ В СКЛОНОВОМ РЕЛЬЕФЕ ЕРАВНИНСКОЙ КОТЛОВИНЫ

Дармаева Н.Н.

Бурятский НИИ сельского хозяйства, Улан-Удэ
E-mail: darmaeva.nina@gmail.com

Исследования мерзлотных почв проведено в пределах южного склона террасовала Еравнинской котловины, пересекающего денудационно-грядовую систему с абсолютной высотой 895 м над ур.м. и относительной высотой 30-40 м с простираем север-юг. Криогенез проявляется в форме морозобойных трещин, глубоких гумусовых затеков в профиле почв. На вершине и середине склона южной экспозиции формируются мерзлотные лугово-черноземные почвы, подножие склона представлено аллювиальной луговой мерзлотной почвой. Физические и физико-механические свойства определяли общепринятыми в почвоведении методами. В почвах на вершине и подножии склона содержание гумуса составляет около 6%, почва транзитной части склона относится к низкогумусной (1.8%). Распределение гумуса по профилю резко убывающее. Вследствие медленного оттаивания почв и в связи с особенностями режима снеготаяния и ливневым характером летних осадков отмечается повышение количества обменных катионов, возрастает значение емкости катионного обмена и подщелачивание почв от вершины к подножию. Почвы склона хрящеватые, формируются на породах тяжелого гранулометрического состава. Гранулометрический состав почв среднесуглинистый иловато-песчаный, по профилю однородный, но в лугово-черноземной почве на вершине склона происходит утяжеление с глубиной до легкоглинистого. Результаты анализа агрегатного состава показывают, что почвы характеризуются высоким содержанием агрономически ценных агрегатов (78-80%) и отличным агрегатным состоянием с высоким коэффициентом структурности. Лугово-черноземная почва характеризуется недостаточно удовлетворительной водопрочностью агрегатов. Криогенная природа формирования агрегатов и их высокая пористость обуславливают низкую водоустойчивость. Аллювиальная луговая почва относится к почвам с удовлетворительной водоустойчивостью при содержании водопрочных агрегатов 31%. Возможно, часто возникающие анаэробные условия в данной почве способствуют формированию более водопрочных агрегатов по сравнению с почвами верхних позиций. Плотность почв варьирует в близких пределах и увеличивается с глубиной (0.97-1.45 г/см³). Реологические свойства почв являются функциональными проявлениями поверхностных

свойств твердой фазы почв, определяющих образование, устойчивость и деградацию почвенной структуры. По числу пластичности все почвы склона оцениваются как пластичные, но наибольшей пластичностью отличается аллювиальная луговая почва. Исследования зависимости пластической прочности межчастичных связей мерзлотных почв от величины сдвигового напряжения проводились в состоянии пасты при влажности предела текучести. Количественное выражение прочности зависит от положения почв в рельефе, при этом определяющими факторами являются содержание гумуса и тонкодисперсных частиц. В лугово-черноземной почве на вершине и середине склона прочность определялась количеством илистой фракции. В почве на вершине склона значения прочности по профилю составляют около 0.45 кг/см^2 . Почва транзитной позиции выдерживает большие нагрузки ($0.61\text{-}0.86 \text{ кг/см}^2$), что, возможно, связано с преобладанием кристаллизационных связей между частицами, причем происходит дилатантное уплотнение нижних горизонтов. В аллювиальной луговой почве прочность паст уменьшается вниз по профилю в соответствии с содержанием гумуса и ила, однако в целом прочность выше, чем в других почвах (1.69 кг/см^2). Почва проявляет более высокую устойчивость к сдвиговому напряжению. Возможно, это происходит из-за близких сил взаимодействия и увеличения коагуляционных связей между частицами.

УДК 631.4

**ТОМОГРАФИЧЕСКАЯ ПОРИСТОСТЬ ПОЧВ:
ОСОБЕННОСТИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ПОР ПО РАЗМЕРАМ
В СУХИХ И ВЛАЖНЫХ ПОЧВАХ,
СВЯЗЬ С ГИДРОЛОГИЧЕСКИМИ СВОЙСТВАМИ**

Дембовецкий А.В.¹, Калнин Т.Г.¹, Шейн Е.В.^{1,2}

¹ Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Москва
E-mail: avd26@yandex.ru

² Почвенный институт им. В.В. Докучаева, Москва

Томографические исследования почв распространены во многих областях почвоведения и физики почв. С помощью этого метода проводятся исследования особенностей структуры порового пространства различных почв, формы и размеров пор, их изменений при различного рода природных и антропогенных процессах. Основными проблемами остаются процесс бинаризации – надежного разделения твердой фазы от порового пространства, реконструкция порового пространства и нахождение связей томографически определенных параметров с классическими физическими и гидрологическими свойствами почв, используемыми как для анализа почвенных процессов, так и для

разного рода практических расчетов. В настоящее время благодаря микроморфологии и томографии в характеристику структуры все больше начинают проникать параметры томографического изучения почв, такие как открытая и закрытая пористость, распределение пор по размерам, параметры оценки физического состояния почв и, в частности, физической деградации почв.

Цель данного исследования – оценить возможности соответствия функциональных физических (фильтрации, устойчивости структуры и др.) и томографических (распределение пор по размерам во влажном и сухом состояниях почвы, открытая и закрытая пористость, число контактов и др.) показателей.

Анализ распределений пор по размерам, полученных с помощью томографических методов на ненарушенных образцах различной влажности (в воздушно-сухом состоянии и при полном насыщении), позволил более определенно, чувствительно и точно анализировать эти процессы набухания-усадки, выраженные в виде распределения объемов пор по их радиусам. Показано, что объем агрегата агросерой лесной тяжелосуглинистой почвы увеличивается на 8-15% при увлажнении. В исходных воздушно-сухих агрегатах преобладает открытая пористость (12-19%) над закрытой (0.8-2.0% от общей томографической), однако при увлажнении доля закрытой пористости увеличивается, что указывает на существенные изменения в структуре порового пространства почв во влажном и сухом состояниях. Со всей определенностью можно сказать о том, что структура порового пространства является одним из основных динамических показателей функционирования почв, на что многократно указывал А.Д. Воронин. Проецируя этот подход к анализу порового пространства и учитывая стремительное развитие томографических методов исследования почв, можно утверждать, что этот метод анализа структуры порового пространства в ближайшее время окажется на лидирующих позициях при анализе физических условий, оценке гидрологических свойств почв (фильтрации, набухания, гистерезисных явлений и др.).

Работа выполнена при частичной поддержке грантов РФФИ № 19-04-01056-а и 19-29-05112-мк.

УДК 631.41(43)+631.421.2

ИЗУЧЕНИЕ АГРОФИЗИЧЕСКИХ И ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТЫХ ПОЧВ ПРИ ПРИМЕНЕНИИ БИОУГЛЯ

Дубровина И.А., Юркевич М.Г., Сидорова В.А.

Институт биологии ФИЦ Карельского НЦ РАН, Петрозаводск

E-mail: vorgo@mail.ru

В связи с общемировым ростом населения, в то время как количество пахотных земель остается ограниченным, восстановление качества деградированных почв рассматривается как ресурс для производства продуктов питания и продовольственной безопасности. В последнее 10-летие проводятся обширные исследования возможности применения биоугля в качестве почвоулучшающей добавки, так как он оказывает выраженное влияние на многие составляющие почвенного плодородия. Являясь микропористым высокоуглеродистым продуктом, биоуголь считается одной из наиболее устойчивых форм восстановленного углерода для химического окисления. Применение биоугля влияет на количество выбросов парниковых газов из почвы, и его данные свойства предлагается использовать в борьбе с глобальным потеплением климата. Несмотря на многочисленные исследования биоугля, результаты их достаточно противоречивы из-за сложного взаимодействия угля с почвой и выращиваемыми культурами. В то же время существует недостаточно сведений о его влиянии на дерново-подзолистые почвы бореальной зоны, имеющие ряд неблагоприятных для роста растений свойств.

Целью данной работы было изучение влияния различных дозровок и фракций биоугля на некоторые физические и физико-химические свойства дерново-подзолистых почв в модельном эксперименте. Исследовали образцы верхнего пахотного горизонта (0-20 см) песчаной и тяжелосуглинистой дерново-подзолистых почв, вовлеченных в сельскохозяйственное использование. Воздушно-сухую навеску почвы 500 г помещали в литровый сосуд и добавляли древесный уголь фракций 5-3 и ≤ 2 мм в количестве 2 и 5% от массы почвы. Контролем служили образцы почвы без добавления угля. Образцы тщательно перемешивали с дистиллированной водой до полного водонасыщения. После полного высыхания смачивание и перемешивание повторяли (пять циклов). Период компостирования составил 100 сут. при температуре 20 °С. Повторность опыта пятикратная. После завершения эксперимента в почвенных образцах определяли объемную плотность, полную влагоемкость, макроагрегатный состав, объемную теплоемкость сухой почвы, рН водный и солевой, гидролитическую кислотность, емкость катионного обмена (ЕКО), степень насыщенности почв основаниями и обменные катионы.

100-суточный модельный эксперимент показал, что применение биоугля в качестве мелиоранта для дерново-подзолистых почв меняет их агрофизические и физико-химические характеристики. Достоверное влияние на плотность почв оказывают 5%-ные дозировки угля независимо от его фракции. В песчаной почве наблюдаются значительные изменения полной влагоемкости независимо от дозировки биоугля. В тяжелосуглинистой почве достоверные изменения полной влагоемкости есть лишь для варианта с 5%-ной дозировкой. На показатели объемной теплоемкости наибольший эффект в обеих почвах оказывает 5%-ная дозировка крупного угля. Принципиально не меняя показатели водоустойчивости, внесение биоугля улучшает агрегатное состояние и коэффициент структурности тяжелосуглинистой почвы, а также увеличивает связность песчаной почвы. Происходит значительное изменение рН среды, обменной и общей кислотности. Показатели стандартной и эффективной ЕКО увеличиваются прямо пропорционально увеличению содержания обменных оснований и рН среды в вариантах опыта. Содержание обменных оснований в смеси почва-биоуголь возрастает пропорционально количеству внесенного угля и зависит от его фракции. Сумма оснований увеличивается более заметно в песчаной почве, наибольший прирост отмечен для кальция. Степень насыщенности основаниями достоверно увеличивается во всех вариантах, особенно с мелкой фракцией угля. В целом изменения всех показателей наиболее выражены в песчаной почве, изначально более кислой, с более низкой ЕКО и меньшим содержанием обменных оснований. Наибольший эффект оказывала повышенная дозировка и более мелкая фракция биоугля.

Работа выполнена в рамках госзадания ФИЦ КарНЦ РАН (№ темы 0221-2017-0047).

УДК 631.67

ОЦЕНКА ПОЧВЕННЫХ СТРУКТУР С ПОМОЩЬЮ ЭЛЕКТРОЕМКОСТНОГО МЕТОДА

Егоров Ю.В., Судницын И.И.

Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Москва
E-mail: yury-egorov@mail.ru

Сущность метода заключается в том, что определяют коэффициенты пропорциональности между изменениями электрической емкости и влажности для почв с неразрушенной структурой (k_1) и этих же почв после разрушения их структуры (k_2). Измерения емкости проводили на частотах в диапазоне 50 КГц–1 МГц. Отношение коэффициентов k_1 и k_2 использовали как показатель структурности исследуемой почвы. Для определения зависимости электрической

емкости от влажности почв использовался капилляриметр. В центре сосуда помещался керамический тонкопористый фильтр, соединенный с вакуумной системой через измерительную бюретку. В середине образца почвы помещался датчик емкости, представляющий собой зигзагообразный двужильный изолированный провод марки ТРП длиной 2 м. Почва и фильтр насыщались водой. Затем в вакуумной системе последовательно создавались различные уровни разрежения, в результате чего рассчитывалась объемная влажность почвы и электроемкость датчиков. Вода из почвы постепенно удалялась в вакуумную систему. Среднее значение ΔW для нарушенных почв было равно 0.173, а для ненарушенных – 0.264. Таким образом, разрушение почвенной структуры привело к уменьшению запаса влаги, легко доступной растениям, на 0.091, т.е. на 35% от его исходной величины. В диапазоне pF от 2.48 до 2.76 (соответствующем диапазону P от -0.05 до -0.57 атм) отмечается функциональная обратная линейная зависимость между pF и W : $pF = B - D \cdot W$. Наличие функциональной прямолинейной зависимости доказывается высокими коэффициентами корреляции между значениями pF и W . Они варьируют от -0.95 до -0.99 . Средние их значения равны -0.98 для почв с ненарушенной структурой и -0.97 – для почв с нарушенной при уровне значимости ≤ 0.05 . Член этого уравнения B во всех почвах был выше в образцах с ненарушенной структурой, где он варьировал от 4.45 до 6.26. При разрушении структуры этот диапазон находился в пределах от 3.42 до 5.38. Коэффициент D также был выше во всех ненарушенных почвах, где его величина варьировала от 11.2 до 18.6, в нарушенных – от 5.6 до 9.3. Столь резкое снижение коэффициента D является результатом исчезновения в почве крупных межагрегатных пор, происходящего при разрушении ее структуры.

Полученные данные позволили определить характер зависимости C от влажности почвы для образцов с нарушенной и ненарушенной структурой. Все зависимости оказались прямо пропорциональными. Они описываются уравнениями типа $C = A + k \cdot W$, где C – электрическая емкость почвы, W – объемная влажность почв (кг воды/дм³ почвы). Наличие функциональной прямолинейной зависимости доказывается высокими коэффициентами (от 0.95 до 0.99), причем средние их значения равны 0.99 для почв с ненарушенной структурой и 0.97 – для почв с нарушенной при уровне значимости ≤ 0.05 . В свою очередь, между A и k тоже существует функциональная зависимость. Коэффициент корреляции равен 0.95, уровень значимости ≤ 0.05 . Зависимость C от W для образцов с нарушенной структурой резко отличались от таковых в ненарушенных почвах. Графики, отображающие эти зависимости для ненарушенных образцов почв, образуют серию прямых линий, расположенных под острым углом к оси влажности. Аналогичные линии для почв с разрушенной структурой почти параллельны этой оси.

УДК 631.434

ДИНАМИКА ПОЧВЕННОЙ СТРУКТУРЫ В ЦИКЛЕ РАВНОВЕСНОГО УВЛАЖНЕНИЯ-ИССУШЕНИЯ

Карсанина М.В.¹, Фомин Д.С.², Юдина А.В.², Романенко К.А.²,
Абросимов К.Н.², Герке К.Б.^{1,2}

¹ Институт физики Земли им. О.Ю. Шмидта РАН, Москва

² Почвенный институт им. В.В. Докучаева, Москва

Структура почвы контролирует ряд функций, таких как фильтрацию влаги и ее удержание, транспорт питательных веществ и создание экологических ниш для фауны и микроорганизмов. Хотя все мы понимаем, что структура большинства почв является динамической и на нее влияют циклы увлажнения-иссушения, замораживания-оттаивания и набухания-усадки, в большинстве моделей физического прогнозирования почв такие процессы обычно «выпадают из поля зрения». В этом сообщении мы пытаемся решить два вопроса: насколько циклы увлажнения-иссушения влияют на структуру почвы и как это влияет на гидрологические функции почвы. В нашем исследовании мы сфокусировались на динамике структуры при равновесном изменении влажности, используя комбинацию измерений основной гидрофизической характеристики и микротомографии (uCT). Почвенные образцы из горизонтов АУ, ЕL и ВТ дерново-подзолистой почвы под лесом (рядом с полевым стационаром Почвенного института им. В.В. Докучаева, пос. Дарьино, Московская область, Россия) были отобраны в пятикратной повторности для таких параллельных экспериментов. В начале эксперимента почвенные образцы снимались на микротомографе SkyScan 1172 (Bruker, USA) с разрешением 7.9 мкм при полевой влажности, затем медленно насыщались и иссушались методом тензиостатов (песчаный и каолиново-песчаный) и десорбции паров воды над насыщенными растворами солей в широком диапазоне давлений (pF): полевая влажность* – 0.4* – 0.4* – 1.1.5* – 1.8-2.0* – 2.3-2.7-4.45* – 5.33* – 6.43* (условия, отмеченные звездочкой, сканировали с помощью uCT). Для всех генетических горизонтов основные параметры пористости (общая и закрытая пористость) слабо чувствительны к изменениям матричного потенциала почвы. Распределение локальных толщин (метод максимальных вписанных сфер) и связности (число Эйлера, плотность связности) описывают закономерности структуры порового пространства, характерные для различных равновесных давлений воды. Увеличение матричного потенциала приводит не только к оттоку воды из больших пор, но и к изменению размеров пор. Гумусовый горизонт характеризуется более устойчивой структурой по сравнению с подпочвенными горизонтами, чувствительными к очень небольшим изменениям содержания воды.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ в рамках научных проектов № 18-34-20131 и 19-04-0105, а также с использованием оборудования Центра коллективного пользования научным оборудованием «Функции и свойства почв и почвенного покрова» Почвенного института им. В.В. Докучаева и Сколковского института науки и технологий.

УДК 631.43

РЕОЛОГИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ КАК КРИТЕРИИ ТРАНСФОРМАЦИИ СТРУКТУРНОГО СОСТОЯНИЯ ПОЧВ

Клюева В.В.

Почвенный институт им. В.В. Докучаева, Москва
E-mail: vvklyueva@gmail.com

Реологические показатели, являющиеся энергетической составляющей почвенной структуры и зависящие от большого количества физических, химических и биологических факторов, могут являться критерием изменения структурного состояния различных почв, так как отражают естественную и антропогенную трансформацию почвенного покрова. Однако с долей уверенности можно сказать, что в настоящее время значение и применение реологических показателей является недооцененным ввиду разных причин. Таковыми могут являться сложности в анализе реологических параметров почв из-за многофакторной природы их изменения, продолжительность измерений и т.д. Поэтому возможности практического применения полученных реологическими методами данных, их встраивание в общую систему показателей, в том числе индикаторов, с помощью которых производится оценка изменения структурного состояния почв, влияния на него вида землепользования, являются открытым вопросом, требующим тщательного анализа и детального изучения.

Объектами нашего исследования были выбраны целинные и пахотные варианты почв разного генезиса, а именно черноземы типичные и черноземы типичные пахотные Курской области, дерново-подзолистые и дерново-подзолистые пахотные почвы Московской области. В данной работе описаны результаты для исследованных почв с ненарушенной структурой (монолитов). Для почв были изучены их физические и химические характеристики: содержание гранулометрических фракций – методом лазерной дифрактометрии, содержание общего, органического и карбонатного углерода – методом сухого сжигания, содержание кальция и магния – методом Шолленбергера, железа – методом Мера-Джексона и некоторые другие химические показатели. В качестве реологических параметров были исследованы диапазоны линейного вязкоупругого и пластичного поведения,

а также модуль накопления в диапазоне линейного вязкоупругого поведения относительно новым методом осцилляционной амплитудной развертки.

Оказанное воздействие (вспашка) на дерново-подзолистые почвы и черноземы типичные, проявившееся в изменении количества общего и органического углерода в гумусовых горизонтах, а также элювиально-иллювиальной дифференциации физической глины в случае дерново-подзолистых почв, повлекло закономерное изменение реологических характеристик изученных объектов, что подтверждается корреляционным и кластерным анализом данных. При этом диапазон пластичного поведения (деформация почвы в точке перехода от пластичных деформаций к вязкому течению или в точке пересечения модулей накопления и потерь) проявил себя как наиболее чувствительный показатель структурных изменений при антропогенной трансформации почв.

Реологические показатели, получаемые методом осцилляционной амплитудной развертки, можно обоснованно назвать перспективными показателями трансформации структурного состояния почв. Они могут дать много новой и дополнительной информации о микроструктурной организации почвенной массы и являются перспективным направлением исследований.

Работа выполнена при частичной поддержке гранта РФФИ № 19-04-01056-а.

УДК 631.46

ИЗУЧЕНИЕ И ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ВОДНОГО И ТЕМПЕРАТУРНОГО РЕЖИМОВ УРБАСТРАТОЗЕМА ОБСЕРВАТОРИИ МГУ им. М.В. ЛОМОНОСОВА

Кокорева А.А.^{1,2}, Умарова А.Б.¹, Ежелев З.С.¹, Шишкин К.В.¹, Степаненко В.М.¹, Розанова М.С.¹, Плетенев П.А.³

¹ Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Москва
E-mail: kokoreva.agmail@com

² Всероссийский НИИ фитопатологии, Большие Вяземы
E-mail: v.kolupaeva@vniif.ru

³ ФИЦ гигиены им. Ф.Ф. Эрисмана, Мытищи
E-mail: nyov@yandex.ru

Исследование и прогнозирование динамики температуры и влажности городских почв – актуальная задача, однако сложность их изучения обусловлена тем, что в профиле урбаноземов в большом количестве присутствуют различные включения: строительный и хозяйственный мусор, обломки кирпичей, камни и другие элементы, в значительной степени изменяющие физические свойства почвы.

Для исследования был выбран урбостратозем среднемощный средне-суглинистый на техногенных отложениях территории метеостанции МГУ им. М.В. Ломоносова. Морфология его профиля свидетельствует о двух этапах формирования, связанных со строительством зданий Московского университета на прилегающей территории. Выбранная почва, благодаря своему расположению, позволила провести детальный контроль метеорологических параметров на верхней границе почвы для настройки и проверки математических моделей.

В полевых условиях были определены плотность почвы буровым методом, обнаружено возрастание ее значений от 1.16 г/см^3 на поверхности до 1.66 г/см^3 на глубине 100 см; коэффициент фильтрации методом трубок, показавший сильное варьирование его величин по профилю с наиболее низкими значениями на глубине 70-100 см.

Были отобраны насыпные образцы и монолиты, в которых определены гранулометрический состав, содержание химических элементов и рН, кривые водоудерживания, выходные кривые, коэффициент температуропроводности.

Анализ почвенных образцов показал, что значения рН изменяются по профилю от 6.03-6.27 в верхних горизонтах, достигая максимальных значений (7.29) в погребенном гумусовом горизонте на глубине 40-50 см. Определение в этом слое карбонатов не подтвердило их наличие в слое.

Для исследования температурного режима урбанозема в апреле 2019 г. на глубинах 0, 5, 10, 20, 40, 55, 70, 100 см были установлены логгеры температуры почв (регистратор температуры Elitech RC-4). Температура измерялась в автоматическом режиме с интервалом 1 ч. Весна 2019 г. была достаточно теплой, в апреле температура выравнена по всему профилю и составляет в среднем $5-9 \text{ }^\circ\text{C}$, что говорит об отсутствии активного потока тепла. В мае начинается быстрый прогрев почвы. Ожидаемо поток тепла в мае-июне-июле направлен вниз, поверхностные слои более теплые, и в нижних слоях суточные колебания температуры постепенно уменьшаются. Наибольшие значения температуры составили $23 \text{ }^\circ\text{C}$ и наблюдались в июле в поверхностном горизонте. Теплая осень отразилась на температурном режиме почв, и даже к ноябрю температура не опускалась ниже $6 \text{ }^\circ\text{C}$ в верхнем слое.

Для измерения давления почвенной влаги на тех же глубинах были установлены электронные тензиометры (Blumat Digital Pro plus). Изменение величин давления как по профилю, так и в пределах одного горизонта более динамичны. В целом, влажность всех горизонтов лежит в области капиллярной влаги (от -30 до -1000 см водного столба), иногда переходя в область полного насыщения (до -30 см в.ст.). Наиболее длительный период со значениями давления до -30 см в. ст. наблюдался весной в мае. Летом распределение дав-

ления почвенной влаги в профиле более неоднородно, особенно выделяется слой 40 см. Именно на этой глубине описана смесь песка, строительной ваты, камней и обломков кирпичей, а также сплошной слой остатков темного строительного материала. Кроме того, на этой глубине проходит граница между двумя слоями, соответствующими разным этапам развития территории метеостанции.

Прогноз температуры и влажности почвы в весенний период с использованием модели SWAP и педотрансферных функций показал хорошую сходимость для температуры с ошибками до 2 °С в верхних горизонтах. Прогноз давления почвенной влаги с применением педотрансферных функций не был столь успешен. Ошибки прогноза снижаются при использовании экспериментальных кривых вододерживания.

Работа выполнена по теме Госзадания № 0598-2014-0011 в ФГБНУ ВНИИФ и при поддержке грантов РФФИ № 18-34-00801 мол_а, 19-04-01298 а, 20-05-00773.

УДК 631.425.4

ДИНАМИКА АГРОФИЗИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ СВЕТЛО-КАШТАНОВЫХ ПОЧВ НИЖНЕГО ПОВОЛЖЬЯ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ЭЛЕМЕНТОВ ВЫРАЩИВАНИЯ БАХЧЕВЫХ КУЛЬТУР

Колешина Т.Г., Варивода Е.А.

Быковская бахчевая селекционная опытная станция, Волгоград
E-mail: BBSOS34@yandex.ru

Роль бахчевой продукции в агропромышленном комплексе (АПК) России определяется ее значимостью для удовлетворения потребности в витаминах и питательных веществах, в том числе незаменимых. Волгоградская область занимает одно из ведущих мест по производству бахчевой продукции. Для развития отрасли бахчеводства в АПК актуальным становится научный поиск технологических решений, направленных на создание условий для повышения продуктивности посевов бахчевых культур и сохранение агрофизических показателей светло-каштановых почв. Были проведены исследования по определению оптимального предшественника и их влиянию на агрофизические показатели почвы. Исследования проводили на Быковской бахчевой селекционной опытной станции в 2014-2017 гг. Объект исследований – арбуз, тыква. Изучали предшественники: пласт многолетних трав трех лет, оборот пласта многолетних трав трех лет, рожь озимая, кукуруза на зеленую массу с использованием методических рекомендаций и методик постановки и проведения опытов. Оценка полученных результатов по определению воздействия

предшественника и его последствия на агрофизические свойства почвы в посевах бахчевых культур показала закономерности изменения плотности сложения почвы и общей пористости в зависимости от предшественника. Выявлено положительное действие пласта многолетних трав на величину плотности почвы, где были отмечены самые низкие ее значения – 1.38 т/м³ в начале вегетации и 1.54 т/м³ в конце вегетационного периода, что на 2.4-8.7 и на 2.4-3.9% меньше по сравнению с другими изучаемыми предшественниками соответственно. Максимальные значения плотности почвы как в начале, так и в конце вегетации были получены по предшественнику кукуруза на зеленую массу. Еще одним показателем агрофизических свойств почвы является ее пористость. Результаты исследований показали, что в начале вегетации по пласту многолетних трав трех лет общая пористость на 2.9, 7.5 и 9.9% больше по сравнению с предшественниками оборот пласта трех лет, рожь озимая и кукуруза на зеленую массу соответственно. Аналогичная динамика была отмечена и в конце вегетации. Структура почвы, обуславливая пористость почвенной массы, играет важную роль в формировании ее водных и воздушных свойств. Сравнительный анализ структурно-агрегатного состава почвы в зависимости от возраста травостоя показал положительную динамику оструктурирования почвы при использовании в качестве предшественника пласта многолетних трав трех лет, коэффициент структурности на 5.2% больше по сравнению с двухлетним травостоем. Исследованиями отмечено, что при выращивании арбуза и тыквы по пласту многолетних трав урожайность увеличивается от 34.3 до 68.2% по сравнению с оборотом пласта и рожь озимая соответственно. Минимальная урожайность была получена по предшественнику кукуруза на зеленую массу. Таким образом, проведенные исследования показали перспективность использования пласта многолетних трав трех лет при выращивании бахчевых культур, позволяющего увеличить их урожайность и оказывающего положительное действие на агрофизические показатели светло-каштановых почв.

УДК 631.48

ОБ ОСОБЕННОСТЯХ ПОЧВ ПРИБАЙКАЛЬСКИХ И ЗАБАЙКАЛЬСКИХ РЕФУГИУМОВ

**Куликов А.И., Бадмаев Н.Б., Гынинова А.Б., Гончиков Б.-М.Н.,
Мангатаев А.Ц.**

Институт общей и экспериментальной биологии СО РАН, Улан-Удэ
E-mail: kul-an52@mail.ru

Рефугиумы – ограниченно распространенные участки с резко специфическими экологическими условиями, способствующими пережить видам животных и растений неблагоприятные периоды. Особые

условия рефугиумов влияют на все природные комплексы, в том числе на почвы с особыми рефугиумными процессами и режимами. Ярким примером глобального рефугиума является Байкал, в зоне влияния которого находится Байкальский регион, а также Забайкалье. Здесь формируется множественная сеть мелких рефугиумов, таких как гидрогеотермы горячие и холодные криогенные.

Гидрогеотермические и геокриологические наблюдения, проведенные при каротаже скважин, заложенных до глубин 0.5-3.0 км, показывают существенное влияние глубинного тепла на термальное состояние вод озер и озерков, особенно если они имеют температуру как в Тункинской, Усть-Селенгинской, Баргузинской и других впадинах – от 30-50 до 90-95 °С. Такой интегральный показатель теплового питания гидротерм и почв, как плотность теплового потока из недр в Забайкальской складчатой области, изменяется от 28 до 95 мВт/м². В Байкальской рифтовой зоне тепловой поток варьирует от 15-20 до 100-200 мВт/м² и более.

Почвы в зоне влияния гидротермов в разной степени теряют гидротермическую самостоятельность. Последняя зависит от разных факторов.

1. Чем ближе почва к озеру-рефугиуму, меньше расстояние от рефугиобразователя, тем самостоятельность меньше, тем меньше зависимость от внешних условий – количества солнечной радиации, атмосферных осадков, бокового водно-теплового влияния от почв, находящихся в ближнем и дальнем соседстве.

2. Чем выше или ниже температура воды в озере-рефугиуме за счет глубинного тепла или влияния мерзлоты, тем более ослаблена автономность.

Гидротермические исследования для выявления этих двух наиболее распространенных видов ослабления самостоятельности почв проводились на одном из термокарстовых озерков – рефугиуме (побурятски – тороме, якутский аналог аласов), широко представленных в криолитозоне Забайкалья. Происхождение озера термокарстовое, т.е. оно образовалось при локальном вытаивании льдистой мерзлоты при изменении внешних условий теплообмена.

Весной в период протаивания почвы озерко ведет себя охлаждающе. Пространственное распределение температуры почв происходит с одним пессимумом. Осенью перед началом промерзания распределение температуры почв прямо противоположное, в зоне рефугиума наблюдается максимум. Влияние вод отепляющее. Здесь проявляется инерционность теплоемкой воды и большие затраты энергии на ее фазовые превращения. О частичной утрате самостоятельности свидетельствует тот факт, что температура почв плакоров, находящихся в равновесном (квазиравновесном) состоянии с атмосферой, изменяется в соответствии с температурой воздуха с небольшим запаздыванием.

Исследования, проведенные на почвах, испытывающих влияние горячих гидротерм, также многочисленных на тектонически неспокойной территории Прибайкалья и Забайкалья, выявили иную картину. Температура почв мало реагирует на изменения внешних условий. Чем ближе к гидротерме, тем более индифферентен температурный режим почв-рефугиумов.

Показаны кольцевые микрозональные структуры почвенного покрова с рефугиумом – водоисточником в центре.

В последующем предстоит на основе детального изучения гидротермического режима почв контрастных байкальских и забайкальских рефугиумов вывести количественные критерии оценки их различия по контрастности, амплитудности, градиентности, устойчивости и др., а также особенности реакции физических режимов на потепление климата.

Работа выполнена при финансовой поддержке проектов НИР № АААА-А17-117011810038-7, грантов РФФИ № 19-29-05250, 18-45-030033.

УДК 631.4

ТОМОГРАФИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПОЧВЫ ПРИ НИЗКОМ РАЗРЕШЕНИИ. ПРОБЛЕМА МНОГОФАЗНОЙ АВТОМАТИЧЕСКОЙ СЕГМЕНТАЦИИ

Лаврухин Е.В.¹, Семенов И.Н.¹, Абросимов К.Н.², Корост Д.В.^{1,2}

¹ Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Москва
E-mail: efi2795@yandex.ru

² Почвенный институт им. В.В. Докучаева, Москва
E-mail: kv2@bk.ru

Томография – метод неразрушающего исследования внутренней структуры, в основе которого лежит томографическая съемка при определенном разрешении. Высокое разрешение (0.5-25.0 μm) характерно для микротомографов (x-ray μCT) лабораторного типа, ориентированных на исследование микроструктуры в небольших образцах (не крупнее 3-4 см), более грубое разрешение (100 μm и более) характерно для томографов медицинского или промышленного типа, анализаторов кернов. Низкая детализация съемки компенсируется размерами исследуемого объекта. Вместо керна возможно исследовать монолит почвы аналогичных размеров (высота до 1 м, диаметр 10 см), упакованный в ПВХ-трубу, что позволяет сохранить влажность почвы на момент пробоотбора.

Целью работы является точное определение возможностей томографического исследования больших монолитов почв на приборной базе, созданной под исследование объектов иного типа – современном

анализаторе кернов (РКТ-180) и медицинском томографе SIEMENS Somatom 64, а также сопоставление результатов.

В исследовании использованы монолиты залежной дерново-подзолистой почвы из пос. Ельдигино Московской области (10-летняя залежь) и дерново-подзолистая почва естественного сложения (Свердловская область, Западная Сибирь). Обработка и анализ результатов выполнены с использованием фирменного ПО Bruker (CT analyzer), изначально разработанного для микротомографов SkyScan.

РКТ-180 допускает делать томографическую съемку при разрешении 100 μm , что позволяет уверенно диагностировать объекты в два-три раза крупнее. В эту категорию попадают и макропоры, которые в масштабе исследуемого объекта будут представлены межагрегатными порами (в верхних горизонтах), а также порами каналами. Особенность медицинского томографа – неизометричность объемных данных и более грубое разрешение – по ДШВ как $240 \times 240 \times 600 \mu\text{m}$. Томографические срезы приходится искусственно пересчитывать для достижения пространственного разрешения 240 μm . Съемка на обоих приборах позволяет фиксировать границы почвенных горизонтов, пространственную неоднородность структуры (уплотнения, зоогенные камеры и др.). Результаты примерно сопоставимы между собой, разница есть по скорости исследования – съемка на медицинском приборе быстрее в несколько раз, результат незначительно грубее. К достоинствам метода можно отнести определение границ горизонтов и пространственных неоднородностей, сегментацию порового пространства (макропор), выявление включений и новообразований (оргштейны различных размеров и др.).

Отдельная проблема исследования – сегментация рентген-контрастных фаз. Горизонты в почвенном профиле можно визуально наблюдать, но практически невозможно автоматически сегментировать. Проблемы есть и с сегментацией порового пространства, где часть пор (томографически видимых) занята биопленками, копролитами или корнями растений, которые по рентген-прозрачности отличаются от воздуха и остальной почвенной массы. Это вносит ошибки и неточности в известные автоматические алгоритмы сегментации (Otsu и др.). Решением проблемы может стать сегментация порового пространства на несколько фаз с последующей обработкой и частичным сложением объемов.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РНФ, проекты № 19-74-10070 и 19-16-00053, и РФФИ, проект № 19-04-01056 с привлечением оборудования Центра коллективного пользования «Функции и свойства почв и почвенного покрова» Почвенного института им. В.В. Докучаева.

УДК 631.43

АГРОФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА СЕРЫХ ЛЕСНЫХ ПОЧВ ПЕРМСКОГО КРАЯ

Лобанова Е.С.

Пермский государственный аграрно-технологический университет, Пермь
E-mail: evgeniyalobanova83@mail.ru

Агрофизические свойства почв являются важнейшими показателями ее плодородия. Они влияют на условия роста и развития растений, сроки и качество обработки почв, поэтому знание агрофизических характеристик почвы и умение их регулировать необходимы для расширенного воспроизводства плодородия почв, повышения урожайности сельскохозяйственных культур.

Объектами исследования являлись светло-серые и серые лесные почвы Кунгурского и Березовского районов Пермского края.

Серые лесные почвы Пермского края обладают в основном тяжелосуглинистым гранулометрическим составом, также встречаются среднесуглинистые и глинистые. В профиле изученных почв, с глубиной наблюдается увеличение содержания илистой фракции, что свидетельствует о развитии таких почвообразовательных процессов, как лессиваж и оподзоливание. Из механических элементов в верхних горизонтах преобладает пыль, в средней и нижней части профиля – крупная пыль и ил.

Установлено, что пахотный слой светло-серой лесной и серых лесных почв Кунгурского района обладает оптимальной плотностью (d_v 1.0-1.1 г/см³). Вниз по профилю значение плотности почв увеличивается, и горизонты А2В, В1, В2, ВС изучаемых почв являются уплотненными и очень сильно уплотненными (d_v 1.3-1.5 г/см³). Плотность твердой фазы пахотных слоев составляет 2.5 г/см³, средней и нижней части профиля – 2.6 г/см³. Общая пористость в пахотном слое светло-серой лесной почвы оценивается как хорошая ($P_{\text{общ}}$ 58-61%), серые лесные почвы в пахотном горизонте имеют отличную пористость. Подпахотные горизонты светло-серых и серых лесных почв характеризуются неудовлетворительной для пахотного слоя пористостью ($P_{\text{общ}}$ 46-48%), что будет способствовать затруднению развития корневых систем сельскохозяйственных культур. Светло-серые и серые лесные почвы Березовского района обладают сильно уплотненным пахотным слоем (d_v 1.25-1.3 г/см³), а также удовлетворительной общей пористостью ($P_{\text{общ}}$ 50-53%). Для улучшения общих физических свойств серых лесных почв Березовского района необходимо проведение агротехнических мероприятий.

Структурное состояние светло-серых и серых лесных почв Пермского края по содержанию агрономически ценных агрегатов оценива-

ется как отличное и хорошее (66-85%). Коэффициент структурности в основном отличный (1.3-3.4), критерий водопрочности хороший (127-479), водоустойчивость отличная и хорошая (56-75%). При сравнении серых лесных почв двух районов Пермского края установлено, что почвы Кунгурского района обладают лучшими показателями структурного состояния по сравнению с почвами Березовского района, кроме водоустойчивости.

С агрономической точки зрения серые лесные почвы Кунгурского района обладают более благоприятными свойствами для развития сельскохозяйственных культур, в отличие от серых лесных почв Березовского района Пермского края.

УДК 631.434:631.811

ДИНАМИКА СТРУКТУРНО-АГРЕГАТНОГО СОСТАВА ЧЕРНОЗЕМА ОБЫКНОВЕННОГО КАРБОНАТНОГО ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ САХАРНОЙ СВЕКЛЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГУМИНОВОГО ПРЕПАРАТА

Лыхман В.А., Дубинина М.Н., Горовцов А.В., Поволоцкая Ю.С.
Федеральный Ростовский аграрный НЦ, пос. Рассвет
E-mail: lykvladimir@yandex.ru

Процесс структурообразования почвы весьма сложен, в нем большую роль играют физические, химические и биологические факторы, в том числе и внесение удобрений. Макроструктурные отдельности (агрегаты размером 10-0.25 мм) пахотного слоя почвы весьма подвержены влиянию биоклиматических и антропогенных факторов, микроструктурные компоненты (агрегаты размером <0.25 мм) относительно более устойчивы. Обогащение почвы органическим веществом (за счет стимуляции биоты биологически активными веществами) в первую очередь вызывает улучшение макроструктурного состояния почвы, увеличивая количество агрономически ценных агрегатов (от 10 до 0.25 мм). Структурное состояние является достаточно динамичным свойством, зависящим как от генетических особенностей почвы, так и в значительной степени от культуры агротехники, погодных условий вегетации, выращиваемых сельскохозяйственных культур. Важную роль в структурообразовании играют прижизненные выделения корней, поэтому исследования, посвященные изучению структурного состояния пахотных почв под различными культурами при обработке их биологически активными препаратами, сегодня являются актуальными.

Полевой производственный опыт по изучению влияния на свойства почвы биологически активного гуминового препарата ВЮ-Дон

был заложен на черноземе обыкновенном карбонатном в Песчанокском районе на территории фермерского хозяйства ОАО «Заря», культура – свекла. ВЮ-Дон – высокогумусное вещество, полученное путем щелочной экстракции из вермикомпоста, имеет в своем составе комплекс биологически активных питательных веществ (гуминовые кислоты, фульво- и аминокислоты), а также содержит ценные с агрономической точки зрения культуры бактерии (р. *Bacillus*). Посевы свеклы обрабатывались препаратом ВЮ-Дон весной по всходам. Отбор почвенных образцов проводился дважды: до обработки препаратом и через месяц.

Первым количественным показателем структуры является содержание воздушно-сухих агрегатов различного размера. На момент первого отбора образцов структурное состояние почвы по всем вариантам характеризовалось как отличное (по Долгову-Бахтину): коэффициент структурности на контрольном варианте составлял 5.2, а на поле, где предполагалось делать обработку посевов, – 4.7. Разница в структурном состоянии под вариантами отражает пространственную пестроту и статистически недостоверна. К моменту второго отбора агрегированность значительно снизилась в абсолютном выражении, относительная характеристика изменилась от отличной до хорошей, что было обусловлено погодными условиями: если в мае сумма осадков составляла 85.5 мм, среднесуточная температура воздуха +11.2 °С и почва была влажной, то в июне количество осадков снизилось до 27.7 мм, среднесуточная температура воздуха поднялась до 20.9 °С, дневные температуры доходили до 33 °С, что способствовало иссушению почвы. Однако различия в величине коэффициента структурности по вариантам опыта остались на прежнем уровне, т.е. в пределах ошибки опыта. Иными словами, обработка посевов свеклы гуминовым препаратом влияния на показатели сухого просеивания практически не оказала.

Водопрочность структуры, характеризующаяся по сумме водостойчивых агрегатов размерами >0.25 мм, оценивается как хорошая. За период между двумя отборами водопрочность агрегатов также понизилась вследствие причин, изложенных выше, но на значительно меньшую величину. Причем на варианте с обработкой посевов свеклы гуминовым препаратом уменьшение водопрочности менее выражено, более того, по сравнению с контролем отмечена тенденция к росту водопрочности агрегатов. Определение микробиологической активности показало, что при обработке гуминовым препаратом ВЮ-Дон снижение численности ряда групп микроорганизмов, обусловленное действием высоких температур и низкой влажностью, также оказалось сглаженным. Вероятно, этим объясняется более высокая водопрочность структуры на варианте с обработкой гуминовым удобрением по сравнению с контролем.

УДК 630.266

ИЗУЧЕНИЯ МАГНИТНЫХ СВОЙСТВ ПОЧВ И ВОЗМОЖНОСТИ ИХ ПРИМЕНЕНИЯ В ПОЧВЕННЫХ ИССЛЕДОВАНИЯХ

Мазиров М.А., Мазиров И.М.

РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева, Москва

E-mail: mazirov@mail.ru

Большая информативность магнитных характеристик почв обусловила появление в последние годы ряда работ, посвященных магнитной восприимчивости почв. Интерес к магнитным свойствам объясняется тем, что любые изменения в строении и составе вещества сопровождается изменением его магнитных свойств, что позволяет применять их для решения многих проблем.

Различие физических, химических и физико-химических свойств подстилающих пород, почв и их генетических горизонтов, фракций механических элементов отражается на их магнитных свойствах, изучение которых может позволить по магнитным свойствам выделять типы, подтипы и другие разновидности почв, диагностировать формы железа в почвах, лучше понимать процессы, происходящие в них. Также измерение магнитной восприимчивости стало распространенным приемом для идентификации источников загрязнения городских почв, величина магнитной восприимчивости возрастает и благодаря обогащению техногенным магнетитом, способным сорбировать различные тяжелые металлы.

Проведенный корреляционный анализ показал, что среди изученных параметров активности почвенных ферментов наиболее достоверно отражает влияние высокого уровня магнитной восприимчивости почвы на ее биохимическую активность – активность дегидрогеназ.

Вещества, встречающиеся в почвах, относятся к магнетикам различных классов и обладают различной величиной, их распределение по генетическим горизонтам составляет магнитный профиль почв. Характер профильной кривой, магнитной восприимчивости может использоваться как дополнительный параметр в диагностике почв. Магнитные свойства почв определяются главным образом минеральными формами соединения железа, они активно участвуют в процессах почвообразования и могут влиять на плодородие почв.

Значение магнитной восприимчивости почв в основном зависит от количества и характера содержащихся в нем ферромагнитных минералов, таких как магнетит, титано-магнетит, гематит, пирротин и другие. Из анализа наших данных для различных почв видно, что образование сильных магнетиков наиболее активно происходит

в хорошо аэрированных гумусированных горизонтах автоморфных почв. Увеличение магнитной восприимчивости в верхних горизонтах почв связывают с синтезом сильномагнитных соединений при разложении органического вещества. Наиболее низкие значения отмечаются в почвах легкого механического состава и в пахотных горизонтах избыточно увлажненных, сильноподзоленных почв. Это позволяет предполагать наличие связи магнитных свойств с почвообразующими породами и почвообразовательными процессами, что может быть использовано как объективный показатель некоторых почвообразовательных процессов.

Ход кривых показывает, что изменение магнитной восприимчивости по профилю каждой почвы происходит по одному закону: в верхних слоях магнитная восприимчивость растет и достигает максимального значения, затем начинает снижаться с разной скоростью для каждого разреза и достигает минимального значения на разных глубинах в зависимости от подстилающей породы.

Необходимость дальнейшего изучения магнитных свойств почв и возможности их применения в почвенных исследованиях обусловила проведение этих работ.

УДК 504.6:62/69(571.63)

СТАТИСТИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ПОСТТЕХНОГЕННЫХ ИЗМЕНЕНИЙ В ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКОМ СОСТАВЕ ЭРОДИРОВАННОГО БУРОЗЕМА В ПРИМОРСКОМ КРАЕ

Макаревич Р.А.¹, Шеин Е.В.², Милановский Е.Ю.²

¹ Тихоокеанский институт географии ДВО РАН, Владивосток

E-mail: mak@tigdvo.ru

² Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Москва

Эродированными до метаморфического горизонта буроземами представлена поверхность техногенной пустыни, образовавшейся в зоне максимального воздействия эмиссий свинцового производства. После ликвидации завода с появлением растительности начался процесс самовосстановления природного ландшафта. Посттехногенные изменения в гранулометрическом составе поверхностного 0-2.5-сантиметрового слоя пустыни исследованы методом лазерной дифракции в отобранных по квадратной сетке рандомизированных выборках по 30 образцов, что позволило использовать статистические методы для оценки полученных результатов. Первая выборка характеризует гранулометрический состав почвы в условиях техногенного пресса, вторая – через 10 лет после ликвидации производства.

Распределение всех фракций в выборках, оцененное по критериям Колмогорова-Смирнова и Уилки-Шапиро, не отличается от нормального распределения. Сравнительный анализ результатов показал, что за прошедшие 14 лет произошли достоверные изменения в содержаниях илистой и крупнопылевой фракций. Количество ила достоверно уменьшилось, а крупной пыли достоверно возросло. Усилилось доминирование в грансоставе фракции крупной пыли, но пространственное ее распределение стало более равномерным: достоверно уменьшилась дисперсия, коэффициент вариации снизился почти в три раза. Понижилось варьирование содержания физической глины, однако количество ее достоверно не изменилось ни по *t*-критерию, ни по критерию Фишера, и почва не перешла в другой разряд по гранулометрии. В целом, гранулометрический состав поверхностного слоя буроземов техногенной пустыни стал более однородным после прекращения воздействия на них газопылевых эмиссий свинцового производства.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 19-29-05112-мк.

УДК 631.432

ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ВОДНОГО РЕЖИМА АЛАСНЫХ ПОЧВ

Макаров В.С.

НИИ прикладной экологии Севера им. Д.Д. Саввинова, Якутск
E-mail: mvs379@yandex.ru

В аласных котловинах Центральной Якутии формируются мерзлотные аласные почвы, которые развиваются концентрическими поясами вокруг озера аласа. Наличие различных поясов увлажнения обуславливает развитие трех типов почв: остепненной (верхний пояс), луговой (средний пояс) и болотной (нижний пояс). Каждая почва характеризуется определенным влагосодержанием и изменением влажности в течение вегетационного периода.

Измерения давления почвенной влаги проводились с помощью датчиков MPS-2, работающих на базе накапливающего регистратора EM50 от компании Decagon Devises.

Наши исследования показывают, что абсолютная величина потенциала почвенной влаги растет от центра к периферии аласа и за вегетационный период изменяется в широком диапазоне.

Наибольшей однородностью по степени увлажнения и наименьшей динамичностью из представленных почв характеризуются мерзлотные

аласные болотные почвы. Здесь потенциал почвенной влаги в теплое время года варьирует в пределах от -7.5 до -5 кПа, а максимальный разброс потенциала в метровом слое составляет всего 1.5 кПа. Степень увлажнения при таком значении потенциала влаги практически приближается к полной влагоемкости.

Наши исследования показали, что потенциал почвенной влаги в мерзлотной аласной луговой почве за наблюдаемый период времени варьирует от -27 до -5 кПа. Как и ожидалось, самые высокие значения потенциала влаги были зафиксированы весной после протаивания почвы. Продолжительные дожди, начавшиеся еще в конце мая, почти на месяц удерживали высокую увлажненность луговой почвы. В этом промежутке времени наблюдаются незначительные колебания потенциала влаги, при этом разница потенциала между датчиками на разных глубинах не превышала 2 кПа.

С середины июня и до конца сентября наблюдаются более амплитудные колебания потенциала почвенной влаги с общей тенденцией к понижению потенциала в конце вегетационного периода. Максимальный разброс потенциала по глубине составляет всего 5 кПа и наблюдается он преимущественно в периоды иссушения почвы.

По характеру изменения потенциала влаги по профилю почвы и во времени можно предположить, что в профиле аласной луговой почвы преобладает капиллярное движение влаги, причем наблюдается не только вертикальный, но и горизонтальный приток влаги.

В Центральной Якутии выпадает недостаточное количество атмосферных осадков для образования надмерзлотного горизонта грунтовых вод, поэтому однородность почвенного профиля среднего и нижнего поясов по степени увлажнения можно объяснить капиллярным притоком влаги от озера аласа.

Профиль остепненной почвы можно разделить на два гидрологических слоя. Первый – это активный слой, представляющий органические горизонты, где наблюдаются колебания потенциала влаги в очень широком диапазоне. В начале лета после протаивания почвы и в период сильных атмосферных осадков потенциал влаги растет до -10 кПа, в период наибольшего иссушения падает ниже -1000 кПа. Также отметим высокую амплитуду суточных колебаний потенциала в органических горизонтах, которая в наиболее теплые и сухие дни достигает до 300 кПа. Второй – пассивный слой, представляющий минеральные горизонты, где в отличие от луговой почвы потенциал влаги практически не реагирует на атмосферные осадки и в течение лета медленно и монотонно падает от -42 до -72 кПа. Очевидно, это связано с оттоком парообразной влаги в поверхностные слои почвы.

УДК 631.4

**THERMAL DIFFUSIVITY OF CLAY SOILS:
METHODS, CALCULATION ALGORITHMS, COMPARISON
OF FIELD AND LABORATORY COLUMN EXPERIMENTS**

Mikhailsoy F.D.¹, SheinE.V.^{2,3}

¹ Igdir University, Igdir, Turkey

² Moscow State University, Moscow

³ Dokuchaev Soil Science Institute, Moscow

E-mail: fariz.m@igdir.edu.tr

Prediction of soil temperature at an acceptable level of accuracy is essential for managing soil temperature at large scales since its measurement is costly and not practical due to its high spatial and temporal variability. This study was carried out to: 1) calculate the coefficient of thermal conductivity with classical methods using data from measured soil profile temperatures in column and field conditions and 2) compare the results of the calculated and measured soil temperature, calculated from these data for both conditions. Soil temperature was measured with thermal sensors on both of soil profiles in the field and soil column. The measured temperature values were similar in soil column and profile across 0.05, 0.10, and 0.20 m depths.

The sensor registers and stores temperature measurements in its memory from which can be downloaded by users. An undisturbed soil column with 60 cm in length and 10 cm id was extracted from nearby sensors-placed soil profile. The soil column was placed in a plastic column with 60 cm length and 23.6 cm id and the space between soil column and plastic pipe was filled with perlite.

The temperature layer-by-layer dynamics in field and laboratory model conditions was subject to the daily dynamics of a characteristic harmonic form. Regular layer-by-layer temperature harmonics made it possible to calculate the thermal diffusivity at a specific soil moisture both in the field and in the laboratory environment by 3 methods based on mathematical harmonic model. All three models performed well in predicting soil temperature at all the studied depths in both of soil column and profile. except at 0.30 m of soil profile.

The method comprising heat wave phase amplitude outperformed the rest of the models in predicting soil temperature in soil column for depths 0.05 and 0.10 m. while that comprising the arctangent outperformed the others in the soil profile for 0.20 and 0.30 m. Measured values of soil temperature at 0.3 m of soil column were highly different from those of soil profile due to that the lower end of the soil column was open to atmosphere in the latter. The calculated heat flux (for soil in field) values for depth 0 and 5 cm, reaches its maximum respectively

(400.48 W/m²) in 12.00 and (280.14 W/m²) in 12 hours. Heat flux for soil in column at depths 0 and 5 cm, they have the following meanings: Q = 412.82 W/m² in 12 hours and Q = 316.55 W/m² in 13 hours. The thermophysical properties, – soil thermal diffusivity, thermal conductivity, damping depth and heat absorptivity for the column, were greater than those for soil profile, in all the cases.

УДК 631.434.5

СТРУКТУРА АГРЕГАТОВ ЗОНАЛЬНОГО РЯДА СУГЛИНИСТЫХ ПОЧВ В УСЛОВИЯХ УВЛАЖНЕНИЯ- ИССУШЕНИЯ (МОДЕЛЬНЫЙ ЭКСПЕРИМЕНТ)

Романенко К.А.^{1,2}

¹ Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Москва
E-mail: lusteramosho@mail.ru

² Почвенный институт им. В.В. Докучаева, Москва

Агрегаты гумусовых горизонтов почв различного генезиса и гранулометрического состава имеют разные паттерны поведения в условиях многократного циклического увлажнения-иссушения. Это сказывается на внутренней структуре агрегата и на его устойчивости к внешним воздействиям.

Методом компьютерной томографии были исследованы агрегаты фракции 10-7 мм гумусовых горизонтов почв зонального ряда под лесной растительностью: дерново-подзолистой (Московская область), серой почвы (Тульская область) и чернозема типичного (Курская область). В качестве показателей состояния структуры определялись морфометрические показатели: объем агрегата, общая и закрытая томографическая пористость, распределение локальной толщины твердой фазы и порового пространства.

Агрегаты дерново-подзолистой почвы увеличиваются в размере на 10% при увлажнении, при этом их общая пористость уменьшается, а закрытая увеличивается. Это происходит за счет того, что та твердая фаза набухает, что ведет к увеличению средней локальной толщины твердой фазы. При этом часть пор с маленькой локальной толщиной исчезает, остаются только поры с большой локальной толщиной. Они перекрываются набухшими участками твердой фазы и переходят в разряд закрытых. При иссушении структура агрегатов приходит в исходное состояние. Увеличение количества циклов увлажнения-иссушения не ведет к развитию процессов изменения структуры.

Агрегаты серой лесной почвы увеличиваются на 30-35% в объеме. Их томографическая пористость возрастает при этом в два раза за счет образования сети трещин по всему агрегату. Локальная толщина твердой фазы уменьшается на 45% от изначальной в первом цикле

увлажнения-иссушения, далее в каждом последующем цикле падает при увлажнении еще на 5-10% и стабилизируется к пятому циклу. Трещины, образовавшиеся в первом цикле эксперимента, не закрываются. При дальнейшем воздействии образуются новые трещины. Это не сопровождается каким-либо изменением среднего значения локальной толщины пор.

Агрегаты чернозема типичного при увлажнении увеличивают свой объем на 40%, при этом растет их пористость за счет образования сети трещин по всему агрегату. Трещины не исчезают при иссушении, но уменьшаются в размерах. Каждый новый цикл сопровождается расширением старых трещин образованием новых. Локальная толщина твердой фазы уменьшается при увлажнении на каждом цикле эксперимента, при этом она стремится к своему исходному состоянию при иссушении, но никогда не достигает ее. В первых трех циклах пористость увеличивается при увлажнении, в четвертом и пятом уменьшается за счет закрытия самых крупных трещин из-за набухания твердой фазы. Средняя локальная толщина порового пространства не имеет значительного изменения в циклах увлажнения-иссушения.

В целом, по изменению параметров структуры агрегатов можно расположить ряд устойчивости агрегатов к циклическому воздействию увлажнения-иссушения в следующем порядке по уменьшению устойчивости: дерново-подзолистая > чернозем типичный > серая почва.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 19-04-01056А «Трансформация свойств и строения внутриагрегатных пор суглинистых почв при переменной влажности и внешней нагрузке».

УДК 631.4

ВЛИЯНИЕ ПОТЕНЦИАЛА ПОЧВЕННОЙ ВЛАГИ НА РОСТ И РАЗВИТИЕ ПОЧВЕННОЙ БИОТЫ

Романов О.В.

Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург
E-mail: o.romanov@spbu.ru

Потенциал почвенной влаги отражает не только состояние почвенной влаги, но и базовые физико-химические характеристики почвы, которые в совокупности своей формируют благоприятные условия существования многих групп живых организмов в почвенной среде.

Целью работы является оценить влияние изменения потенциала почвенной влаги на закономерности развития почвенных организмов (почвенной биоты) на примерах однодольного злака *Hordeum sp.* (ячмень) и почвенного микоартропода *Vertagopus pseudocinerus* (коллем-

бола). Объектами исследования являются черноземы солонцеватые подзоны южной степи (Белгородская область), приуроченные к плакорным выровненным участкам. Зависимость потенциала почвенной влаги от влажности определяли гигроскопическим методом и при больших значениях влажности почвы – методом тензометров. Были заданы диапазоны влажности: для *Hordeum sp.* пять диапазонов – от влажности, близкой к влажности завядания, до условий сильного переувлажнения (17, 33, 50, 67, 82%); для *Vertagopus pseudocinerus* три диапазона увлажнения (30, 50, 70%). Оценку жизнеспособности проростков *Hordeum sp.* осуществляли методом измерений всхожести семян и длины корней проростков высших растений, оценивали сухую массу растений. Состояние *Vertagopus pseudocinerus* определяли по учету роста численности в течении недели опыта. Максимальная гигроскопичность (МГ) почв варьирует от 2.84 до 6.34% (рF 5.12-5.20). Для агрочернозема сегрегационного величина МГ составляет от 2.84 до 3.55%, а чернозема целинного – от 4.21 до 6.34%. Данные значения по профилю изменяются незначительно. Величина наименьшей влагоемкости (НВ) закономерно уменьшается вниз по профилю и характеризуется диапазонами значений 33.12-47.37% для агрочернозема и 29.77-44.92% – для чернозема сегрегационного. Максимальные значения НВ соответствуют верхним гумусовым горизонтам. Полная влагоемкость (ПВ) находится в диапазоне 39.00-55.68% для агрочернозема и 35.67-52.54% – для целинного чернозема. Значения ПВ линейно уменьшаются вниз по профилю. Наиболее благоприятный диапазон увлажнения для прорастания семян составляет 2.25-2.5 рF, всхожесть семян при этих значениях достигает почти 100%. В диапазоне значений 1.2-1.75 рF всхожесть семян резко снижается до 5-10%. В наиболее «сухом» диапазоне увлажнения 4.25 рF всхожесть составила 37.5-50%. Почвенные микроартроподы наиболее чувствительны к условиям увлажнения, особенно к переосушению субстрата. При давлении почвенной влаги 4.5 рF наблюдали резкое снижение роста численности. Так же как проростки ячменя, *Vertagopus pseudocinerus* наиболее оптимально чувствуют себя при потенциале почвенной влаги, равном 2.5 рF, прирост численности при этом значении составил от 14 до 28 особей, что является максимальным показателем за все время исследования. Выявлено влияние разного уровня увлажнения почвы на развитие *Hordeum sp.* Выявлены зоны оптимума по влажности (2.25-2.5 рF) и зоны стресса проростков (>4.5 рF; 0-1.25 рF). Выявлено влияние разного уровня увлажнения на развитие *Vertagopus pseudocinerus*. Значения рF, равные 2.5, соответствуют оптимальным условиям жизнедеятельности организмов по влажности почвы (прирост особей на 28 единиц за семь дней эксперимента). Определены диапазоны влажности почв, наиболее оптимальные для развития почвенных

организмов, на примере *Hordeum sp.* и *Vertagopus pseudocinerus*, которые для изученных организмов составляют 2.25-2.5 рF.

Благодарность Е.В. Мельчаковой за работу в поле и лаборатории.

УДК 631.4

ВОССТАНОВЛЕНИЕ ФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ТИПИЧНЫХ ЧЕРНОЗЕМОВ В УСЛОВИЯХ МНОГОЛЕТНЕЙ ЗАЛЕЖИ

Русанов А.М.

Оренбургский государственный университет, Оренбург
E-mail: soilec@esoo.ru

Одним из результатов изменений в укладе сельскохозяйственного производства России последних 10-летий стало выведение из оборота значительных площадей старопахотных агроландшафтов с деградированными почвами и переводом их в многолетнюю залежь. Только в черноземной полосе Оренбургской области она занимает более 1 млн га. По существу, почвы этих земель находятся в состоянии самовосстановления своих генетических свойств, с том числе и физических. Главными причинами ухудшения физических свойств почв под многолетней пашней является одновременное влияние многократного в течение года воздействия тяжелой сельскохозяйственной техники и ее орудий, а также уменьшение запасов и ухудшение качества органических веществ. В процессе аграрного использования оценить влияние на физические свойства почв каждого из этих факторов деградации не представляется возможным. В условиях залежи складывается другая ситуация. Первые два года на залежных участках отсутствует биологический фактор почвообразования – растительность. Лишь на третий год на бывшей пашне начинает формироваться бурьянистая стадия восстановления растительности. Ее признаками являются нестабильное доминирование отдельных видов растений и разное проективное покрытие травостоя (от 10 до 40%) в зависимости от приуроченности к микрорельефу. Растительные сообщества состоят из осота полевого, молочая лозного, полыни горькой, ноннеи коричной, василька скабиозовидного и др. На 12-14 год бурьянистая растительность сменяется квазинатуральной степной, признаками которой явились виды семейства Злаковые, такие как житняк гребенчатый, пырей ползучий, мятлик узколиственный, ковыль тырса и др. Проективное покрытие травостоя увеличилось до 50-60%, средняя высота достигла 35-40 см. Расширение видового состава растительности, доминирование в ее составе видов семейства Злаковые с мочковатой анатомией корневых систем, выполняющей важную роль в структурообразовании, повышение ежегодно произ-

водимой фитомассы являются косвенными признаками активизации процессов гумусообразования.

Цель работы состояла в определении динамики физических свойств черноземов за первый 10-летний период пребывания их в залежи при минимальном и практически стабильном содержании органического вещества почв. Объектом исследования послужили черноземы типичные слабогумусированные маломощные глинистые на пестроцветных карбонатных суглинках. Установлено, что на втором году пребывания черноземов в залежи коэффициент структурности в пахотном горизонте 0-10 и 10-20 см составил соответственно 1.23 и 1.28, в подпахотном (20-30 см) – 1.15. Плотность почв в тех же слоях оказалась равной 1.24, 1.21 и 1.27 г/см³ соответственно. Водопроницаемость составила 95 мм/ч. Определения тех же показателей через 10 лет, на 12 году пребывания почвы в залежи, дали следующие результаты. Коэффициент структурности вырос до 1.31 в пахотном слое 0-10 см, до 1.42 – в слое 10-20 см и до 1.38 – в подпахотном; плотность черноземов уменьшилась в тех же слоях до 1.09, 1.0 и 1.23 г/см³ соответственно; скорость водопроницаемости возросла до 118 мм/ч. Все показатели определялись в пятикратной повторности. При этом содержание общего гумуса за время наблюдений сократилось под влиянием естественных процессов минерализации на 0.3%.

Таким образом, в условиях многолетнего отсутствия воздействия сельскохозяйственной техники деградированные типичные черноземы способны к восстановлению своих физических свойства при стабильно невысоком содержании гумуса. Судя по критериям Н.Н. Саввинова, за время наблюдений коэффициент структурности в пахотном слое вырос, оставаясь соответствовать критериям «хорошей» оценочной группы. Плотность, по классификации Н.А. Качинского, трансформировалась от уплотненной до типичной. Скорость водопроницаемости изменилась от хорошей до наилучшей.

УДК 631.43

ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПОЧВ ЧИРЧИК-АХАНГАРАНСКИХ БАСЕЙНОВ

Салиева Н.А., Курвантаев Р., Халилова З.

НИИ почвоведения и агрохимии, Ташкент
Гулистанский государственный университет, Гулистан
E-mail: kurvontoev@mail.ru

Современный процесс почвообразования в почвах Чирчик и Ахангаранского бассейна протекает при большом разнообразии природных и ирригационно-хозяйственных условий. Длительное использование земельных ресурсов изменяет многие природные особенности почв:

формируются агроирригационные горизонты, изменяются морфологические признаки, вещественный состав, миграция основных химических элементов, физические свойства почв.

Изменение по профилю почв гранулометрического состава сильно влияет на химические, физические свойства, питательный и температурный режимы почв, расположенных в Ташкентском оазисе Чирчик и Ахангаранского бассейна. Различные размеры фракций в почвенном профиле широко изменяется. В Босталыкском районе массива «Бричмулла» целинные горно-коричневые почвы по гранулометрическому составу тяжелосуглинистые. В процессе эрозии и под влиянием осадков с поверхности почвы по профилю они промывается, в результате содержание физической глины составляет 45.5-49.9%. В основном содержатся следующие фракции: крупный песок (1-0.25 мм) от 0.4 до 3.6%, средний песок (0.25-0.1 мм) от 0.2 до 0.9%, мелкий песок (0.1-0.05 мм) от 10.9 до 17.9%. В образованных отложениях этих почв больше содержание крупнопылеватых фракций. Следующую очередь занимают средние и мелкие пылаватые фракции. По содержанию (7.2-9.9%) резких отличий илистых фракций (<0.001 мм) в слоях не наблюдается. В массиве «Сижжак» горно-коричневые богарные почвы тяжелосуглинистые. По профилю почв в слое 0-12 см физическая глина составляет 43.1%, в результате интенсивного промывания в слое 35-78 см – 60%, к низу ее содержание уменьшается до 54-51%. В массиве «Кушкурган» богарные темные сероземы и Паркентском районе в массиве «Заркент» богарные типичные сероземы по гранулометрическому составу относятся соответственно к тяжелым и средним разностям.

Во всех геоморфологических районах Чирчик и Ахангаранского бассейна в зависимости от химического, минералогического состава и обеспеченности гумусом величина удельной массы почв составляет 2.52-2.71 г/см³, что характерно для почв предгорных и горных регионов. Наименьшие показатели отмечены в орошаемых типичных сероземах и луговых почвах (2.52-2.59 г/см³). Самые высокие показатели удельной массы наблюдаются в горных коричневых и темных сероземах (2.67-2.72 г/см³).

В обследованных территориях объемная масса разнообразная, но между районами резких различий не наблюдается. Полученные результаты показывают, что в целинных горных коричневых, орошаемых типичных, сероземно-луговых и лугово-сероземных почвах в пахотном горизонте создается оптимальная плотность сложения – 1.13-1.33 г/см³, тогда как на луговых почвах бассейнов Чирчика и Ахангарана в Чиназском районе плотность почвы составила 1.42-1.47 г/см³. В орошаемых и богарных почвах в подпахотном горизонте в некоторых районах в результате полива и неправильной механической обработки наблюдается уплотнение критической величины (1.51-1.54 г/см³).

Общая порозность (ОП) определяет продвижение растворимых веществ, задержание влаги, обеспечение корневых систем воздушной массой. В обследованных территориях границы ОП по геоморфологическим районам, типам почв и генетическим горизонтам изменяются в широком диапазоне (47-61%). ОП при плотности 1.47-1.54 г/см³ составляет 42-43% и относится к неудовлетворительным категориям. В верхней части целинных и богарных горно-коричневых почв ОП высокая (53-61%), в богарных темных сероземах и орошаемых типичных сероземах, сероземно-луговых и лугово-сероземных почвах величина ОП также высокая (50-56%). В рассмотренных типах почв наблюдается уменьшение ОП вниз по профилю, снижение количества водопрочных агрегатов в этом направлении и увеличение плотности сложения. От верхних к нижним слоям уменьшение ОП связано с обработкой почв и процессом образования почвенных агрегатов.

УДК 631.4

К ВОПРОСУ О РОЛИ ТОНКИХ ФРАКЦИЙ ПОЧВ (ПРИРОДНЫХ МИКРОЧАСТИЦ) В СТРУКТУРЕ ЧЕРНОЗЕМА ТИПИЧНОГО КУРСКОЙ ОБЛАСТИ

Салимгареева О.А.¹, Колесникова В.М.¹, Прущик А.В.²

¹ Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Москва
E-mail: tavtava@yandex.ru

² Курский федеральный аграрный НЦ, Курск

Черноземные почвы обязаны своим плодородием в первую очередь степной растительности, которая не только дает каждый год прирост подземной биомассы, но и защищает поверхность почвы от водной эрозии и дефляции почв. Неоднородность рельефа Среднерусской возвышенности – обилие склонов разной крутизны и экспозиции, изрезанность территории овражно-балочной сетью – влечет за собой развитие водной эрозии, а распашка черноземов и замена степной растительности культурной провоцирует дефляционные процессы. Сохранение многопорядковой агрегированности, характерной для ненарушенных черноземов, и оптимизация структурного состояния агрочерноземов актуальны для закрепления тонких фракций в составе почв, что препятствует их поступлению в приземный слой атмосферы.

Цель работы состоит в изучении структурообразующего значения тонких фракций почв (природных микрочастиц) на примере чернозема типичного Курской области.

Объектами исследования являются верхние горизонты черноземов типичных пахотных среднетяжелосуглинистых на лессовидных суглинках опыта Курского федерального аграрного

научного центра. Были заложены разрезы на склоне западной экспозиции контрольного водосбора: на плакоре разрез 1 (N 51.521180; E 036.042832) и на средней части склона разрез 2 (N 51.522187; E 36.037226). На водосборе, на котором через 216 м посажены узкие двухрядные стокорегулирующие лесные полосы с канавами между рядами деревьев глубиной 1.5 м, был заложена разрез 3 на плакоре (N 51.510470; E 036.041615) и разрез 4 в средней части склона западной экспозиции (N 51.510756; E 36.033517). В качестве фонового варианта почвы был использован чернозем типичный перерытый среднемощный тяжелосуглинистый на лессовидных суглинках (под залежью) Курской биосферной станции ИГ РАН, находящейся поблизости (N 51.53983; E 036.08663).

В полевых условиях было проведено подробное морфологическое описание почв, определены значения плотности сложения черноземов буровым методом по Качинскому.

В лаборатории были определены следующие свойства: гранулометрический состав методом пипетки по Качинскому, плотность твердой фазы пикнометрическим методом, удельная поверхность по десорбции паров воды над насыщенными растворами солей, кривая водоудерживания, сухое просеивание по Саввинову, содержание общего углерода на экспресс-анализаторе, произведено микроморфологическое описание почвенных шлифов. Особенности микростроения на суб-микроуровне были изучены при помощи сканирующего электронного микроскопа JEOL jsm 6060A факультета почвоведения.

При сравнении плотности сложения верхних горизонтов агро-черноземов (10-15 см) было выявлено, что на плакорных участках ее величины имеют меньшие значения, чем на склонах: 1.12 и 1.29 г/см³ для контрольного водосбора и 1.17 и 1.26 г/см³ – для участка с лесополосами соответственно.

Проведенная съемка почвенных шлифов выявила отчетливую разницу в микроструктуре почвенных образцов пахотных черноземов, отобранных на автоморфных позициях и в средней части склона, причем это различие более выражено на контрольном водоразделе (без применения противоэрозионной защиты).

Работа выполнена при частичной поддержке гранта РФФИ № 19-05-50093 «Экологические риски, обусловленные атмосферными микро-частицами, их природа и источники происхождения».

УДК 631.4

СОВРЕМЕННЫЕ ФИЗИЧЕСКИЕ ИНДИКАТОРЫ ЕСТЕСТВЕННОЙ И АНТРОПОГЕННОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ СТРУКТУРНОГО СОСТОЯНИЯ ПОЧВ

**Скворцова Е.Б.¹, Шеин Е.В.^{1,2}, Горбов С.Н.³, Абросимов К.Н.¹, Юдина А.В.¹,
Клюева В.В.¹, Романенко К.А.¹, Фомин Д.С.¹, Валдес-Коровкин И.А.¹**

¹ Почвенный институт им. В.В. Докучаева, Москва

E-mail: eskvora@mail.ru

² Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Москва

E-mail: evgeny.shein@gmail.com

³ Южный федеральный университет, Ростов-на-Дону

E-mail: gorbow@mail.ru

На основе современных теоретических положений и с использованием новых методов исследования предложены количественные индикаторы, отражающие пространственно-геометрические, реологические и микроагрегатные аспекты естественной и антропогенной трансформации почвенной структуры. Отбор показателей для использования их в качестве индикаторов проводили по следующим критериям: существенное структурно-функциональное значение показателя, его методологическая и методическая новизна, наличие выраженной чувствительности к структурным изменениям почвы. Так, при смене вида землепользования происходят достоверные изменения нового базового показателя почвенной структуры: распределения томографически видимых пор по размерам. Физическая деградация пахотных горизонтов сопровождается резкими изменениями показателей формы и ориентации почвенных пор. Для количественной оценки изменения формы пор актуален обобщенный фактор формы F , совмещающий в себе показатели изрезанности и изометричности контуров пор в двумерных срезах. Новыми информативными показателями структурного состояния почвы являются величины общей, открытой и закрытой томографической пористости. На примере Ростовской городской агломерации с широким диапазоном структурной организации почв показана высокая информативность данных категорий томографической пористости, а также их соотношений. Среди реологических показателей, получаемых методом осцилляционной амплитудной развертки, актуальна величина деформации монолитного образца в точке перехода от пластичных деформаций к вязкому течению почвы (в точке Crossover). С помощью метода лазерной дифракции выявлены и охарактеризованы основные твердофазные компоненты микроструктурной организации почвы, различающиеся уровнем организации и энергией внешнего воздействия, необходимого для их обособления. На примере черноземов из различных агро- и

биоценозов показано, что для диагностики структурных изменений почвы актуальны общие содержания различных микроструктурных компонентов, а также их локализация на кривых распределения частиц по размеру и средневзвешенный диаметр.

В результате проведенных исследований предложен следующий перечень индикаторов естественной и антропогенной трансформации структурного состояния почв: 1) распределение томографически видимых пор по размерам; 2) распределение томографически видимых пор по форме и ориентации в пространстве; 3) величины общей, открытой и закрытой томографической пористости и их соотношения; 4) значения деформации монолитного образца почвы в точке перехода от пластичных деформаций к вязкому течению, полученные методом осцилляционной амплитудной развертки; 5) индикаторы микроструктурного состояния почв, полученные методом лазерной дифракции: количество и локализация органоминеральных частиц; количество и локализация микроагрегатов; средний объемный диаметр микроагрегатов; средний объемный диаметр органоминеральных частиц; количество свободных органических частиц. Предложенные индикаторы дополняют разработанные ранее критерии оценки структурного состояния пахотных почв на европейской территории России.

Работа выполнена при частичной поддержке грантов РФФИ № 19-04-01056-а и 19-29-05112-мк.

УДК 631.4

КАПИЛЛЯРНЫЕ БАРЬЕРЫ В ПОЧВЕННОМ КОНСТРУИРОВАНИИ

Смагин А.В.^{1,2}

¹ Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Москва

E-mail: smagin@list.ru

² Институт лесоведения РАН, Успенское

E-mail: root@ilan.ras.ru

Природные почвы, искусственные почвенные конструкции и почвоподобные тела обладают свойством капиллярности. Это свойство с одной стороны обеспечивает их важнейшие экологические функции (поглощение, впитывание и перераспределение влаги, корневое питание растений, пополнение грунтовых вод, вертикальный и латеральный транспорт элементов в ландшафтных биогеохимических циклах), а с другой – служит основной физической причиной концентрации вредных веществ в поверхностном слое при испарении влаги и связанных с ним почвенно-экологических проблем вторичного засоления и техногенного загрязнения земель. Несмотря на всестороннюю проработку доминирующей в физике почв капиллярной модели водо-

удерживающей способности и транспорта влаги, эффект капиллярного барьера и вызывающие его потенциальные причины (капиллярность второго рода и ее неустойчивость, вход воздуха или иного флюида, жаменовские цепочки, гидродинамическая неустойчивость на границе контрастных по дисперсности слоев, ПАВ-модификация поверхности с появлением гидрофобности, температурный фактор с фазовым переходом «лед/вода» и критическое иссушение (несмачиваемость), ряд кинетических факторов (скорость иссушения и массопереноса влаги, гидродинамическое сопротивление) и т.д.) в науке о почвах с фундаментальных позиций изучены недостаточно, что определяет актуальность и научную новизну проводимых исследований. В них на основе оригинальных методологических разработок получены эмпирические и физически обоснованные фундаментальные модели характеристик капиллярности (высоты и кинетики капиллярного поднятия, критической влажности разрыва капиллярной связи и передачи гидростатического давления, критической влажности смачивания, межфазного поверхностного натяжения, критериев устойчивости сольватных слоев) для почв и грунтов разного генезиса и дисперсности и их композиций с материалами – почвенными кондиционерами (синтетическими полимерами, ПАВ).

На примере аридного орошаемого земледелия стран Персидского залива и урболандскайпинга дано обобщение собственных авторских разработок по использованию капиллярных барьеров в слоистых 1D почвенных конструкциях для подвешивания (аккумуляции) влаги и защиты плодородного слоя от вторичного засоления, а также инновационных зарубежных технологий 2-3D моделирования и почвенного конструирования на основе эффекта капиллярности. Впервые для слоистых почвенных конструкций с капиллярными барьерами ставится проблема неустойчивости фронта движущейся влаги и развития преимущественных потоков на границе раздела слоев (фингер-эффект) и дается обобщенный теоретический анализ критериев неустойчивости, а также характерных размеров гидродинамических диссипативных структур, осуществляющих преимущественный транспорт влаги и растворенных веществ в таких системах. На основе обнаруженного в предшествующих исследованиях феномена нелинейной зависимости концентрационных характеристик равновесных почвенных растворов (осмотического потенциала, активности, электропроводности) в виде функции с экстремумом от массовой доли влаги в почвах и разработанной физико-статистической модели этого явления предложена физически обоснованная методика оценки критической влажности разрыва капиллярной связи и максимальной адсорбционной влагоемкости (смачиваемости) в почвах и грунтах с переменной влажностью. Практическая значимость полученных фундаментальных результатов заключается в разработке на их основе инновационных технологий

почвенного конструирования для экономии водных ресурсов и эффективного решения важнейших почвенно-экологических проблем современности – вторичного засоления и техногенного загрязнения почв урбо- и агроландшафтов.

Исследование поддержано РФФИ (грант № 19-29-05006\19).

УДК 631.432.26

ГИДРОФИЗИЧЕСКИЕ И ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА НИЗИННЫХ ТОРФОЗЕМОВ

Сорокина Н.В.¹, Шейн Е.В.^{1,2}

¹ Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Москва
E-mail: rebelde1502@mail.ru

² Почвенный институт им. В.В. Докучаева, Москва

Для характеристики водного и температурного режимов почв в физике почв используют основную гидрофизическую характеристику (ОГХ) – изотермическую равновесную зависимость между капиллярно-сорбционным давлением почвенной влаги и объемной влажностью, и кривую зависимости температуропроводности от объемной влажности. Большинство собранных данных характеризуют минеральные почвы, в то время как данные по торфоземам практически отсутствуют. Физические свойства торфов отличаются от минеральных более высоким содержанием гидрофильных коллоидов и различных частиц, имеющих растительное происхождение, низкой плотностью, гидрофобностью в сухом состоянии; лабораторные эксперименты с ненарушенными образцами торфоземов также представляют существенные трудности в плане сохранения структуры, водонасыщения и контроля за влажностью.

Исследование проводилось на примере торфозема на низинном торфе долины р. Яхромы в пределах территории Дмитровского отдела Всероссийского НИИ мелиорированных земель. Данные торфа отличаются разнообразным ботаническим составом, высокой зольностью и длительностью сельскохозяйственного использования. Температурный режим торфоземов долины Яхромы является одним из важных факторов выращивания овощных культур, поэтому необходимо не только подбирать культуры, но и по возможности предсказывать изменения теплового режима, что должно способствовать получению более высоких и стабильных урожаев овощей. Использовали следующие методы определения: температуропроводность в лабораторных условиях определяли методом Кондратьева, ОГХ – методом капилляриметров, влажность – термостатно-весовым методом.

В результате проведенных исследований выявлено, что ОГХ торфоземов в традиционном изображении (объемная влажность-давление, ρF) представляет собой зависимость, близкую к линейной в полулוגарифмическом изображении, на которой в отличие от минеральных почв не выражена такая характерная точка, как давление барботирования. ОГХ торфоземов существенно определяется их плотностью: более плотные образцы торфа при одном и том же давлении влаги имели более высокую влажность, что говорит об увеличении водоудерживания при одном и том же давлении влаги. Увеличение степени разложения и зольности приводит к росту водоудерживания, причем зольность, лежащая в диапазоне 16-32%, – к более заметному увеличению влажности, чем степень разложения в изученном диапазоне (64-88%). Среди трех основных характеристик торфоземов (плотности, зольности и степени разложения) наибольшее влияние оказывает изменение плотности, меньшее – зольность и степень разложения. Зависимость температуропроводности от объемной влажности торфоземов носит куполообразный характер: с увеличением влажности температуропроводность сначала возрастает, а затем снижается за счет увеличения водной фазы, снижения количества контактов твердофазных частиц и роста теплоемкости при доминировании водной фазы. Отметим, что подобного вида зависимости характерны и для минеральных почв, хотя сами величины температуропроводности существенно ниже и составляют в точке максимума 3.5-4.2 см²/ч (для суглинистых минеральных почв – в среднем 14-19 см²/ч).

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 19-04-01056-а.

УДК 631.67

ПРОСТРАНСТВЕННО-УСРЕДНЯЮЩИЕ ДАТЧИКИ ПОЧВЕННЫХ ПАРАМЕТРОВ

Судницын И.И., Егоров Ю.В., Кириченко А.В.

Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Москва
E-mail: iisud@mail.ru

В поливном земледелии поливы назначаются на основе данных о влажности почвы или по показаниям необходимых датчиков. Важными факторами являются сведения о температуре и электропроводности почвы, особенно в тепличных хозяйствах, где удобрения подаются вместе с водой. Автоматизация производства также не может обойтись без соответствующих датчиков. Большинство из них имеет точечный характер, в то время как пространственная неоднородность рельефа, освещенности, работы поливного оборудования и прочее может вы-

звать неадекватность их показаний. Существует потребность создания устройств, усредняющих почвенные данные по орошаемому массиву. Например, изолированный провод, заложенный в корнеобитаемый слой ряда растений, может служить усредняющим датчиком влагообеспеченности. Почвенные агрегаты, контактирующие с поверхностью провода, при увлажнении увеличивают площадь контакта с его изоляцией, из-за чего возрастает емкость провода в почве. На основании этого была сконструирована система автоматического капельного орошения с проводным датчиком длиной 18 м, которая за три года эксплуатации дала увеличение урожайности на 20-30% за счет оптимального увлажнения почвы, благоприятного для растений. Медный провод может служить датчиком температуры, так как медь имеет положительный температурный коэффициент сопротивления. Известен почвенный термометр АМ-72, датчики которого выполнены в виде спиралей из медного провода, заделанного в латунные гильзы. Резонно распределить изолированный медный провод в почвенном горизонте, что обеспечит усреднение температуры по ходу заложения. Для опытов на почвенном стационаре МГУ были созданы датчики длиной 27 м из провода ТРП 2×0.1 (двужильный разветвительный телефонный провод в полиэтиленовой изоляции сечением 0.1 мм²). Жилы включались последовательно. Эффект усреднения проверялся на модели. Четверть длины датчика нагревалась до 30 °С, остальная часть – при температуре 20 °С. Отклонение показаний от расчетного значения не превысило 0.13 °С. Опыт показал, что датчики, заложенные в стенки траншеи, дают более точные результаты, чем измерения в траншее зондовым термометром ТЭТ-2 с шестикратной повторностью и ошибкой 0.72 °С на глубине 3 см и 0.3% – на глубине 40 см. Кроме того, измерения длятся 15 мин, в то время как аналогичные работы с электротермометром занимают 1.5 ч. Такой датчик, охватывающий большое пространство, может быть использован для тарировки спутниковых наблюдений за температурой поверхности. Такой же двужильный провод может усреднять электропроводность почвы вдоль своего протяжения. Для этого на проводе периодически удаляются небольшие участки изоляции. Используется обычная четырехэлектродная схема измерения (АВmn). Одна жила провода служит токовым электродом (А), другая – измерительным электродом (m). Два других электрода В и n в виде металлических пластин удаляются на расстояние. При подаче тока на электрод А в почве возникают растекающиеся токи от оголенных участков провода. Электрод m перехватывает и усредняет напряжения, возникающие в почве. Суммарная усредняющая электропроводность контролируемого участка будет равняться величине тока, деленной на величину отводимого напряжения на электроде m. Датчик такого типа может найти применение для контроля засоленности грунта, которая возможна при избытке удобрений.

БИОФИЗИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ И СТРУКТУРА ПОРОВОГО ПРОСТРАНСТВА ПОЧВ В СЕМЕННОМ ЛОЖЕ НА ЭТАПЕ ПРОРАСТАНИЯ: ТОМОГРАФИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

Суздалева А.В.¹, Верховцева Н.В.¹, Шейн Е.В.^{1,2}, Абросимов К.Н.²

¹ Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Москва
E-mail: avsuздaleva@gmail.com

² Почвенный институт им. В.В. Докучаева, Москва

Создание оптимального по архитектуре пахотного слоя и особенно семенного ложа всегда было одной из центральных задач агротехнологии, агрофизики и физики почв. Сложность этой проблемы связана не только с тем, что в ее решении пересекаются требования растений к питательным веществам, воде, соответствующим микробиоценозам, но и в методических сложностях наблюдения за формированием первичной корневой системы, колеоптиле, окружающей прорастающее семя микробиотой в динамике при различного рода почвенной архитектуре семенного ложа. Сложилось мнение, что покрывающий семя почвенный слой должен быть рыхлым, а само ложе – оптимальной, но невысокой плотности почвы. В этом случае развивается нормальная корневая система, способная на глубинное проникновение зародышевых (первичных) корней в почву. Современная томография почв и прорастающих семян позволяет в динамике проследить за начальным развитием корней в семенном ложе различной архитектуры.

Цель работы: физические модельные исследования изменения структуры порового пространства в семенном ложе в реальном времени в процессе прорастания при помощи метода компьютерной микротомографии. Задачи: 1) томографическое изучение порового пространства в различных физических моделях семенного ложа, 2) исследование изменения состава микробиологического сообщества в зоне прорастания семени и 3) разработка описательной физической модели развития корневой системы семени и динамики состава микробиологического почвенного ценоза на первом этапе прорастания семени до формирования листового аппарата (первые 7-12 сут.). Модельные физические эксперименты состояли в создании семенного ложа с просеянными агрегатами (3-5 мм) агродерново-подзолистой почвы, когда нижняя часть бокса диаметром 1.5 см и высотой 3 см была уплотнена до значений плотности почвы более 1.1 г/см³, а верхняя состояла из агрегатов с пористостью 41.3%; семена ячменя помещались на границе указанных слоев, создавалась оптимальная влажность почвы (близкая к наименьшей влагоемкости), и указанная физическая модель исследовалась томографически в исходном состоянии и впо-

следствии в динамике в течение 7-10 сут. с помощью рентгеновского микротомографа Bruker SkyScan 1172. Одновременно в указанные сроки определялся состав почвенной микробиоты методом газовой хроматографии-масс-спектрометрии. Первоначальные исследования 3D-изображений прорастающих семян показали, что на данном этапе формирующаяся корневая система семени не определяется архитектурой порового пространства окружающей семя почвы, а общая численность бактерий увеличивается к пятым суткам. В каждом образце доминировали актинобактерии, аэробы *Actinobacteria* spp., *Rhodococcus equi* и фирмикуты (анаэробы *Ruminococcus* sp.). Наблюдалось увеличение численности факультативных анаэробных целлюлозолитиков *Cellulomonas* sp. по сравнению с контрольным образцом без семени на пятые сутки от начала прорастания с последующим ее снижением на седьмые сутки, что связано, по-видимому, с разрушением семенной оболочки. Также при помощи томографической съемки наблюдали сокращение объемов семени с 50 до 36% от общего объема растения, находящегося в зоне съемки. Отметим, что эти результаты относятся к начальной фазе прорастания семян и формирования корневой системы, которая, вероятно, при дальнейшем росте будет существенно изменять свои показатели в поровом пространстве указанного строения почвенного ложа. Однако уже на начальном этапе выявлены изменения в микробоценозе, соответствующие происходящим фазам прорастания, и томографические структурные трансформации в формирующейся корневой системе.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ мк, проект № 19-29-05112.

УДК 631.4

МИКРОСТРУКТУРА И РЕОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПОЧВЕННЫХ СУБСТРАТОВ РАЗНОГО ГЕНЕЗИСА

**Сусленкова М.М.¹, Умарова А.Б.¹, Бутылкина М.А.¹, Александрова М.С.²,
Званцова В.А.¹**

¹ Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Москва
E-mail: suslenkovamaria@gmail.com

² Институт глобального климата и экологии им. академика Ю.А. Израэля,
Москва

В данной работе рассмотрены микроструктура и реологические свойства почв и субстратов разного генезиса и их взаимосвязь. Исследования проводились на сканирующем электронном микроскопе и «Реотесте-2». Объектом исследования стали горизонт Апах, песок карьерный, торф низинный пакетизированный «Селигер» и смесь

перечисленных субстратов. Из данных почвенных субстратов были сформированы три варианта модельных конструкций: 1) контроль, состоящий из горизонта Апах; 2) слоистый, состоящий из последовательно размещенных слоев: горизонт Апах, торф, песок, горизонт Апах; 3) вариант, состоящий из слоя смеси, подстилаемого горизонтом Апах.

В момент закладки модельных конструкций различия в микростроении и реологическом поведении образцов были отчетливы и соответствовали их генезису. Горизонт Апах имел сомкнутое плотно упакованное строение поверхности и включал неокатанные угловатые минеральные частицы, при реологических испытаниях он вел себя как жидкообразное тело. Торфяной образец был закономерно не оструктурен, при больших увеличениях на его поверхности отчетливо выделялся аморфный слой, покрывавший и сглаживавший поверхность твердой фазы, свечение которого под лучом сканирующего микроскопа свидетельствовало о его органической природе. В песке наблюдались четкие крупные окатанные минеральные частицы, не связанные друг с другом. Как и у торфа, реологическое поведение песка соответствовало течению твердообразных тел. Частицы смеси располагались очень плотно, в структуре образца отчетливо выделялись фрагменты торфа и песка, оказавшие наибольшее влияние на форму реологических кривых данного субстрата.

В результате четырехлетнего полевого эксперимента была обнаружена трансформация микроструктуры и реологических свойств субстратов в зависимости от их расположения в профиле модельных конструкций. В горизонте Апах происходил постепенный рост размера микроагрегатов и количества полостей и пор, особенно при его расположении на поверхности торфа варианта 2. В данном слое реологическая кривая приобрела форму, характерную твердообразным телам, а устойчивость микроструктуры к внешним нагрузкам возросла в несколько раз, что обусловлено поступлением торфяных компонентов из граничного слоя. В торфе за четыре года функционирования аморфный слой стал фрагментарен, стали выделяться относительно крупные связанные микроструктуры и множественные полости. Практически полное исчезновение драпирующего органического слоя в данном субстрате привело к уменьшению скольжения и усилению трения частиц друг о друга, что способствовало увеличению напряжения сдвига в несколько раз. В песчаном субстрате, подстилавшем торф, на сканирующем электронном микроскопе стали заметны включения органических компонентов, образовавших сетчатую структуру на поверхности песчинок. Это привело к изменению формы реологических кривых. К концу модельного эксперимента в смеси стала наблюдаться плотная упаковка частиц, снизившая устойчивость субстрата к механическому воздействию в несколько раз.

Таким образом, изменения в пространственной организации твердой фазы почв отразились на их реологическом поведении. Обнаружено постепенное увеличение устойчивости структурных связей в горизонте Апах (вариант 1), влияние подстилающего слоя торфа на форму реологических кривых горизонта Апах в варианте 2, трансформация прочностных свойств смеси с формированием характерного реологического поведения текучих тел, собственных пахотным гумусовым горизонтам.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ, проекты № 19-04-01298 А, 19-29-05252 мк.

УДК 631.434

ОСОБЕННОСТИ СТРУКТУРНЫХ ФРАКЦИЙ АНТРОПОГЕННО ПРЕОБРАЗОВАННЫХ ПОЧВ

Тагивердиев С.С., Безуглова О.С., Горбов С.Н., Титаренко В.В.

Южный федеральный университет, Ростов-на-Дону

E-mail: 2s-t@mail.ru

Структурное состояние почвы – результат совокупности процессов, в ней происходящих. Изучение структуры в этом контексте является важным, поскольку вскрытие механизмов накопления и перераспределения веществ в различных структурных фракциях – это ключ к рациональному землепользованию, сохранению плодородия и обеспечению экологической безопасности в городской среде и пригородных территориях.

В настоящей работе рассмотрено содержание различных форм органического углерода в естественных и антропогенно преобразованных почвах Ростова-на-Дону. Путем сухого просеивания отбирали фракции >10, 7-5, 5-3, 2-1, <0.25 мм. Эти фракции были выбраны, поскольку интенсивное антропогенное воздействие в городе приводит к увеличению фракций >10 и <0.25. Развитие древесной растительности на черноземах миграционно-сегрегационных приводит к появлению ореховатых отдельностей размером 7-5 мм, а естественная зернистая структура лежит в области 5-3, 2-1 мм.

Анализ проводили на анализаторе общего неорганического углерода Shimadzu TOC-L CPN в приставке для сухих образцов SSM-5000A. В результате прямого сжжения пробы при 900 °С получали общий углерод (ТС). Неорганический углерод (IC) получали при температуре 200 °С с добавлением ортофосфорной кислоты. Общий органический углерод (ТОС) рассчитывали по разности между ТС и IC.

Полученные результаты показывают, что в горизонтах урбостратоземов распределение ТОС и IC по структурным фракциям

существенно различия с таковыми в естественных почвах. В первую очередь эти различия обусловлены видом и степенью антропогенной нагрузки, оказываемой на почву вследствие урботехногенеза. Если рассматривать горизонты урбик «UR», максимальные значения ТОС приурочены к пылевой фракции. Нужно отметить, что в отдельных случаях этот показатель превышает показания в целом по горизонту на порядок. Однако, напротив, в этих агрегатах получено минимальное содержание IC.

В почвах под древесными фитоценозами существенных различий в распределении форм углерода по структурным фракциям не наблюдаются по отношению к целинным черноземам. Выявлено более плавное распределение IC в карбонатных горизонтах и увеличение органических форм углерода с ростом размера структурных отдельных в гумусово-аккумулятивных горизонтах, за исключением фракции размерностью >10 мм в черноземе под посадками хвойных растений, где наблюдается уменьшение аккумуляции ТОС.

Дерновый горизонт AUrz чернозема миграционно-сегрегационного (целина) и его аналог в реплантоземе (горизонт RAT1d) отличаются обратными зависимостями концентрации ТОС от размера структурной фракции: в AUrz с увеличением диаметра структурных отдельных наблюдается повышение содержания ТОС, в RAT1d – уменьшение. Карбонатные горизонты реплантозема также характеризуются более плавным снижением ТОС при увеличении размера фракции, в то время как в аналогичных горизонтах нативной почвы наблюдаются небольшие колебания в пределах одного уровня.

Накопление органического углерода в структурных фракциях отражает генезис горизонта и определяется вкладом фракции в общий состав структурных отдельных.

УДК631.4

ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКИЙ СОСТАВ И ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ТВЕРДОЙ ФАЗЫ ТЕМНОГУМУСОВОЙ ПОЧВЫ КОСТРОМСКОЙ ОБЛАСТИ

Тюгай З., Иванов А.В., Шваров А.П., Лебедев И.Е., Бутылкина М.А.
Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Москва
E-mail: zemfira53@yandex.ru

Исследованы состав и свойства твердой фазы темногумусовой почвы северо-востока Костромской области. Костромская область представляет собой территорию со сложнейшей историей формирования отложений, служащих почвообразующими породами. До настоящего времени этот участок России изучен недостаточно. Практически не

изученными в почвенном отношении остаются наиболее интересные в природном аспекте северная и северо-восточная части территории области (в особенности Межевский и Пыщугский районы) в пределах Северных Увалов, малозаселенных и почти целиком покрытых лесом. Здесь на фоне доминирующих по площади суглинистых дерново-подзолистых и песчаных Al-Fe подзолов на дренированных склонах формируются органо-аккумулятивные почвы, приуроченные к выходу на поверхность тяжелых по гранулометрическому составу отложений триаса, юры и мела. Объектом исследования послужил разрез темногумусовой органо-аккумулятивной почвы, заложенный в Пыщугском районе в 2 км к югу от с. Талица и в 500 м на восток от шоссе Пыщуг–Никольское. Разрез приурочен к плоской водораздельной части увалистого повышения на пологом склоне Северных Увалов. Растительность представлена ельником разнотравным в возрасте около 100 лет с единичной примесью березы, сосны и обильным подростом ели высотой до 10 м. В напочвенном покрове доминирует земляника, костяника, копытень, хвощ лесной и зеленые мхи. Полевые и лабораторные исследования образцов проводили как общепринятыми в физике почв методами, так и с привлечением новых инструментальных методов исследования: лазерный дифрактометр Mastersizer 3000, анализатор формы капли воды DSA-100, виброгрохот. По классификации Н.А. Качинского исследованная нами темногумусовая почва относится к суглинку тяжелому пылеватому. Обращает на себя внимание небольшое содержание илистой фракции. Фракция мельче 0.01 мм составляет 50-70%, преобладающими фракциями являются фракция крупной (23-37%) и мелкой (28-44%) пыли. Агрегатный состав в верхнем слое 0-50 см отличный. Содержание агрономически ценных агрегатов составляет >60%. В составе водопрочных агрегатов присутствуют агрегаты всех размеров: >5, 5-3, 3-2, 2-1, 1-0.5, 0.5-0.25 мм. По физико-химическим свойствам темногумусовая почва резко отличается от альфегумусовых. Темногумусовая почва наряду со значительной гумусированностью (в слое 0-30 см содержание $S_{\text{орг}}$ вещества – 8.5-17.7%) имеет близкую к нейтральной реакцию среды. Плотность сложения в верхних горизонтах невысокая (0.24-0.4 г/см³). Фильтрация в слое 0-10 см провальная. Верхний органогенный горизонт темногумусовой почвы характеризуется высокими значениями угла смачивания (>70°) и низкими значениями удельной поверхности по сорбции азота (лишь 0.4 м²/г). Тяжелый гранулометрический состав, отличные структурные характеристики темно-гумусовой почвы при высоком содержании органического вещества предопределяют высокое плодородие этих почв.

УДК 631.4

ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА И РЕЖИМЫ ГОРОДСКИХ ПОЧВ И ИХ ЗНАЧЕНИЕ В ДИАГНОСТИКЕ ПОЧВ

**Умарова А.Б.¹, Прокофьева Т.В.¹, Мартыненко И.А.¹, Кокорева А.А.¹,
Ежелев З.С.¹, Иванова А.А.¹, Болотов А.², Дымов А.А.³, Малюкова Л.П.⁴,
Подушин Ю.В.⁵, Дунаева Е.А.⁶, Сусленкова М.М.¹,
Гасина А.И.¹, Быкова Г.С.¹**

¹ Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Москва
E-mail: a.umarova@gmail.com

² РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева, Москва

³ Институт биологии ФИЦ Коми НЦ УрО РАН, Сыктывкар

⁴ Всероссийский НИИ цветоводства и субтропических культур, Сочи

⁵ Кубанский государственный аграрный университет, Краснодар

⁶ НИИ сельского хозяйства Крыма, Симферополь

При исследовании городских почв основное внимание уделяется их химическим свойствам с позиций их обеспеченности питательными веществами для растений и содержания поллютантов. Другой вопрос, который весьма актуален в современном почвоведении – это классификация городских почв, в которой также основное внимание уделяется химическим свойствам и морфологическим признакам. Физические свойства и режимы городских почв весьма слабо исследованы. Для диагностики данных почв в России распространен генетический подход с выделением различных маркирующих слоев. Существуют определенные сложности выделения отдельных горизонтов, так как в отличие от почв естественного ряда с длительным процессом эволюции городские почвы являются молодыми почвами и, кроме того, обладают высочайшей степенью пространственной неоднородности своих свойств как в вертикальном, так и латеральном направлении. Весьма проблематично и отделение современных почвенных горизонтов от слоев техногенного грунта в связи со схожестью их химических свойств и наличием значительных количеств антропогенных включений (артефактов). Задачей настоящего исследования явился сравнительный анализ физических свойств и температурного режима городских и фоновых почв разных климатических зон.

Были выбраны почвы городов Сыктывкар, Москва, Краснодар, Майкоп, Сочи, Симферополь, где было проведено зонирование их территорий и подбор ключевых экспериментальных площадок с разными вариантами почв (от урбаноземов до фоновых), проведено морфологическое описание почв. Определялись профильные распределения плотности почвы, коэффициента фильтрации, гранулометрического и структурного составов, содержания химических элементов и др.

Исследование морфологии урбанизированных почв выявило наличие большого количества включений строительного и хозяйственно-бытового мусора, оказывающего сильное влияние на такие физические свойства почв, как плотность и коэффициент фильтрации: увеличивается неоднородность профиля как в вертикальном направлении, так и в пределах одного слоя. Так, в урбаноземах в соответствии с выраженной слоистостью профиля не наблюдается классического распределения плотности, характерного для почв естественного ряда, отмечается большое варьирование значений и наличие слоев с высокой плотностью. Отмечено, что не всегда высокие значения плотности свидетельствуют о низкой фильтрации. В целом значения скорости прохождения влаги сквозь почвенную толщу очень высокие, варьирование коэффициента фильтрации в почвах урбанизированных территорий выше. Различия в почвенной структуре на уровне макро- и микроагрегатов обнаружены как в зональном ряду, так и в зависимости от степени антропогенного вмешательства. Разница в физических и химических свойствах оказала влияние на особенности их температурного режима.

Работа выполнена при финансовой поддержке проекта РФФИ № 19-04-01298.

УДК 631

ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА СУБСТРАТОВ И ИХ КОМПОНЕНТОВ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ДЛЯ СОЗДАНИЯ ЗЕЛеноЙ КРОВЛИ

Фаустова Е.В., Корытина М.А.

Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Москва
E-mail: faustova_ek@mail.ru

Технология «Зеленой кровли» активно используется в благоустройстве современных городов. Такой подход не только оказывает благотворное влияние на экологическую обстановку, но и способствует сокращению теплопотерь и затрат на обогрев зданий в холодное время, приближая такие здания к стандартам пассивного дома, удерживает осадки, снимая нагрузку с водостоков. «Зеленые крыши» служат украшением больших городов, новыми рекреационными зонами, а также средой обитания для городской фауны.

Современная методика озеленения крыш предполагает использование почвенных субстратов с одной стороны легких, оказывающих минимальную нагрузку на верхнюю часть и опоры здания, с другой стороны – с оптимальными условиями для произрастания растений. В связи с этим возникает необходимость в комплексном исследовании физических свойств субстратов, используемых в озеленении крыш,

для выявления наиболее оптимальных почвенных конструкций с учетом потребностей растений и климатических особенностей данного региона.

Объектом исследования послужили два почвенных субстрата используемых для создания «зеленой кровли», и их составляющие: песок, верховой торф, кокосовое волокно и агроперлит. Субстраты различались пропорциями слагающих их компонентов (по объему): смесь 1 – 30% речной песок, 30% верховой торф, 30% кокосовое волокно (койр), 10% агроперлит; смесь 2 – 25% речной песок, 15% верховой торф, 10% кокосовое волокно, 50% агроперлит. Данные субстраты были помещены в Модули GreenSkinbox, используемые для кровельного озеленения, и установлены на крыше оранжерейного комплекса МГУ. Толщина почвенного субстрата – 5 см. Сверху были высажены семена очитка едкого *Sedum acre*.

В работе исследованы различные агрофизические свойства почвенных субстратов и их компонентов, такие как pH, плотность, порозность, функция влагопроводности, ОГХ (аппроксимация проводилась в программе RETC) и другие физические свойства общепринятыми методами. На основе экспериментально полученных физических свойств была сделана попытка рассчитать процессы движения влаги в почвенной толще с помощью программы Hydrus 1D.

Проведенные исследования показали, что почвенные субстраты содержат компоненты, обеспечивающие хорошую водопроницаемость (песок), аэрируемость (агроперлит), водоудерживающие свойства (кокосовое волокно и верховой торф). Они обладают довольно высоким содержанием гумуса, имеют нейтральную реакцию среды. Однако, первый субстрат отличается лучшими агрофизическими свойствами из-за высокой водоудерживающей способности, меньшей температур- и влагопроводности. В связи с этим именно такой состав субстрата можно рекомендовать для озеленения крыш в условиях умеренного климата.

УДК 631.434

РЕОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКИХ ФРАКЦИЙ ЧЕРНОЗЕМА ТИПИЧНОГО ВОРОНЕЖСКОЙ ОБЛАСТИ

Хайдапова Д.Д.¹, Милановский Е.Ю.¹, Куваева Ю.В.², Панова И.Г.¹, Рогова О.Б.²

¹ Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Москва
E-mail: dkhaydapova@yandex.ru, milanovskiy@gmail.com; igpan@mail.ru

² Почвенный институт им. В.В. Докучаева, Москва
E-mail: kuvayevy@mail.ru; olga_rogova@inbox.ru

Реологический подход к исследованиям почвенной структуры находит все большее применение среди почвоведов. Однако интерпретация полученных данных сложна из-за полидисперсности и гетероген-

ности почв. Для получения реальной картины о реологических свойствах почвы необходимо учитывать данные о ее гранулометрическом и минералогическом составе, влажности, содержании органического вещества, удельной поверхности и многом другом. Однако далеко не все закономерности обнаружены на сегодняшний день. В данной работе мы попытались установить влияние гранулометрического состава, содержания органического вещества и дзета-потенциала различных фракций чернозема типичного Воронежской области на реологические свойства почв. Объектами исследования служил чернозем типичный, отобранный из залежного и парующего полей (0-20 см) Каменной степи. По классификации СССР 1977 г. почва называется чернозем типичный, по международной классификации WRB (2014) – *Naptic Chernozem (Loamic, Aric, Pachic)*. Гранулометрические фракции были выделены по методике, описанной Шаймухаметовым и Ворониной (1972), без предварительного разрушения органического вещества и без применения химических диспергирующих реагентов путем седиментации в стоячей воде и последующего центрифугирования. Каждый образец почвы была разделен по размерам на шесть фракций (10-50, 5-10, 2-5, 2-1, 1-0.2 мкм). В выделенных фракциях были определены гранулометрический состав методом лазерной дифракции частиц на приборе *Analizette-22*, содержание углерода и азота на приборе *CNHS-анализатор Vario ELIII Elementar* путем высокотемпературного сжигания проб, электрофоретическая подвижность и дзета-потенциал образцов были определены методом лазерного электрофореза на приборе *ZetaPlus (zeta potential analyzer)* и определены реологические свойства на реометре *MCR-302* методом амплитудной развертки. Метод амплитудной развертки позволяет определить пределы упругого, пластичного и вязкого реологического поведения почвенных паст. Определение гранулометрического состава в выделенных фракциях показало, что фракционирование прошло довольно успешно и удалось выделить необходимые органо-глинные комплексы. Минимальное содержание органического вещества приходится на самые крупные фракции. Максимальное содержание углерода находится во фракции 2-5 мкм для образцов черного пара и во фракции 1-2 мкм для образцов косимой степи. Также стоит отметить, что в почве косимой степи содержится больше органического вещества, чем в почве черного пара. Содержание органического вещества положительно коррелирует с диапазоном линейной вязкоупругости ($K = 0.79$), который увеличивается с ростом дисперсности, наибольший во фракции 2-5 мкм почвы косимой степи. Величина дзета-потенциала преимущественно выше (по модулю) в парующей почве. Это особенно заметно во фракции 5-10 мкм, в более мелких фракциях дзета-потенциал резко снижается. Здесь могут более интенсивно идти процессы коагуляции почвенных частиц в связи

с увеличением удельной поверхности и компенсации избыточного заряда органическим веществом. Для образцов из косимой степи наименьший дзета-потенциал наблюдается во фракции 1-2 мкм, где больше всего обнаружено органического углерода. Прослеживается связь между модулем упругости и величиной дзета-потенциала, с увеличением дзета-потенциала (по модулю) увеличивается модуль упругости, коэффициент корреляции составляет 0.72. Величина предела текучести или диапазона пластичного поведения наибольшая во фракции 5-10 мкм, далее с уменьшением размера фракций она падает. В парующей почве пик величины предела текучести приходится на фракцию 2-5 мкм. Таким образом, на реологическое поведение почвы оказывают влияние размер составляющих фракций, заряд их поверхности, а также распределение содержания органического вещества по фракциям.

Работа выполнена при частичной поддержке гранта РФФИ № 18-29-25017/18 с использованием оборудования, приобретенного по программе развития МГУ.

УДК 631.44: 631.43

РЕОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ТАЕЖНЫХ АВТОМОРФНЫХ И ПОЛУГИДРОМОРФНЫХ ПОЧВ РЕСПУБЛИКИ КОМИ

Холопов Ю.В.¹, Лаптева Е.М.¹, Хайдапова Д.Д.²

¹ Институт биологии ФИЦ Коми НЦ УрО РАН, Сыктывкар
E-mail: vegalyn@mail.ru, elena.lapteva.60@mail.ru

² Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Москва
E-mail: dkhaydapova@yandex.ru

В области почвоведения, агрофизики, агроэкологии вопросы, связанные с изучением механизмов формирования почвенной структуры, качества и свойств межчастичных и межагрегатных контактов, а также их деформационных характеристик и устойчивости к различным нагрузкам, являются крайне актуальными как с теоретической, так и с практической точки зрения. Способность к структурной организации позволяет почвам эффективно выполнять свои функции в обеспечении плодородия и сохранении устойчивости экосистем даже в сложных и экстремальных условиях Севера. Почвы Республики Коми являются достаточно интересным объектом для изучения их реологических свойств, так как формируются в условиях повышенного увлажнения и длительного промерзания с проявлением разнообразных деформационных процессов – тиксотропии, пльвунности, солифлюкции, морозобойного растрескивания, пучения и др. Данные о структурно-механических свойствах, т.е. связи элементарных почвенных частиц

между собой и их деформационных свойствах, можно получить с помощью почвенно-реологических исследований. Реология как наука рассматривает вопросы изучения течения и деформации реальных тел, а также включает в себя учение о качестве физико-химических связей исследуемых систем.

Цель данной работы заключалась в изучении свойств и особенностей реологического поведения автоморфных и полугидроморфных почв, формирующихся под таежной растительностью на территории Республики Коми.

Объектом исследования являлись текстурно-дифференцированные (дерново-подзолистые, подзолистые с микропрофилем подзола) и криометаморфические (светлоземы иллювиально-железистые) почвы таежной зоны Республики Коми, а также их полугидроморфные разновидности. Реологические параметры почв определяли на модульном реометре MCR-302 «Anton Paar» (Австрия). В наших исследованиях использовали метод амплитудной развертки (колебательный метод) с измерительными системами плита-плита.

Полученные данные показывают, что наиболее прочные почвенные контакты формируются в горизонтах с высоким содержанием гумусовых веществ, в том числе комплексных органо-минеральных соединений железа и алюминия. В направлении от текстурно-дифференцированных почв южной и средней тайги к светлоземам северной, крайнесеверной тайги и лесотундры наблюдается снижение устойчивости почв к механическим нагрузкам в полтора-два раза вследствие усиления прочных, но более хрупких почвенных взаимодействий с низкими показателями упругой и пластичной деформации. Увеличение жесткости и хрупкости в профиле почв северной, крайнесеверной тайги и лесотундры связано с усилением фульватности гумуса и подвижности гумусовых соединений, их более глубокой миграцией вниз по профилю, а также увеличением глубины промерзания почв к северу. Усиление заболоченности почв сопровождается снижением прочности почвенных контактов вследствие накопления в почвах слаборазложившихся органических остатков. В исследуемом ряду таежных почв наиболее устойчивые к механическим нагрузкам (с наиболее широким диапазоном упругой и пластичной деформации) межчастичные почвенные взаимодействия формируются в дерново-подзолистых текстурно-дифференцированных почвах южной тайги, чему способствует менее агрессивный состав поступающих из подстилки органических веществ, в которые входят гуматы кальция.

НЕНАСЫЩЕННАЯ ФИЛЬТРАЦИЯ В НАБУХАЮЩИХ ПОЧВАХ: ТЕОРИЯ И ЭКСПЕРИМЕНТ

Храмченков М.Г., Усманов Р.М.

Казанский федеральный университет, Казань

E-mail: mkhramch@gmail.com

Разработана математическая модель ненасыщенной фильтрации воды в набухающих пористых средах (почвах и почвогрунтах), которая основана на полученных ранее доказательных представлениях о необходимости использования уравнения баланса массы фильтрующейся жидкости и замыкающих термодинамических соотношений более сложного вида, чем для моделей течений в обычных пористых средах. Это связано с необходимостью учета изменения радиуса поровых каналов за счет набухания и изменения баланса сил, действующих на фильтрующийся поток жидкости. Данная модель реализует различные варианты режимов течения с обострением и описывает формирование длительно существующих зон с измененной структурой фильтрационного потока. Направление по моделированию фильтрации в набухающих пористых средах является актуальным для различных разделов таких научных дисциплин, как физика почв, механика грунтов, биомеханика. Научный и практический интерес здесь вполне объясним. Дело в том, что фильтрация в набухающих пористых средах играет важную роль при влагопереносе в наиболее плодородных типах почв (черноземах) и формировании их водоудерживающих свойств. В этом случае приходится иметь дело с изменением структуры порового пространства за счет процессов набухания. Это приводит к активизации нового фактора усиления развития неустойчивости фронта пропитки (фактор изменения формы и размеров частиц пористой среды).

Получено итоговое уравнение фильтрации в набухающих пористых средах, имеющее важное значение для количественного описания процессов, протекающих в почвах, поры которых неоднородны по своей структуре и не полностью насыщены влагой (ненасыщенных структурированных пористых средах), представляющее интерес в том числе для ряда технологий (в частности, для технологий получения буровых растворов и подготовки строительного сырья).

Постановка задачи выполнена для общего случая ненасыщенной фильтрации в деформируемой под нагрузкой пористой среде. Проанализировано поведение ненасыщенных набухающих пористых сред под нагрузкой. Получено уравнение, связывающее объемную деформацию среды с величиной приложенной нагрузки. Проведено сравнение полученных результатов расчетов с экспериментальными

данными. Установлено хорошее соответствие расчетных и экспериментальных данных. Изучен вопрос о влиянии изменения характера упаковки частиц на поведение среды под нагрузкой (механоактивация). В необходимом для замыкания модели уравнении для связи расклинивающего давления, капиллярного давления и приложенной нагрузки учитывается концентрация примесей в фильтрующемся растворе в транспортных порах почвы, которая влияет на адсорбционную составляющую расклинивающего давления.

Таким образом, это позволяет проанализировать влияние химического состава фильтрующегося раствора на набухающие свойства пористой матрицы. Проведено экспериментальное исследование и расчет фильтрации воды в набухающей деформируемой почве в режиме полного насыщения. Эксперименты проводились в специально сконструированном фильтрационном лотке. Найдено аналитическое решение соответствующей краевой задачи, проведено его сравнение с численным решением задачи и экспериментальными данными. Получено хорошее соответствие расчетных и экспериментальных данных. Отдельно решена задача о капиллярном подъеме воды в набухающей почве по модели Вашбурна. Выполнен эксперимент по капиллярному подъему воды в ненабухающих грунтах и набухающих почвах, продемонстрировано хорошее согласие рассчитанных по модели и полученных экспериментально данных.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 19-29-05006.

УДК 631.4

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ, ПЕРСПЕКТИВЫ И АКТУАЛЬНЫЕ ВЫЗОВЫ В ФИЗИКЕ ПОЧВ

Шейн Е.В.

Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Москва

Почвенный институт им. В.В. Докучаева, Москва

E-mail: evgeny.shein@gmail.com

Проблемы в любой развивающейся и востребованной науке систематизируются по трем основным направлениям: 1) новые теоретические подходы; 2) новые методы и приборы и 3) современные требования практики, практических приложений. Отметим, что в современной физике почв новых теоретических подходов не наблюдается; большинство публикаций посвящено педотрансферным функциям, что вполне понятно: расширились и появились новые многочисленные базы данных, что безусловно существенно двинуло вперед разработку статистических моделей определения необходимых почвенных характеристик по базовым свойствам. Но это трудно признать новым прогрессивным шагом в науке, хотя и необходимым.

В разделе новых методов и приборов явно намечается направление использования цифровых приборов и методов. Это и лабораторные приборы по определению фундаментальных свойств почв (гранулометрический, микроагрегатный составы, структура порового пространства – томография, удельная поверхность, контактный угол смачивания, реологические свойства и др.). Эти приборы позволяют во многом по-новому понять, анализировать и предсказывать различные физические свойства и процессы в почвах. Например, лазерный дифрактометр позволяет быстро получать непрерывную кривую гранулометрического состава; приборы, основанные на методе сидячей капли (DSA100), – реальный контактный угол твердая-жидкая фаза почв, указывающий на особенности состава и характеристики поверхности. Здесь на первый план выходят вопросы соответствия результатов традиционных (классических) и новых методов, а также вопросы подготовки образцов к соответствующим анализам. Томография столь стремительно ворвалась в физику почв, что в почвенно-физических терминах уже постоянно фигурируют такие понятия, как открытая, закрытая, томографическая пористость, локальная толщина микропоры и др. Это выдвигает на первый план исследования динамичности порового пространства, изменения его структуры в процессах увлажнения и иссушения, замерзания и оттаивания, что во многом представляет структуру порового пространства как существенно изменяющуюся систему, способную формировать сложную активную переменную поровую структуру. В ближайшее время, полагаю, эти новые томографические параметры и результаты исследования выдвинут на первый план новые модели движения и статики веществ в почве, включающие вышеперечисленные томографические характеристики структуры порового пространства почв.

В третьем направлении развития физики почв – современные требования практики, практические приложения. Основные надежды наша наука, безусловно, связывает с развитием цифровых технологий, позволяющих в режиме реального времени следить за гидрологией, элементами деградации почвенных условий, наличием загрязняющих веществ, токсикантов. Появившиеся цифровые датчики (влажности почвы, давления влаги, температуры) позволяют в разных режимах вести цифровой мониторинг. Безусловно, такого рода мониторинг, включающий анализ цифровой информации о динамических свойствах почв, должен позволить перевести на иной качественный уровень мелиоративные разработки, слежение за работой систем орошения и полива разного масштаба, оптимизацией почвенно-ландшафтного обустройства и функционирования мелиоративных систем.

Работа выполнена при частичной поддержке грантов РФФИ № 19-04-01056-а и 19-29-05112-мк.

УДК 631.4

АГРЕГАТНЫЙ СОСТАВ ТЯЖЕЛЫХ ОСУШЕННЫХ ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТЫХ ГЛЕЕВАТЫХ ПОЧВ ПОД СЕНОКОСОМ

Юсупова Д.И., Анциферова О.А.

Калининградский государственный технический университет, Калининград
E-mail: dinarij1986@mail.ru

В Калининградской области наряду с моренными распространены озерно-ледниковые равнины, сложенные красноцветными карбонатными глинами. Исследования почв на тяжелых породах в настоящее время актуально в связи с установлением закономерностей их антропогенной эволюции и с внедрением современных агротехнологий. Ключевой участок располагается на Лава-Прегольской равнине в Черняховском районе.

Целью исследования было выявление особенностей агрегатного состава почв и его динамики в течение вегетационного периода. Почвообразование длительное время происходило под многолетней травянистой растительностью, так как участок использовался в качестве сенокоса еще с немецкого периода. Мониторинговыми почвами выбраны два ареала, расположенных на разных элементах рельефа: дерново-скрытоподзолистая глубокоглееватая среднесуглинистая почва на небольшом повышении и дерново-слабоподзолистая поверхность- и профилюглееватая почва на плоском пониженном участке. Поле осушается системой закрытого и открытого дренажа. Угодье: сенокос с сеяними травами третьего года пользования (фестулолиум, тимофеевка луговая, ежа сборная с участием клевера ползучего). Предшественник – залежь. Агрегатный состав определялся по Саввинову (сухое и мокрое просеивание). Образцы почв отбирались весной (март), летом (июль) и осенью (октябрь) в четырехкратной повторности из гумусового горизонта (0-20 см) с каждого почвенного ареала. Статистическая обработка проводилась в программе Excel. Погодные условия 2019 г. были близки к среднемноголетним значениям. Почвы характеризуются содержанием гумуса около 2-3%, реакция среды варьирует от слабокислой до нейтральной в А1. В поверхностно-глееватой почве выражены пленки аморфного железа на гранях структурных отдельностей и в полостях корневин. В весенний период (выдался засушливым) структура обеих почв по данным сухого рассева оценивалась как плохая за счет преобладания глыбистой фракции (более 80%). Количество водопрочных агрегатов находилось в пределах 32-54%. В июле данные сухого рассева показали увеличение количества агрегатов размером 0.25-10 мм до 31-39%, но структура по-прежнему была глыбистой. Зато водопрочность агрегатов возросла

до 68-73% за счет увеличения фракции комков размером более 5 мм. Лучшим структурным состоянием характеризовалась поверхностно-и профильно-глееватая почва. Контрастный режим увлажнения и наличие аморфного железа являются дополнительными факторами агрегации почвенной массы. Отрицательным качеством почвы является быстрая подверженность переувлажнению при выпадении ливневых осадков вследствие глинистого гранулометрического состава гумусового горизонта. Тем не менее, биологическая продуктивность трав на почве была высокой (около 5.7 т/га воздушно-сухой массы в середине июля). Воздействие корневых систем злаковых трав также способствует формированию водопрочной структуры. В октябре данные сухого рассева вновь характеризовали структуру обеих почв как плохую (14-16% агрегатов размером 0.25-10 мм), но водопрочность при этом сохранялась на уровне хорошей (66.5-72%).

Таким образом, с помощью классических методов установлены сезонные пределы агрегации – дезагрегации почв на тяжелых породах. Основной чертой почв является глыбистость как следствие тяжелого гранулометрического состава и невысокого содержания гумуса. Коэффициент структурности по всем турам мониторинга был меньше 0.67, при этом выявлена значительная водопрочность структуры. Обнаружено, что на перегруппировку водопрочных макроагрегатов в течение вегетационного сезона влияет влажность, окислительно-восстановительный потенциал и содержание подвижного железа. Высокая насыщенность почв основаниями и карбонатность пород создают благоприятные условия для развития трав. Это в свою очередь способствует оструктуриванию почв.

Комиссия II

ХИМИЯ ПОЧВ

Председатель – д.б.н. Д.Л. Пинский

УДК 631.81.095.337:631.461.7(571.13)

**ОЦЕНКА ФОНДА ПРОЧНОСВЯЗАННЫХ
И ПОДВИЖНЫХ ФОРМ МИКРОЭЛЕМЕНТОВ
В ПОЧВАХ АГРОЦЕНОЗОВ ОМСКОГО ПРИИРТЫШЬЯ**

Азаренко Ю.А.

Омский государственный аграрный университет им. П.А. Столыпина, Омск
E-mail: azarenko.omgau@mail.ru

Содержание микроэлементов в почве является одним из факторов ее плодородия. В связи с недостаточной систематизацией материалов о современном состоянии фонда микроэлементов в почвах агроценозов лесостепной и степной зон Омского Прииртышья (черноземах, лугово-черноземных и солонцах) были изучены особенности содержания и распределения в них Mn, Cu, Zn, Co, Mo, B.

Потенциальный запас микроэлементов характеризуется их валовым содержанием. Нами определялось количество кислоторастворимых форм Mn, Cu, Zn, Co в 5М HNO₃, извлекающей значительную часть элементов в составе силикатов и алюмосиликатов, а также валовый бор, которые рассматривались нами как прочносвязанные формы элементов. Подвижные формы определяли стандартными методами: Mn, Cu, Zn, Co – в 1н ацетатно-аммонийном буфере с pH 4.8, B – в горячей водной вытяжке, Mo – оксалатным буфером. В результате исследований было установлено, что в среднем почвы имеют высокий и повышенный уровень содержания прочносвязанных форм (в мг/кг): Mn – 509-619, Cu – 19.3-21.3; Zn – 51.7-55.7; Co – 11.3-13.3, но он соответствует имеющимся гигиеническим нормативам. Между разными типами почв не обнаружено различий в содержании меди и цинка, в то же время лугово-черноземные почвы имеют достоверно

более высокий уровень содержания марганца, солонцы – марганца и кобальта.

Содержание бора в черноземных почвах высокое (34-50 мг/кг), а в солонцах – высокое и избыточное (50-126 мг/кг). Содержание микроэлементов в почвах кроме исходного содержания их в почвообразующих породах зависело от количества физической глины, ила, величины емкости катионного обмена (ЕКО). Наиболее сильная зависимость от перечисленных факторов наблюдалась для цинка ($r = 0.71-0.85$) и меди ($r = 0.75-0.85$), средняя для марганца ($r = 0.34-0.52$) и кобальта ($r = 0.49-0.61$). Гумус оказывал более слабое влияние на содержание микроэлементов. Существенные взаимосвязи (наиболее сильные для меди и цинка) выявлены между содержанием всех микроэлементов-металлов с железом, что обусловлено сорбцией элементов его оксидами, геохимическим средством и ассоциированием соединений элементов в почвах.

Доля подвижных Cu, Zn, Co в почвах составляла всего 0.6-1.4%, Mn – 6.2-19.8% от количества прочносвязанных форм. Черноземные и солонцовые почвы имели близкие концентрации Cu – 0.11-0.12, Zn – 0.30-0.40 и Co – 0.11-0.12 мг/кг. Сильное варьирование концентраций наблюдалось для Mn: 3.2-44.7 мг/кг при $C_v = 83-108\%$. Содержание микроэлементов в слое 0-20 см почв определялось различными факторами: В – количеством ила, физической глины и ЕКО, Мо – количеством гумуса, Со – содержанием ила и кислоторастворимой формы микроэлемента, Си – количеством кислоторастворимой формы элемента. Для Zn была установлена обратная зависимость с величиной рН, для Mn – с илом и физической глиной.

Наиболее контрастное распределение характерно для подвижных соединений В: от 1.2-3.2 мг/кг в черноземах и лугово-черноземных почвах до 3.8-23.7 мг/кг в солонцах при увеличении их доли в этих типах почв соответственно от 4.7-8.7 до 7-30% от валового содержания. Концентрации подвижного В в почвах зависели от его валового содержания и рН. Установлены количественные параметры взаимосвязей содержания подвижных форм микроэлементов от свойств почв, выведенные уравнения регрессии позволяют прогнозировать содержание подвижных форм микроэлементов в почвах.

Агрохимическая оценка выявила недостаточное содержание для растений подвижных Zn, Си и Со и избыточное – подвижного В в солонцах. Отклонение концентраций микроэлементов от оптимальных уровней указывает на необходимость проведения мероприятий по регулированию питания ими растений.

УДК 631.41

ПОГЛОТИТЕЛЬНАЯ СПОСОБНОСТЬ ПОЧВ ГИДРОМОРФНОГО РЯДА ПО ОТНОШЕНИЮ К ТЯЖЕЛЫМ МЕТАЛЛАМ

Бауэр Т.В.¹, Минкина Т.М.², Пинский Д.Л.³, Тусат Э.⁴

¹Южный НЦ РАН, Ростов-на-Дону

E-mail: bauertatyana@mail.ru

²Южный федеральный университет, Ростов-на-Дону

E-mail: msaglara@mail.ru

³Институт физико-химических и биологических проблем почвоведения РАН,
Пушино

E-mail: pinsky43@mail.ru

⁴Технический университет Коньи, Турция

E-mail: etusat@gmail.com

Одним из основных процессов, ответственных за распределение тяжелых металлов (ТМ) между жидкой и твердой фазами почв, является адсорбция. Состав и свойства почв играют чрезвычайно важную роль в регулировании поведения металлов и их поглощении. Изучение поглотительных свойств почв при различном уровне техногенного воздействия является серьезной экологической задачей, важной в научном и практическом аспекте.

Особый интерес представляет изучение закономерностей поглощения ТМ пойменными почвами. Сложность процесса почвообразования, его высокий динамизм, специфика водного питания, существенное влияние интразональных факторов являются основными причинами слабой изученности поглотительной способности пойменных почв по отношению к ТМ.

Целью работы является изучение закономерностей поглощения Cu^{2+} основными типами почв гидроморфного ряда Ростовской области.

В качестве объектов исследования выбраны верхние гумусовые горизонты (0-20 см) пойменных почв бассейна нижнего Дона (Ростовская область): луговая тяжелосуглинистая почва на аллювиальных отложениях и аллювиальная песчаная почва. Почвы обоих типов были отобраны на участках, не подверженных техногенному воздействию. По физико-химическим показателям исследуемые почвы значительно различаются (за исключением величины $\text{pH} = 7.5$), что находит отражение и в их адсорбционной способности по отношению к ионам Cu^{2+} . Луговая почва характеризуется следующими свойствами: $\text{C}_{\text{орг.}}$ – 4.3%, обменные катионы ($\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$) – 38.1 $\text{cM}(+)/\text{кг}$; CaCO_3 – 0.6%; содержание физической глины – 55.8%, ила – 32.0%. Для аллювиальной почвы характерны следующие значения: $\text{C}_{\text{орг.}}$ – 0.9%, обменные катионы – 6.6 $\text{cM}(+)/\text{кг}$; CaCO_3 – 0.1%; содержание физической глины – 2.8%, ила – 1.6%.

В исследованиях использовали фракцию почв меньше 1 мм в естественной ионной форме. К навескам исследуемых образцов, высушенным до воздушно-сухого состояния, массой 5 г приливали по 50 мл растворов от 0.05 до 1 мМ·л⁻¹ Cu²⁺ в виде Cu(NO₃)₂. Суспензии взбалтывали в течение 1 ч и оставляли на сутки в состоянии покоя, после чего фильтровали. Содержание металлов в фильтрах определяли методом атомно-абсорбционной спектрометрии. Количество металла, поглощенное твердой фазой, находили по разности между добавленной и измеренной в равновесном растворе концентрацией. Статистическую обработку результатов производили с использованием программы SigmaPlot 12.5.

Поглощение Cu исследуемыми почвами во всех случаях описывается уравнением Ленгмюра:

$$C_{\text{ад}} = C_{\infty} K_{\text{л}} C_{\text{р}} / (1 + K_{\text{л}} C_{\text{р}}),$$

где $C_{\text{ад}}$ – количество поглощенных катионов, C_{∞} – максимальная адсорбция металла, мМ·кг⁻¹; $C_{\text{р}}$ – равновесная концентрация металла, мМ·л⁻¹; $K_{\text{л}}$ – константа Ленгмюра, л·мМ⁻¹.

Экспериментальные данные по адсорбции меди луговой и аллювиальной почвами из растворов Cu(NO₃)₂ выявили определенные различия в их адсорбционной способности.

Для луговой почвы величины максимальной адсорбции C_{∞} (21.38 ± 3.97 мМ·кг⁻¹) и константы $K_{\text{л}}$ (103.72 ± 6.30 л·мМ⁻¹), характеризующей прочность связи металла с почвой, значительно выше, чем для аллювиальной почвы (13.75 ± 0.32 и 57.09 ± 3.00 л·мМ⁻¹ соответственно). Одна из причин высокой поглотительной способности исследуемой луговой почвы связана прежде всего с повышенным содержанием органического вещества, физической глины и ила по сравнению с аллювиальной песчаной почвой, где содержание $C_{\text{орг}}$ всего 0.9%.

Таким образом, установлены отличия в поглощении Cu²⁺ основными типами почв гидроморфного ряда Ростовской области, обусловленные различием в их физико-химических свойствах. Наибольшая адсорбционная способность по отношению к меди характерна для луговой почвы.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 19-34-60041.

УДК 550.47: 574.2:502.22

ЙОД В ПОЧВАХ И РАСТИТЕЛЬНОСТИ ПАСТБИЩ БРЯНСКОЙ И ГОМЕЛЬСКОЙ ОБЛАСТЕЙ

**Березкин В.Ю.¹, Коробова Е.М.¹, Романов С.Л.², Баранчуков В.С.¹,
Головин М.Л.^{1,3}, Долгушин Д.И.¹**

¹ Институт геохимии и аналитической химии им. В.И. Вернадского РАН, Москва
E-mail: victor76@list.ru

² УП «Геоинформационные системы», Минск

³ Российский университет дружбы народов, Москва

Исследовано распределение йода в системе почва–растение луговых фитоценозов геохимически контрастных ландшафтов, используемых в качестве местных пастбищ в Брянской (Россия) и Гомельской (Белоруссия) областях, пострадавших при аварии на ЧАЭС 1986 г., для последующей оценки распределения йода в пищевой цепи. Экспедиции лаборатории биогеохимии окружающей среды ГЕОХИ РАН и Брянского клинико-диагностического центра (2007-2012 гг.), проведенные в Брянской области по инициативе и при участии авторов, выявили значительное варьирование йода в почвах. На новом этапе исследований 2016-2019 гг. проверялось наличие общих закономерностей распределения йода в почвах пастбищ и укосах трав пастбищной растительности в пограничных районах Брянской и Гомельской областей, подвергшихся йодному удару во время аварии.

Полевой отбор проб проводился вблизи населенных пунктов, по которым имелись сведения о заболеваемости щитовидной железы среди местного населения. На каждом пастбище выбирались тестовые площадки с учетом рельефа: автономные (суходолы) и сопряженные с ними подчиненные (мезогидрофитные и гидрофитные луга). Отбор образцов почв проводился ручным буром из верхнего слоя мощностью 20 см послойно в интервале глубин 0-5, 5-10 и 10-20 см. Отбору почвы предшествовал отбор пробы луговых трав с площади от 20×20 до 50×50 см в зависимости от однородности и густоты растительности.

Содержание йода в объектах исследования определялось кинетическим роданидно-нитритным методом. Обработка первичных данных проводилась в программе MS Excel.

Содержание йода в почвах исследованных пастбищ варьировало от 0.24 до 12.4 мг/кг ($n = 90$), в том числе в разных типах почв: серые лесные (от 0.43 до 12.4 мг/кг), дерново-среднеподзолистые (от 0.24 до 7.3 мг/кг). Это может быть связано с различным гранулометрическим составом и содержанием органического вещества, а также спецификой хозяйственной деятельности. При этом медианное содержание оказалось низким (в Гомельской области – от 0.53 мг/кг в дерново-подзолистых до 1.34 мг/кг в перегнойно-торфяных почвах;

в Брянской области – от 0.56 мг/кг в слабоподзолистых до 1.15 мг/кг в дерново-среднеподзолистых почвах).

В пастбищных растениях содержание йода варьировало от 0.030 до 0.567 мг/кг ($n = 28$). Наиболее высокие максимальные и медианные (0.08 мг/кг) значения зафиксированы в укусах на дерново-подзолистых почвах (максимум = 0.57 мг/кг; медиана = 0.09 мг/кг) и серых лесных почвах (максимум = 0.35 мг/кг; медиана = 0.09 мг/кг) Брянской области.

Установлена зависимость содержания йода в растениях пастбищных угодий от типа почв (максимум на серых лесных и дерново-подзолистых) и рельефа (максимум на мезогидрофитных низинных лугах). Различие в обеспеченности йодом почв и растений геохимически контрастных районов Брянской и Гомельской областей может отражаться на уровне обеспеченности йодом местных рационов питания и при низком его содержании может провоцировать заболевание щитовидной железы среди местного населения, особенно при выпадении радиоактивных изотопов йода в период аварии на ЧАЭС.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 16-55-00205.

УДК 631.45

СТАБИЛИЗИРУЮЩАЯ РОЛЬ ЧЕРНОЗЕМОВ В УСЛОВИЯХ УРБОЛАНДШАФТОВ ЮГА РОССИИ

Горбов С.Н., Безуглова О.С.

Южный федеральный университет, Ростов-на-Дону

E-mail: gorbaw@mail.ru

Совокупность процессов черноземообразования и урбопедогенеза в условиях города определила формирование групп почв, имеющих в своем строении морфологически четко выделяемые диагностические горизонты. Как правило, они не только определяют типовую принадлежность той или иной городской почвы, но одновременно являются местом скопления различного рода поллютантов, в том числе и тяжелых металлов (ТМ), косвенно представляя собой инструмент, позволяющий оценить степень загрязнения почвы в целом. В работе изучена стабилизирующая роль диагностических горизонтов естественных и антропогенно преобразованных (АПП) почв Ростовской агломерации, сформированных под влиянием трех возможных путей морфологической трансформации чернозема в черте города: стагнация под погребенной толщей, консервация под твердой непроницаемой поверхностью и интенсификация процессов гумусонакопления и выщелачивания карбонатов под лесной растительностью.

Особое внимание уделено протекторным функциям городских почв в условиях катастрофических изменений их генезиса, где доминирующим процессом выступает хемотрансформация почвенного профиля, возникающая под влиянием значительного химического загрязнения и приводящая к формированию особого типа антропогенно преобразованных почв – хемоземов. В Ростовской агломерации наличие подобных почвенных типов носит локальный характер, при котором во внешних морфологических признаках чернозема явные изменения проявляются не всегда в силу того, что они идут на уровне микроморфологического сложения и обусловлены изменением состава почвенно-поглощающего комплекса и почвенных растворов. При этом в зависимости от степени, вида и масштаба загрязнения чернозем может относиться либо к роду загрязненных тяжелыми металлами или нефтепродуктами, если их содержание немногим превышает ПДК (ОДК), либо при содержании загрязнителя более 5 ПДК почва вне зависимости от строения профиля и остальных свойств будет диагностироваться как хемозем.

Если рассматривать всю совокупность почвенных комбинаций, сформированных под влиянием урбопедогенеза, то становится очевидным, что в условиях урболандшафтов ведущей экологической функцией городских почв становится протекторная. Руководствуясь значениями суммарного загрязнения (Z_c и СПТЗ), можно с уверенностью судить об уровне педогеохимической трансформации почвенного покрова Ростовской агломерации в целом. При этом используемая выборка диагностических горизонтов отражает не только влияние урбопедогенеза на дневные горизонты естественных почв городов, но и на особенности погребавшей и погребенной толщи АПП. Максимальная нагрузка ложится на синлитогенные горизонты урбик, способные аккумулировать и удерживать поллютанты в процессе своего формирования в условиях урбопедоседиментогенеза. Информативными показателями антропогенного загрязнения выступают концентрации цинка, свинца, меди и никеля, что вызвано природой этих элементов и спецификой техногенных выбросов в регионе. При этом наибольшие концентрации ТМ зафиксированы для дерновых горизонтов лесопарков ($Z_c = 4.72 \pm 0.27$) и синлитогенных горизонтов урбик ($Z_c = 5.16 \pm 0.33$). Превышение педогеохимического фона идет посредством аккумуляции ТМ в растительном опаде как травянистых, так и древесных растений. Наиболее «чистыми» остаются погребенные гумусово-аккумулятивные горизонты урбостратоземов и урбистратифицированных черноземов, представляя собой своего рода доурбанистический срез педогеохимического состояния некогда пахотных черноземов окраин старых границ города. Они же в силу высокой буферной способности по отношению к тяжелым металлам обеспечивают стабилизирующую роль урбопочв в городе и по отно-

шению к нефтепродуктам, благодаря сохраняющейся в значительной степени биологической активности.

Исследование выполнено при государственной поддержке ведущей научной школы Российской Федерации (НШ-2511.2020.11) с использованием оборудования ЦКП «Биотехнология, биомедицина и экологический мониторинг» и ЦКП «Высокие технологии» Южного федерального университета.

УДК 631.4; 574.56

ТЯЖЕЛЫЕ МЕТАЛЛЫ В КОНКРЕЦИЯХ АЛЛЮВИАЛЬНЫХ И ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТЫХ ПОЧВ СРЕДНЕГО ПРЕДУРАЛЬЯ

Горохова С.М.

Пермский Государственный аграрно-технологический университет, Пермь
E-mail: gorohova.s@hotmail.com

Конкреции играют важную роль в диагностике почвообразовательных процессов. Вместе с тем, элементный химический состав магнитных почвенных новообразований остается изученным не в полной мере.

Цель исследования – изучить элементный химический состав магнитных конкреций аллювиальных и дерново-подзолистых почв Среднего Предуралья. Объекты исследования: аллювиальная слоистая типичная легкосуглинистая на слоистом песчаном, легкосуглинистом и супесчаном аллювии; тяжелосуглинистые разновидности дерново-мелкоподзолистой и дерново-глубокоподзолистой почв. Разрез аллювиальной почвы был заложен в прирусловой части поймы р. Верхняя Мулянка (Пермский район), разрезы дерново-подзолистых почв – в Краснокамском, Карагайском и Пермском районах Пермского края. Выделение магнитных конкреций проведено методом «сухой» сепарации постоянным ручным ферритовым магнитом. Электронно-зондовый микроанализ магнитных частиц выполнен на аналитическом комплексе «Tescan Vega II». Точки микронзондового анализа роренштейна аллювиальной почвы характеризуют химический состав железистой трубочки от ее центральной полости к внешним стенкам. Пространственное изменение элементного состава конкреции от центра конкреции к ее внешним стенкам характеризуется ритмичной зональностью: содержание кислорода возрастает от 43.52 до 59.76%, Al – от 0.41 до 3.44%, Si – от 3.97 до 25.13%. В этом же направлении снижается концентрация P на 4.36%, Fe – на 32.67. Среднее содержание тяжелых металлов (ТМ) в отдельных точках микронзондового анализа стенок роренштейна очень высокое: Ti – 23.67%, Cr – 48.34, Ba – 51.29, Sr – 0.72, Se – 17.37%. В орпштейнах, выделенных из дерново-подзолистых

тяжелосуглинистых почв на древнеаллювиальных отложениях в пределах Краснокамского района, были идентифицированы частицы магнетита, вюститита и ильменита. Микрозональные концентрации металлов в магнитных конкрециях составляли: Cr – до 2.91%, Ti – до 31.03, Mn – до 24.43, Zr – до 7.43%. В составе ортштейнов тяжелосуглинистой дерново-подзолистой почвы на древнеаллювиальных отложениях в Пермском районе диагностированы магнетит, твердый раствор олова в магнетите и пирротин. Локальные концентрации ТМ: Mn – до 2.31%, Sn – до 33.32. Наличие в магнитной фазе частичек сплава олова и железа, а также пирротина, по-видимому, может быть обусловлено влиянием выбросов промышленных предприятий г. Перми. Техногенные частицы сохраняют свою устойчивость в составе магнитных конкреций почв. В конкрециях из подзолистого горизонта тяжелосуглинистой дерново-подзолистой почвы на покровных отложениях Карагайского района были диагностированы частицы циркона, пиролюзита, марганцевого магнетита. Поверхность циркона неоднородная по химическому составу. Микрозональные концентрации химических элементов в магнитных конкрециях: Mn – до 62.66%, Zr – до 31.89. Таким образом, локальное загрязнение почв техногенными ТМ может быть диагностировано по составу частиц магнитной фазы конкреций. Магнитные минералы в составе магнитных конкреций аллювиальных и дерново-подзолистых почв Пермского края аккумулируют Ti, Cr, Mn, Zr, Ba, Sr, Sn, Ce.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 19-34-90070 «Оценка и меры по снижению экологических рисков загрязнения почв тяжелыми металлами в составе магнитных частиц при ведении агрохозяйства на территориях с высоким уровнем антропогенной нагрузки на окружающую среду и почвенный покров».

УДК 631.413.5

ИНТЕГРАЛЬНАЯ ОЦЕНКА КИСЛОТНО-ОСНОВНОГО И ОКИСЛИТЕЛЬНО-ВОССТАНОВИТЕЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ СИСТЕМЫ ПОЧВА–РАСТЕНИЕ

Гукалов В.В.¹, Савич В.И.², Поляков А.М.²

¹ Северо-Кавказская опытная станция, Краснодар

E-mail: amp7616i@rambler.ru

² РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева, Москва

E-mail: savich.mail@gmail.com

Кислотно-основное и окислительно-восстановительное состояние системы почва–растение в значительной степени определяет генезис и плодородие почв, урожай сельскохозяйственных культур, является

коррелирующим фактором в оценке уровня загрязнения и деградации почв.

1. В проведенных исследованиях показана целесообразность новых методов их оценки, корректировки оптимальных параметров в зависимости от сочетания свойств почв, характера их хозяйственного использования. Предложены новые методы оптимизации свойств, процессов и режимов кислотно-основного и окислительно-восстановительного состояния почв.

Кислотно-основное и окислительно-восстановительное состояние почв взаимосвязаны и взаимообусловлены. Проведенными исследованиями показано, что для уточнения их оценки необходимо изучение кинетики процессов, депонирующей способности почв, буферности, буферной емкости, фракционного состава кислотно-основных и окислительно-восстановительных систем.

Для углубленной характеристики кислотно-основного и окислительно-восстановительного состояния почв показана целесообразность определения содержания в испарениях из почв и в продуктах транспирации из растений положительно и отрицательно заряженных аэроионов, определение в почвенных растворах оксидантов и антиоксидантов, суспензионного эффекта, положительно и отрицательно заряженных комплексных соединений ионов с использованием метода химической автографии на основе электролиза.

Информативной является оценка окислительно-восстановительного состояния почв с использованием потенциостатической кулонометрии на электродах с угольной пастой, окисления и восстановления при постоянной силе тока.

Согласно проведенным исследованиям, информативной является оценка цветовой гаммы почв методами компьютерной диагностики в цветовых системах RGB, CMYK, Lab при разных температурах, заданных условиях увлажнения и освещенности.

2. Предлагается энергетическая оценка кислотно-основного и окислительно-восстановительного состояния почв с использованием методов дериватографии, инфракрасной спектроскопии, по запасам энергии в компонентах системы почва–растение, по изменению ΔG , ΔH , ΔS при окислении и восстановлении, подкислении почв.

3. В проведенных исследованиях показана целесообразность информационно-аналитической оценки кислотно-основного и окислительно-восстановительного состояния почв. Она оценивается по взаимосвязям в системе почва-растение – по уравнениям парной корреляции, множественной регрессии в заданных интервалах независимых переменных.

Показана информативность для оценки генезиса и плодородия почв $\Delta E_h/\Delta t$, ΔW , $\Delta E_h/\Delta pH$, $\Delta X/\Delta E_h$, ΔpH в трехкоординатных графиках в разных интервалах температуры, увлажнения, времени компостирования почв.

Установлена последовательная корреляция одних свойств от сочетания других. Для оценки генезиса и плодородия почв информативной является оценка гистерезиса, физико-химических свойств почв и, в частности, кислотно-основного и окислительно-восстановительного их состояния.

На основании проведенных исследований показана необходимость оценки не только окислительно-восстановительных и кислотно-основных свойств почв, но также протекающих в них процессов и режимов (закономерностей изменения свойств и процессов во времени и пространстве).

4. Для оценки кислотно-основного и окислительно-восстановительного состояния в системе почва–растение предлагается определение сорбционных свойств корневых систем видов и сортов сельскохозяйственных культур, изменения свойств почв в прикорневой зоне растений.

5. Проведенные исследования показали неточности определения доз CaCO_3 в связи с разной эффективной растворимостью и кинетикой растворения мелиоранта, обменом Ca не только на H^+ , но и на Fe^{2+} , Mn^{2+} , Al^{3+} в оглеенных почвах, проявлением закона убывающей отдачи при увеличении доз удобрений.

Для разных целей (повышения подвижности фосфатов, увеличения интенсивности дернового процесса, оструктуривания, осаждения тяжелых металлов и т.д.) необходимы и свои оптимумы pH и Eh. Аналогичная ситуация возможна и при определении оптимальных значений Eh для протекания в почвах разных процессов и поступления в растения отдельных элементов, при расчете доз регуляторов окислительно-восстановительного состояния почв.

6. Проведенными исследованиями показана целесообразность использования систем обратной связи для оценки оптимальных значений pH и Eh для развития растений: по активности хлоропластов при добавлении в их суспензию регуляторов pH и Eh, по параметрам фотосинтеза растений, находящихся в суспензии почв при добавлении в нее регуляторов pH и Eh, по изменению при этом цветовой гаммы листьев, содержания в листьях положительно и отрицательно заряженных комплексных соединений ионов.

7. Проведенными исследованиями показано, что оптимальные значения кислотно-основного и окислительно-восстановительного состояния почв отличаются для почв на разных элементах мезо- и микрорельефа, для отдельных горизонтов, зависит от сочетания свойств почв, от характера хозяйственного использования почв.

Предлагается составление картограмм Eh и показателей $\Delta X/\Delta \text{pH}$, $\Delta X/\Delta \text{Eh}$ при уточнении параметров систем земледелия на полях (где X – свойства почв).

8. Показана перспективность применения для оптимизации кислотно-основного состояния почв комплексонов (водорастворимых органических веществ разлагающихся органических остатков), обогащения вод CO_2 , применения физиологически щелочных удобрений, регулирования окислительно-восстановительного состояния.

Для оптимизации окислительно-восстановительного состояния почв дополнительно предлагается анодное обогащение почв и вод, селективная мелиорация поливных вод, применение микроэлементов, входящих в структуру ферментов, регулирующих кислотно-основное и окислительно-восстановительное состояние в процессах метаболизма растений.

УДК 631.41:631.445.12:556.561:556.531.4

ОПЕРАТИВНЫЕ МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КИСЛОТНО-ОСНОВНЫХ СВОЙСТВ, ОРГАНИЧЕСКОГО И ВОДРАСТВОРИМОГО УГЛЕРОДА В ТОРФЯНЫХ ПОЧВАХ, БОЛОТНЫХ И РЕЧНЫХ ВОДАХ ТАЕЖНОЙ ЗОНЫ

Ефремова Т.Т., Аврова А.Ф.

Институт леса им. В.Н. Сукачева СО РАН, Красноярск

E-mail: efr2@ksc.krasn.ru

Все возрастающее понимание общепланетарной роли болот в глобальных потоках углерода, аккумуляции пресных вод, в качестве местообитаний специфической биоты и торфогеохимических барьеров нуждается в разработке научно обоснованных приемов хозяйственного освоения и природоохранных мероприятий с учетом своеобразия свойств болотных экосистем различного типа. Между тем, изучение химических особенностей торфяных болот классическими аналитическими методами, как правило, трудоемко, а физические методы требуют дорогостоящего оборудования. По данным многолетних исследований построены высокозначимые адекватные регрессионные модели оперативного определения важнейших показателей условий почвенной среды на основе легко определяемых показателей – активной кислотности потенциометрическим методом ($\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$), зольности торфяных почв озолением в муфельной печи при 850°C и оптической плотности вод при длине волны 440 нм (синий светофильтр), толщине кюветы 1 см и дистиллированной воды в качестве раствора сравнения.

Положительная линейная зависимость между актуальной и обменной кислотностью аппроксимируется регрессионным уравнением:

$$\text{pH}_{\text{KCl}} = 1.18 \cdot \text{pH}_{\text{H}_2\text{O}} - 1.71.$$

Оценка качества регрессионной модели: $R^2 = 0.93$, F -критерий = 940, p -уровень <0.001 . Свободный член и коэффициент регрессии уравнения связи значимы на уровне <0.001 . Средняя ошибка аппроксимации составляет 4%. Регрессионная модель построена в пределах величины pH_{H_2O} 4.7-7.2 и может быть применима только к этому интервалу значений.

Отрицательная линейная связь актуальной и гидролитической кислотности аппроксимируется следующей регрессионной моделью:

$$Hг = -33.0 \cdot pH_{H_2O} + 231.5,$$

где $Hг$ – гидролитическая кислотность, смоль(экв)/кг. $R^2 = 0.98$, F -критерий = 1769, p -уровень <0.001 . Свободный член и коэффициент регрессии уравнения связи значимы на уровне <0.001 . Ошибка аппроксимации составляет в среднем 5%. Линейная регрессионная модель применима в интервале значений pH_{H_2O} 4.7-6.5.

Положительная линейная связь активной кислотности и степени насыщенности основаниями (Ca + Mg) аппроксимируется регрессионной моделью следующего вида:

$$V = 27.3 \cdot pH_{H_2O} - 103.9,$$

где V – степень насыщенности основаниями (Ca + Mg), %. $R^2 = 0.87$, F -критерий = 599, p -уровень <0.001 . Свободный член и коэффициент регрессии уравнения связи значимы на уровне <0.001 . Ошибка аппроксимации составляет в среднем 5%. Линейная регрессионная модель применима в интервале значений pH_{H_2O} 4.6-7.7.

Регрессионная модель связи органического углерода и зольности аппроксимируется уравнением вида:

$$C, \% = 51.81 - 0.506 \cdot Z,$$

где Z – зольность, %. $R^2 = 0.93$, F -критерий = 1300, p -уровень <0.001 . Свободный член и коэффициент регрессии уравнения связи значимы на уровне <0.001 . Ошибка аппроксимации построенной модели составляет менее 5%, что характеризует высокую точность прогноза. Регрессионная модель применима в интервале зольности 5-68%.

Регрессионная модель связи оптической плотности вод и содержания водорастворимого углерода имеет следующий вид:

$$\text{болотные воды: } C_m = 2.64 + 227.92 D,$$

$$\text{речные воды: } C_p = 1.29 + 229.51 D,$$

где C_m и C_p – содержание углерода, мг/л, D – оптическая плотность. $R^2 = 0.92$ и 0.95 для болотных и речных вод соответственно, $p < 0.001$.

Свободный член и коэффициент регрессии обоих уравнений значимы на уровне 0.01 и 0.001. Наибольшая точность измерений (7-10%) обеспечивается для болотных вод в диапазоне значений оптической плотности 0.35-0.65, для речных вод – 0.17-0.25.

Работа выполнена при финансовой поддержке Междисциплинарного интеграционного проекта № 45 «Взаимосвязь климатических и экосистемных процессов на территории лесоболотных комплексов Западной Сибири».

УДК 631.416.9

МОНИТОРИНГ СОДЕРЖАНИЯ МЕДИ В АГРОЦЕНОЗАХ БЕЛГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ

Жуйков Д.В.

Центр агрохимической службы «Белгородский», Белгород
E-mail: agrohim_31@mail.ru

Медь относится к незаменимым микроэлементам и участвует в окислительно-восстановительных процессах: фотосинтез, углеводный и белковый обмен. Благодаря меди культурные растения лучше сопротивляются грибковым и бактериальным заболеваниям, улучшается стойкость к полеганию, засухо- и морозоустойчивость. Как и другие металлы, в зависимости от концентрации медь может выступать в роли биоактиватора жизненных процессов либо в роли токсичного элемента для живых организмов (тяжелого металла 2 класса опасности).

Недостаток меди приводит к нарушениям в развитии корневой системы, и, как следствие, замедляется рост всей культуры. Признаком нехватки меди является увядание верхних листьев (появление светлых пятен, пожелтение, скручивание), иногда даже отмирание верхушек побегов, а при сильном голодании – усыхание стеблей.

Лишь очень небольшое количество (менее 1%) меди находится в почве в виде водорастворимых солей, доступных для растений. Для этого элемента характерно сосредоточение в верхних слоях почвы. Медь хорошо поглощается органическим веществом, образуя прочные комплексы, что приводит к малодоступности ее растениям.

Средняя концентрация меди в почвах мира, по данным McBride, колеблется от 6 до 80 мг/кг. Симптомы дефицита меди в культурах могут проявляться при содержании меди в почвенном растворе менее 8 мг/кг. По данным Н.А. Протасовой и А.П. Щербакова, валовое содержание меди в пахотном горизонте чернозема типичного и обыкновенного одинаково и составляет 23.0 мг/кг.

Фоновое значение меди в почвах области, не вовлеченных в сельскохозяйственный оборот, составляет 14.3 мг/кг для лесостепного чернозема типичного и 18.6 мг/кг – для степного чернозема обыкновенного.

новенного. В верхних горизонтах пахотных почв содержание меди несколько ниже по сравнению с почвами естественных ландшафтов – 13.9 и 15.8 мг/кг соответственно. Вниз по профилю почвы отмечается уменьшение содержания валовой меди вплоть до горизонта С. Это очевидно указывает на связывание меди карбонатами, содержание которой возрастает с глубиной. Профильное распределение подвижной меди характеризуется увеличением ее содержания в нижних горизонтах и максимумом в подстилающей породе (элювиальный тип). Очевидно это обусловлено активным потреблением растениями из верхних горизонтов подвижной меди, вымыванием из пахотного и подпахотного горизонтов вниз, а также связыванием ее илстой фракцией, содержание которой достоверно увеличивается с глубиной.

ПДК валовой меди в почвах установлено законодательством на уровне 55 мг/кг, подвижной – 3 мг/кг. В зарубежных источниках допустимое значение содержания меди в почве составляет 50 мг/кг.

В 2015-2018 гг. проводилось сплошное обследование пахотных почв области по содержанию подвижных форм меди. Установлено, что 98.2% обследованной пашни относится к категории низкообеспеченных, превышений установленных законом уровней содержания меди в почвах не было зафиксировано. Причинами низкой обеспеченности почв подвижной медью выступают низкое фоновое содержание данного элемента (0.24 мг/кг в лесостепной зоне и 0.20 мг/кг в степной), а также отрицательный баланс в земледелии.

Источниками поступления меди в почвы являются выбросы предприятий черной и цветной металлургии, пестицидные препараты. Малое количество меди содержится в минеральных удобрениях. Ее содержание в аммиачной селитре составляет 0.36 мг/кг, азофоске – 1.71 мг/кг. Внесение органических удобрений в почву ведет к увеличению содержания подвижной меди. Так, навоз крупного рогатого скота (25% сухого вещества) содержит 5.7 мг/кг меди, что при внесении его в дозе 40 т/га обеспечит почву медью 228 г/га.

УДК 631.41

УГЛЕВОДОРОДНЫЙ ПУЛ В ПОЧВАХ: ВЛИЯНИЕ ФОРМЫ ПОСТУПЛЕНИЯ ВЕЩЕСТВ НА ИХ БИОГЕОХИМИЮ

Завгородняя Ю.А., Демин В.В.

Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Москва
E-mail: zyu99@mail.ru

В пуле углеводородов (УВ), обнаруживаемых в почвах, можно условно выделить группы, имеющие различное происхождение: петрогенные ($n \times 100 - n \times 1000$ мкг/г почвы) – фракции нефти и неф-

тепродуктов с различной температурой кипения, в компонентный состав которых входят углеводороды всех классов; биогенные ($n \times 10 - n \times 100$ мкг/г почвы) – образующиеся в ходе внутриклеточного синтеза в живых организмах, в основном алканы и полицикланы; пирогенные ($n \times 0.1 - n \times 1$ мкг/г почвы) – полиарены, образующиеся при горении и пиролизе органических соединений.

УВ, с одной стороны, относятся к широко распространенному классу поллютантов, с другой – входят в состав органического вещества почвы, являясь его неотъемлемой частью на всех стадиях формирования почвенного профиля. При этом УВ не образуются в почве при трансформации органических соединений. Соединения класса УВ являются наиболее гидрофобными компонентами почвенного органического вещества и слабо перемещаются в почвенном профиле в молекулярной форме из-за низкой растворимости в воде. УВ могут, с одной стороны, легко подвергаться окислительной деградации, с другой стороны, накапливаться в неизменном виде в почве, входя в состав устойчивых органо-минеральных комплексов почвенной матрицы.

Распределение молекулярных форм УВ, поступающих в почву, как правило, в минорных количествах (в составе газовой и жидкой фаз), хорошо описывается уравнениями физической химии. В реальных условиях значительно сложнее предсказать поведение УВ, поступающих в почву в виде различных форм – сорбированными на сажевых частицах аэрозолей, с мертвой биомассой в составе капсул кутина и суберина, в виде самостоятельной неполярной фазы нефти и нефтепродуктов. В почве УВ, сорбированные и окклюдированные минеральными и органическими частицами, и те же УВ, но образующие собственные фазы, разлагаются с разной скоростью. Характер миграции УВ в почве и вовлечение их в биотические и абиотические реакции определяется возможностью перемещения и скоростью разложения фазы носителя.

Сведения о компонентном составе УВ и о распределении гомологов внутри отдельных классов, полученные в результате анализа почвы в целом, часто используют для характеристики источников УВ и трансформации этих соединений в почве. Основное внимание при этом уделяют полноте количественного извлечения УВ из матрицы без учета фазового состава и тех форм, в которых УВ присутствуют в почве. В то же время понимание биогеохимии УВ требует знаний не только о запасах соединений, но и о параметрах миграции УВ в почве и скоростях их биологической и абиотической деструкции. Ход этих процессов определяется, по нашему мнению, в первую очередь формами, в которых УВ присутствуют в составе твердых фаз почвы и которые связаны с происхождением УВ, и только во вторую – с химическими свойствами этих органических молекул. Анализ экологических рисков также должен производиться с учетом основного набора фаз почвы, в состав которых входят УВ.

УДК 581.1

ВЛИЯНИЕ ВНЕСЕНИЯ В ПОЧВУ ЛИГНОСУЛЬФАТА НАТРИЯ НА ПИТАНИЕ И ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ РАСТЕНИЙ

Икконен Е.Н.¹, Чаженгина С.Ю.², Юркевич М.Г.¹

¹ Институт биологии ФИЦ КарНЦ РАН, Петрозаводск
E-mail: likkonen@gmail.com

² Институт геологии ФИЦ КарНЦ РАН, Петрозаводск

Обеспечение устойчивого роста сельскохозяйственного производства связано с поиском новых способов повышения почвенного плодородия, в том числе посредством искусственного улучшения почв. В данной работе исследовали влияние внесения в почву одного из отходов целлюлозно-бумажной промышленности – лигносульфата натрия – на усвоение питательных элементов и физиологическое состояние растений. Растения огурца выращивали в контролируемых условиях в сосудах, заполненных дерново-подзолистой супесчаной почвой, содержащей лигносульфат в диапазоне концентраций 0–100 г/кг. Использовали два уровня агрохимического фона: 1) высокий уровень доступности элементов питания, достигаемый поливом растений питательным раствором, и 2) естественный (низкий для данной почвы) уровень содержания минеральных элементов.

Независимо от уровня агрохимического фона, т.е., обеспеченности растений элементами питания, внесение в почву лигносульфата повышало содержание Na, снижало содержание Fe и Mn и не влияло на содержание K, Cu и Zn в листьях растений. Содержание Ca и Mg снижалось при высоких дозах внесения лигносульфата. Скорости роста и развития растений зависели в большей степени от уровня агрохимического фона, чем от содержания в почве лигносульфата. В условиях высокой доступности элементов питания прирост биомассы и параметры физиологического состояния растений значительно превосходили таковые у растений, выращиваемых при низком уровне питания. Внесение в почву больших доз лигносульфата восстанавливало соотношение подземной и надземной биомассы растений, выращенных при низком агрохимическом фоне, до уровня растений, росших при оптимальном фоне питания. При недостатке питания растения реагировали на внесение лигносульфата в гораздо большей степени, чем растения, выросшие при оптимальном питании. На высоком агрохимическом фоне лигносульфат способствовал только повышению величины отношения сухой массы листа растений к его площади (LMA). На низком агрохимическом фоне лигносульфат вызывал изменения широкого спектра физиологических параметров растений. Так, при внесении в почву лигносульфата для данных

растений выявлено повышение величины LMA, скорости фотосинтеза, транспирации, эффективности использования воды и света на фотосинтез, а также снижение относительного содержания воды в листьях, светового компенсационного пункта, доли дыхательных затрат от фотосинтеза. При этом не изменялись параметры флуоресценции хлорофилла, его содержание, устьичная проводимость, проницаемость мембран и доля альтернативного пути дыхания.

Таким образом, внесение в почву лигносульфаната натрия влияло на содержание минеральных элементов в листьях огурца независимо от их доступности в почве, при этом физиологический отклик растений на лигносульфанат зависел от уровня агрохимического фона. Недостаток питания ингибировал все основные физиологические процессы растений (рост, развитие, фотосинтез, дыхание, водный обмен), тогда как лигносульфанат мало влиял на состояние растений, выращиваемых при высоком агрохимическом фоне, в условиях недостатка питания он оказывал некоторое положительное влияние на скорость физиологических процессов растений. Однако данное влияние не было достаточным для оптимизации процессов и не способствовало даже частично восстановлению продуктивности растений до уровня растений, выращиваемых в условиях высокого агрохимического фона.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (№ 19-29-05174).

УДК 631.15

ПОГЛОЩЕНИЕ ВОДОРАСТВОРИМЫХ ОРГАНИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ КАК МЕХАНИЗМ НАКОПЛЕНИЯ ЗАПАСОВ ОРГАНИЧЕСКОГО УГЛЕРОДА В ПОДЗОЛИСТЫХ ПОЧВАХ И ПОДЗОЛАХ

Караванова Е.И., Золовкина Д.Ф.

Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Москва
E-mail: karavanovaei@mail.ru

В почвах таежно-лесной зоны важнейшим аккумулятором соединений органического углерода ($C_{\text{орг}}$) помимо подстилок являются минеральные горизонты. Количественная оценка их потенциальной способности депонировать поступающие растворенные органические вещества приобретает особую актуальность в связи с проблемой глобального потепления климата. Иммобилизация вымываемых из подстилок водорастворимых органических веществ (ВОВ) в нижних горизонтах почв способствует накоплению запасов углерода в почве, уменьшает его поступление в атмосферу и гидрологическую сеть.

Известны различные механизмы сохранения ВОВ в профиле, в частности, в результате образования органоминеральных соединений, комплексных солей с кальцием и железом, пространственная изоляция в микропорах и внутриагрегатном пространстве и др.

Целью нашей работы являлось изучение закономерностей и количественных возможностей сорбции ВОВ иллювиальными горизонтами подзолистых почв и подзолов. В качестве объектов исследования были взяты подзол и палево-подзолистая почва (Тверская область, Нелидовский район, ЦЛГПБЗ), дерново-подзол (Владимирская область). Сорбцию ВОВ изучали в лабораторных опытах в динамических и статических условиях. В качестве источника ВОВ использовали водные вытяжки из подстилок смешанного хвойно-лиственного (опад ели и березы) и хвойного (сосна) состава. В первом опыте имитировали периодическое поступление и поглощение ВОВ в профиле подзола *in situ* в ходе их нисходящей миграции с потоками влаги и происходящие при этом сорбционно-десорбционные взаимодействия. Для этого вытяжку ВОВ, объем которой был рассчитан в соответствии со среднегодовой региональной нормой осадков, в четыре последовательных приема пропускали (в воронках Бюхнера) сначала через элювиальный горизонт, а затем полученный раствор – через иллювиальный горизонт почвы, сохраняя соотношение почва–раствор при каждой обработке 1:2 для горизонта Е и ~1:1 для горизонта ВF. Во втором эксперименте сорбция ВОВ почвенными горизонтами была изучена в статических (равновесных) условиях при соотношении фаз 1:10 и разных концентрациях ВОВ в добавляемых растворах. В качестве модельного сорбата для элювиальных горизонтов почв использовали ВОВ, экстрагированные непосредственно из подстилки, а к иллювиальным горизонтам добавляли растворы ВОВ, полученные в результате сорбционно-десорбционного взаимодействия с горизонтом Е (ЕL). В растворах до и после взаимодействия с почвой определяли концентрации органического углерода (бихроматным методом), соотношение гидрофильных и гидрофобных фракций ВОВ (по сорбции на смоле ХАD-7Н), снимали УФ-спектры поглощения (на СФ-2000).

Было установлено, что под действием водных вытяжек из подстилок из твердой фазы элювиальных горизонтов почв десорбируются нативные органические соединения. Величина десорбции пропорциональна содержанию ВОВ в поступающих растворах, причем после контакта с элювиальными горизонтами среди остающихся в растворе веществ возрастает доля гидрофобных компонентов и уменьшаются коэффициенты экстинкции. Величина поглощения в иллювиальных горизонтах ВОВ, представляющих собой смесь веществ из подстилки и горизонта Е (ЕL), зависит от концентрации углерода в поступающих растворах. При поступлении углерода в количестве 1 г/кг почвы (концентрации $C_{\text{орг}}$ в растворах 100 мг/л) поглощение составляет

100-216 мг С/кг, а при 2.5 мг/кг – 520-750 мг/кг. Максимальные величины соответствуют для иллювиальных горизонтов подзолов 20-30% от содержания в них $C_{\text{орг}}$, для подзолистой почвы –46%, что говорит о высокой потенциальной способности данных горизонтов к поглощению ВОВ.

Работа выполнена в рамках проекта РФФИ № 19-29-05028 «Органо-минеральные взаимодействия как основа стабилизации органического вещества в почвах».

УДК 631.416.3 : 631.472 : 631.483

ОСОБЕННОСТИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ РАЗЛИЧНЫХ РАСТВОРИМЫХ ФРАКЦИЙ КРЕМНИЯ В ПРОФИЛЕ ОСНОВНЫХ ПОЧВ НИЖЕГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ

Козлов А.В.¹, Куликова А.Х.²

¹ Нижегородский государственный педагогический университет им. К. Минина,
Нижний Новгород

E-mail: a_v_kozlov@mail.ru

² Ульяновский государственный аграрный университет им. П.А. Столыпина,
Ульяновск

E-mail: agroec@yandex.ru

В почвенном растворе постоянно присутствуют монокремниевые и поликремниевые кислоты, а также кремнийорганические соединения, которые обладают высокой химической и биологической активностью. Мономеры кремниевых кислот образуются при постепенном растворении преимущественного аморфного (неокристаллизованного) кремнезема, часть которых при условии наличия тонкодисперсных фракций (коллоидов) полимеризуется на их поверхности или в почвенном растворе. В свою очередь, полимеризация мономеров кремниевых кислот в коллоидной матрице происходит в диффузном слое, а в почвенном растворе данный процесс протекает только при условии значительно повышенной концентрации мономеров. Таким образом в почве происходит формирование динамического запаса мономеров и полимеров кремниевых кислот.

Известно, что комплекс почвообразовательных процессов, длительное время происходящих в сезонном динамическом равновесии в теле почвенного профиля, эволюционно сформировал его основные генетические горизонты, обладающие определенными качествами и свойствами. В свою очередь, определенный набор базовых и переходных сформированных горизонтов определяет направление и интенсивность физико-химических и биохимических процессов, протекающих соответственно в почвенно-поглощающем и почвен-

но-биотическом комплексах индивидуального генетического слоя. В настоящее время в почвоведении нет единой и завершенной теории о функциях активных соединений кремния в указанных выше процессах и комплексах, что определяет научный интерес к теме и актуальность изучения данного вопроса.

Исследованию (2017-2019 гг.) подверглись почвы, расположенные в различных почвенно-климатических подзонах, пересекающих Нижегородскую область: подзолистая типичная освоенная обычная глубоко-оподзоленная неоглеенная легкосуглинистая почва (Городецкий район); дерново-подзолистая освоенная обычная мелко-оподзоленная неоглеенная легкосуглинистая почва (Уренский район); типичная серая лесная освоенная обычная слабо-оподзоленная слабосмытая среднесуглинистая почва (Перевозский район); чернозем типичный обычный среднемогучий среднегумусный слабосмытый легкоглинистый (Сеченовский район).

Закладка и описание разрезов почвенных профилей, а также отбор и лабораторный анализ проб почвы с генетических горизонтов проводились в рамках выездной полевой учебной практики по географии почв, проводимой со студентами-географами, и выездной полевой учебной эколого-географической практики, проводимой со студентами-экологами.

Образцы доставлялись в Эколого-аналитическую лабораторию мониторинга и защиты окружающей среды и Лабораторию географии почв и геохимии ландшафтов Нижегородского университета, где впоследствии анализировались на определение содержания монокремниевых, поликремниевых кислот и кислоторастворимых фракций кремния спектрофотометрическим методом В.В. Матыченкова.

В результате проведенных исследований было установлено, что сильная выраженность подзолообразовательного процесса в профиле почв не способствует накоплению как мономерных, так и полимерных фракций кремниевых кислот – доминирующие в генезисе элювиальные процессы эволюционно активизировали избыточную вертикальную миграцию многих компонентов из дневных горизонтов, в том числе и растворимых соединений кремния.

Содержание поликремниевых кислот в профилях изученных почв проявляет закономерность увеличенного количества относительно содержания монокремниевых кислот за исключением профиля черноземов типичных, в горизонтах которых мономерных форм кремния несколько больше, чем полимерных. Данная тенденция, по-видимому, обусловлена значительным запасом органических веществ в черноземах и преобладанием кальция и магния в почвенно-поглощающем комплексе, которые способствуют удержанию большого количества свободной воды. В свою очередь данные обстоятельства не позволяют мономерам кремниевых кислот подвергаться полимеризации, что сохраняет их в активной моноформе.

В профилях почв подзолистого типа четко прослеживается элювиально-иллювиальная дифференциация вещества, в том числе и кислоторастворимых фракций кремния. В почвах дернового и гумусо-аккумулятивного ЭПП такая тенденция либо выражена слабо, либо практически отсутствует по причине нейтральности среды за счет повышающихся показателей актуальной и обменной кислотности вплоть до слабощелочной реакции.

УДК 632.954

ИЗУЧЕНИЕ СОРБЦИИ ЦИАНТРАНИЛИПРОЛА В ПОЧВАХ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Колупаева В.Н.

Всероссийский НИИ фитопатологии, Большие Вяземы

E-mail: amulanya@gmail.com

Циантранилипрол – новый инсектицид широкого спектра действия. В России он зарегистрирован в 2019 г. как действующее вещество инсектицидов Беневия, МД (100 г/л) и Веримарк, КР (200 г/л), которые рекомендованы для борьбы с вредителями в посадках капусты, томатов, огурцов и лука.

Сорбция пестицида почвой является процессом, который имеет наибольшее влияние на его поведение и судьбу в окружающей среде. Степень сорбции пестицида почвой обычно выражается коэффициентом распределения между водной и почвенной фазами (K_d). Значение коэффициента распределения широко варьирует в зависимости от типа почвы и содержания органического вещества, по этой причине чаще используют коэффициент сорбции, нормированный на содержание органического углерода в почве (K_{oc}). Многие исследователи считают, что K_{oc} пестицида может служить независимой мерой относительной подвижности пестицида в почве.

Показатели сорбции необходимы не только для оценки потенциальной подвижности пестицида в почве, но и широко используются в качестве входных данных математических моделей поведения пестицидов в почве. Основной задачей данной работы было изучить сорбцию циантранилипрола в почвах разных природно-климатических зон Российской Федерации – черноземе (Курская область), каштановой почве (Саратовская область), дерново-подзолистой почве (большого лизиметра МГУ) и получить количественные показатели его сорбции.

Сорбцию циантранилипрола изучали в закрытом равновесном эксперименте в двух повторностях. В опыте использовали образцы почв горизонта Апах чернозема выщелоченного ($C_{орг.}$ 4.9%, pH 6.0), Апах

темно-каштановой почвы ($C_{\text{орг.}}^{\text{орг.}}$ 2.5%, pH 7.1), Апах и А2-А2В дерново-подзолистой почвы ($C_{\text{орг.}}^{\text{орг.}}$ 2.2 и 0.7%, pH 5.8 и 5.7 соответственно). Количественное определение циантринилипрола проводили методом ВЭЖХ в соответствии с утвержденными методическими указаниями.

Зависимость величины сорбции циантринилипрола почвой от его равновесной концентрации в воде аппроксимировали как уравнением прямолинейной сорбции, так и уравнением Фрейндлиха. Сорбция циантринилипрола хорошо описывается прямолинейными изотермами, что позволяет использовать в расчетах простой и универсальный показатель – коэффициент распределения K_d . Величина коэффициента детерминации свидетельствует о том, что точность описания полученных данных выше при использовании линейного уравнения (все значения R^2 выше 0.99). Значения коэффициента сорбции K_d варьировали от 1.49 мл/г в смешанном образце горизонтов А2-А2В дерново-подзолистой почвы до 11.37 мл/г в пахотном горизонте чернозема типичного. Нормированные по содержанию органического углерода коэффициенты сорбции $K_{\text{ос}}$ находились в диапазоне 163 мл/г (в пахотном горизонте каштановой почвы) – 264 мл/г (в пахотном слое дерново-подзолистой почвы), что позволило отнести циантринилипрол к среднеподвижным действующим веществам пестицидов. Эти данные соответствуют результатам исследований, проведенных в Западной Европе при регистрации циантринилипрола (K_d в диапазоне 2.51-7.14, $K_{\text{ос}}$ в пределах 157-367 мл/г).

Наибольшее значение $K_{\text{ос}}$ было получено для пахотного горизонта дерново-подзолистой почвы. Это говорит о том, что кроме органического вещества в сорбции пестицида участвуют также другие почвенные частицы. Для определения свойств почвы, влияющих на сорбцию циантринилипрола, были получены регрессионные уравнения зависимости K_d от содержания органического углерода, глины, пыли, а также от pH.

Коэффициент сорбции в наибольшей степени зависит от содержания в почве органического углерода ($R^2 = 0.94$) и глины ($R^2 = 0.73$).

Таким образом, изучение количественных закономерностей сорбции циантринилипрола почвами показало, что этот процесс хорошо описывается прямолинейными изотермами. Согласно полученным значениям, $K_{\text{ос}}$ циантринилипрола относится к среднеподвижным действующим веществам пестицидов. Величина сорбции циантринилипрола коррелирует с содержанием органического углерода и глины.

УДК 631.878: 631.45

ПОЧВЕННЫЕ АСПЕКТЫ ПРИМЕНЕНИЯ БИОЛОГИЧЕСКИХ СТИМУЛЯТОРОВ РОСТА РАСТЕНИЙ

Кураченко Н.Л.

Красноярский государственный аграрный университет, Красноярск

E-mail: kurachenko@mail.ru

Широкое использование биологических средств защиты растений, стимуляторов роста и бактериальных удобрений является основой биологизации системы земледелия. Биологические стимуляторы растений обладают комплексом положительных свойств, направленных на улучшение условий питания растений, регулирования физических, агрохимических и биологических свойств почв и повышение продуктивности.

В полевых опытах на агрочерноземах Красноярской лесостепи в 2016-2019 гг. исследованы биологические стимуляторы, полученные на основе торфа (Гумэл Люкс, Гипергрин) и деструкции лигносодержащего сырья (Лигногумат АМ) и микробиологическое удобрение, содержащее азотфиксирующие бактерии *Azotobacter vinelandii* (Азофит). Агрочерноземы опытного поля характеризовались тяжелоуглинистым гранулометрическим составом с высоким и очень высоким содержанием гумуса (8.6-11.1%), нейтральной реакцией среды ($\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}} - 6.7-6.9$), высокой суммой обменных оснований (55-62 мг-экв./100 г). В пахотном слое черноземов содержалось $\text{P}_2\text{O}_5 - 152.0-316.0$ мг/кг, $\text{K}_2\text{O} - 178.0-288.0$ мг/кг.

Биологические стимуляторы использовались в комплексной защите сельскохозяйственных культур для обработки семян и вегетирующих посевов в баковых смесях с гербицидами, инсектицидами и фунгицидами. Установлено, что их применение на фоне химической защиты растений дает возможность увеличивать урожайность яровой пшеницы на 5-33%, зеленой массы и семян ярового рапса на 34-38%, зеленой массы гороха на 25%. Варьирующая величина прибавок по годам обусловлена погодными условиями. Засушливые условия вегетационных периодов 2017 и 2018 гг. существенно снижали эффективность биологических стимуляторов на посевах зерновых культур.

Биологическая стимуляция роста и развития сельскохозяйственных культур определяла сезонные изменения показателей почвенного плодородия. С началом вегетации пшеницы динамика запасов продуктивной влаги определялась совокупным взаимодействием почвы, возделываемой культуры и метеорологических условий. Обработка семян и посевов сельскохозяйственных культур биологическими стимуляторами «Гумэл Люкс» и «Гипергрин» достоверно определя-

ла снижение запасов продуктивной влаги в корнеобитаемом слое на 5-11 мм в период активного роста растений. Среднестатистические данные свидетельствуют об улучшении агрофизического состояния агрочерноземов, сопровождающемся снижением плотности почвы по сравнению с контролем на 0.04-0.07 г/см³, увеличением содержания агрономически ценных фракций на 5-8%. Бактериальное удобрение и биологический стимулятор «Лигногумат АМ» определяли сохранение и более экономное расходование влаги рапсом и пшеницей в течение вегетационного периода, что обусловлено повышением плотности сложения корнеобитаемого слоя почвы на 0.07-0.10 г/см³ с отличной и хорошей оструктуренностью почвы.

На фоне биологической стимуляции сельскохозяйственных культур отмечено усиление нитрификационных процессов в почве и повышение содержания нитратного азота.

Влияние биологического стимулятора «Гипергрин» на свойства чернозема и продуктивность гороха зависело от доз удобрений. Применение биологического стимулятора на фоне азотных удобрений в дозе N60 определило повышение концентрации аммонийного и нитратного азота в почве и увеличение продуктивности зеленой массы гороха. Азотные удобрения в дозе 30 кг д.в. способствовали усилению минерализационных процессов и достоверному снижению концентрации легкогидролизуемого азота в почве.

Таким образом, применение биологических стимуляторов является одним из способов повышения урожайности сельскохозяйственных культур, оптимизации агрофизического состояния почвы, продуктивного использования подвижных форм минеральных веществ растениями. При систематическом использовании они способствуют повышению плодородия почвы за счет благоприятного воздействия на почвенную микрофлору.

УДК 631.41.

ИССЛЕДОВАНИЕ КИСЛОТНОСТИ ПОЧВ, СОДЕРЖАЩИХ ОБМЕННЫЕ ИОНЫ ЖЕЛЕЗА (III)

Кызьюрова Е.В., Королев М.А., Шамрикова Е.В., Ванчикова Е.В.

Институт биологии ФИЦ Коми НЦ УрО РАН, Сыктывкар

E-mail: kizurova@mail.ru

Почвы с высокой кислотностью широко распространены в районах Крайнего Севера. Предыдущими исследованиями была высказана гипотеза, что в подобных почвах существенная роль в создании обменной кислотности принадлежит не ионам алюминия, а ионам железа (III), а также была установлена низкая прецизионность измерения кислотности потенциометрическим методом.

Цель: изучить влияние ионов железа (III) и дисперсной фазы, присутствующих в солевых (KCl) вытяжках из почв, на оценку обменной кислотности почв.

В качестве объектов исследований выбрано 15 образцов минеральных горизонтов почв, которые вне зависимости от генезиса характеризуются сходными свойствами: массовая доля илистой фракции составляет 2-13%, оксида кремния 75-87%, углерода органических соединений менее 2.5%, $pH_{H_2O} \leq 4.8$, $pH_{KCl} \leq 3.3$. Используются следующие методы анализа: метод потенциометрического титрования, фотометрический метод, атомно-эмиссионная спектроскопия, метод динамического рассеяния света, метод доплеровского электрофореза, метод высокотемпературного каталитического окисления.

В ходе исследования установлено – в солевых (KCl) вытяжках из почв массовая доля ионов алюминия (III) составляет 50-430 мг/кг, ионов железа (III) – 3-180, силикат-ионов – менее 3 мг/кг. Исследованием модельных солевых систем Fe(II), Al(III) и Fe(III) доказано, что высокая кислотность солевых экстрактов из почв обуславливается обменными формами ионов железа (III).

Сравнительный анализ результатов измерений массовой концентрации силикат-ионов в солевых вытяжках из почв фотометрическим и атомно-эмиссионным методами выявил значимо более низкие значения, полученные первым методом по сравнению со вторым. Это свидетельствует о присутствии в вытяжках полимерных частиц силикат-ионов, поскольку для таковых коэффициент погашения излучения меньше, чем для мономерных (фотометрический метод).

Методом динамического рассеяния света доказано присутствие коллоидных частиц в модельных солевых растворах Al(III) и Fe(III) ($pH = 2.7-3.23$) с концентрациями, аналогичными солевым вытяжкам из почв. Средний диаметр частиц модельных растворов равен $D = 200-400$ нм, дзета-потенциал – $\zeta = 20-30$ мВ, для солевых вытяжек из почв $D = 230-440$ нм, $\zeta = -(17-25)$ мВ.

Причиной низкой прецизионности результатов потенциометрического измерения обменной кислотности почв, содержащих ионы железа (III), является наличие в вытяжках дисперсных систем. Воспроизводимость измерений обеспечивает увеличение времени взаимодействия титранта с компонентами вытяжки до 20 мин, а также непрерывное перемешивание вытяжек в процессе титрования.

Следует внести уточнения в пропись измерений обменной кислотности образцов почв со значениями $pH_{H_2O} < 4.4$ и $pH_{KCl} < 3.2$. Длительность ($t = 20$ мин) анализа вытяжек, содержащих дисперсную фазу, ставит под сомнение использование подобного режима при выполнении массовых исследований, поэтому при работе с подобными объектами рекомендовано использовать атомно-эмиссионный метод.

Авторы выражают благодарность н.с., к.б.н. С. В. Деневой и н.с., к.с.-х.н. Е. В. Жангурову за предоставленные образцы почв, а также н.с., к.х.н. В. И. Михайлову за помощь в проведении исследования.

Исследования выполнены в рамках проекта РФФИ № 20-04-00445а «Факторы и механизмы стабилизации органического вещества в почвах экстремальных условий (на примере арктических экосистем)».

УДК 631.42

ЕСТЕСТВЕННЫЕ РАДИОНУКЛИДЫ В ПОЧВАХ АРХИПЕЛАГА НОВАЯ ЗЕМЛЯ (ОСТРОВ СЕВЕРНЫЙ), ОТОБРАННЫХ ДО ЯДЕРНЫХ ИСПЫТАНИЙ

Мингареева Е.В.

Центральный музей почвоведения им. В.В. Докучаева, Санкт-Петербург
Всероссийский НИИ радиологии и агроэкологии, Обнинск
E-mail: elena.mingareeva@yandex.ru

Одной из актуальных экологических проблем является радиационное загрязнение экосистем. Независимо от источников загрязнения его последствия всегда отражаются на почвах. В настоящее время накоплен существенный материал по содержанию радионуклидов в почвах России. Однако, эти данные сильно усреднены, не содержат информацию по содержанию радионуклидов до первых ядерных испытаний и касаются регионов, подвергшихся сильному техногенному загрязнению.

Цель работы – исследование содержания естественных радионуклидов (ЕРН) (^{226}Ra , ^{232}Th , ^{40}K) в почвах архипелага Новая земля, отобранных в 1925-1926 гг.

Объектами исследования явились образцы из трех почвенных мини-монолитов (ПМ). Длина ПМ составляет 20 и 26 см. Они были отобраны на о-ве Северный архипелага Новая Земля Ю.Д. Чирихиным, обследовавшим район Маточкиного Шара в составе Полярной комиссии АН СССР. Авторские названия почв: 1) «тундровая на морских отложениях» – вершина губы Серебрянка (ПМ № 1493); 2) «тундровая на галечнике» – долина р. Талоник, в 1/2 версты от Маточкиного шара (ПМ № 1494); 3) «тундровая на россыпях» – долина р. Талоник, в 10 верстах от Маточкиного шара (ПМ № 1495). В каждом ПМ было проанализировано по три образца: верхний, срединный и нижний.

Удельная активность ЕРН определялась методом гамма-спектрометрии в ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт радиологии и агроэкологии» согласно принятой методике.

Удельная активность (R_A) ^{226}Ra в почвах низкая и варьирует в диапазоне 5.7-19.8 Бк/кг (среднее значение, $\Delta X = 11.9$ Бк/кг; стандартное отклонение, $\sigma = 5.1$ Бк/кг). Наибольшее содержание радионуклида наблюдается в двух образцах с глубин 21-26 и 17-26 см (№ 1493, 1494) и 0-6 см в № 1495. Для всех почв характерен аккумулятивно-элювиально-иллювиальный тип распределения радионуклида. Коэффициент вариаций ($V\sigma$), рассчитанный для всех образцов, показал существенную неоднородность в содержании ^{226}Ra (42.9%). При этом $V\sigma$ по слоям в отдельности (верхний, срединный и нижний) был высоким только в верхних образцах (36.8%) и уменьшался с глубиной.

R_A ^{232}Th варьирует в более широких диапазонах – 3.0-29.0 Бк/кг (13.6 ± 7.4 Бк/кг). Наибольшее содержание тория отмечено в ПМ № 1493 на глубине 0-5 см (19.1 Бк/кг) и 21-26 см (29.0 Бк/кг) и ПМ № 1494 на глубине 0-8 см (17.6 Бк/кг). В остальных образцах R_A ^{232}Th не превышала 12.8 Бк/кг. В отличие от ^{226}Ra , распределение тория по глубине характеризуется для № 1493 и 1495 аккумулятивно-элювиально-иллювиальным типом, а № 1494 – равномерно-аккумулятивным. Значение $V\sigma$ для всех образцов по сравнению с ^{226}Ra выше и составляет 54.5%, а по глубинам в отдельности тенденция противоположна ^{226}Ra , т.е. в срединных и нижних образцах $V\sigma$ высокий (52.8 и 59.2% соответственно), тогда как в верхнем – низкий (20.9%). При этом неоднородность увеличивается с глубиной.

R_A ^{40}K в ПМ составляет 224-493 Бк/кг (302 ± 100 Бк/кг). Максимальная удельная активность ^{40}K отмечена в тех же образцах № 1493, что и для ^{232}Th . Распределение содержания ^{40}K по глубинам более разнообразно по сравнению с ^{226}Ra и ^{232}Th . В ПМ № 1493 наблюдается аккумулятивно-элювиально-иллювиальный тип, в № 1494 – недифференцированный, а в № 1495 – наиболее близок к равномерно-элювиальному (если учитывать, что разница в удельной активности радионуклида с учетом погрешности между верхним и срединным горизонтом не существенна). Значение $V\sigma$ по сравнению с ^{226}Ra и ^{232}Th более низкие. Для всех образцов значения коэффициента вариаций составляют 32.9%, что в целом свидетельствует об однородности значений удельной активности. Наиболее высокий $V\sigma$ отмечен в верхних образцах почв (37.2%), а в срединных и нижних он был ниже 30%.

Впервые получены данные по содержанию ЕРН на территории, ставшей полигоном для испытаний ядерного оружия. Установлено, что содержание радионуклидов меньше, чем средние значения для естественных почв европейской территории России.

УДК 540.631.4.633

ЭЛЕМЕНТНЫЙ СОСТАВ ПОЧВ ЗАСОЛЕННЫХ АГРОЛАНДШАФТОВ СЕВЕРО-ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ БАРАБИНСКОЙ РАВНИНЫ

Морозова А.А.^{1,2}, Семендяева Н.В.^{1,3}

¹ Новосибирский государственный аграрный университет, Новосибирск
E-mail: valer_170886@mail.ru

² Институт почвоведения и агрохимии СО РАН, Новосибирск

³ Сибирский НИИ земледелия и химизации сельского хозяйства, Новосибирск
E-mail: semendyeva@ngs.ru

Освоение адаптивно-ландшафтных систем земледелия требует детального изучения свойств почв каждого агроландшафта. Для этого в Западной Сибири была разработана агроэкологическая классификация земель и проведено агроэкологическое районирование агроландшафтов на примере Новосибирской области. Особое место отведено засоленным агроландшафтам, их макро- и микроэлементному составу, так как в Новосибирской области 65% территории занято Барабинской равниной, где преобладают засоленные агроландшафты. Они представлены полугидроморфными и гидроморфными аналогами черноземов различной степени засоления и солонцеватости в комплексе с солончаками, солонцами и солодьями.

Целью исследований явилось изучение содержания макро- и микроэлементов почв первого и второго класса опасности. Первый класс – свинец и цинк, второй – медь и бор. Исследования выполнены в северо-восточной части Барабинской равнины. Рельеф представлен чередованием древних междуречий и ложин стока. Микрорельеф западный и мелкобугристый, что способствует перераспределению влаги и легкорастворимых солей с грив в межгривные понижения. Годовое количество осадков от 225 до 350-400 мм. Характерной особенностью растительного покрова Барабы является смена лесной растительности на степную. Периодическое переувлажнение паводковыми водами луговых степей и близкое залегание минерализованных грунтовых вод способствует развитию дернового процесса почвообразования.

Исследования проведены в природном засоленном агроландшафте по катене. На элювиальной позиции сформирована лугово-черноземная среднемогучая солонцеватая среднесуглинистая почва. В транзитной – черноземно-луговая солончаковатая супесчаная, в аккумулятивной – солонец луговой, средний тяжелосуглинистый. Почвенные образцы отобраны по генетическим горизонтам. В них были выполнены анализы: гранулометрический состав, поглощенные основания, гумус, величина рН – по общепринятым методикам. Элементный состав определялся с помощью двухлучевого атомно-эмиссионного плазмотрона методом атомной эмиссионной спектроскопии. Установлено, что

изучаемые почвы высокогумусированы. В горизонте А в элювиальной и транзитной позициях содержится до 10% гумуса, в аккумулятивной – в два раза меньше (5.16%) из-за значительной засоленности почвы. Щелочность возрастает от элювиальной (рН = 6.6) к аккумулятивной (рН = 9.8-10.16) зоне. Преобладающим макроэлементом во всех почвах является кремний. Содержание железа и алюминия больше в профиле почв элювиальной позиции, несколько снижаясь в транзитной и снова возрастая в аккумулятивной. Максимальное содержание кальция приходится на верхние горизонты почвы элювиальной позиции. Валового содержания натрия мало в почве в элювиальной зоне, а в аккумулятивной происходит его накопление.

Микроэлементов первого класса опасности (высокоопасные) свинца и цинка содержится значительно ниже предельно допустимой концентрации (ПДК). Свинец в связи с высокой гумусированностью изучаемых почв сильно инактивируется и теряет свою активность. Наиболее высокое содержание валового цинка характерно для почвы горизонта А в элювиальной позиции. В транзитной и аккумулятивной зонах накопления цинка не происходит за счет связывания его с оксидами, органическим веществом и глинистыми минералами. В почве элювиальной позиции валовое содержание меди значительно ниже ПДК. В транзитной ее содержание увеличивается и почти вдвое превышает ПДК, а в аккумулятивной – снижается. Во всех почвах катены содержание бора значительно превышает ПДК – почти в 6.5 раз. Его содержание несколько меньше в лугово-черноземной почве, значительно увеличивается в почве в транзитной зоне и еще больше – в аккумулятивной, что связано с высокой миграцией растворимых соединений бора с повышенных элементов рельефа в пониженные.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 19-316-90035.

УДК 631.423.3:631.416.9(470.53)

СОДЕРЖАНИЕ МИКРОЭЛЕМЕНТОВ В ПОЧВАХ РАЗНЫХ ПРИРОДНО-СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ РАЙОНОВ ПЕРМСКОГО КРАЯ

Мудрых Н.М.

Пермский государственный аграрно-технологический университет, Пермь

E-mail: nata020880@hotmail.com

Изучение питательных веществ в почвах, их соотношения является основой рационального питания сельскохозяйственных культур. В последнее время исследователи все больше обращают внимание не только на макроэлементы, но и микроэлементы, а также их изменение в пространстве. Знание последних позволяет работникам сельского

хозяйства регулировать питание растений и более рационально использовать имеющиеся на предприятии ресурсы.

Цель исследований – установить варьирование содержания микроэлементов в почвах реперных участков.

Объекты изучения – подвижные формы микроэлементов в почвах трех природно-сельскохозяйственных районов (ПСХР) Пермского края: центрально-восточном южно-таежно-лесном, западном южно-таежно-лесном и юго-восточном лесостепном. Отбор почвенных образцов проведен с реперных участков административных районов, входящих в указанные ПСХР. Содержание подвижных форм бора, меди, цинка, кобальта и марганца определяли гостированными методами. Отбор образцов и их анализ проведен сотрудниками ФГБУ «ГЦАС «Пермский». Математическая обработка полученных результатов проведена в программах Microsoft Excel и STATISTICA 8.

Содержание микроэлементов в почвах реперных участков составило: бора – 2.1 ± 0.1 мг/кг, меди – 3.9 ± 0.5 , цинка – 1.4 ± 0.2 , кобальта – 2.1 ± 0.2 , марганца – 41.6 ± 2.5 мг/кг. Концентрация меди, цинка и марганца в почвах анализируемых районов изменялась значительно, коэффициент вариации равен соответственно 27-94%. Содержание бора в западном южно-таежно-лесном районе варьирует незначительно, коэффициент вариации не превысил 10%. Уровень бора и кобальта в почвах центрально-восточного южно-таежно-лесного ($V = 32.5$ и 43.9%) и кобальта в западном южно-таежно-лесном ($V = 44.7\%$) районах также изменился в значительной степени. В средней степени изменялся уровень бора и кобальта в юго-восточном лесостепном районе ($V = 20.3-20.7\%$), а также уровень марганца в западном южно-таежно-лесном ($V = 24.1\%$).

По уменьшению степени варьирования микроэлементы в почвах реперных участков ПСХР Пермского края расположились в следующие ряды. Центрально-восточный южно-таежно-лесной район: цинк < медь < кобальт < бор < марганец; западный южно-таежно-лесной район: медь < кобальт < цинк < марганец < бор; юго-восточный лесостепной район: медь < цинк < марганец < бор < кобальт.

Установлена тесная математически доказуемая прямая корреляционная зависимость между содержанием бора и меди ($r = 0.83$), цинка и марганца ($r = 0.87$) в почвах центрально-восточного южно-таежно-лесного района. В почвах юго-восточного лесостепного района отмечена обратная связь между медью и марганцем ($r = -0.97$).

УДК: 630*114.441.2.(470-25)

МИКРОЭЛЕМЕНТЫ В ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТЫХ ПОЧВАХ ЛЕСНОЙ ОПЫТНОЙ ДАЧИ

Наумов В.Д., Каменных Н.Л.

РГАУ – МСХА им. К.А. Тимирязева, Москва

E-mail: naumovsol@rgau-msha.ru

Лесная опытная дача, расположенная в мегаполисе г. Москва, испытывает значительные техногенные и рекреационные нагрузки. Изучали содержание микроэлементов в дерново-подзолистых почвах под древостоями различного состава. Почвы характеризуются растянутым гумусовым горизонтом (A1' + A1'') с содержанием гумуса от 2.82 до 5.67% в горизонте A1' и 1.18 до 3.20 в горизонте A1''. Подзолистый горизонт A2 залегает глубоко, ниже 34 см, его нижняя граница располагается до глубины 46 см. Почвы сильнокислые по всему профилю, сумма обменных оснований колеблется от 5.90 до 16.43 мг-экв./100 г, гидролитическая кислотность – от 1.88 до 9.19 мг-экв./100 г, степень насыщенности – от 63 до 85%. Более высоким содержанием гумуса (5.67%) характеризуются почвы под сложными чистыми хвойными древостоями, меньшим (5.15%) – почвы под сложными смешанными древостоями, мощность гумусовых горизонтов составляет соответственно 25 и 34 см. В почвах под простыми смешанными древостоями содержание гумуса ниже – 2.82%, мощность гумусового горизонта составляет 31 см, почвы характеризуются высоким содержанием гидролитической кислотности (9.19 мг-экв./100 г), в почвах под сложными смешанными она составляет 2.63 мг-экв./100 г, под сложными чистыми – 1.88 мг-экв./100 г. Сумма обменных оснований в почвах под простыми смешанными древостоями 5.90 мг-экв./100 г, под сложными чистыми и смешанными – соответственно 16.43 и 15.83 мг-экв./100 г. Очень низкое содержание подвижного фосфора определено в почвах под сложными смешанными древостоями (24.5 мг/кг), под сложными чистыми и простыми смешанными соответственно 345 и 146 мг/кг. По содержанию обменного калия различий не выявлено.

Сравнение валовых форм с кларковым содержанием микроэлементов в профиле почв выявило значительное превышение по следующим элементам: медь, цинк, свинец, мышьяк. Содержание хрома, никеля, ванадия ниже кларкового. Сравнение содержания валовых форм микроэлементов с ПДК выявило значительное превышение данного показателя по свинцу и мышьяку под сложными древостоями, под простыми смешанными – по меди и цинку. Валовое содержание никеля, ванадия, кобальта ниже ПДК. Распределение

валовых форм элементов по профилю почв носит неоднородный характер. Максимальное содержание их в профиле дерново-подзолистых почв приходится на гумусовый горизонт, что связано с биогенным и техногенным накоплением. Содержание валовых форм цинка, меди, свинца, ванадия и хрома под простыми смешанными древостоями выше, чем под сложными смешанными и чистыми древостоями. По другим элементам (Ni, Co, Sr, As) отсутствует зависимость накопления от состава древостоя. Кларк концентрации (K_k) меди, цинка, свинца, ванадия, мышьяка в дерново-подзолистых почвах Лесной опытной дачи указывает на устойчивое их накопление в верхней части профиля. Исключение составляют почвы под сложными смешанными насаждениями, где максимум содержания по цинку и свинцу приходится на горизонты A1A2 и A2. Во всех почвах K_k мышьяка имеет максимум в горизонте A2. При этом K_k выше на пробной площади под простыми смешанными насаждениями. Наибольший коэффициент дифференциации (K_d) по профилю почв выявлен у свинца, меди и цинка под сложными и простыми смешанными древостоями. Сильная степень изменения K_d по профилю почв у мышьяка под сложными чистыми и смешанными древостоями, у никеля, хрома, стронция и ванадия она или отсутствует, или слабо выражена.

УДК 631.48

СОСТАВ ЛЕГКОРАСТВОРИМЫХ СОЛЕЙ ПОЧВ ЗОН ТЕКТОНИЧЕСКИХ РАЗЛОМОВ СЕВЕРО-ЗАПАДНОГО КРЫЛА БАЙКАЛЬСКОГО РИФТА

Парамонова А.Е., Убугунова В.И., Убугунов В.Л., Аюшина Т.А.
Институт общей и экспериментальной биологии СО РАН, Улан-Удэ
E-mail: Kerol75@mail.ru

Область распространения засоленных почв локализуется территориями с низким количеством атмосферным осадков и высокой испаряемостью, близким залеганием засоленных пород или минерализованных грунтовых вод. Обнаружение площадного засоления в северо-западной части Байкальского рифта (Улюнханская впадина), расположенного в лесостепной зоне, трудно объяснить вышеперечисленными факторами почвообразования. Основное предположение было связано с дополнительным поступлением легкорастворимых солей с разгружающимися термальными слабоминерализованными сильнощелочными азотно-кремнисто-фторидно-гидрокарбонатными натриевыми водами кульдурского типа.

Были заложены две почвенно-геоморфологические катены, четыре траншеи. Объектом исследования явились 18 разрезов, фор-

мирующихся в зоне разлома с активным выходом термальных вод: торфяно-перегнойно-глеевые, псаммоземы гумусовые импрегнированные, аллювиальные светлогумусовые и гумусово-слаборазвитые импрегнированные газогидротермально-турбированные. Проведенные исследования показали, что практически все почвы в той или иной степени засолены (94.5%). Профильное распределение ионов в почвенном растворе имеет различный характер, аккумуляция солей происходит на разных глубинах: на испарительных барьерах (в солевых корках), поверхностных горизонтах, глубинных слоях.

Почвы имеют разную степень засоления. Сильно засоленные участки локализуются как в наиболее пониженных участках, так и могут встречаться в местах скрытой разгрузки флюидов. 22.2% почв характеризуются очень сильной и сильной засоленностью всего профиля. Они распространены в болотном массиве с активной разгрузкой термальных вод, также в местах скрытой разгрузки при слабовыраженном кочкарном рельефе и на пустошах. В местах скрытой разгрузки гидротерм также формируются почвы, имеющие очень сильную степень засоления по всей глубине (5.6%). На минеральных кочках встречаются почвы с очень сильным поверхностным засолением (22.2%), но слабым – внутрипрофильным. При переходе от заболоченных понижений к аллювиальной части равнины распространены почвы (16.7%) с выраженной концентрацией солей в поверхностной корке и средней засоленностью профиля. Слабозасоленные почвы составляют 5.6% от всей выборки.

Тип химизма изученных почв по катионам преимущественно натриевый 64.7%, реже встречается магниево-натриевый (5.9%) и кальциево-натриевый (29.4%). По соотношению анионов выделено пять типов: сульфатный (17.6%), хлоридно-сульфатный (17.6%) сульфатно-хлоридный (23.5%), хлоридный (5.6%) и сложный тип химизма с участием соды (35.3%), т.е. различные комбинации сульфатно-хлоридного засоления с участием соды и хлоридно-сульфатного с участием соды. На заболоченном понижении формируются почвы с сульфатно-хлоридным и хлоридно-сульфатным типом засоления, в пределах галоморфного контура на контактной зоне с болотным массивом и в местах с изреженной растительностью с ярко выраженными солевыми корками – сульфатный. Сложный химизм встречается локально на пустошах и в почвах с выходами на поверхность импрегнированных слоев и песчаных масс.

Проведенные исследования показали, что процессы засоления почв происходят при комплексном взаимодействии экзогенных (испарительная концентрация ионов в весенне-раннелетний период, зимнее вымораживание почвенных растворов) и эндогенных (дополнительное поступление в почву легкорастворимых солей с термальными слабоминерализованными щелочными водами) факторов. По

результатам исследований химический состав почв в значительной степени аналогичен составу разгружающихся термальных вод. Преобладание хлоридно-натриевого типа показывает другую, более глубинную ветвь разгружающихся вод. Имеет место несбалансированность почвенного раствора. Геохимическая обстановка в таких условиях меняется постоянно и трансформация химических соединений в почвах происходит быстро и неравномерно, насыщению способствует высокий дебит источников, внутрипрофильная разгрузка, наличие сезонной мерзлоты.

Исследования выполнены по теме бюджетного проекта № АААА-А-17-117011810038-7 при финансовой поддержке гранта РФФИ № 18-04-00454А.

УДК 631.41

ПОГЛОТИТЕЛЬНАЯ СПОСОБНОСТЬ ПОЧВ И ЕЕ ПРИРОДА В СВЕТЕ НОВЫХ ДАННЫХ О ПОГЛОЩЕНИИ ПОЛИВАЛЕНТНЫХ КАТИОНОВ

Пинский Д.Л.¹, Алексеева Т.В.¹, Минкина Т.М.², Besse-Hoggan P.³, Forano C.³

¹ Институт физико-химических и биологических проблем почвоведения РАН,
Пушино

E-mail: pinsky43@mail.ru

² Южный федеральный университет, Ростов-на-Дону

E-mail: tminkina@mail.ru;

³ Institut de Chimie de Clermont-Ferrand CNRS, France, Pascale

E-mail: Besse@univ-bpclermont.fr

Изучены механизмы сорбции меди, свинца и цинка серой лесной почвой, красноземом, черноземом обыкновенным и вертисолью. Показано, что во всех случаях изотермы моноэлементной сорбции хорошо описываются уравнением Ленгмюра ($R^2 = 0.82-1.00$). В случае полиэлементной сорбции исследуемых катионов наблюдается конкуренция за адсорбционные места. В результате усложняется форма изотерм адсорбции, а качество их аппроксимации уравнением Ленгмюра ухудшается. При этом максимальная адсорбция по каждому катиону уменьшается в 1.5-5 раз, а константы Ленгмюра увеличиваются в 3-70 раз. Однако сумма максимальных адсорбций катионов в случае полиэлементной адсорбции соответствует среднему значению максимальной адсорбции при моноэлементной адсорбции каждого катиона. Поскольку значения константы Ленгмюра связаны с энергией взаимодействия противоионов с функциональными группами на поверхности адсорбента, можно сделать вывод об усилении избирательности адсорбции катионов, т.е. об адсорбции каждого

катиона на центрах, обладающих наибольшим сродством к нему. Это приводит к уменьшению подвижности тяжелых металлов и, следовательно, уменьшению вероятности их поступления в трофические цепи. Механизм этого явления связан со специфической избирательной адсорбцией поливалентных катионов почвами.

Методом последовательных селективных экстракций установлены закономерности перераспределения поглощенных катионов меди, свинца и цинка между разными формами нахождения (водорастворимой, обменной, связанной с карбонатами, оксидами Fe и Mn и органическим веществом) в исследуемых почвах. В частности, установлено, что адсорбированная медь перераспределяется в почвах следующим образом: в черноземе и вертисоли – водорастворимая << обменная < связанная с карбонатами < связанная с оксидами Fe и Mn < связанная с органическим веществом; в красноземе и серой лесной почве – водорастворимая < связанная с органическим веществом < связанная с карбонатами < связанная с оксидами Fe и Mn < обменная. Таким образом, состав и свойства почв играют исключительно важную роль в характере взаимодействия исследуемых катионов с компонентами почв. Теоретически показано, что образование осадков малорастворимых соединений описывается уравнением, идентичным уравнению Ленгмюра. Это не позволяет отличать процессы адсорбции от процессов образования осадков по форме изотермы. Сопоставление диаграмм растворимости малорастворимых солей меди, свинца и кадмия и активностей соответствующих катионов в равновесных растворах лугово-черноземной карбонатной почвы показало возможность образования осадков гидроксидов свинца и меди, малахита, а также карбоната кадмия в ходе ионного обмена с кальцием. Методами синхротронной спектроскопии (XANES и EXAFS) показано, что поглощенные катионы меди могут замещать Al^{3+} в октаэдрических структурах глинистых минералов, образуя подобие внутрисферных комплексов, а также взаимодействовать как димер (Cu–Cu) с силикатными и/или алюминийевыми группами, имеющими неполную координацию. Кроме того, возможно образования внутрисферных комплексов хелатного типа с гуминовыми кислотами почв.

Работа выполнена по теме Государственного задания № АААА-А18-118013190180-9 (70%) и при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 19-29-05265 (30%).

УДК 631.4

СОРБЦИЯ ИОНОВ $Cu(II)$ ОРГАНО-МИНЕРАЛЬНЫМИ КОМПОНЕНТАМИ АЛЛЮВИАЛЬНОЙ ДЕРНОВО-ГЛЕЕВОЙ ПОЧВЫ

Пятава М.И., Толпешта И.И., Барсова Н.Ю., Изосимова Ю.Г., Карпухин М.М.
Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Москва
E-mail: pyatova_maria@mail.ru

Возможность миграции тяжелых металлов в ландшафте определяется многими факторами, важнейшим из которых является сорбционная способность почв. Тяжелые металлы сорбируются различными почвенными компонентами, от состава, свойств и соотношения которых зависят параметры распределения металла между твердой и жидкой фазами. Несмотря на наличие большого фактического материала, представленного в мировой литературе, к настоящему времени отсутствует исчерпывающая теория о закономерностях и механизмах сорбции тяжелых металлов почвами, без которой невозможно создание прогнозных моделей распределения тяжелых металлов в ландшафте.

Цель исследования – выявить закономерности и механизмы сорбции ионов $Cu(II)$ почвой и отдельными ее компонентами из растворов нитрата меди с концентрацией <20 мг/л.

Объектом исследований являлся горизонт АУ аллювиальной дерново-глеевой почвы, отобранной в Центральном лесном природном биосферном заповеднике. Для выяснения механизмов сорбции ионов $Cu(II)$ эксперименты проводили до и после обработки почвы и илестой фракции 10% H_2O_2 , реактивом Мера и Джексона и последовательной обработки перекисью водорода и реактивом Мера и Джексона. Все сорбционные эксперименты проводили при одинаковом значении $pH = 6$ и ионной силе, равной 0.01 м/л. Содержание $C_{орг.}$ определяли методом Тюрина с фотометрическим окончанием на спектрофотометре UNICO 1201, pH определяли потенциометрически с использованием иономера METTLER TOLEDO Seven go Pro. Концентрацию Cu определяли с помощью оптико-эмиссионного спектрометра с индуктивно-связанной плазмой Agilent 5110. Сорбционные эксперименты проводились в трехкратной повторности для почвы и в двухкратной для илестой фракции. По результатам сорбционных экспериментов строили изотермы сорбции ионов $Cu(II)$.

В условиях проведенного эксперимента почва в целом сорбировала около 98-99% от внесенной меди. Максимальное количество сорбированной меди почвой составило 349.7 мг/кг. После удаления из почвы органического вещества максимальная сорбция уменьшилась на 10% по сравнению с необработанной почвой. Удаление несили-

катного железа привело к уменьшению максимальной сорбции меди на 7%, что сопоставимо с обработкой почвы перекисью водорода. Последовательное удаление органического вещества и несиликатного железа привело к уменьшению максимальной сорбции на 48%. При повышении концентрации заливаемого раствора сорбция меди почвой сопровождается значительным уменьшением величины рН равновесного раствора.

Максимальное количество сорбированной меди илистой фракцией составило 348.7 мг/кг, т.е. 99.8% от сорбированной меди почвой в целом. После удаления из илистой фракции органического вещества максимальная сорбция уменьшилась на 15% по сравнению с необработанным илом. После удаления из илистой фракции несиликатных соединений железа максимальная сорбция увеличилась на 0.8% по сравнению с необработанным илом. Удаление органического вещества и несиликатного железа из илистой фракции также привело к увеличению максимальной сорбции на 0.8%.

Итак, органическое вещество и несиликатные соединения железа в почве в целом вносят существенный вклад в сорбцию ионов меди, а сорбция в илистой фракции преимущественно осуществляется на органическом веществе и глинистых минералах.

Основными механизмами сорбции ионов Cu(II) являются замещение протона функциональных групп органического вещества, несиликатных соединений железа, алюмоиольных и силаноиольных группировок на глинистых минералах и обменные реакции ионов Cu^{2+} на катионы в почвенно-поглощающем комплексе.

Не выявлена аддитивность в отношении сорбции ионов Cu(II) при раздельном и последовательном удалении из почвы и из илистой фракции органического вещества и несиликатных соединений железа.

УДК 351.777.6

ФРАКЦИОННО-ГРУППОВОЙ СОСТАВ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ПОЧВАХ КАТЕН ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

Семенков И.Н.¹, Енчилик П.Р.¹, Усачева А.А.², Касимов Н.С.¹

¹ Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Москва
E-mail: semenkov@geogr.msu.ru

² Институт геологии рудных месторождений, петрографии, минералогии
и геохимии РАН, Москва
E-mail: usacheva@list.ru

Фракционно-групповой состав тяжелых металлов (обменные и карбонатные соединения в вытяжке ацетатно-аммонийного буфера с рН 4.8, комплексные – в вытяжке этого буфера с 1% ЭДТА и сорбированные – в 1n HNO_3) исследован атомно-эмиссионным мето-

дом с индуктивно-связанной плазмой в ИПТМ РАН в 900 пробах почв, собранных на 14 ключевых участках, характеризующих почвы тундр, тайги, подтайги и лесостепи Западной Сибири: глееземы, криоземы, подзолистые, подзолы, солоды, солонцы, солончаки, темно-серые, черноземы. Валовое содержание элементов определено рентген-флуоресценным методом в ИГЕМ РАН; гранулометрический состав – методом лазерной дифрактометрии, содержание гумуса, электропроводность водной вытяжки и величина рН водного – стандартными методами в эколого-геохимическом центре географического факультета МГУ.

В почвах тундровых ландшафтов повышенное содержание тонких гранулометрических фракций (пылеватых и илистой) способствует росту содержания металлов и подвижных форм их соединений, а грубых (песчаных) напротив – уменьшению. Повышенная гумусность почв тундр приводит к увеличению содержания Pb, Ni и Zn.

В таежных ландшафтах наиболее ярко влияние гранулометрических фракций на радиальное распределение металлов и их соединений проявляется в текстурно-дифференцированных почвах и слабее – в глееземах и подзолах. Во всех обследованных минеральных почвах региона повышенная щелочность и гумусность способствуют росту валового содержания и подвижных форм Co, Cu, Mn, Ni, Pb и Zn и снижению содержания отдельных форм Cr, Fe и Sr.

В подтаежных и лесостепных ландшафтах влияние гранулометрического состава на радиальное и латеральное распределение металлов и форм их соединений в почвах имеет подчиненное значение относительно величины рН и содержания гумуса.

По мере уменьшения продолжительности промерзания почв в ряду ландшафтов типичная тундра–южная тундра–лесотундра:

- в органогенном горизонте почв уменьшается содержание обменных соединений Na, Mg, Ca и Sr, комплексных соединений Ca, подвижность Na, Mg, K, Ca, Ti, Cr, Fe, Co, Ni, Zn, Sr и увеличивается содержание обменных соединений Ba и Pb, комплексных соединений Al и Pb;

- в гумусовом горизонте почв уменьшается содержание комплексных соединений Mg, Ca, Cu, сорбированных соединений Na, Cu и увеличивается содержание обменных соединений и подвижность Pb;

- в минеральных горизонтах почв с нарастанием кислотности уменьшается содержание комплексных соединений Zn, подвижность Ti, Co, Ni, Zn и Sr.

Повышенная электропроводность и содержание хлора способствуют:

- увеличению содержания соединений наиболее подвижных катионогенных элементов (Na, Mg, Ca, Sr, Pb), а также Cr, Fe, Cu;

– уменьшению содержания комплексных соединений Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Pb.

Авторы благодарны В.К. Карандашеву и А.И. Якушеву за анализ элементного состава почвенных вытяжек и почв соответственно; А.Д. Иовчевой, Г.В. Клинк, Е.Д. Николаеву, А.Г. Самулеенкову – за помощь в полевых и лабораторных работах.

Исследование выполнено в рамках проекта РФФ № 17-77-20072.

УДК 631.412

ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПОДЗОЛИСТЫХ ПОЧВ В РИЗОСФЕРЕ РАЗНЫХ ДРЕВЕСНЫХ ПОРОД

**Соколова Т.А., Толпешта И.И., Изосимова Ю.Г. Данилин И.В.,
Котельников Н.А.**

Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Москва
E-mail: sokolt65@mail.ru

Свойства почвы в ризосфере различных видов растений существенно отличаются от соответствующих характеристик вмещающей почвы за счет непрерывного поступления в ризосферу корневых экссудатов, отмирающих и пограничных клеток и более активной деятельности микробного сообщества. Объектами исследования в данной работе были образцы горизонта АЕЛао палево-подзолистой почвы, отобранные из ризосферы ели обыкновенной (*Picea abies*) в еловой парцелле и клена остролистного (*Acer platanoides*) на участке смешанного леса с преобладанием клена и соответствующих вмещающих почв на территории Центрально-Лесного Заповедника (Тверская область). Образцы под елью отбирали в 2010, 2013, 2014 и в 2018 гг., под кленом – в 2016 и в 2017 гг., каждый раз в пятикратной повторности во второй половине июля. Химические анализы выполняли общепринятыми методами, содержание бензол-карбоновых кислот определяли методом твердофазной экстракции с последующим анализом методом обращено-фазовой высокоэффективной жидкостной хроматографии. Статистическая обработка проводилась по программам EXCEL и STATISTICA с применением методов непараметрической статистики.

Почва ризосферы клена и ели по сравнению с вмещающей почвой характеризуется более высоким содержанием $C_{орг.}$ и соответственно – более высокими значениями эффективной емкости катионного обмена, содержанием бензойной и 4-гидроксибензойной кислот в составе органического вещества, а также более высоким содержанием обменного К. Не выявлено достоверных различий в содержании $C_{орг.}$ между почвами под елью и под кленом как в ри-

зосфере, так и во вмещающей почве. В еловой парцелле во все годы отбора образцов наблюдались достоверно более низкие значения pH_{H_2O} и pH_{KCl} и в ризосфере, и во вмещающей почве, чем на участке под кленовой парцеллой. Под ельником почве ризосферы по сравнению с вмещающей почвой были свойственны более низкие значения pH водной и солевой суспензий, большая обменная кислотность и меньшая степень насыщенности основаниями. В почве под кленовой парцеллой в оба года наблюдений закономерность была обратная: почва ризосферы характеризовалась достоверно более высокими значениями pH , меньшей обменной кислотностью и большей насыщенностью основаниями. В почве под кленовой парцеллой в оба года наблюдений была выявлена высокая линейная корреляция между pH_{H_2O} и pH_{KCl} в ризосфере, во вмещающей почве она отсутствует. На участке под елью корреляция не найдена ни в ризосфере, ни во вмещающей почве.

Содержание оксалатно-растворимых Al (Al_{ox}), Fe (Fe_{ox}), Si (Si_{ox}) и в ризосфере, и во вмещающей почве оказалось выше в почве под кленом, чем под еловой парцеллой. Значимых различий по этим показателям между ризосферой клена и соответствующей вмещающей почвой не выявлено. В ризосфере ели по сравнению с вмещающей почвой наблюдается достоверное накопление Fe_{ox} и Al_{ox} . В ризосфере клена выявлена достоверная корреляция между содержанием $C_{орг.}$ и Al_{ox} , между содержанием $C_{орг.}$ и Fe_{ox} и между содержанием Al_{ox} и Si_{ox} , причем соответствующие коэффициенты корреляции Спирмена оказались выше в ризосфере по сравнению с вмещающей почвой.

Для почвы под еловой парцеллой выявлена высокая корреляция между содержанием $C_{орг.}$ и Al_{ox} как в ризосфере, так и во вмещающей почве. Менее тесная зависимость наблюдается между содержанием $C_{орг.}$ и Fe_{ox} .

УДК 631.41

СОДЕРЖАНИЕ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ПОЧВАХ СКВЕРОВ ГОРОДА ВОЛОГДЫ

**Хамитова С.М.¹, Пестовский А.С.¹, Федченко Е.И.¹, Иванова М.А.^{1,2},
Попова А.Н.¹**

¹ Вологодский государственный университет, Вологда

E-mail: xamitowa.sveta@yandex.ru

² Северный (Арктический) федеральный университет им. М.В. Ломоносова,
Архангельск

E-mail: chokolamas@yandex.ru

Одной из распространенных экологических проблем является загрязненность почвы тяжелыми металлами. В статье рассматривается загрязнение почвы тяжелыми металлами на территории скверов г. Вологды. Чтобы определить загрязненность почвы тяжелыми метал-

лами, было отобрано по пять почвенных проб методом «конверта» на территории скверов города.

По результатам химического анализа почвенных образцов сделаны следующие выводы.

ПДК меди должна составлять 3.0 мг/кг. Во всех пробах на территории скверов г. Вологды этот показатель не превышен и составляет от 0.61 до 0.91 мг/кг. Наиболее низкий показатель в пробах почвы, был отмечен на территории сквера у дома Петра I. Самый высокий показатель в пробах сквера на площади Революции.

Предельно допустимая концентрация цинка составляет 23.0 мг/кг. Во всех пробах на территории скверов г. Вологды этот показатель не превышен и составляет от 9.3 до 18.4 мг/кг. Самый низкий показатель идентифицирован на территории сквера на площади Бабушкина, он составляет 9.3 мг/кг. Самый высокий показатель цинка установлен в почве сквера у памятника Ильюшину, он составляет 18.4 мг/кг.

ПДК свинца составляет 6.0 мг/кг. Этот показатель превышен в одной пробе, взятой на территории сквера у памятника Ильюшину, он составляет 9.57 мг/кг. Содержание находится в диапазоне от 3.52 до 9.57 мг/кг. Самый низкий показатель идентифицирован на территории сквера на площади Бабушкина, он составляет 3.52 мг/кг.

ПДК кадмия в почвах рН меньше 5.5 должен быть 1.0 мг/кг, в почвах же с рН более 5.5 ПДК должен быть 2.0. В пробах несмотря на варьированность кислотности почв кадмий не превышает нормы.

ПДК никеля составляет 4.0 мг/кг и не превышает норматив ни в одной из проб, выбранных на исследуемых территориях. Самый низкий показатель идентифицирован на территории сквера Театрального, он составляет 0.33 мг/кг. Самый высокий показатель цинка установлен в почве сквера на Кремлевской площади, он составляет 0.92 мг/кг. Остальные показатели содержания цинка на исследуемых территориях имеют похожие значения.

ПДК кобальта составляет 5.0 мг/кг. Этот показатель не превышен в пробах, взятых на территории скверов. Содержание находится в диапазоне от 0.21 до 0.74 мг/кг. Самый низкий показатель идентифицирован на территории сквера на площади Бабушкина. Самый высокий показатель зафиксирован на территории сквера на Соборной горке.

По результатам химического анализа почв на территории скверов г. Вологды было выявлено превышение ПДК свинца, который относится к II классу опасности, на 37.3%. Этот показатель обнаружен на территории сквера у памятника С.В. Ильюшину. Выявлены территории с достаточно высоким содержанием цинка в почве, которые в дальнейшем, в случае превышения количества выбросов могут переступить границу ПДК. К этим территориям относятся сквер им. Кирова, сквер на Соборной горке, сквер у памятника С.В. Ильюшину и

сквер на Кремлевской площади. По остальным показателям тяжелых металлов превышение ПДК в почвах скверов города не обнаружено.

УДК 631.41

ИССЛЕДОВАНИЕ ПОЧВ ДЕНДРОПАРКА им. Н. КЛЮЕВА

**Хамитова С.М., Пестовский А.С., Федченко Е.И., Иванова М.А.,
Попова А.Н.**

Вологодский государственный университет, Вологда
E-mail: xamitowa.sveta@yandex.ru

Вытегорский район в Вологодской области является уникальным сочетанием богатейших природных ресурсов, ландшафтного разнообразия, историко-культурного наследия и благоприятного экономико-географического положения для туризма.

В 2014 г. в г. Вытегра был создан дендропарк им. Н. Ключева. В статье рассматривается почвенный покров дендропарка.

Анализ образцов почвы, отобранных в октябре 2019 г. в широколиственной, мелколиственной и хвойной зонах парка, выполнялся по общепринятым методикам. Методы исследования включали определение физических показателей и количественного химического состава анализируемых почв. Для общей характеристики почв проводились анализы на определение влажности, плотности, pH водный, pH солевой суспензии, на содержание катионов, таких как Ca^{2+} , Mg^{2+} , $\text{Fe}_{\text{общ.}}$, $\text{Cr}_{\text{общ.}}$, Cr^{3+} , NH_4^+ .

В результате проведенных исследований состава почв получены следующие данные:

– влажность почвы хвойной зоны составляет 4.2%, что выше, чем широколиственной и мелколиственной зон – 2.96 и 3.72% соответственно;

– показатели плотности почвы во всех зонах парка практически одинаковые и находятся в пределах 1.65-1.7 кг/м³;

– почва во всех зонах кислая, pH < 4.5, в хвойной зоне pH = 3.6;

– содержание кремния во всех почвах находится в пределах 81-83%;

– содержание кальция и магния в почвах всех трех зон практически одинаково – 1.1-1.2 и 0.11-0.12 м-экв./100 г соответственно;

– содержание железа в почвах хвойной зоны (4.98%) немного выше, чем в почвах широколиственной (4.78%) и мелколиственной (4.8%) зон;

– содержание хрома общего в почве широколиственной зоны выше, чем в остальных;

– по содержанию трехвалентного хрома почвы практически не различаются, его значения не превышают ПДК.

По данным экспериментальных исследований проб почвы в широколиственной, мелколиственной и хвойной зонах дендропарка, по физическим показателям и химическому составу почвы существенных различий не имеют.

Результаты исследования можно использовать при биомониторинге и биодиагностике состояния почвенных условий урбанизированных территорий, оценке воздействия на окружающую среду, планировании землепользования, в учебном процессе.

УДК 631.417

НОВЫЙ ПОДХОД К ОЦЕНКЕ КАЧЕСТВЕННОГО СОСТАВА ПОЧВЕННОГО ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА

**Цивка К.И.¹, Попов А.И.², Симонова Ю.В.², Сун Гэ², Холостов Г.Д.²,
Бирилко Д.А.², Сазанова Е.В.²**

¹ Санкт-Петербургский государственный аграрный университет,
Санкт-Петербург
E-mail: ks.tsivka@gmail.com

² Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург
E-mail: paihumic@gmail.com; Uvsim@yandex.ru; songge2019@mail.ru;
kholostov14@mail.ru; danila.birilko@ya.ru; katya97vs@yandex.ru

Почвенное органическое вещество (ПОВ) – сложный комплекс индивидуальных и специфических (гуминовых веществ и меланинов) соединений, а также продуктов их взаимодействия между собой и с минеральной частью почвы.

Индивидуальные органические соединения (ИОС) присутствуют в почве в свободном виде или в составе более сложных веществ биогенного происхождения, но не входят в состав гуминовых веществ (ГВ). Одна часть ИОС представляет собой составные части почвенных организмов, а также их метаболитов, а другая часть – продукты трансформации экскретов и постмортальных остатков растений и педобиоты. В составе ПОВ ИОС представлены глобалином, липидами (восками, жирами, смолами и проч.), пигментами (тетрапирольными и родственными им соединениями, каротиноидами и оксиантрахинонами), неразложившимися и полуразложившимися остатками растений и педобиоты, различными водорастворимыми органическими соединениями (продуктами биохимической и гидролитической деструкции). Кроме того, в органическом веществе некоторых почв может присутствовать кероген – предшественник нефти и горючих газов в геосфере.

В практике российских почвоведов оценка качественного состава ПОВ основана на определении так называемого гумусового состояния. Гумусовое состояние базируется на щелочном извлечении и фракционировании так называемых гуминовых кислот (ГК) и фульвокислот (ФК).

В соответствии с мнением некоторых исследователей, выделение какими-либо щелочными растворами ГК и последующее их фракционирование не является корректным. В щелочную вытяжку помимо ГВ и меланинов переходят и неспецифические органические соединения: липиды, тетрапиррольные соединения и каротиноиды, а также гломалин и кероген. Кроме того, в результате гидролитической деструкции в жидкую фазу щелочного раствора переходят также компоненты детрита и частично разложившийся растительный материал. Полученную смесь, содержащую и ГВ, и ИОС обычно делят на ФК, ГК и гиматомелановые кислоты ГМК.

Иными словами, существующая система оценки качественного состава ПОВ не удовлетворительна. Поэтому нами была пересмотрена методология извлечения ГВ и других компонентов ПОВ. В результате появился новый способ, основанный на сродстве компонентов ПОВ к тем или иным органическим растворителям. Новый метод относительно прост и позволил:

- предварительно выделять часть ИОС, растворимые в 90%-ном растворе ацетона (в частности, тетрапиррольные соединения и каротиноиды);

- извлекать ГВ (включая меланины) и гломалин органическим растворителем после предшествующего протонирования;

- отделять ГВ от гломалина, используя их разную агрегативную неустойчивость;

- выделять водорастворимые ИОС и дисперсные органические вещества;

- извлекать этанол-бензольной смесью липиды после их предварительного протонирования;

- определять содержание керогена термическим методом.

Как показали наши экспериментальные данные:

- хлорофиллы *a* и *b* и феофитин присутствовали в органическом веществе почв, преимущественно сформированных под лесом, а каротиноиды – в органическом веществе всех типов почв.

- выделен гломалин (несколькими качественными реакциями и на белок, и на восстанавливающие сахара было подтверждено, что это гликопротеин);

- отдельно выделены ГВ (вероятно, вместе с эу- и алломеланинами), при этом ФК отсутствовали;

- содержание ГВ, выделенных новым методом, составляло 15-25% от массы ПОВ;

- количество липидов было большим, чем до этого считалось.

Очевидным преимуществом новой схемы последовательной обработки исследуемого образца почвы разными растворами является исключение попадания одних и тех же веществ в разные фракции.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 19-29-05243.

УДК 631.44

**ВЫСОТНО-ДИФФЕРЕНЦИРОВАННАЯ КОМБИНАЦИЯ ПОЧВ
ПРИРОДНОГО ПАРКА «ЕРГАКИ» (ЗАПАДНЫЙ САЯН)****Шарафутдинов Р.А., Борисова И.В.**

Сибирский федеральный университет, Красноярск

E-mail: irina_borisova77@mail.ru

Исследование почвенного покрова горных территорий всегда представляло интерес по причине их разнообразия, что особенно ярко проявляется в высокогорных ландшафтах. При этом существенная дифференциация почвенного покрова проявляется не только между высотными поясами, но и в пределах каждого из них. Горные почвы наиболее уязвимы и поэтому исследование основных геохимических параметров горных почв в их естественном состоянии является актуальным в рамках изучения геосистем в целом.

Район исследований находится в долине р. Оя (верхнее течение), в центральной части Западного Саяна, занимающего центральное положение в Алтайско-Саянской горной стране, которая является частью единой горной системы Южной Сибири.

Основные почвы исследуемой территории – литоземы грубогумусированные (O-AO-C(R) (Hyperscleletic Histic LEPTOSOLS Humic), перегнойно-темногумусовые почвы (O-AH-C(R) (Folic Leptic Sceleletic HISTOSOLS Arenic Hyperorganic), ржавоземы типичные (AY-BFM-C(R) (Leptic Sceleletic CAMBISOLS Arenic Ferric Humic) и буроземы грубогумусированные (AYao-BM-C(R) (Leptic Sceleletic Cambic PHA-EOZEMS Arenic Hyperhumic).

По данным микроэлементного состава для литоземов грубогумусированных характерна концентрация Ce, Lu, U, Yb, Nd, Br, Tb, Ta, Eu и La в почвообразующей породе и на границе с ней, что объясняется химическим составом подстилающих отложений. В грубогумусовом горизонте накапливается Rb (47.5 г/т), что подтверждается коэффициентом корреляции – 0.70.

В профиле бурозема грубогумусированного, в метаморфическом горизонте аккумулируются Sr, Tb и Sb, что подтверждается коэффициентом корреляции для этих элементов – 0.70. В грубогумусовом горизонте наблюдается максимальное по сравнению с другими горизонтами количество Au (до 0.112 г/т). Также в этом горизонте аккумулируются Lu (0.37 г/т) и Hf (7.66 г/т), интенсивность миграции которых в почвенном профиле связана с характером распределения илстой фракции и органического вещества, что подтверждается положительными коэффициентами корреляции для этих микроэлементов. Остальные изученные микроэлементы концентрируются в почвообразующей породе.

В перегнойно-темногумусовых почвах рассмотренные элементы концентрируются в нижней части профиля и почвообразующей породе, за исключением Au, As, Br и Sb, их максимальное количество отмечено в гумусовом горизонте. Для всех горизонтов перегнойно-темногумусовых почв отмечено наличие Au с максимумом в горизонте АН (до 0.177 г/т).

Ржавоземы типичные характеризуются тем, что большинство изученных элементов (Sm, Cr, Ba, Sr, As, Tb, Rb, Ta, Co, Eu, Sb) концентрируются в железисто-метаморфическом горизонте, это обусловлено сорбцией этих элементов оксидами и гидроксидами железа и алюминия. Такие микроэлементы, как Ce, Lu, U, Th, Yb, Hf, Nd, Cs, Sc, Zn и La накапливаются в нижней части профиля и почвообразующей породе, что связано с химическим составом подстилающих отложений. Для Br отмечена максимальная аккумуляция в гумусово-аккумулятивном горизонте, что обусловлено биофильностью Br, соответственно он легко поглощается органическим веществом.

По данным корреляционного анализа установлено, что в литоземах и буроземах грубогумусированных главными факторами, оказывающими влияние на характер распределения микроэлементов в профилях, являются содержание в почвах оксидов и гидроксидов железа и алюминия, реакция среды и, в меньшей степени, гранулометрический состав. В перегнойно-темногумусовых почвах распределение микроэлементов по профилю в целом зависит от распределения илистой фракции. На распределение микроэлементов в профиле ржавоземов типичных главным образом влияют гранулометрический состав и физико-химические свойства почв, а именно наличие оксидов и гидроксидов железа и алюминия, кислая реакция среды.

Работа выполнена при поддержке грантов РФФИ № 18-45-240001, 19-05-00091.

УДК 631.41

ИЗУЧЕНИЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ФОРМ РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ В ПОЧВАХ: СРАВНЕНИЕ ДВУХ СХЕМ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОГО ЭКСТРАГИРОВАНИЯ В ДИНАМИЧЕСКОМ РЕЖИМЕ

Шатрова Ю.Н.¹, Дженлода Р.Х.¹, Федотов П.С.¹, Рогова О.Б.²

¹ Институт геохимии и аналитической химии им. В.В. Вернадского, Москва
E-mail: shatrovajun@gmail.com

² Почвенный институт им. В.В. Докучаева, Москва
E-mail: olga_rogova@inbox.ru

Редкоземельные элементы (РЗЭ) в настоящее время используют в качестве удобрений, при этом их поведение в системе почва–растение остается малоизученным. В работах, посвященных фракционирова-

нию РЗЭ в почвах, применяют схемы последовательного экстрагирования в статическом режиме, который влечет за собой проблемы реадсорбции элементов и перекрытия фракций. Это может привести к некорректной оценке содержания форм элементов, связанных с различными органо-минеральными фазами почв. Динамическое (проточное) фракционирование позволяет минимизировать указанные артефакты, так как обеспечивает условия мобилизации элементов, близкие к природным.

В настоящей работе проведено сравнение двух схем фракционирования РЗЭ с использованием динамического режима экстрагирования во вращающейся спиральной колонке. Первая схема, предложенная Федотовым и соавторами, изначально предназначалась для фракционирования тяжелых металлов. Согласно данной схеме были выделены фракции РЗЭ: обменная, специфически сорбированная, связанная с оксидами марганца, связанная с органическим веществом, связанная с аморфными и слабо окристаллизованными оксидами железа и алюминия с применением соответственно следующих экстрагентов – 0.05 М $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$, 0.43 М CH_3COOH , 0.1 М $\text{NH}_2\text{OH}\cdot\text{HCl}$, 0.1 М $\text{K}_4\text{P}_2\text{O}_7$ рН = 11.0, 0.1 М $(\text{NH}_4)_2\text{C}_2\text{O}_4$ рН = 3.2. Вторая схема предложена Миттермюллером и соавторами для оценки подвижности РЗЭ в почвах с акцентом на биологическую доступность. Выделяли следующие фракции: легкорастворимые соединения и обменные ионы, связанные с карбонатами и комплексные соединения, восстанавливаемую и кислоторастворимую с применением соответственно 0.05 М $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$, 0.1 М $\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_7$, 0.05 М $\text{NH}_2\text{OH}\cdot\text{HCl}$ рН = 2.0, 1.4 М HNO_3 . Объектами исследования были фоновые незагрязненные почвы – дерново-подзолистая и чернозем.

Согласно данным, полученным по первой схеме, среди миграционно-способных форм нахождения РЗЭ явно преобладают соединения, связанные с органическим веществом, которые извлекают пиррофосфатом. Преобладание РЗЭ в виде металл-органических комплексов особенно ярко выражено в черноземной почве. Заметную роль в связывании РЗЭ также играют аморфные и слабо окристаллизованные оксиды железа и алюминия. При использовании второй схемы основная доля РЗЭ извлекается в виде кислоторастворимых форм. Поскольку азотная кислота не является селективным экстрагентом по отношению к какой-либо из органо-минеральных фаз почвы, в данном случае судить о центрах преимущественного связывания РЗЭ практически невозможно.

Дальнейшая работа предполагает постановку вегетационных опытов для оценки биологической доступности РЗЭ и их влияния на усвоение элементов минерального питания различными частями растений. Будут сопоставлены данные химического фракционирования и вегетационных опытов.

Авторы благодарны РФФИ (проект № 19-05-50016) за финансовую поддержку.

УДК [504.53 + 504.73].

ПОЛИЦИКЛИЧЕСКИЕ АРОМАТИЧЕСКИЕ УГЛЕВОДОРОДЫ В ПОЧВАХ И РАСТЕНИЯХ ТУНДРОВЫХ БУГРИСТЫХ ТОРФЯНИКОВ

Яковлева Е.В., Габов Д.Н., Василевич Р.С.

Институт биологии ФИЦ Коми НЦ УрО РАН, Сыктывкар

E-mail: kaleeva@ib.komisc.ru

Торф состоит из легко разлагаемых соединений, например, полисахаридов и устойчивых веществ, таких как лигнин, и сложных ароматических соединений, а также продуктов их взаимной трансформации и комбинации, таких как гумусовые вещества. Химический состав торфа является результатом комбинации химического состава болотных растений и микроорганизмов, почвенных вод и вторичных веществ, образующихся при разложении. Торф формируется в результате процессов накопления и распада, действующих на растительные остатки. Полициклические ароматические углеводороды (ПАУ) – токсичные, мутагенные, канцерогенные соединения, с одной стороны, и необходимые органические компоненты для растений – с другой, в значительных количествах присутствуют в составе торфа. Высокая химическая устойчивость ПАУ в сочетании с кислой и анаэробной средой торфяной залежи способствует их слабой деградации. Некоторые авторы утверждают, что с увеличением времени пребывания ПАУ в почвах их экстракционная способность, разлагаемость и токсичность уменьшаются.

Цель работы: исследовать влияние состава ПАУ доминантных растений бугристых болот на формирование состава ПАУ торфа.

Оценен современный состав ПАУ растительности естественных бугристых болот лесотундровой подзоны Республики Коми. Исследования проведены в пределах бугристо-мочажинного (топяного) комплекса. Типы почв – торфяная олиготорфная мерзлотная почва бугров (Hemic Follic Cryic Histosols) и болотная переходная остаточной низинная почва мочажин (Fibric Floatic Histosols). Химико-аналитические исследования почв и растений выполняли в ЦКП «Хроматография» Института биологии ФИЦ Коми НЦ УрО РАН.

Установлено, что максимальным накоплением полиаренов отличаются *Polytrichum strictum*, *Betula pubescens* и побеги *Picea abies*, в меньшей степени ПАУ содержались в *Betula nana* L., *Salix lapponum* L. и *Carex limosa* L. В составе растений преобладали легкие полиарены; дибенз[a,h]антрацен и бенз[ghi]перилен в растениях отсутствовали.

Показаны сходные закономерности в профильном распределении ПАУ в почвах мерзлотных бугров и мочажин, которые выражались в незначительном накоплении в основном низкомолекулярных ПАУ в сезонно-талом слое (СТС), резком возрастании содержания тяжелых структур ПАУ (главным образом бенз[ghi]перилена) на границе многоступенчатой мерзлоты и некотором снижении их массовой доли непосредственно в мерзлотных горизонтах.

На основании полученных данных можно констатировать, что состав ПАУ торфяников в основном определяется составом ПАУ растительности до глубины прохождения границы СТС, где происходит активный синтез или высвобождение тяжелых полиаренов в структуре единой системы почвенных процессов. На связь состава ПАУ растений с их содержанием в торфе значительное влияние оказывала степень его разложенности.

Показано, что состав ПАУ торфа мочажинных почв верхних горизонтов обусловлен перекомбинацией легких структур ПАУ, входящих в состав *Sphagnum riparium* и *Eriophorum* sp. В процессе длительного формирования почв, разложения сложных органических веществ растений (лигнина, стерин, гормонов), в первую очередь быстро разлагающихся видов (*Eriophorum* sp.), начинают формироваться тяжелые структуры ПАУ и возрастает содержание легких структур. Дальнейшее разложение в слоях 30-60 см могло привести к образованию более конденсированных ПАУ, таких как бенз[ghi]перилен, и к разрушению большинства полиаренов до простых соединений.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 18-05-60195 (№ ЦИТИС АААА-А18-118062090029-0) и госбюджетной темы № АААА-А17-117122290011-5.

Подкомиссия

ОРГАНИЧЕСКОЕ ВЕЩЕСТВО ПОЧВ

Председатель – д.б.н. С.Н. Чуков

УДК 581.1

**ВЛИЯНИЕ КОНЦЕНТРАЦИЙ РАСТВОРОВ ГУМАТОВ
НА СКОРОСТЬ ПРОРАСТАНИЯ И РОСТ КОЛЕОПТИЛЕЙ
ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ**

**Артамонов А.А.¹, Вертебный В.Е.², Хомяков Ю.В.^{1,2}, Гурова Т.А.²,
Конончук П.Ю.², Москвин М.А.²**

¹ Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет
им. С.М. Кирова, Санкт-Петербург

² Агрофизический НИИ, Санкт-Петербург
E-mail: himlabafi@yandex.ru

Рядом исследований доказано стимулирующее воздействие гуминовых препаратов на рост и развитие растений. Применение органических удобрений, содержащих гуминовые вещества (ГВ), является важнейшим фактором биологического воспроизводства плодородия почв, что обусловлено их сходством с почвенными органическими веществами. На протяжении более 60 лет гуматы являются предметом изучения многих ученых, подтверждено повышение устойчивости растений к неблагоприятным условиям окружающей среды под воздействием гуминовых веществ. Выступая в роли адаптогенов, ГВ повышают неспецифическую сопротивляемость организма к различным биологическим, химическим и физическим повреждениям. Актуально проведение исследований, целью которых является уточнение представлений о механизмах влияния ГВ на скорость роста растений.

Целью данной работы является оценка влияния разных концентраций растворов гуматов на скорость прорастания, рост coleoptилей и первого листа яровой пшеницы (*Triticum aestivum* L.). Для эксперимента использовались 280 отобранных по внешним характеристикам схожести (размер и форма) семян яровой пшеницы со всхожестью 85%. В работе использовался гуминовый препарат с содержанием ГВ

82.3 г/л; испытывались шесть концентраций растворов ГВ: $8.23 \cdot 10^{-2}$, $8.23 \cdot 10^{-3}$, $1.65 \cdot 10^{-3}$, $8.23 \cdot 10^{-4}$, $8.23 \cdot 10^{-5}$, $8.23 \cdot 10^{-6}$. Семена замачивались в чашках Петри по 40 шт. в каждом варианте в растворах гуматов на 16 ч. Контрольная группа замачивалась в воде. Далее семена были переведены в рулонную культуру на дистиллированной воде с освещением лампами ДНАТ-400 продолжительностью 16 ч в сутки. Первые измерения были произведены спустя 48 ч после замачивания. В контрольной группе из 37 проросших семян 28 имели coleoptile, средняя длина составила 11 мм. В варианте с концентрацией (далее К) $8.23 \cdot 10^{-2}$ наблюдается наибольшее количество проросших семян, имеющих coleoptile. Так, из 29 проросших, coleoptile имели 26 семян, средняя длина составила 11 см. При снижении концентрации ГВ в растворах не было выявлено увеличение количества проросших семян, имеющих coleoptile, также не наблюдалось увеличение его длины. Через 120 ч после замачивания семян было проведено измерение длины первого листа. В контрольной группе средняя длина первого листа составила 81 мм. Во всех вариантах опыта (кроме варианта с минимальной концентрацией ГВ) через 120 ч после замачивания семян не было выявлено достоверных различий по такому показателю, как длина первого листа, однако наблюдалась тенденция к ее уменьшению по отношению к контрольной группе в вариантах с высокими концентрациями ГВ в растворе (К $8.23 \cdot 10^{-2}$, $1.65 \cdot 10^{-3}$). Спустя 144 ч после замачивания семян в растворах гуминового препарата наблюдалось достоверное увеличение длины первого листа в варианте, где замачивание семян происходило в растворе с К $8.23 \cdot 10^{-2}$. Так, в контрольной группе средняя длина первого листа составила 120 мм, тогда как в варианте К $8.23 \cdot 10^{-2}$ – 133 мм (10.5% по отношению к контрольной группе). Таким образом, обработка семян раствором ГВ в концентрации $8.23 \cdot 10^{-2}$ способствовала увеличению числа и длины coleoptiles в проросших семенах, а также показала достоверное увеличение длины первого листа яровой пшеницы через 144 ч после обработки семян раствором ГВ.

УДК 631.4

ВЛИЯНИЕ КАЧЕСТВА ПОЧВЫ НА СТАБИЛИЗАЦИЮ ОРГАНИЧЕСКОГО УГЛЕРОДА МИНЕРАЛАМИ

Бойцова Л.В., Непримерова С.В., Зинчук Е.Г.
Агрофизический НИИ, Санкт-Петербург
E-mail: larisa30.05@mail.ru

Количество ила в почве, а также состав минералов, входящих в него, являются определяющими параметрами, влияющими на способность почв защищать органический углерод от микробиологической

деструкции. Эффективность защиты зависит от вида минералов, который определяет их сорбционную способность в отношении органических веществ почвы.

Цель исследований направлена на изучение стабилизации органического вещества в илистой фракции дерново-подзолистых супесчаных почв разного качества.

Почвенные пробы отбирались с глубины 0-15 см пахотного горизонта на сельскохозяйственных участках разного качества (разной окультуренности) Меньковского филиала Агрофизического научно-исследовательского института (Ленинградская область, Гатчинский район). Изученные почвы по классификации 1977 г. относятся к дерново-подзолистым почвам. На участке со средней окультуренностью почв (СОК) органические удобрения не вносились, на участке с высокой окультуренностью почв (ВОК) внесено в 2003-2009 гг. 680 т га⁻¹ навоза крупного рогатого скота. В 2012 г. на участке ВОК внесен навоз в дозе 80 т га⁻¹, в 2016 г. – куриный помет в дозе 70 т га⁻¹. Содержание общего органического углерода ($C_{орг.}$) в почве и углерода, ассоциированного с илистой фракцией почвы ($C_{ил.}$), определяли по методу Тюрина. Выделение илистой фракции почвы осуществлялось методом ультразвуковой диспергации с последующей седиментацией и осаждением илистой фракции почвы при помощи центрифугирования. Минералогический состав илистой фракции исследовали с помощью рентгенодифракционного анализа на дифрактометре ДРОН-1.

Достоверно наибольшее количество $C_{орг.}$ обнаружено в пахотном горизонте почвы ВОК ($p < 0.0001$), данная величина составляла 28.11 гСкг⁻¹, пахотный горизонт СОК почвы характеризовался минимальными величинами $C_{орг.}$ (13.89 гСкг⁻¹). Достоверно наибольшее количество $C_{ил.}$ обнаружено в пахотном горизонте ВОК почвы ($p < 0.01$), здесь данная величина составляла 97.51 гСкг⁻¹, пахотный горизонт СОК почвы характеризовался минимальным содержанием $C_{ил.}$ (63.44 гСкг⁻¹).

Наибольшие значения фактора обогащения (Esoc) наблюдались в почве СОК по причине предшествующей минерализации активных, не связанных с илом гумусовых веществ. Напротив, в почве ВОК Esoc уменьшался, так как увеличение содержания $C_{орг.}$ в целом опережало накопление $C_{ил.}$, вероятно, за счет увеличения содержания легкой фракции, что наблюдается при внесении навоза и куриного помета. Кроме того, можно предположить, что для закрепления органических частиц, дополнительным источником которых являлось органическое удобрение, было недостаточно поверхности сорбции минералов в составе илистой фракции почвы.

Рентгенографический анализ минералогического состава илистой фракции выявил, что в почве СОК слюда диоктаэдрическая и хлорит ($r = 0.78/0.83$) в большей степени участвовали в стабилизации

органических соединений, чем другие минералы. Кроме того, на депонирование углерода в илистой фракции здесь оказал положительное влияние плагиоклаз ($r = 0.37$). В почве ВОК установлены положительные корреляционные связи между содержанием $C_{ил.}$ и содержанием калиевых полевых шпатов ($r = 0.99$), слюд с дефицитом катионов ($r = 0.49$), плагиоклаза, кварца и хлорита ($r = 0.24-0.20$).

Результаты исследований показали, что стабилизация $C_{орг.}$ в илистой фракции почвы СОК происходила в основном за счет вторичных минералов, а стабилизация $C_{орг.}$ в илистой фракции ВОК почвы происходила в результате ассоциации преимущественно первичных минералов с низкомолекулярными органическими соединениями из растительных остатков – углеводами, лигнином, фенолами. Вследствие этого почва СОК находилась в более стабильном состоянии.

УДК 631.46

УСТОЙЧИВОСТЬ ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА В РАЗЛИЧНЫХ ГИДРОТЕРМИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ

Брянская И.П., Брыкова Р.А., Васенев В.И.
Российский университет дружбы народов, Москва
E-mail: inna.bryanskaya@bk.ru

Урбанизация – одна из ключевых тенденций изменения современного землепользования. Городские почвы являются ключевым компонентом урбоэкосистем. Экологические функции городских почв оказывают принципиальное влияние на состояние окружающей среды, здоровье и благосостояние человека. Москва – крупнейший мегаполис России. Создание и развитие городской зеленой инфраструктуры – основное направление для обеспечения комфортных условий жизни в городе. Устойчивость органического вещества в создаваемых на их основе почвенных конструкциях остается мало изученной, в то время как практика городского озеленения нуждается в стандартах почвенных конструкций, обеспечивающих устойчивое функционирование экосистем, в том числе и при меняющихся гидротермических условиях.

Проанализирована устойчивость органического вещества в искусственных субстратах различного происхождения, используемых для строительства городских почв, в зависимости от гидротермических условий. Для оценки устойчивости органического вещества компонентов почвенных конструкций, отличающихся по характеру субстрата, в контрастных гидротермических условиях были выбраны образцы четырех различных субстратов. Образцы почвы инкубировали в течение 24 ч при различной температуре: 10, 22, 30 и 40 °С.

В качестве дополнительных условий рассматривалась обеспеченность влагой (недостаточная, оптимальная, избыточная). Затем определялась микробиологическая эмиссия CO_2 на газовом хроматографе. По результатам в интервале температур от 22 до 30 °C наблюдалось увеличение эмиссии CO_2 с увеличением влажности образцов, при 40 °C – уменьшение продукции CO_2 при увеличении влажности до полной влагоемкости. Таким образом, максимальная продукция CO_2 для всех субстратов наблюдалась при температурах выше 30 °C.

УДК 631.417.2

ТРАНСФОРМАЦИЯ ВЫСОКОМОЛЕКУЛЯРНЫХ ОРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ ТОРФЯНИКОВ АРКТИКИ В УСЛОВИЯХ МЕНЯЮЩЕГОСЯ КЛИМАТА

Василевич Р.С., Вежов К.С., Лодыгин Е.Д.
Институт биологии ФИЦ Коми НЦ УрО РАН, Сыктывкар
E-mail: vasilevich.r.s@ib.komisc.ru

Исследование гуминовых кислот (ГК) мерзлотных торфяников представляет исключительный интерес для реконструкции климатических параметров окружающей среды, оценки стабилизации почвенного органического вещества. Работа посвящена изучению закономерностей профильного изменения молекулярно-массового распределения ГК мерзлотных бугристых торфяников арктического сектора России и выявлению взаимосвязи с молекулярным строением ГК.

В качестве объектов исследования послужили сухоторфяные мерзлотные почвы бугров, почвы оголенных торфяных пятен и олиготрофные остаточно-низинные почвы мочажин, расположенные в зональном ряду от крайнесеверной тайги до северной тундры европейской Арктики России. Было диагностировано наличие в составе ГК трех фракций с широким спектром молекулярных масс от 1.1 до 468 кДа. Это позволяет рассматривать ГК как динамическую полидисперсную систему, включающую как макромолекулярные, так и олигомерные и низкомолекулярные компоненты. Соотношение молекулярно-весовых фракций и полидисперстность ГК обусловлены их генезисом и условиями формирования. Высокомолекулярная фракция ГК состоит в основном из разветвленных алифатических цепочек с преобладанием парафиновых и поли-(олиго)сахаридных фрагментов, а в низкомолекулярной фракции ГК в большей степени находятся ароматические структуры, среднемолекулярная фракция ГК – имеет промежуточный состав.

Полученные данные позволяют судить об основных направлениях трансформации торфяных ГК в различных экологических условиях их формирования. В процессе гумификации органического материала торфа происходит трансформация высокомолекулярных структур ГК до структур с меньшими молекулярными массами, что отражается в уменьшении среднечисловых молекулярных масс от 39.2 до 6.2 кДа. Основное направление трансформации ГК арктических бугристых торфяников приводит к увеличению доли углерода разветвленных и короткоцепочечных парафиновых структур с их последующей циклизацией и ароматизацией. Результаты этого процесса наиболее выражены в слоях, сформированных в период климатического оптимума голоцена. Климатические условия определяли специфику состава прекурсоров ГК, разложение которых привело к увеличению индекса полидисперсности молекулярных ансамблей ГК. Современные торфяные отложения, образованные в период среднего и позднего голоцена преимущественно из растительных остатков бриофитов, содержат ГК, имеющие длинноцепочечные углеводные и парафиновые структуры в своем составе. Данные структуры увеличивают динамические радиусы молекул ГК, что приводит к высоким значениям их среднечисловых молекулярных масс.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 18-05-60195 (№ ЦИТиС АААА-А18-118062090029-0) и госбюджетной темы № АААА-А17-117122290011-5.

УДК 631.417.7:550.43

УГЛЕВОДОРОДНОЕ СОСТОЯНИЕ ПОЧВ ЗОН АКТИВНЫХ ТЕКТОНИЧЕСКИХ РАЗЛОМОВ БАЙКАЛЬСКОГО РИФТА

Вишнякова О.В.¹, Убугунова В.И.¹, Убугунов В.Л.¹, Хитров Н.Б.²

¹ Институт общей и экспериментальной биологии СО РАН, Улан-Удэ

E-mail: ok_vish@mail.ru;

² Почвенный институт им. В.В. Докучаева, Москва

E-mail: khitrovn@gmail.com

Межгорные впадины Байкальской рифтовой системы, сложенные мощными чехлами осадочных отложений, характеризуются выраженными проявлениями современной активной флюидоразгрузки. При реализации проектов «Байкал-бурение», спуске глубоководных аппаратов «Мир» удалось обнаружить в оз. Байкал формирование многочисленных гидратоносных структур, нефте- и газопроявлений. В сухоходольных впадинах Байкальской рифтовой зоны процессы рифтогенеза в большинстве случаев выражены в виде разгрузки

гидротермальных вод. Одним из таких объектов является Улюнханская впадина с многочисленными проявлениями разгрузки азотных термальных слабоминерализованных щелочных вод (северо-западная часть Баргузинской котловины, Западное Забайкалье). Она расположена в месте пересечения глубинного Баргузинского и Дыренского разломов. Восходящие растворы глубинных термальных вод выражены в многочисленных грифонах. Влияние эндогенеза на формирование почв отмечается на площади около 50 км². Это проявляется в засолении почв, накоплении ряда элементов (S, Na, Ba, P, Sr, W), наличии импрегнированных темных вязких, пластичных, тягучих во влажном состоянии и очень плотных в сухом состоянии слоев.

Целью настоящего исследования явилось первичное изучение некоторых параметров углеводородного состояния данных почв, в которых эндогенный фактор определяет условия педогенеза. Объектами исследования стали почвы, формирующиеся в зоне активной разгрузки гидротермальных флюидов. Образцы отбирались из двух почвенных разрезов, расположенных на сопряженных элементах рельефа: разрез РФ-1-4 (псаммозем гумусовый) заложен в центре диапирового вала, разрез РФ-1-5 (слоисто-импрегнированная почва) – на высохшем понижении южного берега болота, лишенном растительности (пустоши). Пробы почв были проанализированы на общее содержание углеводородов (УВ), количество и состав полиароматических углеводородных соединений (ПАУ) в Испытательном центре факультета почвоведения МГУ им. М.В. Ломоносова. Экстракция УВ осуществлялась n-гексаном, концентрацию УВ и качественный состав ПАУ определяли с помощью газовой хроматографии. Предварительные результаты исследования показывают, что общее содержание УВ в почвах изменяется от 15 до 115 мг/кг. Максимальные значения этого показателя отмечены в верхнем горизонте (W) псаммозема гумусового и в нижних слоях слоисто-импрегнированной почвы. Минимальные показатели ПАУ отмечаются на глубине 0-41 см в слоисто-импрегнированной почве. Концентрации ПАУ варьируют от 0.01 до 0.5 мг/кг. Характер внутривертикального распределения их в изученных почвах однотипный: максимальное содержание отмечается в верхнем гумусовом слое почвы, с глубиной убывает и в нижних слоях незначительно повышается. Самых легких 2-ядерных УВ в составе идентифицированных ПАУ не обнаружено. Во всех изученных пробах присутствует 3-ядерный гомолог нафталина – фенантрен. 4-ядерный пирен встречается во всех горизонтах слоисто-импрегнированной почвы (0.002-0.061 мг/кг) и в нижнем слое (40-85 см) псаммозема (0.001). В слоисто-импрегнированной почве в гумусово-слаборазвитом импрегнированном горизонте представлен широкий спектр ПАУ, включая тяжелые, состоящие из 4-6 колец, такие как флюорантен, бензфлюорантен, дибензантрацен и бензипе-

рилен, а также канцерогенный бензапирен, концентрация которого достигает 3 ПДК для почв.

Изучение углеводородного состояния почв, формирующихся в зонах геодинамической активности Байкальского рифта, показало, что аккумуляция полиаренов в них отмечается, как правило, в импрегнированных горизонтах, имеющих высокую концентрацию легкорастворимых солей и S, Na, Ba, P, Sr, W. Эти слои представляют собой своеобразные каналы восходящей эндогенной миграции УВ и минерализованных вод.

Исследования выполнены при финансовой поддержке гранта РФФИ № 18-04-00454А.

УДК 631.417

СТРУКТУРА И ТРАНСФОРМАЦИЯ ЛЕГКОМИНЕРАЛИЗУЕМОГО ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА В АГРОЧЕРНОЗЕМАХ КРАСНОЯРСКОЙ ЛЕСОСТЕПИ

Власенко О.А.

Красноярский государственный аграрный университет, Красноярск
E-mail: ovlasenko07@mail.ru

Почвенное органическое вещество характеризуется множеством функций и сложной неоднородной структурой. Часть гумусовых веществ прочно связана с почвенной матрицей, химически не защищена и легкодоступна для разложения, представлена неразложившимися растительными и животными остатками, микробной биомассой, а также соединениями углерода, экстрагируемыми водой, солями и слабыми щелочами. Это так называемое легкоминерализуемое органическое вещество (ЛМОВ). Исследования многих авторов убеждают, что в составе ЛМОВ как водорастворимое, так и щелочерастворимое органическое вещество в совокупности образуют подвижный пул органических веществ (ПОВ), выполняющих структурообразующую функцию и функцию высокоэнергетического источника пищи для гетеротрофных микроорганизмов, поддерживая биологическую активность почвы, процессы минерализации и гумификации.

Исследования проводились в Красноярской лесостепи на комплексе агрочерноземов глинисто-иллювиальных и криогенно-мицеллярных тяжелосуглинистых в зернопаровом, зернотравяном, зернопаропропашном севообороте и в агроценозах многолетних кормовых трав. В общей структуре органического вещества агрочерноземов наибольшую долю имели стабильные формы углерода гумуса (стабильный гумус) – 61-82%, ЛМОВ – 18-39%. В составе

ЛМОВ доля ЛОВ (лабильное органическое вещество, представленное мелкими растительными остатками, фракция <0.5 мм) была 3-12%, доля водорастворимого органического вещества – 1-2%, щелочерастворимого – 14-35%. Тип новообразованного гумуса менялся от гуматного (зерновые, зернобобовые, подсолнечник, многолетние бобовые кормовые травы) до гуматно-фульватного (кукуруза, картофель, суданская трава), сила влияния возделываемой культуры на тип гумуса составила от 37 до 51%. Структура гумусовых веществ менялась также в зависимости от слоя почвы, в верхнем 20-сантиметровом слое в составе ЛМОВ присутствовало ЛОВ в доле 6-7%, в слое 20-40 см его доля снижалась в два раза. Динамика ЛОВ отражает интенсивность поступления и разложения растительных остатков в почву и тесно связана с условиями увлажнения и температурой. Связь интенсивности разложения ЛОВ с влажностью почвы выражена сильнее, чем с температурой, коэффициент корреляции был 0.62 и 0.50 соответственно. Поступление ЛОВ в агрочерноземы в разных звеньях севооборотов менялось от 0.82 до 5.98, разложение ЛОВ составило от 0.63 до 5.81 тС·га⁻¹·год⁻¹. В целом, в цикле ротации севооборотов и в агроценозах многолетних трав баланс ЛОВ сохранялся положительным (0.17-0.19 тС·га⁻¹·год⁻¹) при условии возврата всех пожнивных остатков в почву. При разложении ЛОВ агрочерноземов минерализуется в среднем 87%, а гумифицируется 13% углерода. При увеличении доли ЛОВ в структуре органического вещества агрочерноземов происходит заметное увеличение доли ПОВ и сокращение доли стабильного гумуса, следовательно, ЛОВ в первую очередь переходит в ПОВ. Дальнейшая трансформация ПОВ в зернопаровом севообороте сопровождается минерализацией на 89%, в зернопаропропашном и зернотравяном севообороте – на 73%, в агроценозе многолетних кормовых трав – на 63% в среднем за шесть лет исследований. Существенного снижения или накопления стабильного гумуса в агрочерноземах зернопарового, зернотравяного и зернопропашного севооборота за годы исследований не произошло (запасы стабильного гумуса были 51.9-58.4 тС·га⁻¹, пространственное варьирование 28-32%), таким образом, закрепленная в стабильном гумусе часть ПОВ подвергается минерализации. В агроценозах многолетних кормовых трав за счет увеличения запасов ЛОВ и ПОВ произошло существенное увеличение запасов углерода стабильного гумуса – в среднем на 0.32 тС·га⁻¹·год⁻¹. Анализ структуры органического вещества и процессов его трансформации в агрочерноземах показал, что соблюдение технологии полного возврата пожнивных остатков в почву и внедрение многолетних кормовых трав в структуру севооборотов позволяет избежать потери углерода стабильной части гумуса и поддерживать устойчивое функционирование агроценозов лесостепи.

УДК 631.423.4

НЕСПЕЦИФИЧЕСКИЕ ОРГАНИЧЕСКИЕ СОЕДИНЕНИЯ В МЕРЗЛОТНЫХ БУГРИСТЫХ ТОРФЯНИКАХ

Габов Д.Н., Яковлева Е.В., Василевич Р.С.
Институт биологии ФИЦ Коми НЦ УрО РАН, Сыктывкар
E-mail: gabov@ib.komisc.ru

Цель работы – изучение закономерностей количественного и качественного состава неспецифических органических соединений (полициклических ароматических углеводородов (ПАУ), н-алканов, фенола), их профильное распределение в бугристых торфяниках европейского северо-востока России, оценка особенностей аккумуляции и трансформации в зоне криогенеза, поиск соединений-маркеров для индикации растительных сообществ-торфообразователей и изменения климата в высоких широтах.

Районы исследования расположены в Большеземельской тундре: в экотонной зоне на границе южной тундры и лесотундры (бассейн р. Усы, РК) и в экотоне северной и южной тундр (водораздел рек Падимей-Ты-Вис и Коротайха, НАО) на территории распространения массивно-островной и сплошной многолетней мерзлоты.

Определение содержания ПАУ, н-алканов и фенола проводили в ЦКП «Хроматография» Института биологии ФИЦ Коми НЦ УрО РАН методами ГХ и ВЭЖХ. Для извлечения неспецифических органических соединений из почв использовали Dionex™ ASE™ 350 Accelerated Solvent Extractor (Thermo Scientific™, США), применяя трехкратную экстракцию смесью дихлорметан:ацетон (1:1) при температуре 100 °С и давлении 1650 psi.

В наибольшем количестве в изученных торфяниках представлены бенз[ghi]перилен, нафталин, пирен, флуорен, фенантрен, бенз[b]-флуорантен и бенз[a]пирен. В торфяниках экотона северная тундра–южная тундра, характеризующихся более холодным температурным режимом и другим ботаническим составом, чем торфяники экотона южная тундра–лесотундра, полиарены накапливаются менее интенсивно – массовая доля полиаренов ниже в несколько раз. В сезонно-талых слоях суммарное содержание ПАУ характеризуется низкими концентрациями для исследованных почв. На границе мерзлоты в сезонно-оттаивающих и мерзлотных горизонтах бугристых торфяников и в сезонно-талом слое (СТС) болотной верховой почвы происходит значительный прирост высококонденсированных 5-6-ядерных полиаренов, в частности, бенз[ghi]перилена. Дополнительными маркерами в болотных почвах и торфяниках экотона северная тундра–южная тундра возможно являются «легкие» нафталин и пирен и «тяжелый»

бенз[а]пирен. Увеличением массовой доли ПАУ характеризуются также торфяные мерзлотные горизонты.

Н-алканы представлены гомологическим рядом, начиная с C18 и заканчивая C31, с заметным преобладанием длинноцепочечных гомологов (>C21) с нечетным числом атомов углерода. В торфяниках экотопа северная тундра–южная тундра, характеризующихся более холодным температурным режимом и другим ботаническим составом, чем торфяники лесотундры, н-алканы накапливаются в несколько раз меньше. В СТС суммарное содержание н-алканов характеризуется низкими концентрациями с тенденцией увеличения ее вниз по профилю для сухоторфяной мерзлотной почвы бугров и более равномерным распределением в почвах оголенных мерзлотных пятен. В избыточно увлажненных болотных почвах мочажин массовая доля н-алканов в СТС на порядок меньше, чем в торфяниках. В мерзлотных горизонтах исследуемых бугристо-мочажинных комплексов происходят как уменьшение, так и увеличение содержания н-алканов, а также изменения соотношений между компонентами C21, C23, C25, C27, C29, C31 в углеводородном составе почв.

Исследованы особенности вертикального распределения водорастворимого фенола – максимальные количества фенола в почвах бугристых торфяников содержатся в глубоких слоях многолетней мерзлоты и могут маркировать стадии торфонакопления в условиях избыточного увлажнения, при этом связаны с определенными группами растительных остатков, как правило, мхов (*Sphagnum*). Во времена климатических оптимумов в результате увеличения в ботаническом составе древесных и травянистых видов и повышенной аэрации торфяной толщи происходит трансформация образующихся фенолов, их массовая доля значительно уменьшается. В сезонно-оттаивающих горизонтах фенол также более подвержен деградации. Однако в болотной верховой почве мочажин максимальное накопление фенола диагностировано в СТС вследствие их максимальной обводненности.

Таким образом, оттаивание мерзлотных горизонтов торфяников сопровождается взаимной трансформацией законсервированных растительных остатков, гумусовых веществ, неспецифических органических соединений и их накоплением в торфяной толще. Прослеживаются зависимости между ПАУ, н-алканами, фенолом и ботаническим составом торфа, что дает возможность применять соотношения ПАУ в качестве маркеров остатков растительности в органическом веществе почв в разные периоды голоцена и использовать их в качестве индикатора отклика многолетней мерзлоты на климатические изменения в высоких широтах.

Работа выполнена в рамках темы НИР отдела почвоведения ИБ ФИЦ Коми НЦ УрО РАН (AAAAA17-117122290011-5) и гранта РФФИ № 18-05-60195.

УДК 631.445.53 (571.14)

ПОСТАГРОГЕННАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ ГУМУСА В ПОЧВАХ СОЛОНЦОВЫХ КОМПЛЕКСОВ БАРАБЫ

Галеева Л.П.

Новосибирский государственный аграрный университет, Новосибирск

E-mail: liub.galeeva@yandex.ru

Солонцы и их комплексы на территории Западной Сибири занимают 6.2 млн. га, или 40% всех солонцовых почв России. В 1980-1990-е гг. в Новосибирской области на таких почвах располагалось 50-80% площадей сельскохозяйственных угодий. За счет применения минеральных удобрений на них в те годы получали стабильно высокие урожаи зерновых и кормовых культур. Отсутствие в последние 10-летия государственного финансирования на проведение мелиоративных работ, применение минеральных удобрений и других мероприятий на почвах солонцовых комплексов привело к уменьшению их площадей в пашне и увеличению за счет этого так называемых «залежных» земель. В настоящее время в условиях дефицита или полного отсутствия применения минеральных удобрений в пашне такие земли целесообразно вновь вводить в пашню. Известно, что переход пахотных почв в залежь оказывает положительное влияние на их гумусовое состояние. На солонцы и комплексы почв с солонцами более 10% на территории, где выполнены исследования (ОАО Кабинетное Чулымского района Новосибирской области), приходится 36%, из них 58% вовлечены в сельскохозяйственные угодья. В период 1981-1995 гг. почвы комплекса использовали в пашне поля севооборота пар-пшеница-овес-овес с применением минеральных удобрений, а с 1996 по 2015 г. (20 лет) они находятся в естественной залежи. Варианты опыта: 1) Контроль. 2) N30. 3) N90. 4) P40. 5) P120. 6) N30P40. 7) N90P120. 8) N90P120K30. Почвенный покров поля – черноземно-луговые и лугово-черноземные солонцеватые почвы в комплексе с солонцами черноземно-луговыми корковыми, мелкими, средними и глубокими малонатриевыми. Преобладание мелких и средних солонцов на первой повторности опытного поля и глубоких солонцов в комплексе с лугово-черноземной почвой на третьей обуславливало разную мощность их гумусового слоя (29 и 37 см) и существенные различия в содержании гумуса. В среднем по полю в слоях 0-20 и 20-40 см оно составляло 7.39 и 5.24% соответственно. Минеральные удобрения, систематически вносимые в течение четырех ротаций севооборота, усиливали минерализацию органического вещества и достоверно уменьшали содержание гумуса только в вариантах N90 и N90P120K30. Через 10 лет залужения пашни (1996-2005 гг.) степень

покрытия опытного поля травянистой растительностью составляла 70-100%. В вариантах P120 и контроль в составе трав преобладали злаковые разновидности (70%), в N30P40 и N90P120K30 появлялись еще и бобовые (50%), а в вариантах N30, N90, P40 и N90P120 – разнотравье (17-25%). Урожайность зеленой массы и сена трав в связи с высокой комплексностью почвенного покрова опытного поля и разным ботаническим составом трав варьировала по вариантам в пределах 24-50 и 10-20 ц/га соответственно. При этом в слое 0-20 см контроля и варианта P120 отмечено незначительное накопление гумуса, в N90P120 отмечена его стабилизация, а в остальных вариантах его содержание было меньше исходного уровня (1981 г.). В 20-летней залежи (2015 г.) поверхность поля была полностью покрыта сплошным войлоком мощностью 10-18 см. Из растительности преобладали злаковые разновидности с небольшой примесью разнотравья. Содержание гумуса в слое 0-20 см достигало исходного уровня (1981 г.) только в вариантах N90P120 и P120. В слое 20-40 см его количество в среднем по полю превышало исходное на 0.6-1.8%.

УДК 631.8

АДАПТОГЕННАЯ РОЛЬ ГУМИНОВОГО ПРЕПАРАТА РОСТОК

Грехова И.В.

Государственный аграрный университет Северного Зауралья, Тюмень
E-mail: grehova-rostok@mail.ru

В течение вегетации сельскохозяйственные культуры испытывают воздействие неблагоприятных факторов (стрессоров), которые снижают их продуктивность. По существующей классификации все факторы можно разделить на три группы: абиотические – климатические (свет, тепло, воздух, влага); почвенно-грунтовые (эдафические) – состав и свойства почвы; топографические – условия рельефа; биотические – сорняки, вредители, болезни; антропогенные – сельскохозяйственные (пестициды, междурядные обработки, избыток удобрений); промышленные (газовые выбросы, загрязнения, вырубка лесов и т.д.).

На растения одновременно могут оказывать действие несколько стрессоров. При стрессе ферментами блокируются гормоны роста и развития растений. Растения переходят в состояние покоя, наблюдается задержка в их развитии. Снять блокировку гормонов можно применением гуминового препарата Росток. Он способствует восстановлению нормального хода обмена веществ и деления клеток. В опытах применение препарата увеличивало ауксиновую активность на 44%, гиббереллиновую – на 125%. Применяют Росток обычно в

баковой смеси с пестицидами и удобрениями при предпосевной обработке семян и некорневых обработках посевов. Он повышает энергию прорастания, всхожесть, число продуктивных стеблей, урожайность и качество продукции, стимулирует развитие корневой системы и репродуктивных органов, увеличивает озерненность и массу 1000 семян, ускоряет прохождение фенологических фаз, снижает заболеваемость растений и содержание нитратов в продукции.

Препарат Росток – патентная разработка сотрудников кафедры общей химии, его уже 20 лет производит МИП университета ООО «НПЦ «Эврика». За эти годы проведено много испытаний препарата на разных культурах во многих регионах России.

При действии различных стрессоров препарат повышал адаптацию растений. Обработка фунгицидом в фазу колошения в опыте Р.И. Белкиной, А.А. Савченко снизила урожайность яровой пшеницы на 1 ц/га (действие химического стресса), а препарат Росток повысил на 8 ц/га (помог растениям преодолеть химический стресс). В опыте кафедры земледелия в СПК «Турай» прибавка урожайности яровой пшеницы значительная (21 ц/га) из-за негативных факторов: весенняя основная обработка и применение глифосата, отрицательное действие которых на пшеницу Росток устранил.

Добавление препарата Росток в баковую смесь (Лонтрел 300 + Секатор + Мастер 18.18.18+3 + аммиачная селитра) при гербицидной обработке посевов яровой пшеницы в фазу кущения снизило негативное действие завышенной дозы удобрений – прибавка 7 ц/га.

В засушливых условиях при двукратном применении препарата Росток (добавление в протравитель и гербицид) урожайность яровой пшеницы в Курганской области повысилась на 7 ц/га, в Тюменской области урожайность ячменя – на 9 ц/га, овса – на 11 ц/га. Препарат повышал засухоустойчивость растений.

После высева при недостатке влаги в почве снижается всхожесть семян. При проверке посевных качеств лабораторная всхожесть протравленных семян яровой пшеницы была 92%, при обработке семян смесью протравитель + Росток – 94%. Полевая всхожесть семян, обработанных одним протравителем, составила 62%, а при добавлении препарата Росток в протравитель – 81%. Препарат Росток в баковой смеси с протравителем в лабораторных условиях повысил всхожесть семян только на 3%, а в полевых условиях – уже на 19%.

В овощном хозяйстве Тюменской области на вторые сутки после высадки рассады в грунт капусту повредил заморозок. Провели некорневую обработку Ростком для снятия повреждающего действия низких температур – прибавка урожайности 27%.

Приведенные результаты опытов наглядно показали, что гуминовый препарат Росток высокоэффективен в качестве антидота для защиты сельскохозяйственных культур от повреждающего действия неблагоприятных факторов.

УДК 631.417

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ СОДЕРЖАНИЯ НЕКОТОРЫХ БЕНЗОЛКАРБОНОВЫХ КИСЛОТ В РИЗОСФЕРЕ КЛЕНА И ЕЛИ ПАЛЕВО-ПОДЗОЛИСТОЙ ПОЧВЫ

Данилин И.В.

Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Москва
E-mail: danilin.i@mail.ru

Специфические по отношению к вмещающей почве свойства ризосферы формируются за счет деятельности корней и ризосферных микроорганизмов; одним из механизмов такого влияния является взаимодействие минеральных компонентов ризосферы с низкомолекулярными органическими кислотами (НМОК). Источниками НМОК в ризосфере могут являться экссудаты растений и микроорганизмов, а также деструкция органического вещества. НМОК в ризосфере способствуют мобилизации фосфора и калия, уменьшают токсический эффект алюминия и тяжелых металлов, играют важную роль в формировании сообществ микроорганизмов и участвуют в некоторых процессах почвообразования. Вышеизложенное объясняет актуальность изучения состава НМОК в ризосфере; данная работа посвящена исследованию состава бензолкарбоновых кислот (БКК), так как сведения по их содержанию в ризосфере разных пород деревьев весьма ограничены.

Объектами данного исследования являлись образцы горизонта АЕ-Loa палево-подзолистой почвы, отобранные в пятикратной повторности из ризосферы клена остролистного (*Acer platanoides* L.), ели обыкновенной (*Picea abies* (L.) Karst) и соответствующего внеризосферного пространства. Разрезы были заложены на территории Центрально-лесного заповедника (Нелидовский район, Тверская область).

Выделение бензолкарбоновых кислот из водных вытяжек было проведено методом твердофазной экстракции с последующим анализом методом обращенно-фазовой высокоэффективной жидкостной хроматографии на хроматографе Agilent 1100. Общая химическая характеристика изучаемых образцов почвы проводилась общепринятыми методами.

Установлено, что ризосфера и клена, и ели содержит достоверно больше углерода органического вещества ($C_{орг.}$) и обменных катионов по сравнению с вмещающей почвой. Вместе с тем выявлены и достоверные отличия между ризосферами двух пород деревьев. По сравнению с ризосферой ели, ризосфера клена содержит меньше обменных оснований (в сумме). Ризосфера ели характеризуется повышенной обменной кислотностью ($H_{обм.}$), меньшими величинами рН водной

(pH_{H_2O}) и солевой (pH_{KCl}) суспензий по сравнению с вмещающей почвой; в ризосфере клена наблюдается незначительное увеличение pH_{H_2O} и pH_{KCl} , а также достоверное уменьшение $N_{обм.}$ по сравнению с вмещающей почвой.

В анализируемых экстрактах из ризосферы клена и вмещающей почвы удалось однозначно идентифицировать и определить содержание бензойной, 4-гидроксibenзойной, ванилиновой кислот и ванилина. В ризосфере клена по сравнению с вмещающей почвой содержится достоверно больше бензойной (7.31 и 2.86 ppm соответственно, здесь и далее – среднее арифметическое по пяти повторностям) и 4-гидроксibenзойной кислот (0.32 и 0.19 ppm соответственно), а также достоверно меньше ванилина (0.36 и 3.37 ppm соответственно) и ванилиновой кислоты (0.11 и 0.24 ppm соответственно).

Ванилин и ванилиновая кислота являются типичными продуктами деструкции лигнина. Используемое в литературе соотношение ванилиновая кислота:ванилин составило для ризосферы клена в среднем 0.35, а для вмещающей почвы – 0.11, что может свидетельствовать о большей интенсивности поступления и деструкции органического вещества в ризосфере по сравнению с вмещающей почвой.

Сравнительный анализ содержания БКК в ризосфере клена и ели было возможным провести в отношении 4-гидроксibenзойной и бензойной кислот. Ризосфера клена отличается от ризосферы ели достоверно большим содержанием бензойной кислоты (7.31 и 3.35 ppm соответственно) на фоне значительных отличий в ее содержании во вмещающей почве (2.86 ppm в кленовой парцелле и 1.06 ppm в еловом лесу). Достоверных различий в содержании 4-гидроксibenзойной кислоты не обнаружено.

Происхождение бензойной и 4-гидроксibenзойной кислот в ризосфере, согласно литературным данным, может быть связано как с экссудацией корнями растений, так и с выделением микроорганизмами вторичных метаболитов, что объясняет большее содержание этих кислот в ризосфере по сравнению с вмещающей почвой. Различия между ризосферами клена и ели могут быть объяснены видовой спецификой растительных и микробных сообществ.

УДК 631.87

РАЗЛОЖЕНИЕ РАСТИТЕЛЬНЫХ ОСТАТКОВ И СТЕРНИ В ЧЕРНОЗЕМЕ ОБЫКНОВЕННОМ ПОД ПОСЕВАМИ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ ПРИ ПРИМЕНЕНИИ ГУМИНОВОГО ПРЕПАРАТА

Дубинина М.Н., Лыхман В.А.

Федеральный Ростовский аграрный НЦ, пос. Рассвет

E-mail: dubinina-marina@rambler.ru

В процессе возделывания полевых сельскохозяйственных культур возникает ряд проблем, решение которых требует от аграриев использования технических и материальных ресурсов. Система современного земледелия позволяет сводить экономические затраты к минимуму, при этом сохраняя, а иногда и повышая экологичность производственных процессов. Одной из таких проблем является очистка полей от пожнивных остатков и соломы, остающихся на полях после уборки урожая. Солома – ценнейший источник питания для урожая следующего года, она на 35-40% состоит из органического углерода, содержит 0.5% азота, 0.5% фосфора и порядка 2.5% калия, а также различные микроэлементы.

Полное разложение соломы и пожнивных остатков в почве может занять довольно длительное время, которым сельхозпроизводители, как правило, не обладают. Поэтому применяется ряд технологических приемов, позволяющих увеличить скорость разложения растительных остатков. Крайне важны микроорганизмы, разлагающие солому, так как продуктами своей жизнедеятельности они улучшают структуру почвы. Один из приемов – это дискование с заделыванием соломы в почву. При этом активизируется деятельность целлюлозоразрушающих микроорганизмов, происходит потребление свободного почвенного азота, что требует дополнительного внесения азотных удобрений во избежание возникновения дефицита азотного питания при последующем возделывании сельскохозяйственных культур. Внесение гуминовых препаратов может оказаться эффективной мерой для снижения дозы минеральных азотных удобрений при условии существенного уменьшения количества растительных остатков на полях.

Эксперимент проводился в условиях полевого стационара ФГБНУ «ДЗНИИЭСХ», обработка пожнивных остатков проводилась непосредственно после уборки озимой пшеницы путем опрыскивания гуминовым препаратом ВЮ-Дон в дозировке 2 л/га, в эксперименте также был использован модифицированный гуминовый препарат с добавлением культуры *Clostridium*. В качестве контрольных вариантов рассматривались почва без внесения препарата и почва с внесением аммофоса в количестве 100 кг/га. Динамические изменения

фиксируются в весенний период перед посевом яровой пшеницы.

Внесение азотных удобрений оказало влияние на скорость разложения пожнивных остатков: их количество в пахотном слое по сравнению с контролем без удобрений снизилось в 1.35-1.4 раза. Таким образом, жизнедеятельность собственно почвенной микрофлоры активизируется под действием азотистых веществ.

Применение гуминового препарата усилило действие азотных удобрений, в очередной раз подтверждая положительное влияние внесения гуматов на развитие микробиологических сообществ в почве. Дополнительное введение в гуминовый препарат культуры *Clostridium* привело к снижению количества растительных остатков в 1.2 раза по сравнению с применением немодифицированного препарата.

В контрольных вариантах без применения гуминового препарата наблюдается сезонное изменение количества гумуса в пахотном слое, а именно закономерное его снижение вследствие процессов окисления в условиях низких температур и повышенной влажности. Применение гуминового препарата ВЮ-Дон оказало влияние и на содержание органического вещества в пахотном слое: если к началу сева яровой пшеницы количество гумуса в контрольных вариантах снизилось на 0.08-0.15%, то уровень органического вещества в вариантах, обработанных гуминовым препаратом, сохранился практически постоянным и оказался максимальным из всех вариантов, что весьма важно для формирования будущего урожая.

Таким образом, гуминовые препараты оказываются весьма эффективным средством для увеличения скорости разложения соломы, тем самым значительно ускоряются процессы включения растительного органического вещества в естественный его круговорот.

УДК 631.41

РОЛЬ СВОБОДНОРАДИКАЛЬНЫХ РЕАКЦИЙ В СТАБИЛИЗАЦИИ АРОМАТИЧЕСКОГО УГЛЕРОДА НА МИНЕРАЛЬНЫХ ФАЗАХ ПОЧВ

Заварзина А.Г.¹, Демин В.В.¹, Ермолин М.С.², Лисов А.В.^{1,3}, Федотов П.С.²

¹Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Москва
E-mail: zavarzina@mail.ru;

²Институт геохимии и аналитической химии им. В.И. Вернадского РАН, Москва
E-mail: mihail.ermolin@gmail.com;

³Пушкинский НЦ биологических исследований РАН, Пушкино
E-mail: alex-lisov@rambler.ru

Органо-минеральные взаимодействия и гумификация, включающая свободнорадикальные реакции конденсации, являются важными механизмами стабилизации ароматического углерода в почвах. Однако, возможность конденсационных процессов при почвенных

концентрациях веществ и уровнях активности ферментов подвергается в настоящее время сомнению.

Целью данной работы было установить роль свободнорадикальных реакций в адсорбционной стабилизации фенольных соединений в динамических условиях при почвенных концентрациях веществ.

Проведены реакции по сорбции/десорбции смеси фенольных кислот на каолините, модифицированном гидроксидом алюминия, в присутствии и отсутствии лакказы в условиях проточной микроколоники при скоростях потока 0.1 и 0.5 мл/мин и при концентрациях кислот 0.01 мМ. Контролем служили системы без фермента и с инактивированным ферментом. Десорбцию проводили 5 и 50 мМ ацетатным буфером и 50 мМ буфером в присутствии 0.1 мМ щавелевой кислоты. Фенольные кислоты анализировали методом ВЭЖХ с обращенной фазой. Остаточное количество кислот экстрагировали 0.1 М HCl и анализировали на колонке TSK-2000SW с целью определения молекулярных масс веществ. Также проведены реакции фенольных кислот с лакказой в статических условиях с минералом и без для установления влияния минерала на скорость трансформации фенольных кислот.

Установлено, что сорбция галловой и протокатеховой кислот на порядок превышала сорбцию п-гидроксibenзойной, ванилиновой, сиреневой и феруловой кислот как на чистом минерале, так и минерале с инактивированной лакказой. На сорбцию фенольных соединений на минералах в присутствие активной лакказы влияла скорость окисления соединений лакказой и время взаимодействия лакказы с субстратом, зависящее от скорости потока. Так, при скорости потока 0.5 мл/мин различий в сорбции кислот минералом без лакказы или с лакказой не было. При скорости 0.1 мл/мин и при минимальном количестве кислот (0.02 мкмоль) сорбция феруловой и сиреневой кислот возрастала одинаково (в два раза) на минерале с активной и неактивной лакказой по сравнению с чистым каолинитом, т.е. белок сам по себе способствует сорбции некоторых кислот при их очень низких концентрациях. Однако, с ростом количества феруловой и сиреневой кислот, пропущенных через минерал, наблюдали значительное увеличение сорбции этих кислот в варианте с активным ферментом (в 3-15 раз). Установлено, что феруловая, сиреневая и галловая кислоты наиболее быстро окисляются лакказой, тогда как ванилиновая и п-гидроксibenзойная в условиях эксперимента не окисляются. Эффективность окисления значительно (в два раза и более) увеличилась в присутствии минерала по сравнению с гомогенной системой. Таким образом, увеличение сорбции галловой, сиреневой и феруловой кислот в присутствии лакказы было связано с их окислительной трансформацией. Десорбция этих кислот с минерала в вариантах с активной лакказой значительно снижалась, что может быть связано с процессами полимеризации и ко-полимеризации. Анализ продуктов

реакции, десорбированных с минерала, показал, что в условиях прочной системы полимерные продукты окислительной трансформации не образуются. С большой долей вероятности можно говорить об образовании димеров. Таким образом, установлено, что присутствие лакказы способствует связыванию с минеральной матрицей кислот, наиболее активно окисляемых ферментом. Наличие минеральной фазы в несколько раз увеличивает эффективность трансформации этих кислот. Гетерогенные окислительные реакции при участии лакказы способствуют секвестрации ароматического углерода в почвах.

УДК 631.453; 631.15

ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ И СОСТАВА РАСТИТЕЛЬНЫХ ОСТАТКОВ НА МИНЕРАЛИЗАЦИЮ РАСТВОРЕННЫХ ОРГАНИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ ЛЕСНЫХ ПОДСТИЛОК

Золовкина Д.Ф., Караванова Е.И., Степанов А.А., Одинцов П.Е.

Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Москва
E-mail: karavanovaei@mail.ru

По прогнозам экспертов по изменению климата повышение средней приземной температуры к концу XXI в. может составить до 7.8 °С. Такие изменения на значительной части территории России (северные гумидные районы) будут сопровождаться увеличением количества осадков, что вместе с потеплением может заметно ускорить продукцию и разложение растительного опада, вынос водорастворимых органических веществ (ВОВ) из почв. Поэтому исследование процессов формирования и сохранения ВОВ в почве, их устойчивости, состава, факторов, контролирующих продукцию и свойства, актуальны.

Целью работы являлось изучение влияния состава растительных остатков, являющихся источником ВОВ, и температуры среды на показатели их устойчивости к минерализации. Объектами исследования были ВОВ, экстрагированные в водные вытяжки из лесных подстилок, отобранных в Тверской (ЦЛГБПЗ) и Владимирской (Киржачский район) областях и представленных хвойно-лиственным опадом (ель и береза в разном соотношении), хвойным опадом (сосна) и остатками сфагновых мхов. Исследовалась динамика минерализации ВОВ в растворах при помощи автоматического анализатора Oxitop OS 110 (WTW, Германия). Разложение ВОВ (исключая начальную лаг-фазу) описывали уравнением двойной экспоненты, рассчитывали доли стабильной и лабильной фракций, константы скоростей их минерализации и время жизни. Было установлено, что за 1.5 месяца инкубации при 20 °С минерализуется от 33 до 58% углерода ВОВ из елово-березовой и сосновой подстилок соответственно. Все ВОВ в этих условиях характеризуются периодом полуразложения менее

года, но различаются по устойчивости стабильных фракций: вещества из сфагновой и преимущественно хвойных подстилок в 1.7-2.6 раза более устойчивы, время их существования в растворе при 20 °С достигает 5-8 месяцев, вещества из елово-березовой подстилки разлагаются за три месяца.

Изменение температуры от 11 до 25 °С не влияло на долю углерода ВОВ, подверженного минерализации, однако заметно увеличивало (коэффициент Вант-Гоффа $Q_{10} = 1.7$) скорость разложения веществ лабильной фракции, составляющих 56-76% от всего минерализуемого пула растворенного углерода. Также выявлено существенное влияние температуры среды на время существования в растворе веществ стабильной фракции: при 11 °С оно увеличивается по сравнению с условиями разложения при 25 °С в два раза, составляя в среднем 1.5 года. Искусственное продление периода биотрансформации материала подстилок путем их дополнительного инкубирования вне зависимости от его температуры приводит к возрастанию устойчивости формируемых в них ВОВ: при дальнейшем разложении таких веществ в растворах доля подверженного минерализации углерода снижается в 2.4-1.4 раза по сравнению с веществами из нативных подстилок; среди минерализуемых соединений доля стабильной фракции возрастает до 90% и более. Однако при этом вещества, образованные в подстилках, подвергнутых дополнительному разложению (инкубированных), становятся чувствительными к температурам. При увеличении температуры растворов, в которых находятся такие ВОВ, с 11 до 25 °С доля минерализованного углерода возрастает более чем в 1.5 раза (с 18 до 31%), а средняя скорость минерализации – почти в три раза по сравнению с низкотемпературными условиями (11 °С), при этом минерализации подвергаются и вещества стабильной фракции. Таким образом, в случае потепления климата минерализация будет угрожать и устойчивой фракции углерода ВОВ.

УДК 631.46

ТРАНСФОРМАЦИЯ ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА СЕРЫХ ЛЕСНЫХ ПОЧВ ЛЕСОСТЕПНОЙ ЗОНЫ ПРИБАЙКАЛЬЯ ПРИ ПЕРЕВОДЕ ИХ В ЗАЛЕЖЬ

**Зорина С.Ю., Соколова Л.Г., Дорофеев Н.В., Белоусова Е.Н.,
Казановский С.Г.**

Сибирский институт физиологии и биохимии растений СО РАН, Иркутск
E-mail: zorina@sifibr.irk.ru

Оценка состояния органического вещества залежных земель и процессов его трансформации с учетом специфики природно-климатических условий исследуемого региона, исходных почвенных

свойств и возраста залежи представляет интерес в рамках понимания механизмов секвестрации почвенного углерода.

В качестве объекта исследования были выбраны залежи разного возраста (4 и 15 лет), расположенные в лесостепной зоне Иркутской области (Заларинский район, 53°33' с.ш.; 102°35' в.д.) – молодая залежь возраста четырех лет, характеризующаяся разнотравьем, и залежь 15-летнего возраста с возобновлением сосны обыкновенной на фоне луговой растительности. Старопахотный участок пашни и сосновый вейниково-осоково-разнотравный лес (>100 лет) служили двухсторонним контролем. Выбор участков для исследований обусловлен особенностями протекания постагрогенных процессов в лесостепной зоне Прибайкалья, в основном направленных в сторону залесения. На пахотном участке на протяжении последних 30 лет в интенсивном зернопаровом севообороте возделывалась яровая пшеница.

При переводе пахотных почв в залежь отмечалось накопление углерода в бывшем пахотном слое 0-20 см, что связано с большим поступлением свежего органического материала в виде луговой или лесной растительности и отсутствием ее отчуждения с урожаем. Так, содержание органического углерода ($C_{орг.}$) возросло от 2.35% на пашне до 3.31% на 15-летней залежи. Максимальным накоплением углерода (3.91%) отличалась почва под лесом. Соответственно изменялись и запасы углерода в исследуемом ряду с 5170 до 8993 г/м². Подобная закономерность отмечалась и для содержания общего азота. При этом обогащенность азотом органического вещества залежей разного возраста была низкой, а пашни и леса – очень низкой, что может быть связано с различиями качественного состава органического материала, поступающего в почву.

Процессы трансформации органического вещества, включая разложение, минерализацию и гумификацию растительных остатков, при выведении пахотных почв из сельскохозяйственного оборота оказали влияние на качественный состав гумуса. В исследуемом ряду отмечалась тенденция возрастания степени гумификации, которая в вариантах 15-летней залежи и почве под лесом достигала очень высокого уровня.

Накопление органического углерода в исследуемом ряду серых лесных почв вызвало заметное усиление дыхательной активности. Величина базального дыхания постепенно увеличивалась от 7.8 и 11.6 мг С/кг сут на пашне и молодой залежи до 28.8 мг С/кг сут на 15-летней залежи и достигала максимального значения в лесном ценозе (48 мг С/кг сут). Содержание углерода, иммобилизованного в микробной биомассе ($C_{мик.}$) в слое почвы 0-20 см было минимальным на пашне и молодой залежи (1.66 и 0.98 г С/кг почвы). С повышением возраста залежи содержание $C_{мик.}$ увеличивалось до 2.49 г С/кг почвы и оказалось близким для почвы леса (2.37 мг С/100 г почвы). Доля

микробной биомассы в общем количестве органического углерода $C_{\text{мик.}}:C_{\text{орг.}}$ была довольно высокой для почв данного ряда и варьировала в пределах 4.6-7.75%. Однако закономерных изменений данной величины в зависимости от возраста залежи выявить не удалось. В целом наблюдаемое усиление биологической активности исследуемых почв хорошо согласуется с возрастанием в них содержания и запасов углерода.

Исследование выполняется при финансовой поддержке РФФИ и Правительства Иркутской области в рамках научного проекта № 20-416-380004 p_a.

УДК 631.417.2

НАЦИОНАЛЬНЫЙ МОНИТОРИНГ ОРГАНИЧЕСКОГО УГЛЕРОДА В ПОЧВАХ РОССИИ: ПРОБЛЕМЫ, РЕШЕНИЯ И ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

**Когут Б.М.¹, Семенов В.М.², Артемьева З.С.¹, Данченко Н.Н.¹,
Кириллова Н.П.³, Фрид А.С.¹**

¹ Почвенный институт им. В.В. Докучаева, Москва
E-mail: kogutb@mail.ru

² Институт физико-химических и биологических проблем почвоведения РАН,
Пушино

E-mail: v.m.semenov@mail.ru

³ Московский государственный университет им.М.В. Ломоносова, Москва
E-mail: npkirillova@yandex.ru

Представлена 40-летняя сводка данных литературы по мониторингу содержания и запасов органического углерода в почвах земель сельскохозяйственного назначения. Охарактеризованы основные составляющие (аналитическое обеспечение, пространственно-временная динамика) наземного мониторинга содержания органического углерода в почвах, приведены примеры его практического использования в длительных полевых опытах. Впервые сформулированы дефиниции понятий «секвестрация» и «депонирование» органического углерода почвами на количественном уровне, учитывающие период полного оборота аккумулярованного органического вещества и его распределение по почвенному профилю. Предложено новое определение термина «гумус» как стабильной части почвенного органического вещества, уточнены сходства и различия понятий «гумусообразование», «гумусонакопление» и «почвенная секвестрация органического углерода». Рассматриваются основные механизмы стабилизации органического вещества в почве, обеспечивающие его защищенность от разложения и сохранность. Критически анализируются оценки запасов органиче-

ского вещества в почвах России, приведенные в научной литературе в 90-е гг. XX в. и в начале XXI в. На базе новой классификации почв России по степени их гумусированности, основанной на значениях минимального содержания гумуса, оценены возможности и пределы реальной секвестрации органического углерода почвами различной выпаханности и эродированности. Предложены расчетные, эмпирический и экспериментальный способы, в том числе и авторские, определения значений минимального содержания гумуса для разных почвенных таксонов. Разработана долгосрочная программа перспективных исследований по уточнению запасов органического углерода в почвах России и созданию базы данных в соответствии с требованиями современных международных проектов, связанных с глобальным изменением климата. Отмечено, что существующие оценки и прогнозы глобальных изменений климата были выполнены на базе данных по валовому содержанию и запасам органического углерода в почвах. Однако, для оценки изменений климата, измеряемых первыми сотнями (100-200) лет, такая информация не вполне пригодна. Прогнозные периоды изменения климата, обусловленные ростом концентрации парниковых газов в атмосфере, должны быть соизмеримы со сроками оборачиваемости конкретного пула органического вещества почв – потенциального источника парниковых газов. В качестве такого пула рекомендовано считать трансформируемое почвенное органическое вещество, определяемое аналитическими и расчетными способами с использованием результатов, полученных в длительных полевых опытах. Краткосрочные оценки эмиссионного потенциала почв по результатам полевых измерений эмиссии C-CO₂ должны быть дополнены определением запасов биологически активного (потенциально-минерализуемого) органического вещества. Подчеркивается, что задачи секвестрации и депонирования органического углерода в почвах сельскохозяйственного назначения предусматривают разные агроботехнологические решения, однако все они должны обеспечивать воспроизводство почвенного плодородия и формирование экологически оптимальной биопродуктивности при сохранении сельскохозяйственного предназначения угодий.

УДК 631.436

**ФОРМИРОВАНИЕ ПУЛА ДОСТУПНОГО АЗОТА
В КОРНЕОБИТАЕМОЙ СРЕДЕ
НА ОСНОВЕ ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ ПОЧВЫ
В УСЛОВИЯХ ИНТЕНСИВНОЙ СВЕТОКУЛЬТУРЫ**

**Конончук П.Ю., Гурова Т.А., Клепиков А.А., Крякова Е.О., Хомяков Ю.В.,
Вертебный В.Е.**

Агрофизический НИИ, Санкт-Петербург
E-mail: himlabafi@yandex.ru

В настоящее время для получения круглогодичного урожая овощных культур применяется технология интенсивной светокультуры. Наиболее распространенными источниками освещения в светокультуре являются светильники ДНаТ (максимум излучения около 590 нм). Достоинством данного источника излучения является высокий уровень световой отдачи, негативным качеством – высокая теплоотдача. Повышение температуры влияет как на выращиваемые растения, так и на субстрат, в котором они растут. Зачастую в регулируемых условиях проводят испытания различных удобрений, стимуляторов роста и т.д. В данных опытах в виде субстрата используют минеральную почву с целью моделирования условий естественного произрастания растений. Тепловое излучение, исходящее от ламп ДНаТ, приводит к более быстрому прогреву почвы, ее иссушению с поверхности, что может оказать влияние на процессы трансформации органического вещества и минеральных компонентов почвы.

Целью работы является оценка формирования пула доступного азота в корнеобитаемой среде на основе дерново-подзолистой почвы, необходимого для роста и развития растения на ранних этапах вегетации, в условиях интенсивной светокультуры. Опыт был заложен в вегетационных сосудах высотой 20 см и диаметром 15 см. В эксперименте контролировались параметры влажности и температуры в слоях 0-5, 5-10 и 10-15 см от поверхности почвы. Отбор проб для определения минеральных форм соединений азота проводили в тех же слоях на вторые и третьи сутки после включения ламп. После закладки сосудов в светоустановку с использованием ламп ДНаТ-400 наблюдался довольно резкий прогрев почвы в вегетационных сосудах. В слое 0-5 см за 20 ч почва прогрелась до температуры 25 °С, в слое 10-15 см температура почвы достигла 25 °С за 24 ч. На вторые сутки после закладки опыта температура с глубиной менялась незначительно, в верхней части она составила 25.5 °С, а на глубине 15 см – 24.7 °С. Исходная влажность почвы опыта составила 18.5%. На вторые сутки после постановки опыта наблюдалось снижение влажности почвы в

слое 0-5 см до 14.1%, 5-10 см – до 15.4%, 10-15 см – до 15.6%. На третьи сутки во всех слоях сосуда температура почвы поднялась на 1 °С, при этом влажность 0-5 см достигла 12.6%, 5-10 см – 13.4%, 10-20 см – 13.6%. Сложившиеся гидротермические условия привели к активизации процесса аммонификации в почве. Содержание обменного аммония в почве на вторые сутки составило в слое 0-5 см 43.4 мг/кг, 5-10 см – 42.7 мг/кг, 10-15 см – 44.1 мг/кг. На третьи сутки содержание аммонийного азота достигло в слое 0-5 см 46.5 мг/кг, 5-10 см – 45.8 мг/кг, 10-15 см – 46.1 мг/кг. Стоит отметить низкую активность процесса нитрификации в почве опыта. Содержание нитратного азота на вторые сутки колебалось от 0.605 до 0.925 мг/кг, на третьи – от 0.779 до 0.865 мг/кг. Таким образом, в опыте показано, что происходит довольно равномерный прогрев вегетационных сосудов после закладки опытов в светоустановку. Значительное иссушение происходит лишь в поверхностном 0-2-сантиметровом слое. При этом наблюдается довольно равномерное распределение влаги по всему вегетационному сосуду. Данные гидротермические условия способствуют активизации процессов аммонификации почвы и ингибированию процессов нитрификации. За 24 ч содержание аммонийного азота выросло в среднем на 6.3%.

УДК 631.4 (470.314)

ВЛИЯНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ НА БАЛАНС ОРГАНИЧЕСКОГО УГЛЕРОДА В УСЛОВИЯХ ПОЧВЕННОЙ НЕОДНОРОДНОСТИ ВЛАДИМИРСКОГО ОПОЛЬЯ

Корчагин А.А.^{1,2}, Петросян Р.Д.²

¹ Владимирский государственный университет им. Александра Григорьевича
и Николая Григорьевича Столетовых, Владимир

E-mail: korchaginaa60@mail.ru

² Верхневолжский федеральный аграрный НЦ, пос. Новый

E-mail: adm@vnish.elcom.ru

Среди основных подходов сбережения или увеличения запасов углерода в почвах на пахотных землях называют минимизацию обработок почвы, внесение органического вещества, применение корректирующих севооборотов с включением многолетних бобовых трав и сокращением периодов паров, объединение различных культур на одной и той же территории, а также агролесомелиорацию или строительство живых изгородей и лесных буферов в сельскохозяйственных ландшафтах.

Приведены результаты исследований баланса органического углерода и урожайности многолетних трав первого и второго года

пользования и овса в вариантах без удобрений и с применением удобрений на фоне четырех систем обработки почвы: вспашки, энергосберегающей, комбинированной и противоэрозионной.

Одним из ресурсов сбережения и накопления органического углерода является применение ресурсосберегающих безотвальных приемов обработки почвы: энергосберегающей и противоэрозионной – 2.03-2.09% на глубине 10 см и 0.53-0.80% на глубине 40 см. По вспашке соответственно 1.68 и 0.52%. Баланс органического углерода, формирующийся под различными культурами севооборота, является одним из факторов регулирования содержания органического углерода в пахотных почвах. Возделывание многолетних трав первого и второго года пользования в севообороте обеспечивает положительный баланс углерода (0.63-1.83 т/га). Возделывание овса приводит к отрицательному балансу углерода (от –0.30 до –0.52 т/га). Применение минеральных удобрений нивелирует различия между почвенными разностями по балансу углерода и урожайности многолетних трав второго года пользования и овса.

Почвенные разности различны между собой по морфологическим, водно-физическим, тепловым и другим свойствам и режимам, что определяет различия в балансе углерода и «пестроту» в формировании урожайности сельскохозяйственных культур.

Более высокие показатели по содержанию углерода (1.55%) получены на серой лесной среднеподзоленной почве со вторым гумусовым горизонтом, самые низкие (1.14%) – на серой лесной почве. Пестрота почвенного покрова вызывает различия в балансе углерода. Более высокие показатели (0.97 т/га) получены на серой лесной среднеподзоленной почве со вторым гумусовым горизонтом, меньшие (0.63 т/га) – на серой лесной почве.

УДК 631.417

ВАРЬИРОВАНИЕ СОДЕРЖАНИЯ И СОСТАВА ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА ПОЧВ В ГЕОПРОФИЛЕ ГОРНОГО ХРЕБТА ГРЁНФЬОРД, ШПИЦБЕРГЕН

Литвинова Т.И., Кашулина Г.М., Коробейникова Н.М.

Полярно-альпийский ботанический сад-институт Кольского НЦ РАН, Апатиты
E-mail: lita_0409@mail.ru

Благодаря влиянию теплого атлантического течения, а также теплых и влажных воздушных потоков из Атлантики юго-западное побережье о-ва Западный Шпицберген характеризуется относительно мягким и влажным климатом и формированием сомкнутого кустарничково-мохового растительного покрова, под которым формируются достаточно развитые арктические серогумусовые почвы. Данная

статья основана на результатах изучения профильного распределения содержания и состава органического вещества пяти почвенных разрезов, расположенных на разных высотах по геопрофилю в окрестностях пос. Баренцбург. Разрезы были заложены в 2016 г. на абсолютных отметках 92 (пологий солифлюкционный склон, разрез 92), 141 (вторая морская терраса, сухое место, разрез 141), 148 (вторая морская терраса, увлажненное место, разрез 148), 252 (вершина горного хребта, р. 252) и 244 (противоположный крутой склон, разрез 244) м над ур.м. Растительность представлена лишайниково-мохово-ивковым сообществом с различным участием травянистых растений. На самых высоких отметках геопрофиля (разрезы 252 и 244) растительность фрагментарна. Морфологическое строение профиля почв на разных элементах ландшафта характеризуется одинаковым набором генетических горизонтов: O-A_Уao-A_УaoC-C. Почва была диагностирована как арктотундровая серогумусовая грубогумусная.

Спецификой исследованных почв является относительно низкое содержание органического вещества в органогенном горизонте (O), что обусловлено высокой долей минеральных частиц как в растениях, так и в почве вследствие эолового привноса. Наиболее низкие концентрации $C_{\text{орг}}$ в горизонте O, как показали данные, свойственны разрезам на самых высоких позициях ландшафта (разрезы 244 и 252) – 21.3 и 23% соответственно, где распределение растительности фрагментарно. Наиболее высокие концентрации $C_{\text{орг}}$ (27%) свойственны разрезам, расположенным в средней части геопрофиля, на второй морской террасе – разрезы 141 и 148.

Наиболее высокие концентрации $C_{\text{орг}}$ в минеральной части профиля свойственны верхнему грубогумусному серогумусовому горизонту A_Уao, где сосредоточена основная масса корней растений. Наиболее низкая концентрация $C_{\text{орг}}$ (2%) в этом горизонте была отмечена в почве, расположенной на гребне хребта (разрез 252), наиболее высокая (2.9%) – в почве в средней части геопрофиля (разрез 141). Вниз по профилю содержание органического вещества в обследованных разрезах постепенно снижается, но гумусированность профиля (1-2% $C_{\text{орг}}$) отмечается до дна разрезов.

Исследуемые почвы слабо обеспечены азотом: диапазон его содержания в верхнем слое горизонта O колеблется в пределах от 0.54 (разрез 244, противоположный склон катены) до 1.12% (разрез 141 – средняя часть геопрофиля); в верхнем горизонте A_Уao минеральной части профиля – от 0.08 (разрез 244) до 0.24% (разрез 252), на верхних точках геопрофиля. Соотношение C:N в исследуемых почвах довольно широкое, особенно в верхнем горизонте O, что может быть связано с низким содержанием азота в растениях тундровых фитоценозов. Соотношение C:N достаточно сильно варьирует в пределах профиля почв, что вероятно связано со сменой гранулометрического состава в пределах профиля большинства почв.

В составе гумуса верхнего органогенного горизонта (O) отмечено преобладание фульвокислот, тип гумуса – гуматно-фульватный. В верхнем минеральном горизонте АУао наоборот, отмечается преобладание гуминовых кислот, тип гумуса – фульватно-гуматный и гуматный. Исследования не выявили наличия прямой зависимости содержания и состава органического вещества в почвах от абсолютной отметки.

УДК 631.417.8

КОМПЛЕКСООБРАЗОВАНИЕ ИОНОВ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ С ГУМИНОВЫМИ КИСЛОТАМИ ТОРФЯНИКОВ

Лодыгин Е.Д.¹, Алексеев И.И.², Василевич Р.С.¹

¹ Институт биологии ФИЦ Коми НЦ УрО РАН, Сыктывкар

E-mail: lodigin@ib.komisc.ru

² Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург

Гуминовые кислоты (ГК) имеют множество значительных экологических и геохимических функций в почвах, донных отложениях и водных средах. Их взаимодействие с ионами токсичных тяжелых металлов влияет на их транспорт и биодоступность. Настоящее исследование предполагает, что связывание ионов тяжелых металлов с ГК потенциально может помочь в разработке стратегий восстановления загрязненных металлами почв и грунтовых вод.

Цель исследований заключалась в изучении сорбционных свойств препаратов ГК из торфяных почв на основе определения величин кинетических и термодинамических параметров процессов сорбции ионов свинца и кадмия.

На основании модельного эксперимента выявлена связывающая способность ГК сухоторфяной мерзлотной почвы бугров к ионам свинца и кадмия. Показано, что кинетика процесса адсорбции ионов металлов суспендированными препаратами ГК лучше описывается моделью Boyd-Adamson-Muysers, что свидетельствует о внутридиффузионном лимитировании процесса сорбции. Рассчитаны термодинамические характеристики (предельная удельная адсорбция, константа сорбционного равновесия, изменение энергии Гиббса, изменение энтропии и тепловой эффект сорбции) процесса адсорбции выбранных ионов тяжелых металлов. Установлено, что предельная удельная адсорбция ионов Pb^{2+} почти на порядок выше, чем ионов Cd^{2+} и составляет 0.16-0.29 ммоль/л и 0.0078-0.034 ммоль/дм³ соответственно. Величины изменения энтальпии сорбции 48.4 кДж/моль для ионов Cd^{2+} и 22.6 кДж/моль для ионов Pb^{2+} говорят об эндотермическом характере адсорбции на твердых частицах ГК. Большое

количество тепла расходуется на разрушение гидратной оболочки ионов металлов, что подтверждается положительными значениями изменения энтропии сорбции. Показано, что лимитирующей стадией адсорбции для ионов Pb^{2+} является стадия диффузии ионов к сорбенту, а непосредственно хемосорбция протекает достаточно быстро. Значения $\Delta S > -10$ Дж/(моль·К) свидетельствуют о диссоциативном механизме адсорбции для обоих металлов, т.е. неадсорбированные ионы в растворе находятся в более упорядоченном состоянии, чем после адсорбции. Отрицательные значения изменения энергии Гиббса для ионов Cd^{2+} и Pb^{2+} свидетельствует, что процесс взаимодействия ионов Cd^{2+} и Pb^{2+} препаратами ГК торфяных почв является самопроизвольным процессом со сложным механизмом, включающим в себя процессы комплексообразования и ионного обмена.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 18-05-60195 (№ ЦИТиС АААА-А18-118062090029-0) и госбюджетной темы № АААА-А17-117122290011-5.

УДК 631.41

ПРОЦЕССЫ БИОЛОГИЧЕСКОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА КРУПНЫХ ДРЕВЕСНЫХ ОСТАТКОВ

Максимович С.В.^{1,2}, Фарходов Ю.Р.^{1,2}, Иванова А.Е.², Евдокимов И.В.³

¹ Почвенный институт им. В.В. Докучаева, Москва

² Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Москва

³ Институт физико-химических и биологических проблем почвоведения РАН, Пущино

Традиционно источником органического вещества в лесных почвах принято считать растительный опад, подвергающийся быстрой трансформации, и меньше внимания уделяется трансформации органического вещества крупных древесных остатков. Преобразование растительных остатков состоит из взаимосвязанных процессов разложения и гумификации, скорость которых определяется деятельностью микроорганизмов. При деструкции опада и крупных древесных остатков (КДО) обеспечивается накопление и поддержание запасов органических веществ и соединений минерального питания растений в лесных почвах, формируется один из основных потоков углерода в атмосферу.

Целью нашего исследования было оценить изменение активности процессов циклов С и N, химического состава, а также оценить роль разных групп микроорганизмов в разложении растительных остатков *Picea abies* и *Betula pendula* как широко распространенных древесных пород в лесных экосистемах зоны средней тайги.

Объектом исследований были измельченные образцы КДО ели обыкновенной и березы повислой, причем были представлены все пять стадий разложения. В образцах определяли базальное и субстрат-индуцированное дыхание (с хроматографическим окончанием), характеризующее общую микробную биомассу; актуальную и потенциальную азотфиксацию; актуальную денитрификацию. Были определены спектры интенсивности потребления субстратов с использованием метода мультисубстратного тестирования (МСТ). Кроме того, оценивали молекулярный состав КДО методом двухстадийного пиролиза с хроматографическим окончанием. Оценивалась активность гидролитических ферментов, а также изменения таксономического разнообразия грибного сообщества в процессе разложения крупных древесных остатков.

По результатам МСТ был проведен кластерный анализ, показавший сходство I и II стадий разложения КДО для обеих древесных пород. III стадия выделялась отдельно, что свидетельствует о значимых изменениях в ней микробной сукцессии, IV и V стадии также были сходны, за исключением некоторых образцов ели, которые показали большее сходство с почвенными, чем с остальными образцами КДО.

Зависимость эмиссии CO_2 из КДО от стадии разложения показала принципиальные отличия разных пород: в образцах ели выявлены максимальные скорости дыхания для микробного сообщества на III (для актуального) и IV (для субстрат-индуцированного) стадиях разложения древесины ели, что, возможно, было связано с накоплением промежуточных продуктов разложения целлюлозы и с развитием ряда быстрорастущих грибов, в том числе целлюлозолитических грибов из рода *Trichoderma*. В образцах КДО березы скорости дыхания нарастали вплоть до V стадии разложения, при этом несмотря на заведомо завышенные дозы внесения глюкозы (100 мкг/г) различия между актуальным и субстрат-индуцированным дыханием не наблюдались.

Таким образом, изучение активности микробных сообществ при деструкции КДО ели обыкновенной и березы повислой показало значимые различия в интенсивности процессов углеродного и азотного цикла между стадиями разложения КДО, причем наблюдалась ярко выраженная видоспецифичность КДО и зависимость от сдвигов в структуре сообществ грибов-деструкторов.

УДК 631.41

ВЛИЯНИЕ КАЧЕСТВА РАСТИТЕЛЬНЫХ ОСТАТКОВ НА ФОРМИРОВАНИЕ ОРГАНО-МИНЕРАЛЬНЫХ СОЕДИНЕНИЙ

Мальцева А.Н., Пинский Д.Л.

Институт физико-химических и биологических проблем почвоведения РАН,
Пушино
E-mail: ansmalc@mail.ru

Влияние биохимического качества поступающего растительного материала в почву на стабилизацию органического вещества (ОВ) неоднозначно. Существует мнение, что абиотические факторы окружающей среды в большей степени влияют на процессы стабилизации ОВ, а не молекулярная структура или элементный состав растительных остатков (РО). Однако качество РО может являться важным фактором контроля среднего времени пребывания почвенного ОВ (ПОВ). Одним из перспективных методов исследования особенностей трансформации и стабилизации ПОВ является денсиметрическое фракционирование. Фракционирование ПОВ по плотности, в отличие от химических экстракций, позволяет выделить фракции органических и органо-минеральных веществ в наиболее неповрежденной форме, оценить их связь с определенными группами минералов и, таким образом, лучше понять механизмы взаимодействия органических и минеральных компонентов почвы.

Целью исследования является изучение процессов стабилизации ОВ, образующихся при разложении растительных остатков контрастных по биохимическому составу, минеральными компонентами суглинка методом последовательного денсиметрического фракционирования. В ходе эксперимента подготовлены органо-минеральные субстраты, представляющие собой смеси бескарбонатного покровного суглинка с надземной частью (листья и стебли) кукурузы (С/Н 62) или клевера (С/Н 12) в соотношении 1:10 (по массе). Субстраты инокулировали микроорганизмами и инкубировали в течение 6 мес. при постоянной температуре (20 °С) и влажности (60% полной влагоемкости органо-минеральных смесей). С помощью водных растворов поливольфрамата натрия $\text{Na}_6\text{O}_{39}\text{W}_{12}\times\text{H}_2\text{O}$ проинкубированные субстраты разделены на три денсиметрические фракции: легкая фракция с плотностью $<1.4 \text{ г/см}^3$ (ЛФ-1), легкая фракция с плотностью $1.4\text{--}2.2 \text{ г/см}^3$ (ЛФ-2) и тяжелая фракция с плотностью $>2.2 \text{ г/см}^3$ (ТФ). Метод позволил отделить не полностью разложившиеся РО от ОВ, связанного с минералами. Органо-минеральные соединения входят в состав фракций ЛФ-2 и ТФ.

Показано, что минералогический состав выделенных фракций, также как биохимический состав РО, оказывает влияние на содер-

жание, элементный и структурно-функциональный состав и вклад каждой фракции в общий углеродный пул. Определены размеры пулов ОВ свободного и связанного с минеральными частицами при трансформации надземной биомассы РО в суглинке. В состав органо-минеральных соединений входит 32-64% от общего содержания углерода в зависимости от вида разлагающегося материала. При равных прочих условиях биodeградация РО клевера и кукурузы приводит к формированию легких фракций, контрастных по содержанию и составу. Установлено, что продукты разложения высококачественного растительного материала (РО клевера) более активно включаются в состав органо-минеральных соединений. Таким образом, легко-разлагаемые органические компоненты, как правило, считающиеся компонентами лабильного пула, могут стабилизироваться, образуя органо-минеральные комплексы, которые физически и химически защищают их от микробного разложения.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 19-29-05265.

УДК 631.423.4

ЛАБИЛЬНОЕ ОРГАНИЧЕСКОЕ ВЕЩЕСТВО ПОЧВЫ

Мамонтов В.Г.

РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева, Москва

E-mail: mamontov1954@inbox.ru

В широко используемой номенклатурной схеме органического вещества почвы, разработанной Д.С. Орловым, выделяются остатки, не утратившие анатомического строения, и гумус. В составе гумуса различают неспецифические органические соединения, промежуточные продукты распада и гумификации и специфические гуминовые вещества, подразделяющиеся на прогуминовые вещества, гумин и гумусовые кислоты (гуминовые кислоты, гиматомелановые кислоты, фульвокислоты), которые представляют собой наиболее специфическую часть гумуса почвы. Эта номенклатурная схема хорошо зарекомендовала себя при проведении генетических почвенных исследований и сравнительной характеристике органического вещества почв разных типов. Разработанная на ее основе система показателей гумусового состояния почв позволяет получить много ценной информации об особенностях органической части почв. Однако в исследованиях почвенно-экологической и агрономической направленности эта схема оказалась малоприменимой, поскольку не позволяет охарактеризовать экологические функции и оценить агрономическую ценность гумуса или отдельных его компонентов.

В связи с этим было высказано мнение о необходимости разделения органического вещества почвы на две группы: лабильных и консервативных (инертных) органических веществ.

Группа консервативных органических веществ включает гуминовые и гиматомелановые кислоты, их органо-минеральные соединения, гумин, частично лигнин и его производные, т.е. соединения, отличающиеся известной устойчивостью к минерализации и сохраняющиеся в почвах в вековых циклах. Они обуславливают фундаментальные свойства почв: окраску, емкость обмена, характер структуры, буферность и др.

Лабильное органическое вещество почвы состоит из двух групп компонентов, существенно различающихся между собой содержанием, составом, свойствами, способами экстрагирования и агроэкологическими функциями. Одна группа представляет собой легко-разлагаемое органическое вещество, вторая – лабильные гумусовые вещества (ЛГВ).

Легкоразлагаемое органическое вещество включает в себя растительный опад, детрит, остатки почвенных животных и микроорганизмов, органические удобрения.

ЛГВ представляют собой комплекс относительно легко трансформируемых соединений, образующихся при разложении и гумификации органических остатков, корневых выделений, продуктов автолиза и метаболизма почвенной биоты. Они включают новообразованные гумусовые кислоты, неспецифические органические соединения, в той или иной мере зрелые гуминовые и фульвокислоты, прочно связанные с минеральной частью почвы. Эти вещества принимают непосредственное участие в динамичных почвенных процессах – участвуют в агрегировании почвенной массы, проявляют физиологическую активность по отношению к корневым системам растений и микроорганизмам, одними из первых подвергаются минерализации и пр. и непосредственно участвуют в формировании эффективного плодородия почвы.

Несмотря на довольно большой круг работ, посвященных лабильному органическому веществу почвы, его состав и свойства до настоящего времени остаются все еще слабо изученными. Чаще всего исследователи ограничиваются определением общего содержания легко-разлагаемых или лабильных гумусовых веществ и значительно реже изучают другие относительно простые показатели: количество в них фосфора, азота, гуминовых и фульвокислот. Между тем исчерпывающее изучение состава и свойств лабильного органического вещества почвы и установление его места в сложной системе органических соединений почвы представляет большой научный и практический интерес.

УДК 631.412

ИЗМЕНЕНИЕ ГИДРОФОБНО-ГИДРОФИЛЬНЫХ СВОЙСТВ ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА ЧЕРНОЗЕМА ПОД ДЕЙСТВИЕМ И ПОСЛЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ

Матвеева Н.В.¹, Милановский Е.В.², Рогова О.Б.¹

¹ Почвенный институт им. В.В. Докучаева, Москва

E-mail: Nataliy_Matveeva@list.ru

² Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Москва

Структура почвы и ее устойчивость являются важным направлением исследований в почвоведении. Особое значение для сохранения структуры имеет соотношение гидрофобных и гидрофильных компонентов почвы, которые влияют на образование межчастичных контактов и типы образующихся структур. Кроме того, гидрофобно-гидрофильные свойства почвы определяют поведение воды в ней, которая обуславливает большинство процессов, происходящих в почве. Таким образом, мониторинг динамики гидрофобно-гидрофильных свойств является важным для сохранения оптимальных условий, особенно при сельскохозяйственном использовании почв.

Исследование проведено на образцах почв из слоя 0-20 см чернозема обыкновенного опытных полей ФГБНУ ВНИИСХ ЦЧП им. В.В. Докучаева Таловского района Воронежской области. Исследуемая почва по классификации 1977 г. чернозем обыкновенный среднегумусный среднемоощный глинистый на покровной карбонатной лессовидной глине; по классификации 2004 г. относится к агрочернозему; *Humic Chernozem* по WRB. Были исследованы два ключевых участка, на которых изучалось действие (одной и двух доз) минеральных удобрений NPK, а также их отмена. Проведены измерения краевого угла смачивания (КУС) твердой фазы почв методом сидячей капли на DSA100 (Krüss, Германия), а также гранулоденсиметрическое фракционирование почв по методу М.Ш. Шаймухаметова с последующим определением содержания С и N как в исходных почвах, так и в выделенных фракциях. Были выделены три фракции, различные по своему составу: илистая фракция с частицами меньше 1 мкм, легкая фракция (ЛФ) с плотностью меньше 2 г/см³ и остаток после выделения первых двух фракций. Из исходных образцов почв, а также фракции ила и ЛФ с применением щелочного раствора пиррофосфата Na приготовлены щелочные экстракты гумусовых веществ (ГВ). Изучение качественного состава органического вещества почв и гранулоденсиметрических фракций было проведено с помощью жидкостной хроматографии гидрофобного взаимодействия (ЖХГВ) по методу, разработанному Е.Ю. Милановским, на хроматографе BIO RAD.

Анализ полученных результатов показывает, что применение минеральных удобрений способствует увеличению гидрофобности поверхности твердой фазы чернозема, о чем свидетельствует увеличение величины КУС. На участке последействия минеральных удобрений происходит выравнивание этой величины. Изменения гидрофобности могут быть связаны как с количеством ОБ в почве, так с его химическим составом. Хроматографическое разделение щелочных экстракций ГВ исходных почв и гранулоденсиметрических фракций позволило оценить изменение гидрофобно-гидрофильных свойств ГВ изучаемых черноземов. Анализируя хроматограммы гранулоденсиметрических фракций, можно говорить о перераспределении гидрофобно-гидрофильных компонентов между ними. Более гидрофобные фрагменты ГВ сосредоточены в ЛФ, более гидрофильные – во фракции ила. При этом применение минеральных удобрений способствует увеличению степени гидрофобности как ЛФ, так и илистой фракции. Кроме того, увеличение содержания гидрофобных компонентов в илистой фракции при применении удобрений более выражено, чем в ЛФ.

Участок последействия минеральных удобрений характеризуется меньшим варьированием описанных выше показателей, что говорит о выравнивании гидрофобно-гидрофильных свойств почв и гранулоденсиметрических фракций при отмене одного из факторов антропогенной нагрузки. Скорость возвращения почв к исходному состоянию характеризует их способность противостоять деградации. Полагаем, что проведение ЖХГВ ГВ почв и гранулоденсиметрических фракций может быть использовано в мониторинге состояния почвенного покрова сельскохозяйственных земель. Стоит отметить, что динамика величины КУС согласуется с изменением фракционного состава ГВ, при этом данный анализ требует меньше затрат образца, времени и ресурсов. Таким образом, КУС может служить интегральным показателем свойств почв и отражать их изменение при антропогенном воздействии.

УДК 631.8

ВЛИЯНИЕ ГУМИНОВОГО ПРЕПАРАТА РОСТОК НА СЕЯНЦЫ ХВОЙНЫХ ПОРОД

Немков П.С., Грехова И.В.

Государственный аграрный университет Северного Зауралья, Тюмень
E-mail: nemkov1987@mail.ru

В лесной промышленности в условиях распространения сплошнорубочных рубок и большого количества пожаров необходимо восстановление хвойных лесов, иначе при этих условиях неизбежными

становятся массивы вторичных лиственных лесов, имеющих меньшую хозяйственную и природоохранную ценность. Лесные питомники – это основные поставщики посадочного материала для лесовосстановления. При выращивании сеянцев одной из задач является повышение посевных качеств семян хозяйственно ценных хвойных пород. В лесных питомниках для выращивания сеянцев нужно затратить много сил и времени, чтобы получить качественный посадочный материал.

В ЗАО «Загрос» Заводоуковского района Тюменской области создан лесной питомник, который функционирует с 2009 г. Потребность ЗАО «Загрос» в посадочном материале хвойных пород составляет 1200 тыс. шт. – это примерно на 250 га ежегодных посадок леса. В связи с таким большим количеством посадок и необходимостью в посадочном материале были разработаны новые технологии обработки семян и посевов для повышения качества и эффективности посадочного материала хвойных пород.

Цель работы – изучение действия гуминового препарата Росток на рост сеянцев сосны обыкновенной и ели сибирской.

В Тюменской области ель сибирская (*Picea obovata*) занимает 346.04 тыс. га, сосна обыкновенная (*Pinus silvestris*) – 1799.43 тыс. га, является основной хвойной лесобразующей породой.

В опыте, заложенном в лесном питомнике ЗАО «Загрос», изучали сроки обработки семян этих хвойных пород (до снегования, после снегования) и две концентрации (0.001 и 0.002%) раствора препарата Росток. Семена замачивали в растворах (KMnO₄, препарат Росток) и закладывали в снежный бурт для снегования на три месяца. После снегования перед посевом провели обработку семян в растворах препарата Росток в течение 3 ч. Семена просушивали, а затем опудривали фунгицидом и высевали.

Все варианты обработок препаратом Росток положительно влияли на развитие сеянцев сосны обыкновенной и ели сибирской.

По действию на длину корня сеянца сосны обыкновенной выделялся вариант с обработкой семян Ростком (концентрация рабочего раствора 0.001%) после снегования и некорневой обработкой сеянцев Ростком (0.001%) – прирост в среднем за три года 7.3 см. Лучший вариант действия на высоту сеянцев: некорневая обработка сеянцев раствором препарата Росток 0.002%-ной концентрации – прирост 8.7 см. Значительно превышала контроль масса сеянцев при обработке семян Ростком (раствор 0.001%) до и после снегования и некорневой обработке сеянцев 0.001- и 0.002%-ной концентрации раствора препарата Росток – прирост 2.3-2.5 г.

Наибольший прирост длины корня сеянцев ели сибирской отмечен при обработке семян 0.001%-ным раствором препарата Росток после снегования и некорневой обработке сеянцев препаратом этой же концентрации – 7.4 см. На прирост высоты в большей степени

повлияла 0.002%-ная концентрация препарата – 7.9 см. На всех вариантах обработка Ростком оказала положительный результат на массу семян ели сибирской по отношению к контролю.

При обработке в течение 3 ч семян сосны обыкновенной препаратом Росток как перед закладкой на снегование, так и перед посевом следует применять раствор 0.002%-ной концентрации. Обработку семян ели сибирской надо проводить препаратом Росток 0.001%-ной концентрации. Рабочий раствор препарата для некорневой обработки семян сосны обыкновенной и ели сибирской можно приготовить двух концентраций: 0.001 и 0.002%.

УДК 631.8; 633.1

К ВОПРОСУ ОБ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ГУМИНОВЫХ ПРЕПАРАТОВ В АГРОТЕХНОЛОГИЯХ ЮГА РОССИИ

Полиенко Е.А., Горовцов А.В., Патрикеев Е.С., Наими О.И.
Федеральный Ростовский аграрный НЦ, пос. Рассвет
E-mail: polienkoe468@gmail.com

Ростовская область является зоной рискованного земледелия и любая агротехнология предполагает защиту возделываемых культур от сорной растительности. За последние пять лет условия увлажнения складывались следующим образом: гидротермический коэффициент за весенне-летний период 2015 г. составил 1.43, 2016 г. – 1.41, 2017 г. – 1.11, 2018 г. – 0.20, 2019 г. – 0.68. В годы с недостаточным количеством осадков почвенная влага является определяющим фактором для формирования урожая, поэтому современное агропромышленное производство невозможно без химических средств защиты. Однако взят курс на внедрение органического земледелия и биологизацию в целях получения экологически безопасной продукции, сохранения и восстановления почвенного плодородия. Гуминовые препараты как биологически активные вещества и стимуляторы роста растений могут быть использованы для решения этих задач.

В производственных условиях в 2015-2019 гг. на стационаре агрохимии и защиты растений проводились полевые эксперименты по изучению эффективности гуминовых соединений в интенсивных технологиях возделывания зерновых и зернобобовых культур. Бакковые смеси с добавлением гумата применяли в системе защиты от сорной растительности и вредителей. В качестве объекта исследования выбран гуминовый препарат, полученный щелочной экстракцией из вермикомпоста.

В опыте с озимой пшеницей изучали адаптивное действие гуминового препарата при различных дозах внесения гербицида. Как правило, среди осенних сорняков доминируют двудольные, и поэтому

для защиты озимых зерновых культур используют класс сульфанил-мочевин, к которому относится Гранстар Про, рекомендуемая доза его на зерновых составляет 15 г/га. На щелочных почвах действующее вещество этого препарата обладает низкой скоростью расщепления и, проникнув в растение, оказывает токсический эффект и угнетение. Использование гуминового препарата позволяет простимулировать растение, тем самым укрепив его иммунитет, и снизить негативный эффект. Как следствие, идет повышение продуктивности на 4.9-10.8 ц/га, при этом затраты на его применение всегда себя окупают.

В опыте с зернобобовыми культурами оценивали эффективность гуминового препарата в различных системах защиты: биологической (Планриз – 0.3 л/т, Геостим – 1.0 л/га), химической (Гезагард – 3.0 л/га, Би-58 Новый – 1.0 л/га), новый ассортимент химической защиты (Синклер – 0.6 л/т, Лазурит – 1.0 кг/га, Оптимо – 0.5 л/т, Амплиго – 0.2 л/га). Бобовые культуры, такие как горох и нут, очень чувствительны к пестицидам. Неправильно разработанная система защиты может привести к полной потери урожая либо от вредителей и болезней, либо от угнетения растения пестицидами. Исследования показали, что сочетание гуминовых препаратов с пестицидами наиболее эффективно. Новые химические препараты ввиду отсутствия резистентности у вредных объектов позволяют дополнительно сохранить до 35% урожая нута и до 45% урожая гороха. Использование гуминового препарата в качестве адаптогена и стимулятора увеличивает эти значения до 45% по нуту и до 57% по гороху. Также отмечено, что этот прием положительно влияет на численность ризосферных микроорганизмов. В частности, на среднем уровне питания в сочетании с химическими средствами защиты численность микроорганизмов возрастает на 143%, с биологически – на 168%, а с пестицидами нового ассортимента из-за отсутствия резистентности – на 49%.

УДК 631.48

МОЛЕКУЛЯРНЫЙ СОСТАВ ГУМИНОВЫХ КИСЛОТ В ПОЧВАХ И КРИОКОНИТЕ ДЕЛЬТЫ РЕКИ ЛЕНЫ МЕТОДОМ ¹³С-ЯМР

Поляков В.И.^{1,2}, Абакумов Е.В.¹

¹ Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург
E-mail: slavon6985@gmail.com

² Арктический и Антарктический НИИ, Санкт-Петербург

В условиях изменения климата Арктика является наиболее уязвимой природной системой, в арктических почвах депонируется до 1672×10^{12} кг почвенного органического углерода, который при пере-

ходе в активный слой из многолетнемерзлых пород может привести к дополнительному притоку парниковых газов в атмосферу за счет микробной трансформации почвенного органического углерода. Почвы дельты р. Лены формируются в условиях сезонного промерзания и ежегодного затапливания. Ежегодный принос питательных элементов рекой и мягкий климат обуславливают высокий уровень микробиологических процессов в почве, что способствует относительно высоким темпам гумификации органического вещества в почве. Почвы дельты р. Лены формируются на островах, сложенных аллювиальными отложениями, и имеют легкий гранулометрический состав, в связи с этим в почвах создаются благоприятные физические условия, почвы имеют высокую аэрацию и водопроницаемость. Высокая аэрация и водопроницаемость препятствуют активному развитию криогенных процессов и накоплению застойной влаги в почве. В активном слое почв дельты р. Лены накапливается существенное количество почвенного органического вещества до 17 кг/м^2 . Деградация многолетнемерзлых пород может привести к необратимым климатическим изменениям за счет поступления органического вещества почв в атмосферу, поэтому исследования молекулярного состава гуминовых кислот (ГК) почв арктического региона современными инструментальными методами могут позволить оценить стабилизацию органического вещества и спрогнозировать их влияние на изменение климата.

Нами были проанализированы гуминовые кислоты, выделенные из почв в различных ландшафтных позициях (вершина, середина и дно алласа, межполигональные трещины, коренной берег дельты реки), погребенных почв и криоконита. Анализ проводился при помощи современного инструментального метода ^{13}C -ЯМР спектроскопии. Согласно полученным данным, во всех исследованных почвах обнаружено относительно высокое содержание ароматических фрагментов в составе ГК (41-47%). При этом наибольшее количество ароматических соединений (47%) зафиксировано в образце из криоконита. Отобранный здесь криоконит имеет схожую по молекулярному составу структуру с криоконитами, проанализированными нами с архипелага Шпицберген (44% ароматических соединений). В образце из криоконита могут накапливаться органические вещества, поступающие сюда при латеральном переносе, таким образом формируя высокомолекулярные гидрофобные соединения. Судя по единообразию полученных спектров ГК из различных ландшафтных позиций дельты реки, мы можем сказать о схожем составе предшественников гумификации. Принято считать, что высокое содержание ароматических фрагментов и карбоксильных групп (не связанных с гетероциклическими соединениями) приводит к стабилизации органического вещества в почве и препятствует микробной трансформации органического вещества. В почвах дельты Лены при конденсации

органических соединений в высокомолекулярные органические молекулы в составе ГК отмечено относительно высокое содержание для Арктической зоны (п-ов Ямал, острова Колгуев, Вайгач, архипелаг Шпицберген) ароматических соединений, замедляющее микробную трансформацию органического вещества почв.

Работа поддержана грантом РФФИ «Оценка регионального вклада почв антарктических островов в глобальный баланс углерода с учетом степени стабилизации и гумификации органического вещества» № 19-54-18003, «Роль микрочастиц органического углерода в деградации ледникового покрова полярных регионов Земли и в формировании почвоподобных тел» № 19-05-50107, «Орнитогенные почвы Антарктики: формирование, география и биогеохимия» № 18-04-00900.

УДК 631.8

ВЛИЯНИЕ ГУМИНОВОГО ПРЕПАРАТА НА ВЕГЕТАТИВНОЕ СОСТОЯНИЕ САЖЕНЦЕВ ПЛОДОВЫХ КУЛЬТУР

Попов А.Е.

Южный федеральный университет, Ростов-на-Дону
E-mail: artp94@yandex.ru

В последние годы современное сельское хозяйство требует развития производственного и научного потенциала отрасли садоводства и питомниководства. Данная отрасль все более ориентирована на рациональное, экологическое землепользование, ввиду чего именно применение гуминосодержащих препаратов во многом удовлетворяет требования данной концепции. Использование этих препаратов дает возможность решить ряд задач, таких как защита от стрессов, оптимизация и усиление вегетативной активности у растений, что особенно ценно, если учесть, что сами гуминовые препараты представляют собой продукт биохимического синтеза.

В ходе научных исследований применялся гуминовый препарат ВЮ-Дон, производимый путем щелочной экстракции из вермикомпоста, он содержит гуминовые кислоты, сумма которых составляет в среднем 2.24 г/л. Обработку проводили на саженцах яблони и груши, почва представлена черноземом обыкновенным остаточно-луговатым. Опыт состоит из трех вариантов: 1) контроль, 2) обработка под корень, 3) обработка по листу и под корень. В ходе эксперимента обработка ВЮ-Доном в концентрации 0.008 г/л (по углероду) проводилась дважды: первая обработка в начале мая, вторая – в начале июня. Через 10 дней после обработки посадок препаратом отбирали образцы почвы и параллельно проводили фенологические наблюдения: измеряли высоту саженцев и диаметр штамба. Третий отбор почвы и измерения габитуса саженцев проводили в августе.

Результаты фенологического исследования саженцев на вариантах с обработкой препаратом ВЮ-Дон показали, что уже по итогам второго отбора выявлена позитивная статистически достоверная динамика в росте саженцев. По окончанию вегетационного сезона можно с уверенностью сделать вывод, что вариант с внесением препарата под корень оказался более предпочтительным. Была получена достоверная разница между контрольным вариантом и вариантом с фоллиарной обработкой листьев и внесением препарата под корень. К окончанию эксперимента разница по высоте между саженцами контрольного ряда и саженцами с обработкой под корень составила 27 см, в то время как вариант с обработкой листьев и корней показал разницу с контрольным вариантом только в 8.5 см. Предположительно, это связано с тем, что согласно схеме опыта два варианта – второй и третий – обрабатывались препаратом в одинаковой дозировке. На варианте лист + корень объем раствора делили поровну между обработками листьев и под корень, соответственно в два раза меньше препарата вносилось под корень. Возможно, что при фоллиарной обработке часть препарата не попадает на листья, и в целом растения третьего варианта получили меньше препарата, чем во втором варианте.

Следует также отметить, что влияние препарата сказалось прежде всего на росте саженцев в высоту, в то же время толщина штамба была практически одинаковой на всех вариантах.

Полученные результаты свидетельствуют о целесообразности применения гуминосодержащих препаратов в садоводстве и питомниководстве как стимуляторов увеличения роста и развития саженцев.

Исследование выполнено при государственной поддержке ведущей научной школы Российской Федерации (НШ-2511.2020.11).

УДК 631.417

ИЗМЕНЕНИЕ КАЧЕСТВЕННОГО СОСТАВА ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА ПОЧВ ЯРОСЛАВСКОЙ ОБЛАСТИ ЗА 30-40-летний ПЕРИОД ПРИ РАЗНЫХ ТИПАХ ЗЕМЛЕПОЛЬЗОВАНИЯ

Попов А.И., Русаков А.В., Симонова Ю.В.

Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург
E-mail: paihumic@gmail.com; spp-06@mail.ru; Uvsim@yandex.ru

Для характеристики почвенного органического вещества (ПОВ), особенно пахотных почв, большое значение имеет не только общее содержание углерода органических соединений ($C_{\text{общ}}$), но и качественный состав органической составляющей почв. Обычно оценка качественного состава ПОВ базируется на определении так называемых

мых гуминовых кислот и фульвокислот. По нашему мнению, метод хемодеструкционного фракционирования (ХДФ) позволяет адекватно охарактеризовать качественный состав ПОВ на основе определения лабильных и стабильных (легко- и трудноокисляемых соответственно) частей. Разнообразные компоненты ПОВ и различные части органических макромолекул, выполняющие определенную роль в экологическом функционировании и проявлении некоторых свойств почв, имеют разную устойчивость к окислению. В этой связи оценка качественного состава ПОВ на основе определения устойчивости к окислению разных органических молекул или их частей является весьма важной.

Цель исследования: охарактеризовать изменения качественного состава органического вещества почв Ярославской области, произошедшие за 30-40 лет, при разных типах землепользования.

Для оценки качественного состава ПОВ был выбран метод ХДФ, позволяющий определять содержание легко-, средне- и трудноокисляемых частей ПОВ.

В качестве объектов исследования были выбраны гумусовые горизонты почв пахотных угодий и залежных участков Пошехонского района Ярославской области. Все выбранные объекты имели дублирование архивными образцами почв, отобранными в тех же местах 30-40 лет назад. Объекты исследования были объединены в две группы, различающиеся типом землепользования. В одной из них почвы оставались пахотными (группа пашня–пашня), в другой – почвы пашни были переведены в залежь (группа пашня–залежь). В группу пашня–пашня входили агродерново-подзолистая почва на покровных суглинках, подстилаемых мореней (разрез ЗИ-21-19), и агрозем светлый типичный на озерных супесях, подстилаемых крупнопылеватыми озерными суглинками (разрез ЗИ-223-19). В группу пашня–залежь входили агрозем текстурно-дифференцированный постагрогенный на покровных суглинках, подстилаемых карбонатной мореной (разрез З-37-19 – залежь, 7-10 лет), и два агрозема текстурно-дифференцированных глееватых постагрогенных на карбонатных покровных суглинках (разрезы В-161-19 – залежь, 7-10 лет, и Р-131-19 – залежь, 20-25 лет соответственно). В прошлом (30-40 лет назад) все эти почвы распахивались.

В результате оценки качественного состава ПОВ выбранных объектов с помощью ХДФ выявлено, что за 30-40-летний период продолжающаяся распашка (разрезы ЗИ-21-19 и ЗИ-223-19) привела к относительному увеличению доли трудноокисляемого органического материала (ТОМ), а также к снижению доли легкоокисляемого органического материала (ЛОМ), а в случае разреза ЗИ-223-19 – и содержания $C_{\text{общ}}$. Отмеченные факты, по всей видимости, связаны с недостаточным применением агротехнических мероприятий, направленных на создание бездефицитного баланса гумуса.

Перевод 7-10 лет назад в залежь пахотной почвы на карбонатных покровных суглинках (разрез В-161-19) достоверно привел к уменьшению среднеокисляемого органического материала и увеличению ТОМ. При этом увеличение содержания $C_{\text{общ.}}$ не наблюдалось. Данное явление может объясняться коротким периодом времени нахождения в залежи и исходно низким содержанием $C_{\text{общ.}}$ (0.87%). В двух других случаях (разрезы З-37-19 и Р-131-19) перевод пашни в залежь способствовал увеличению содержания $C_{\text{общ.}}$ и ЛОМ, а также снижению ТОМ. Иными словами, почвы залежей на стадии луга достигают бездефицитного баланса гумуса и имеют благоприятное соотношение лабильных и стабильных частей ПОВ для функционирования системы почва–растение.

Таким образом, метод ХДФ способен адекватно оценивать изменение качественного состава органического вещества почв при разных типах их землепользования.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 19-29-05243.

УДК 631.4

**ПОКАЗАТЕЛИ
ХЕМОДЕСТРУКЦИОННОГО ФРАКЦИОНИРОВАНИЯ
ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА ПОЧВ
ПРИРОДНЫХ И АНТРОПОГЕННО ПРЕОБРАЗОВАННЫХ
ЛАНДШАФТОВ ЮГА ПРИМОРЬЯ**

Пуртова Л.Н.

ФИЦ биоразнообразия наземной биоты восточной Азии ДВО РАН, Владивосток
E-mail: Purtova@biosoil.ru

Органическое вещество почв является ключевым компонентом, контролирующим большую часть ее биогеоценологических и эколого-биосферных функций. В настоящее время в составе органического вещества выделяют лабильную и стабильную части. Для оценки содержания лабильных и стабильных частей почвенного органического вещества существуют разные методы, основанные на химическом разложении окислителя. А.И. Поповым и В.П. Цыпленковым (1994 г.) разработан способ определения форм гумуса, основанный на выявлении различных по устойчивости к окислению компонентов почвенного органического вещества или частей макромолекул с применением серии растворов дихромата калия с одинаковой концентрацией окислителя, но с линейно возрастающей окисляющей способностью – метод хемодеструкционного фракционирования (ХДФ). Окисляющая способность зависела от концентрации ионов гидроксония и задавалась разным количеством серной кислоты. При

этом лабильные формы почвенного органического вещества окислялись растворами с низкой окисляющей способностью, а относительно стабильные – с высокой. На территории Приморского края работ по изучению органического вещества почв на основе метода ХДФ ранее не проводилось.

Цель работы – установить различия в качественном составе органического вещества почв природных и антропогенно преобразованных ландшафтов на основе метода ХДФ.

В качестве объектов исследований использованы поверхностные горизонты целинных почв (буроземы). Среди агрогенных почв исследованы агротемногумусовые подбелы и агротемногумусовые глеевые почвы. Из почв техногенных ландшафтов изучен эмбриозем инициальный. Исследованные почвы приурочены к Приморской юго-западной провинции, для которой свойственны высокие показатели среднегодовой нормы выпадения осадков (до 800 мм), радиационного баланса (52.2 ккал/см² год) и затрат энергии на почвообразование (33.9 ккал/см² год). Как показали результаты проведенных исследований, наиболее гумусированы поверхностные горизонты буроземов. Это связано со значительным поступлением органического вещества с опадом и подстилкой. Судя по данным ХДФ, для этих типов почв свойственна более высокая доля легкоокисляемой (лабильной) части (ЛОЧ) – до 27%. Наиболее низкие показатели ЛОЧ характерны для почв техногенных ландшафтов – эмбриоземов инициальных (12%) с очень малым содержанием гумуса и низкой обеспеченностью его азотом. Формирование эмбриоземов происходило в условиях хорошей дренированности с преобладанием окислительной обстановки.

В почвах агрогенно преобразованных ландшафтов (агротемногумусовых подбелах) в связи с усилением процессов минерализации количество гумуса снизилось. Для агротемногумусовых подбелов свойственна средняя обогащенность гумуса азотом (С:N = 10.0), что характерно для большинства почв пахотного фонда Приморья. Доля ЛОЧ в них сократилась и при этом возростала в составе почвенного органического вещества доля трудноокисляемой части, что указывало на нарушение процессов трансформации почвенного органического вещества, в данном случае на снижение темпов новообразования гуминовых кислот.

Зафиксировано некоторое возрастание ЛОЧ в агротемногумусовых глеевых почвах с посевами костреца из-за усиления процессов трансформации органического вещества микрофлорой и переходом органического вещества из трудноокисляемой части в ЛОЧ.

Исходя из полученных методом ХДФ данных о качественном составе органического вещества, следует, что в почвах природных ландшафтов (буроземах) доля ЛОЧ превышала таковую по сравнению с почвами агрогенных ландшафтов (агротемногумусовые подбелы,

агротемногумусовые глеевые почвы). Наиболее низкие показатели ЛОЧ характерны для почв техногенных ландшафтов (эмбриоземы инициальные). Все это свидетельствует о различиях в условиях формирования почв и протекающих окислительных и гумусообразовательных процессов.

Использование метода ХДФ позволило установить различия в качественном составе почвенного органического вещества в природных и антропогенно преобразованных ландшафтах.

УДК 631.41

ЗАПАСЫ И ПРОФИЛЬНОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ОРГАНИЧЕСКОГО УГЛЕРОДА В ЕСТЕСТВЕННЫХ И АНТРОПОГЕННО ТРАНСФОРМИРОВАННЫХ ПОДЗОЛИСТЫХ ЛЕГКОСУГЛИНИСТЫХ ПОЧВАХ ЮЖНОЙ КАРЕЛИИ

**Сидорова В.А.¹, Дубровина И.А.¹, Медведева М.В.², Мошкина Е.В.²,
Геникова Н.В.², Карпечко А.Ю.², Туюнен А.В.², Мамай А.В.²,
Толстогузов О.В.³, Кулакова Л.М.³**

¹ Институт биологии ФИЦ Карельского НЦ РАН, Петрозаводск
E-mail: val.sidorova@gmail.com

² Институт леса ФИЦ Карельского НЦ РАН, Петрозаводск

³ Институт экономики ФИЦ Карельского НЦ РАН, Петрозаводск

Изменение землепользования вносит значительный вклад в антропогенную эмиссию CO₂ и трансформацию биогеохимического цикла углерода, поэтому сравнительный анализ динамики и структуры запасов углерода в почвах при различных типах актуального землепользования представляет значительный интерес. В России практически нет работ, посвященных интегральной оценке изменений запасов углерода при разных типах землепользования в среднетаежной подзоне.

В работе исследованы запасы углерода в метровом слое почв в ряду типичных для региона землепользований (как сельскохозяйственного, так и лесохозяйственного назначения), расположенных на генетически близких легкосуглинистых почвах.

Исследования проводили на Агробиологической станции Карельского НЦ РАН и прилегающих к ней территориях. Рельеф района представляет собой моренную холмистую равнину. Почвообразующей породой является легко- и среднесуглинистая морена, в почвенном покрове преобладают почвы подзолистого ряда с разной степенью антропогенной трансформации. Разрезы были заложены на пяти ключевых участках.

Первый участок представлен пашней, находящейся в длительном использовании. Регулярно вносятся минеральные удобрения в невысокой дозировке, севооборот двупольный. Почва участка –

агрозем текстурно-дифференцированный типичный – значительно трансформирована в процессе сельскохозяйственного использования. Второй участок представляет собой сенокос на злаково-разнотравном старовозрастном суходольном лугу. Почва агродерново-подзолистая типичная. Третий участок представлен березняком разнотравным 20 лет в начальной стадии лесовозобновления на бывших сельхозугодьях. Почва агродерново-подзолистая типичная. Четвертый участок представляет собой средневозрастной ельник черничный 65 лет, произрастающий на бывших сельхозугодьях. Почва дерново-подзолистая грубогумусовая. Пятый участок (контроль) представлен спелым ельником черничным зеленомошным 110 лет. Почва участка подзолистая типичная.

Из каждого разреза в каждом почвенном горизонте в трехкратной повторности отбирались образцы для последующего анализа физико-химических свойств, а также для определения плотности сложения почв. Запасы биофильных элементов определялись отдельно для каждого горизонта, затем путем суммирования определялись запасы по всему профилю почвы. Также методом сплайна были построены кривые профильного распределения содержания органического углерода.

Наибольшие запасы углерода в метровом слое почвы получены для пашни. Несмотря на то, что среднее содержание углерода в верхнем горизонте пашни наиболее низкое за счет мощного гумусового горизонта и его высокой плотности, а также регулярного внесения удобрений, запасы углерода выше, чем в остальных типах землепользования. На сенокосном угодье (суходольный луг) запасы углерода в метровом слое почвы минимальны, так как фактически отсутствует поступление углерода в почву. В молодом и средневозрастном лесу запасы имеют средние показатели, что объясняется интенсивным накоплением биомассы в процессе роста фитоценоза. В старовозрастном сообществе (спелый лес) запасы углерода в метровом слое минеральной толщи минимальны. Накопление органического вещества идет главным образом за счет формирования подстилки.

Анализ кривых профильного распределения содержания углерода показал, что по мере естественного зарастания пашни лесом содержание углерода в верхнем 10-сантиметровом слое постепенно увеличивается. В то же время распределение углерода по почвенному профилю переходит от постепенно убывающего к резко убывающему. Происходит дифференциация бывшей пахотной толщи на два подгоризонта по содержанию углерода. По мере зарастания нижний слой старопахотного горизонта начинает приобретать свойства, близкие к свойствам подзолистого горизонта.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 19-29-05153мк.

УДК 631.45

**ПРИМЕНЕНИЕ ГУМИНОВОГО ПРЕПАРАТА И БИОУГЛЯ
ДЛЯ РЕМЕДИАЦИИ
ЗАГРЯЗНЕННЫХ ТЯЖЕЛЫМИ МЕТАЛЛАМИ ПОЧВ:
РЕЗУЛЬТАТЫ ПОЛЕВОГО ЭКСПЕРИМЕНТА**

**Синичкина М.А., Куприянова Ю.В., Кадулин М.С., Смирнова И.Е.,
Копчик Г.Н.**

Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Москва
E-mail: sinimaya98@gmail.com

В связи с нарастающим загрязнением окружающей среды особую актуальность приобретает проблема ремедиации техногенных территорий. Многолетнее воздействие выбросов SO_2 и тяжелых металлов привело к деградации и гибели лесных экосистем и формированию техногенных пустошей вокруг предприятий цветной металлургии на Кольском п-ове. Несмотря на сокращение выбросов, загрязнение и истощение почв, потеря ими органического вещества наряду с суровыми климатическими условиями препятствует восстановлению растительности, обуславливая необходимость ремедиации.

Цель исследования – сравнительный анализ применения различных органических веществ как экологически и экономически привлекательного способа ремедиации техногенных территорий.

Полевой эксперимент проводили на техногенных пустошах вблизи промышленной площадки Мончегорск Кольской горно-металлургической компании. Почвенный покров пустошей представлен иллювиально-железистым химически загрязненным подзолом (5 км) и хемоземом, загрязненным медью и никелем по подзолу иллювиально-железистому (3 км от источника загрязнения). На опытные участки были внесены гуматы калия/натрия («Экстра», 0.5% от массы почвы) и биоуголь (древесный уголь, 1.5 и 2.2% от массы почвы), а также азофоска. Одновременно заложены контрольные участки. В качестве тест-культуры выбрана овсяница красная (*Festuca rubra* L.). Эксперимент проводили в течение 15 мес. Концентрации элементов в почвах (после извлечения водой 1:5) и в побегах и корнях овсяницы (после сжигания растений в концентрированной HNO_3 с добавлением H_2O_2 при температуре 150 °С) определяли методом оптико-эмиссионной спектроскопии с индуктивно-связанной плазмой.

Применение органических добавок приводит к повышению рН и обогащению почв доступными элементами питания (калием, кальцием, магнием). Одновременно проявляется тенденция к снижению мобильности никеля, меди и кобальта в почвах после внесения гуматов, обусловленная, вероятно, процессами сорбции и комплексообразования с тяжелыми металлами. Влияние биоугля на стабилизацию

металлов менее выражено и в хемоземах обнаруживается только после внесения его повышенной дозы. В связи с высоким пространственным варьированием значимые различия не наблюдаются. С глубиной содержания всех элементов питания уменьшается, тогда как тяжелые металлы сохраняют свою мобильность.

Применение всех органических веществ, в первую очередь гуматов, содействует приросту фитомассы овсяницы. Одновременно улучшается поглощение калия, кальция и марганца растениями. При этом особенно резко возрастает поглощение калия и его перемещение из подземной в надземную часть растений. Гуматы в наибольшей степени из всех добавок способствуют поглощению дефицитного марганца и его транспорту из корней в побеги. При использовании биоугля увеличивается содержание кальция в побегах.

Внесение органических добавок сопровождается снижением концентраций в растениях тяжелых металлов и их поступления из корней в побеги. Максимальный эффект оказывают гуматы: коэффициенты накопления никеля и меди в корнях овсяницы не превышают 0.3-0.4, в побегах – 0.1-0.2 по отношению к контролю. И гуматы, и биоуголь препятствуют поступлению тяжелых металлов из подземной фитомассы в надземную: транслокационные коэффициенты не превышают 0.3-0.6 для никеля и 0.2-0.5 для меди. Такое распределение металлов между побегами и корнями позволяет использовать овсяницу красную для фитостабилизации.

Таким образом, применение гуминовых препаратов способствует стабилизации тяжелых металлов в почвах и улучшению питания растений, создавая условия для восстановления растительного покрова и последующей секвестрации углерода. Эффективность использования биоугля как сорбента тяжелых металлов при ремедиации техногенных территорий менее очевидна и нуждается в дальнейших исследованиях.

Работа выполнена при поддержке РФФИ в рамках проекта № 18-04-01028.

УДК 504.07

ЭМИССИЯ И СТОК УГЛЕРОДА В ПРОЦЕССЕ КРАТКОСРОЧНОЙ СИДЕРАЦИИ СЕРОЙ ЛЕСНОЙ ПОЧВЫ

Соколова Л.Г., Зорина С.Ю., Белоусова Е.Н., Поморцев А.В., Дорофеев Н.В.
Сибирский институт физиологии и биохимии растений СО РАН, Иркутск
E-mail: sokolova.lada@sifibr.irk.ru

В рамках современных исследований по оценке факторов, способствующих усилению эмиссии парниковых газов, приемам земледелия уделяется значительное внимание. При появлении новых и/или не-

стандартных приемов рекомендуется их всестороннее изучение с позиций формирования потерь и стока углерода. С этой целью изучено влияние краткосрочной летней сидерации парового поля в условиях лесостепной зоны Прибайкалья ($53^{\circ}33'58.75''$ с.ш.; $102^{\circ}35'23.90''$ в.д.). В качестве сидеральной культуры возделывали редьку масличную (*Raphanus sativus* var. *oleifera* Metzg.). В трехлетних (2015-2017 гг.) полевых опытах показано, что за период 30-40 сут. от посева данный сидерат в летнее время формировал биомассу в пределах 20-53 т/га сырого веса, или 0.8-1.97 т С/га чистой первичной продукции (ЧПП). Сезонная динамика эмиссии CO_2 с поверхности серой лесной пахотной почвы при введении данного приема существенно изменялась по сравнению с чистым паром. Во все годы повышение эмиссии CO_2 отмечали на протяжении вегетации сидеральной культуры и в течение трех-четырех недель после заделки зеленой массы в почву. На интенсивность выделения CO_2 оказывали влияние гидротермические условия конкретного сезона. В период возделывания редьки масличной выявлена смена направленности и усиление плотности связи между величиной скорости эмиссии CO_2 за сутки и влажностью почвы ($r = 0.58-0.60$ против $-0.17.-0.29$ в чистом пару; $p < 0.05$). В период после заделки зеленой массы в почву повышалась зависимость показателя от температуры ($r = 0.52-0.85$, против $r = 0.18-0.48$; $p < 0.05$). Суммарный за период наблюдений (май-сентябрь) поток углекислоты из почвы в варианте с краткосрочной сидерацией возрастал в 1.3-1.6 раза по сравнению с чистым паром, причем различия во все годы исследований оказались статистически значимыми ($p < 0.01$). Наряду с гидротермическими условиями величина суммарной эмиссии CO_2 была связана с содержанием $\text{C}_{\text{орг.}}$ и $\text{N}_{\text{общ.}}$ в почве (соответственно $r = 0.55$ и $r = 0.61$; $p < 0.01$). Однако в период после заделки зеленой массы сохранялось влияние только обеспеченности почвы азотом. Коэффициент корреляции между величиной суммарного потока CO_2 за этот период и содержанием $\text{N}_{\text{общ.}}$ в почве оставался прежним, тогда как с содержанием $\text{C}_{\text{орг.}}$ снизился до 0.07. Данные косвенно подтверждают, что газообразным потерям после заделки подвергался преимущественно углерод свежего органического вещества. При этом ведущим фактором в формировании суммарного потока CO_2 выступало качество зеленой массы. Тесная связь между его величиной и показателями С:N в тканях растений оказалась прямой ($r = 0.68$; $p < 0.01$), а с содержанием в них азота – обратной ($r = -0.64$; $p < 0.01$). Эффект усиления процессов минерализации при поступлении свежего органического вещества варьировал от 38 до 131% по отношению к чистому пару. По отношению к величине ЧПП редьки масличной газообразные потери углерода в течение текущего сезона составляли 19-59%. В течение последующих двух сезонов в вариантах с сидерацией не наблюдали значимого усиления

эмиссии CO₂ с поверхности почвы в сравнении с чистым паром. Это позволяет предположить, что «остаточный» углерод зеленой массы сидерата пополняет пул органического вещества почвы.

УДК 631.41

АДСОРБЦИОННЫЕ МЕХАНИЗМЫ СТАБИЛИЗАЦИИ ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА В ПОЧВАХ В БАССЕЙНЕ РЕКИ ЕНИСЕЙ

Солнышкин И.А.¹, Токарева И.В.¹, Прокушкина М.П.², Прокушкин А.С.^{1,2}

¹ Институт леса им. В.Н. Сукачева СО РАН, Красноярск

E-mail: solnyshkin.ia@ksc.krasn.ru

² Сибирский федеральный университет, Красноярск

Ландшафты криолитозоны в настоящее время характеризуются повышенным выносом растворенного органического вещества (РОВ) в гидрографическую сеть. В связи с потеплением климата отмечается рост глубины деятельного слоя мерзлотных почв. Как следствие, ранее законсервированные запасы органического вещества становятся доступными для латеральной миграции и микробиологической минерализации. С увеличением глубины инфильтрации растворов можно ожидать роста количества иммобилизуемого РОВ на минеральных поверхностях и оксидов металлов. В связи с этим актуальной задачей является оценка сорбционной емкости оттаивающих мерзлотных почв в зависимости от их физико-химических характеристик.

Исследования проводились на широтном трансекте в бассейне р. Енисей с 58.8 по 73.5° с.ш., где с шагом 0.3-1.5° были заложены почвенные разрезы на основе катенного подхода: на вершинах холмов, склонах и подножии в пределах малых водосборных бассейнов. Образцы минеральной почвы отбирались по генетическим горизонтам и просеивались через сито 2 мм. В почвенных образцах определялось валовое содержание органического углерода и азота, а также соотношение стабильных изотопов ($\delta^{13}\text{C}$ и $\delta^{15}\text{N}$). В водных экстрактах анализировались значение pH, удельная электропроводность, содержание биогенных элементов и водоэкстрагируемого органического углерода. Для последнего были определены спектрофотометрические характеристики.

В ходе адсорбционного эксперимента в качестве адсорбата нами использовался смешанный образец лизиметрических вод, собранный в течение безморозного периода под органическим слоем почвы в районе пос. Тура (64° с.ш.; 100° в.д.). В исходном растворе было определено содержание растворенного органического углерода, удельная электропроводность и кислотность. Далее к образцам почвы добавляли адсорбат в двух-трехкратной повторности в концентрации 0, 1, 2, 5

и 10 ммольС/л. После 24 ч инкубации при комнатной температуре с использованием шейкера раствор отделяли от минеральной фазы путем центрифугирования и фильтрации супернатанта через 0.7 мкм GF/F фильтры. В полученных фильтрах были определены концентрации растворенного органического углерода и их спектральные характеристики. Сорбция водорастворимого органического вещества оценивалась с помощью линейных изотерм сорбции ($RE = mx + b$).

Проведенное исследование показало, что коэффициент распределения (m) выше для горизонтов В. Исключение составили подзолы иллювиально-железистые восточной окраины Западно-Сибирской низменности. Для криоземов Среднесибирского плоскогорья значения m оказались существенно выше, составляя в среднем 0.60 ± 0.15 . Максимальные значения сорбирующей емкости обнаружены у подбуров, где в горизонте В величина m достигала 0.9. Ключевыми факторами, определяющими сорбцию в исследованных почвах, являлись удельная площадь поверхности, содержание дитионит-экстрагируемого железа и глинистой фракции. Коэффициенты десорбции органического вещества (b) снижаются с глубиной по профилю почвы и тесно коррелируют с содержанием почвенного органического углерода. Полученные данные продемонстрировали высокую сорбционную емкость суглинистых почв, включая почвы криолитозоны. В контексте деградации мерзлоты рост глубины деятельного слоя и вероятные изменения минералогического состава почв предполагают рост сорбции растворенного органического вещества почвенных фильтрационных вод.

Исследования выполнены в рамках проекта РФФИ № 18-05-60203-Арктика.

УДК 631.46

ЖИРНЫЕ КИСЛОТЫ ТИПИЧНЫХ ЧЕРНОЗЕМОВ РАЗНОГО ЗЕМЛЕПОЛЬЗОВАНИЯ

Фарходов Ю.Р.^{1,2}, Ярославцева Н.В.², Холодов В.А.²

¹ Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Москва
E-mail: yulian.farkhodov@yandex.ru

² Почвенный институт им. В.В. Докучаева, Москва
E-mail: vkholod@mail.ru

Активное вовлечение почв в сельскохозяйственное использование приводит к постепенному доминированию антропогенного фактора почвообразования. Процессы агрогенной трансформации в первую очередь влияют на структурное состояние почв и тесно с ним связанных содержание и состав почвенного органического вещества (ПОВ).

Исследования агрогенной и постагрогенной трансформации ПОВ в основном направлены на изучение общего содержания углерода и азота почвы, а также гуминовых веществ, меньше внимание уделено содержанию неспецифического ПОВ.

Конструкционной частью неспецифического ПОВ являются жирные кислоты (ЖК). Они входят в состав клеточных мембран и формируют энергетические запасы клеток. ЖК видоспецифичны, поэтому по их наборам можно судить о составе микробного сообщества. Более того, состав ЖК отражает влияние различных экологических факторов на почвенную биоту, поэтому изучение жирнокислотного состава почвы является перспективным направлением в изучении как ПОВ, так и агроценозов и биогеоценозов в целом.

Целью работы было оценить состав ЖК в почвенных агрегатах типичных черноземов разного вида использования. Объектом исследования были выбраны образцы типичных черноземов многолетних опытов: ежегодно косимая степь, бессменный чистый пар, залежь, бессменный картофель, бессменная кукуруза.

Почвенные агрегаты выделяли методом сухого просеивания Савинова. Для изучения неоднородности распределения ЖК в пределах почвенного агрегата его разделяли на периферийную и центральную части путем обтирания друг об друга на ротаторе. Состав ЖК определяли путем экстракции с помощью метанола и дихлорметана с последующим щелочным метилированием и определением на газовом хроматографе с масс-детекцией.

В ходе исследования было показано закономерное снижение количества ЖК в ряду степь > залежь > севооборот > кукуруза > картофель > пар. Выявлены основные отличия составов ЖК в зависимости от вида использования черноземов. В частности, методом дисперсионного анализа было показано различие между вариантами типичных черноземов по содержанию насыщенных, мононенасыщенных и полиненасыщенных ЖК. Также было исследована пространственная неоднородность распределения ЖК внутри почвенного агрегата, которая показывает увеличения содержания ЖК от периферии к центру агрегата.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 19-016-00078.

УДК 631.417

ОСОБЕННОСТИ СТРОЕНИЯ ТЕРМИЧЕСКИХ ФРАКЦИЙ ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА В СТРУКТУРНЫХ ОТДЕЛЬНОСТЯХ РАЗНЫХ РАЗМЕРОВ ТИПИЧНЫХ ЧЕРНОЗЕМОВ

Холодов В.А., Фарходов Ю.Р., Ярославцева Н.В.
Почвенный институт им. В.В. Докучаева, Москва
E-mail: vkholod@mail.ru

Термическое фракционирование органического вещества (ОВ) почв – разделение на термолабильный (ТЛ) и термостабильный (ТС) пулы – может быть осуществлено с помощью термогравиметрии или аналитического пиролиза. Она позволяет изучать пулы ТЛ и ТС ОВ в одном образце без их предварительного выделения. ТЛ ОВ ассоциируют с доступной для биологической трансформации частью ОВ, ТС – с долгоживущей, устойчивой к разложению.

При применении газовой хроматографии с масс-детекцией (ГХ МС) летучие продукты пиролиза подвергаются разделению и идентификации ГХ МС по отношению массы иона к его заряду. Преимуществами данного подхода являются быстрота проведения анализа и простота подготовки образцов.

Многие физические свойства структурных отдельных естественного сложения (воздушно-сухих агрегатов) зависят от их размеров. При этом общее содержание ОВ в них меняется незначительно. Учитывая, что ОВ играет ведущую роль в формировании агрегатов, следует предположить существенные отличия на качественном уровне в зависимости от размеров структурных отдельных.

Целью работы было для типичных черноземов выявить особенности строения ТЛ и ТС ОВ структурных отдельных естественного сложения в зависимости от их размеров с помощью двухстадийного пиролиза с ГХ МС.

В работе использовали структурные отдельные типичных черноземов естественного сложения многолетних опытов Курской области. Такой подход – использование опытов с детерминированными потоками органического вещества – снижает неопределенность и облегчает трактовку получившихся результатов.

В ходе работ для ТЛ ОВ была показана значимая зависимость содержания фурфурола (производного полисахаридов, образующегося вероятно, в ходе кислотного гидролиза) от размеров воздушно-сухих агрегатов. Для ТС ОВ подобная зависимость была выявлена для алкильных фрагментов, лигнинных производных, аминов и толуола.

Работа выполнена при поддержке Российского научного фонда, грант № 19-16-00053.

УДК 631.4

ГЛОМАЛИНЫ В СОСТАВЕ ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА ПОЧВ ЛЕСОСТЕПНОЙ ЗОНЫ

Холостов Г.Д.

Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург
E-mail: kholostov14@mail.ru

В составе почвенного органического вещества помимо гуминовых веществ (ГВ) также выделяют липиды (жиры, воски и смолы); пигменты; кероген; гидрофобины и гломалины.

Гломалины – гликопротеины, сложные органические гидрофобные соединения, которые характеризуются иммунореакционными свойствами и способностью связывать железо. Они имеют много общих черт с другими биомолекулами, такими как гидрофобины и ГВ. Открыла и назвала почвенные гликопротеины, являющиеся продуктом жизнедеятельности арбускулярных микоризных грибов, «гломалином» американский почвовед Сара Райт, а необходимость выделения из почв этих соединений была обоснована американским микробиологом К.А. Николсом. На данный момент гломалин в чистом виде еще никто не выделял и достоверных данных о его химических свойствах не получено.

Гломалин в составе почвенного органического вещества присутствует в большом количестве (как правило, 2-15 мг/г и даже больше – 60 мг/г) в разнообразных почвах (во всех, где есть арбускулярно-микоризные грибы порядка *glomales*). Высокое содержание гломалина в основном обусловлено избытком гифов грибов в почве, длина которых может составлять $100 \text{ м} \cdot \text{см}^{-3}$, и медленной скоростью деструкции этого гликопротеина – от 7-42 до 100 лет.

Объектами исследования были выбраны гумусовые горизонты почв лесостепи Белгородской области: серо-гумусовый (АУ) горизонт серой почвы (СП), темно-гумусовый горизонт чернозема миграционно-мицелярного и пахотный горизонт агрочернозема миграционно-мицелярного.

Гломалин извлекался из почвы с помощью 90%-ного раствора ацетона с добавлением соляной кислоты, отношение почва:раствор было 1:10. Затем на фотоколориметре измерялась оптическая плотность при $\lambda = 465$ и 650 нм. На основании полученных значений оптической плотности (D_{465} и D_{650}) рассчитывался коэффициент цветности: $Q_{4/6} = D_{465}/D_{650}$. Также были измерены оптические свойства гломалина с помощью спектрофотометра при различных длинах волн (от 320 до 1020 нм).

Выделенные органическим растворителем (90% -ным раствором ацетона с добавлением соляной кислоты) гломалины характеризовались специфической желтоватой окраской. Присутствие углеводов и белков, входящих в состав гломалинов, было проверено качественными реакциями. Присутствие углеводной части определяли с помощью реакции «медного зеркала» и реакции с 1-нафтол, а белковой части с помощью биуретовой реакции и ксантопротеиновой реакции.

Минимальным значением коэффициента цветности характеризовался гломалин, выделенный из горизонта АУ СП (а именно 8.6). В остальных почвах этот коэффициент был больше 20. Как известно, чем меньше величина коэффициента цветности, тем более конденсированным является исследуемое соединение. Судя по величине коэффициента цветности гломалинов, можно сказать, что эти соединения были весьма слабо конденсированы, что не характерно для гуминовых кислот.

Также, согласно данным спектрофотометра, пики оптических плотностей были обнаружены при длине волны прибора 340 и 1000 нм, что характерно для соединений, имеющих в своем составе белковую часть.

Соединения, выделенные из почвы 90% -ным раствором ацетона с добавлением соляной кислоты, характеризовались специфической окраской, содержали углеводную и белковую часть, а также были весьма слабо конденсированы, что наталкивает нас на мысль, что это и есть гломалины.

УДК: 631.445.2/470.11 + 631.417

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ КОНЦЕПЦИЯ ГУМУСООБРАЗОВАНИЯ В ПОЧВАХ ТАЕЖНОЙ ЗОНЫ

Яшин И.М., Черников В.А., Белоухов С.Л.
РГАУ – МСХА им. К.А. Тимирязева, Москва
E-mail: ivan.yashin2012@gmail.com

Исследование проблемы гумусообразования тесно связано с применением современных методов: стационарного, метода сорбционных лизиметров, радиоактивных индикаторов, хроматографии и иных. На основе авторской экологической концепции разрабатываются эко-технологические приемы регулирования гумусового режима почв аграрных экосистем. Отмечено, что наряду с химическим обособиваются экологическое (структурно-функциональное) и биогеохимическое научные направления при изучении гумуса почв, позволяющие «считывать» информацию в экосистемах. В этой связи природные гумусовые вещества (ГВ) почв исследуются нами как

педогенно-экосистемные новообразования. Авторами было предложено новое понятие «биогенное кислотообразование» и «биогенная кислотность» таежной экосистемы. Результаты опытов, полученные в экосистемах северной, средней и южной тайги европейского севера России, дополняют традиционные взгляды о формах кислотности почв. Новые данные позволили более полно охарактеризовать геохимические функции органических веществ почв, взаимосвязь органических веществ почвенных растворов и газов. Биогенное кислотообразование – функциональный процесс, способствующий формированию в экосистемах тайги большого разнообразия органических и органоминеральных соединений. В их составе обнаружены продукты фотосинтеза и специфические органические вещества почв, включая и компоненты плесневых микроскопических грибов-кислотообразователей – органические кислоты, полифенолы.

Авторы отмечают важную роль органических углеродсодержащих соединений (жидких, газообразных и закрепленных на почвенной матрице) в биосфере Земли. Одним из ключевых звеньев в круговороте углерода в экосистемах является процесс гумусообразования, взаимосвязь которого с фотосинтезом и газами осуществляется с помощью низкомолекулярных органических и органоминеральных соединений. Установлено, что в таежных экосистемах гумусообразование реализуется не однонаправленно – путем формирования высокомолекулярных ГВ, а с помощью сопряженных динамичных процессов мобилизации, трансформации и миграции (биогенной и водной) водорастворимых органических веществ (ВОВ) с кислотными, комплексобразующими и аллелопатическими свойствами. ВОВ – продукты функционирования таежной биоты. В составе ВОВ почв появляются новые вещества – фульвокислоты. Они создают высокую кислотность и биологическую активность почв.

В докладе приводятся авторские данные о превращении опада растений, баланс ВОВ, их экологические функции и возможные механизмы формирования фульвокислот. Отмечается, что в ландшафтах тайги вместо горизонта A_1 в автоморфных почвах подзон средней и северной тайги формируются лесная подстилка и сезонно-гумусированные (и элювиально-оглеенные) горизонты, отражающие миграционный эффект ВОВ – «гумусовую занавеску» – при оглеении и высокой кислотности подзолистых и глееподзолистых почв. ВОВ – источник газов – «дыхания почвы». ВОВ легко доступны микроорганизмам, так как в молекулах органических веществ содержат энергию в химических связях и элементы питания. При этом авторами используются инновационные технологии в лизиметрии – комплекс методов радиоактивных индикаторов, сорбционных лизиметров и хроматографии.

Подкомиссия

ХИМИЧЕСКОЕ ЗАГРЯЗНЕНИЕ ПОЧВ

Председатели – д.б.н. Д.Л. Пинский, д.б.н. Т.М. Минкина

УДК 631.416.8

**ИСТОЧНИКИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ
И АККУМУЛЯЦИЯ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ
В ПОЧВАХ ОКСКИХ ПОЙМ**

Авдеева Т.Н.

Почвенный институт им. В.В. Докучаева, Москва

E-mail: avdeeva_tn_2013@list.ru

Ока – одна из крупнейших водных артерий России, пересекающая территории семи центральных густонаселенных экономически развитых областей на протяжении 1500 км и принимающая воды 20 000 притоков. Чрезмерные антропогенные нагрузки создали предпосылки к обострению экологической ситуации в регионе и, в частности, к загрязнению почв, поверхностных и подземных вод наиболее токсичными химическими элементами – тяжелыми металлами (ТМ) и фтором. Однако региональная сеть системы экологического мониторинга на территории Окского бассейна недостаточно развита. Так, на территории Рязанской области имеется три пункта наблюдения за водными объектами на Оке и девять – на ее притоках. Информация часто не систематизирована, мало сопоставима. Блок почвенных исследований в силу целого ряда методических и экономических трудностей был и остается до сих пор мало разработанным. Исследования, выполненные комплексной экспедицией в рамках экологической программы России «Ока – чистая река», позволили расширить базу данных о содержании ТМ в речной воде, донных осадках и аллювиальных почвах долины Оки, выявить роль природных и антропогенных факторов в процессах аккумуляции элементов-загрязнителей. Исследована пространственная изменчивость распределения и накопления химических элементов в аллювиальных почвах наиболее крупных пойменных расширений, расположенных

в верхнем, среднем и нижнем течении Оки. Почвенный покров пойм весьма неоднороден как в разных частях речного бассейна, так и в различных генетических областях одной поймы. Территория Окского бассейна представляет собой область контакта двух почвенно-ландшафтных зон: 1) левобережной таежно-лесной с дерново-подзолистыми почвами разного гранулометрического состава – от песчано-супесчаного до среднесуглинистого; 2) правобережной лесостепной с серыми лесными почвами и выщелоченными черноземами средне- и тяжелосуглинистыми. Эти зоны относятся к разным геохимическим классам ландшафтов: первая – к переходному кальциевому, вторая – к кальциевому. Исследования показали, что среднее содержание ТМ в почвах Окских пойм не превышает ПДК, что позволяет оценить экологическую ситуацию как «удовлетворительную» по загрязнению Cr и Mo (0.4 ПДК), Sr (0.3 ПДК), Co (0.1 ПДК); «напряженную» по Pb и Mn (0.8 ПДК), Zn и V (0.7 ПДК), Cu и Ni (0.6 ПДК). По содержанию F (1.4 ПДК) ситуация «кризисная». Высокое содержание F в аллювиальных почвах, речных и подземных водах обусловлено преобладанием известняков среди осадочных пород вдоль русла Оки. Максимальная аккумуляция F наблюдается на территории Московской и Рязанской областей. Оценка содержания ТМ по критериям ОДК выявила наличие очагового загрязнения аллювиальных почв Zn (1.1-1.3 ОДК), Cu (1.1-1.4 ОДК) и Ni (1.3-1.9 ОДК) на территориях Спасского и Ижевского расширений (Рязанская область) и при впадении в Оку рек Ушна и Клязьма (Владимирская область). На этих же территориях обнаружено относительно высокое содержание кислоторастворимых форм Pb, Cu, Zn, извлекаемых раствором 1N HCl. Их доля достигала 44-78% от валового содержания в почвах, что указывает на наличие антропогенных источников загрязнения. Возникновение слабых полиэлементных аномалий Zn, Cu, Ni, Pb обязано воздействию загрязненных вод р. Ока и ее притоков, которые содержат повышенные количества этих элементов в растворенной форме и в донных отложениях. По данным статистической отчетности, в водные объекты бассейна Оки со сточными водами ежегодно поступает более 100 т F, Cu, Ni, Cr, Zn. Согласно интегральной оценке качества окской воды по пятибалльной шкале индекса сапробности, степень ее загрязнения возрастает по мере продвижения от истока к устью. Вокруг центров металлургии, машиностроения, химической промышленности, энергетики и др. особо опасные категории загрязнения Cu, Pb, Ni, V имеются на территории Владимира и Рязани.

УДК 550.424.4 631.416

ФОРМЫ СОЕДИНЕНИЙ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ПОЧВАХ ВИНОГРАДНИКОВ ДОЛИНЫ РЕКИ ЛУАРЫ

Аверьянов А.А.

Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург
E-mail: averianov.a.a@yandex.ru

В производственной практике винодельческой отрасли сельского хозяйства Франции широкое применение находят пестициды. Их постоянное использование приводит к аккумуляции в почве тяжелых металлов (ТМ) в токсичных для винограда концентрациях, что сопровождается ухудшением роста растений и вызывает хлороз и, как следствие, сказывается на конечной продукции. В условиях неблагоприятного для винодельческой отрасли океанического климата, способствующего развитию грибковых заболеваний виноградного растения, проблема производства экологически безопасной винодельческой продукции является одной из приоритетных задач для департамента Атлантическая Луара на фоне реализуемого правительством Франции курса на сокращение использования пестицидов в сельскохозяйственной отрасли во Франции.

В современных исследованиях показано, что изучения только валового содержания тяжелых металлов в почвах недостаточно. Делать выводы о транслокационных процессах техногенных форм ТМ в почве и об их дальнейшей перспективе в данном случае затруднительно. Наличие разнообразных форм соединений ТМ, отличающихся как по подвижности и биологической доступности для винограда, так и по механизмам их закрепления в почве, определяет уровень их экологической опасности и требует детального изучения. В настоящее время основными методами, позволяющими подробно исследовать поведение ТМ в почвах, являются методы определения группового (фракционного) состава их соединений.

Целью работы являлись геохимические исследования поведения ТМ в бурых выщелоченных супесчаных почвах виноградников долины р. Луары (Франция), в коммунах Brain, Saint-Léger-les-Vignes, Saint-Aignan-Grandlieu, Pont-Saint-Martin, Le Bignon, относящихся к субрегиональному апеласьону Muscadet Cotes de Grandlieu. Отбор проб производился в соответствии с ГОСТ 17.4.3.01-83. В ходе исследования определялся фракционный состав соединений нормируемых французским законодательством (NF U 44-051) Pb, Zn, Cr, Cu, а также их кислоторастворимые и подвижные формы в вытяжках 1 н HNO₃ и ацетатно-аммонийного буфера соответственно. В качестве метода экстрагирования была использована схема последовательного фрак-

ционирования McLaren & Crawford в модификации Д.В. Ладонина, обеспечивающая наименьшее перераспределение ТМ по фракциям в ходе проведения анализа и наименьшее вторичное поглощение. Количественное определение фракций ТМ осуществлялось методом атомно-эмиссионной спектроскопии с индуктивно связанной плазмой.

Полученные результаты свидетельствуют о том, что на исследуемых территориях виноградников концентрации Pb, Zn, Cr, Cu находятся в допустимых пределах. Максимальные показатели их валового содержания не превышают установленные во Франции нормативы. Среди форм соединений Pb преобладают фракции, связанные с органическим веществом, гидроксидами Fe и Mg, а также остаточная фракция, прочно закрепленная в кристаллических решетках алюмосиликатов. Zn и Cr практически полностью зафиксированы в кристаллических решетках. Фракционная картина распределения соединений Cu отличается от других исследуемых металлов преобладанием фракции, связанной с органическим веществом, доля которой возрастает при увеличении валового содержания Cu. Фракционный состав распределения ТМ в незагрязненных почвах является результатом сочетания свойств материнской породы и специфики почвообразовательных процессов, а также химических характеристик элементов, определяющих их сродство к различным почвенным компонентам. Преобладание остаточной фракции при одновременном низком содержании форм соединений, наименее прочно связанных с почвой, подтверждает отсутствие в исходных почвах существенного количества ТМ техногенного происхождения. Фракции, связанные с органическим веществом и гидроксидами Fe и Mg, также включают в себя металлы, прочно скрепленные со своими фазами-носителями, и не участвуют в транслокационных процессах и биогенной аккумуляции без сильнодействующего внешнего воздействия на них или полного разрушения.

УДК 57.044; 504.05; 631.46

ОЦЕНКА УСТОЙЧИВОСТИ ПОЧВ К ЗАГРЯЗНЕНИЮ АНТИБИОТИКОМ ТИЛОЗИНОМ

Акименко Ю.В.

Южный федеральный университет, Ростов-на-Дону

E-mail: jvakimenko@sfedu.ru

За последние 10 лет потребление антибиотиков выросло более чем на 30%. Эти цифры основаны на данных, полученных из 71 страны. В связи с предполагаемым ростом населения Земли до 8.5 млрд. к 2030 г., потребление антибиотиков, согласно прогнозам, может вы-

расти на 2/3 от нынешнего объема. Такой огромный рост использования антибиотиков может приводить к загрязнению ими окружающей среды и впоследствии к растущему уровню резистентности бактерий. Важным вопросом в настоящее время является изучение влияния антибиотиков на живые компоненты экосистем и, в частности, почв и почвенного покрова.

Целью исследования являлась оценка устойчивости почв на основе изменения интегрального показателя биологического состояния (ИПБС) к загрязнению ветеринарным антибиотиком тилозином. Тилозин – антибиотик макролидного ряда, продуцируемый *Streptomyces fradiae*, широко применяемый в животноводстве в качестве лечебно-профилактического средства и стимулятора роста. Обладает широким спектром действия.

Объектами исследования являлись чернозем обыкновенный карбонатный, бурая лесная кислая почва, темно-каштановая солонцеватая почва. Воздушно-сухие образцы почв обрабатывали раствором антибиотика (1, 10, 100, 1000 мг/кг почвы). Исследования проводили через 3, 30 и 90-е сут. после загрязнения. Контролем служили образцы почвы, не загрязненные антибиотиком. Определяли следующие биологические показатели почв: обилие бактерий р. *Azotobacter*, общую численность бактерий, активность каталазы, дегидрогеназ, фосфатазы, инвертазы, «дыхание» почв, а также токсичность почв с помощью тест-объекта – редиса. На основе исследованных биологических показателей рассчитывали интегральный показатель биологического состояния почв.

Загрязнение тилозином приводит к снижению ИПБС почв. Снижение ИПБС бурой лесной почвы на 11% от контроля (концентрация 1000 мг/кг) свидетельствует о нарушении биохимических, физико-химических и химических функций почвы, через 30 и 90 сут. от момента загрязнения наблюдается нарушение информационных экофункций бурой лесной почвы. Между концентрацией антибиотика и ИПБС установлена тесная обратная корреляция: $r = -0.85$ – на третьи сутки и $r = -0.84$ – на 90-е сут. после загрязнения. Наибольшее снижение ИПБС чернозема обыкновенного установлено через трое суток после загрязнения (на 7% в концентрации 100 мг/кг, 17% – в концентрации 1000 мг/кг). Снижение ИПБС чернозема обыкновенного на 17% (третьи сутки) и 11% (30-е сут.) свидетельствует о нарушении биохимических, физико-химических, химических и целостных функций почвы. Между концентрацией антибиотика и ИПБС чернозема обыкновенного установлена тесная обратная корреляция: $r = -0.85$ – на третьи и 90-е сут. и $r = -0.81$ – на 30-е сут. после загрязнения, с увеличением концентрации наблюдается большее снижение ИПБС. Установлено снижение ИПБС темно-каштановой почвы во всех концентрациях, наибольшее снижение наблюдается в

первые сроки от загрязнения (трое суток). При внесении 1000 мг/кг почвы антибиотика на третьи сутки наблюдается снижение ИПБС на 22%, на 30-е сут. – 20% и на 90-е сут. – 17%, что свидетельствует о нарушении биохимических, физико-химических, химических и целостных функций темно-каштановой почвы. На 90-е сут. наблюдается восстановление ИПБС, за исключением вариантов опыта с концентрацией 1000 мг/кг. Между концентрацией антибиотика и ИПБС установлена тесная обратная корреляция: $r = -0.93$ – на третьи сутки и $r = -0.96$ – на 90-е сут. после загрязнения, с увеличением концентрации наблюдается большее снижение ИПБС.

Таким образом, на основании анализа ИПБС исследованных почв можно сформировать следующий ряд устойчивости почв к загрязнению тилозином (на основе степени снижения ИПБС, концентрация 1000 мг/кг): бурая лесная почва > чернозем обыкновенный > темно-каштановая почва.

УДК 546.47 631.41 633.16

ОЦЕНКА ПОДВИЖНОСТИ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ МИГРАЦИИ ЦИНКА В СИСТЕМЕ «ЧЕРНОЗЕМ ТИПИЧНЫЙ–ЯЧМЕНЬ»

**Анисимов В.С., Анисимова Л.Н., Фригидова Л.М., Санжаров А.И.,
Корнеев Ю.Н., Фригидов Р.А., Дикарев Д.В., Кочетков И.В.**
Всероссийский НИИ радиологии и агроэкологии, Обнинск
E-mail: vsanisimov@list.ru

В ходе вегетационных опытов с ячменем на типичном черноземе, в который дополнительно вносился Zn в дозах Zn_0 , Zn_{100} , Zn_{250} , Zn_{500} , установлено, что концентрация металла в почвенном растворе уменьшалась со временем в соответствии с обратной степенной зависимостью вследствие двух одновременно протекающих процессов: 1) истощения запаса водорастворимых форм Zn в почве в результате непрерывного поглощения корнями растений, 2) «фиксации» Zn в почве в результате трансформации более подвижных и доступных растениям форм нахождения металла в фиксированные. Получены данные по динамике прироста надземной биомассы и корней ячменя вплоть до фазы созревания, накопления и интегрального показателя – выноса Zn разными частями исследуемых растений. Полученные закономерности для прироста биомассы и выноса металла разными частями растений хорошо описываются логистическими функциями с тремя параметрами: M_{\max} (г) M_0 (г), μ (сут⁻¹) – для накопления биомассы; W_{\max} (мкг) W_0 (мкг), u (сут⁻¹) – для выноса Zn и асимптотическим экспоненциальным уравнением с двумя параметрами:

$[Zn]_{\max, \text{раст}}$ (мг кг) и β (сут⁻¹) – для накопления Zn растениями. Эти параметры отражают особенности динамики накопления биомассы, накопления и выноса Zn ячменем в условиях различного загрязнения чернозема исследуемым элементом. Графический анализ динамики трансформации подвижных (извлекаемых 1 М $\text{CH}_3\text{COONH}_4$, pH 4.8) форм нахождения Zn в типичном черноземе показал, что отрицательная динамика исследуемого показателя прослеживается лишь в качестве тенденции, не подкрепленной достоверными статистическими данными. В то же время относительное содержание подвижных форм Zn в почве возрастало с увеличением концентрации металла. Полученная зависимость может быть удовлетворительно описана с помощью степенной функции: $[Zn]_{\text{подв.}} (\%) = 0.86 \times [Zn]_{\text{вал.}}^{0.65}$ (мг/кг). Изучение динамики трансформации суммы подвижного и связанного с органо-минеральными комплексными соединениями – ОМК (извлекаемых 1 М $\text{CH}_3\text{COONH}_4$, pH 4.8 + 1% ЭДТА) форм нахождения Zn в типичном черноземе также не выявило достоверной отрицательной динамики данного показателя (она прослеживается лишь в качестве тенденции, не подкрепленной достоверными статистическими данными). Относительное содержание суммы подвижного и связанного с ОМК Zn в почве возрастало с увеличением количества внесенного в почву металла. Полученная зависимость может быть удовлетворительно описана с помощью степенной функции: $[Zn]_{\text{подв+ОМК}} (\%) = 1.78 \times [Zn]_{\text{вал.}}^{0.60}$ (мг/кг). Был рассчитан общий вынос Zn из почвы, включающий диффузионную и конвективную компоненты, а также вынос металла из почвы с конвективной составляющей массопереноса. Выявлена следующая закономерность: с ростом количества внесенного в почву Zn доля выноса металла в результате конвективного переноса неуклонно снижается. Так, для варианта Zn_0 $W_{\text{конв.}}/W_{\text{общ.}} \rightarrow 1$. Для вариантов Zn_{100} , Zn_{250} и Zn_{500} значения $W_{\text{конв.}}/W_{\text{общ.}}$ соответственно равны 0.9, 0.4 и 0.2. Изучено изменение концентрации ионов оксония в почвенных растворах, извлеченных из чернозема разных вариантов опыта. Выявлено несколько закономерностей: 1) при выращивании ячменя в течение вегетационного опыта наблюдается положительная динамика величин pH (причем значимость ее возрастает с увеличением количества Zn, внесенного в почву); 2) в вариантах «черный пар», наоборот, отмечается отрицательная динамика величин pH; 3) значения показателя pH в квазиравновесных почвенных растворах, отобранных из вариантов опыта «черный пар», в конце опыта были практически на 1 ед. ниже значений величины pH, отобранных из вариантов «вегетационный опыт».

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 19-29-05039.

СОСТАВ МАГНИТНОЙ ФАЗЫ ПОЧВ И ЭПИФИТОВ *POPULUS NIGRA* L. НА ТЕРРИТОРИИ ГОРОДА ПЕРМИ

Боброва А.В., Васильев А.А., Щуренко Н.М.

Пермский государственный аграрно-технологический университет, Пермь

E-mail: pet508nas@mail.ru

Загрязнение городских почв тяжелыми металлами (ТМ) в составе техногенных магнитных частиц (ТМЧ) является актуальной проблемой современности. Одним из индикаторов аэрального загрязнения ТМ почв и других компонентов окружающей среды городов являются мхи-эпифиты. Способность эпифитов древесных пород, произрастающих на территории г. Перми, аккумулировать ТМ в составе ТМЧ до настоящего времени не подвергалась тщательной оценке.

Цель исследования – изучить морфологию, содержание и состав ТМЧ в почвах приствольных кругов и в составе эпифитных мхов тополя черного *Populus nigra* L. на территории Мотовилихинского и Свердловского административных районов г. Перми, подверженных воздействию выбросов крупных машиностроительных и металлообрабатывающих предприятий. Для извлечения ТМЧ из образцов почв (0-5 см) и образцов пилезии многоцветковой (*Pylaisia polyantha* L.), отобранных на высоте 1.5 м, использовали метод сухой магнитной сепарации. Электронно-зондовый и энергодисперсионный микроанализы выполнены на аналитическом комплексе «Tescan Vega II» в Геофизической обсерватории «Борок» Института физики Земли им. О.Ю. Шмидта РАН (аналитик канд. физ.-мат. наук В.А. Цельмович). Установлено, что магнитная восприимчивость (МВ) урбаноземов в приствольных кругах *Populus nigra* L. превышает фоновые значения для почв г. Перми в 5-6 раз. На ул. Куйбышева в Свердловском районе выявлена высокая МВ почв и эпифитных мхов в скверах, прилегающих к остановке общественного транспорта «Строительный факультет». Источником ТМЧ здесь могут быть выбросы АО «ОДК-Пермские моторы» и интенсивное дорожно-транспортное загрязнение. В составе магнитной фазы почв и эпифитов были диагностированы железо, вюстит, магнетит, маггемит, хромит (Cr 8.82%), ильменит, бромсодержащие железистые частицы (Br 1.37-10.13%). Магнитная фаза в составе образцов эпифитов и почв, отобранных на ул. Куйбышева в районе действия ОАО «ПАО «ИНКАР», содержит частицы никеля, железа, вюстита, магнетита, хромита (Fe 90.84%, Cr 9.16%), хромсодержащего маггемита (Cr 0.90%), интерметаллического сплава (Fe 74.30-82.40%, Cr 3.00-16.14%, Ni 13.26%), силицидов железа. На территории Мотовилихинского района нако-

пление ТМЧ в почвах и эпифитах, вероятно, связано с деятельностью ООО «МЗ «Камасталь» и ПАО «Мотовилихинские заводы». ТМЧ, извлеченные из образцов, отобранных на ул. Пролетарской, имеют преимущественно сферическую форму с характерными газовыми полостями. В элементном химическом составе сферул магнетита-маггемита присутствуют примеси Cr и Ni. Сходство в морфологии, минералогии и элементном химическом составе ТМЧ в составе урбаноземов приствольных кругов тополя черного и образцов пилезии многоцветковой, отобранных в пределах одного района города, подтверждает идентичность источников аэрального загрязнения почв и эпифитов. Вместе с тем, неоднородность морфологии и элементного химического состава ТМЧ в почвах и эпифитах из разных административных районов города может свидетельствовать о разнообразии антропогенных источников загрязнения на территории одного из крупных промышленных городов России.

УДК 631.4

ТЯЖЕЛЫЕ МЕТАЛЛЫ В ПОЧВАХ В ЗОНАХ ВОЗДЕЙСТВИЯ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ

Борисочкина Т.И., Фрид А.С., Колчанова К.А., Никитина Н.С.

Почвенный институт им. В.В. Докучаева, Москва

E-mail: geotibor@gmail.com

Продолжительная антропогенная нагрузка на урбанизированные ландшафты в зонах воздействия металлургических комплексов повлекла за собой не только увеличение валового содержания в почвах тяжелых металлов, но также явилась причиной трансформации форм их соединений. Формы соединений тяжелых металлов в почвах и прочность их связи с почвенными компонентами в значительной степени определяют поступление металлов в сопредельные среды.

Целью работы являлось изучение связи металлов с почвенными компонентами в загрязненных почвах для оценки качества почв и прогнозирования последствий загрязнения.

При выполнении работ были поставлены задачи:

1. Исследовать формы соединений тяжелых металлов в почвах и их связь с основными почвенными компонентами-носителями, используя метод последовательного фракционирования.

2. Исследовать распределение тяжелых металлов по гранулометрическим фракциям разной дисперсности для вычленения роли фракций в аккумуляции металлов в почвах, находящихся в зонах воздействия металлургических комплексов.

Работы проводились на почвах урбанизированных агроландшафтов Тулы – крупной промышленной агломерации Центральной России. Основной вклад в выбросы от стационарных источников города вносится предприятиями черной металлургии, что составляет более 90%.

Работы проводились в сфере воздействия комбината «Тулачермет» и Косогорского металлургического завода. При решении поставленных задач был использован метод разделения проб на гранулометрические фракции по Горбунову и метод последовательного химического фракционирования по Тессьеру. При проведении работ использовалась система микроволнового разложения проб фирмы Milestone и атомно-абсорбционный анализатор Agilent-AA240.

При анализе аэротехногенных выпадений зафиксированы повышенные поступления в почвы города железа, марганца, цинка, меди.

Содержание железа в почвах городских агроландшафтов импактной зоны металлургических комплексов составляет 28-37 тыс. мг/кг и представлено преимущественно трудно растворимыми соединениями. Результаты последовательного химического фракционирования показали, что основная часть железа в загрязненных почвах находится в остаточной фракции, на долю которой приходится порядка 95%. Содержание железа в обменной фракции – 1.0-2.3 мг/кг.

Зафиксированы повышенные концентрации марганца в почвах агроландшафтов, примыкающих к Косогорскому металлургическому заводу (достигающие в ряде случаев 10 000 мг/кг почвы и превышающие нормативные показатели), что может негативно отражаться на развитии растений, особенно в случае изменения окислительно-восстановительных условий (при переувлажнении территории). Наибольшее количество марганца зафиксировано в выделенной по Тессьеру третьей фракции и связано с гидроксидами железа.

Медь преимущественно находится в остаточной фракции, однако при этом значительная доля металла связана с органическим веществом.

Концентрации цинка в обследованных почвах агроландшафтов варьировали от 112 до 604 мг/кг. Фоновое значение элемента в серых лесных суглинистых почвах региона составляет 60-70 мг/кг. Цинк главным образом связан с гидроксидами железа, значительная часть металла присутствует в остаточной фракции. Меньшая доля цинка экстрагируется ацетатом натрия (вторая фракция) и связана с органическим веществом (четвертая фракция).

Зафиксированы высокие концентрации цинка во всех выделенных гранулометрических фракциях, кроме фракции среднего и крупного песка. Наиболее обогащены этим элементом фракции ила и мелкой пыли.

Исследованиями установлено, что максимальная доля тяжелых металлов (в % от валового содержания) в загрязненных легкосуглинистых почвах приурочена к фракции тонкого песка и пыли – фракции, играющей доминирующую роль в латеральной миграции элементов в результате ветрового переноса и перемещения с тальми водами.

Процессы вторичного загрязнения почв с течением времени будут неуклонно возрастать. Их необходимо исследовать и учитывать при прогнозной оценке последствий техногенеза.

УДК 631.482.1

СОДЕРЖАНИЕ И ПРОФИЛЬНОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ПОДВИЖНОГО ЦИНКА В ПОЙМЕННЫХ ПОЧВАХ ЛЕСОСТЕПНОЙ ЗОНЫ СЕВЕРНОГО ЗАУРАЛЬЯ

Букин А.В.

Государственный аграрный университет Северного Зауралья, Тюмень
НИИСХ Северного Зауралья – филиал Тюменского НЦ СО РАН, Тюмень
E-mail: 777bukin777@rambler.ru

Объектами исследований послужили пойменные почвы рек Пышма, Тура и Тобол в лесостепной зоне Северного Зауралья. В основу выбора объектов исследований был положен принцип охвата спектра почв, формирующихся в различных речных ландшафтах.

В поймах, исследованных нами, были выявлены три основных типа аллювиальных почв: дерновые (слоистые и карбонатные), луговые и лугово-болотные.

Одной из особенностей распределения цинка в профиле пойменных почв является большая пестрота содержания его в различных горизонтах. Анализ пространственного и профильного распределения цинка в поймах рек показывает, что разница между минимальным и максимальным содержанием этого элемента в почвах достигает 74.8 раза. Этим объясняется довольно высокий коэффициент вариации элемента – 55. Полученные средние данные по профилю показывают, что содержание подвижного цинка в пойменных почвах Северного Зауралья колеблется в пределах 0.9-7.7 мг/кг, или 1.5-12.1% от валового количества. Среди разных типов почв повышенное содержание подвижного цинка наблюдается в аллювиальных лугово-болотных почвах.

Среднее содержание цинка в пойменных почвах всех объектов исследований составляет 3.1 мг/кг, в том числе в почвах поймы р. Тобол – 3.62, р. Туры – 4.2 и р. Пышмы – 1.44 мг/кг. Содержание подвижного цинка в аллювиальной почве поймы р. Тобол имеет довольно большой интервал как в плане концентрации – от 0.37 до

20.3 мг/кг, так и в изменении его содержания по годам. Наибольшим содержанием подвижного цинка в пойме р. Тобол обладают аллювиальные слоистые почвы прирусловой части – 4.6 мг/кг, минимальным – карбонатные почвы притеррасной поймы – 2.5 мг/кг. Коэффициент подвижности цинка среди объектов исследований является самым высоким в почвах поймы р. Тобол – 7.2. Коэффициент техногенной концентрации для почв поймы р. Тобол (1.17-4.38) превышает фоновое содержание 1.9 мг/кг, особенно в верхнем гумусовом горизонте.

Содержание цинка в почвах поймы р. Туры варьирует от 0.91 до 30.2 мг/кг. Максимальные концентрации отмечаются в аллювиальной лугово-болотной почве, особенно в верхнем слабоотторфованном слое. В слое 0-10 см аллювиальной лугово-болотной почвы в течение трех лет было установлено превышение ПДК в 1.1-1.3 раза, а фона в 12.3-15.9 раза.

Почвы поймы р. Пышмы имеют самое низкое содержание подвижного цинка среди всех объектов исследований – 1.44 мг/кг, что ниже почв поймы р. Тобол в 2.5 раза и почв поймы р. Тура в 2.9 раза. Концентрация подвижного цинка на этой пойме варьирует от 0.09 до 7.11 мг/кг. Наибольшим содержанием цинка характеризуется аллювиальная дерновая почва – 1.2-1.9 мг/кг, меньшим – аллювиальная луговая – 0.9 мг/кг.

Во всех типах почв поймы р. Тобол профильное распределение цинка довольно разное. Аллювиальная дерновая слоистая почва в прирусловой части имеет дугообразное распределение. При этом максимум цинка отмечается в гумусовом горизонте и в материнской породе, а минимум – в горизонте B_1 . Содержание цинка в аллювиальной лугово-болотной почве постепенно снижается вниз по профилю, достигая минимума в материнской породе. Аллювиальная луговая почва в центральной части поймы имеет аккумулятивно-элювиально-иллювиальный тип распределения элемента. В карбонатной почве притеррасной части максимум цинка приходится на горизонт B_1 , а минимум содержится в материнской породе.

В аллювиальных почвах поймы р. Пышмы распределение цинка по профилю носит практически идентичный характер. Его содержание резко уменьшается от горизонта A_0 до A_1 , далее вниз по профилю концентрация остается практически постоянной.

Общей закономерностью для всех типов аллювиальных почв является повышенное содержание цинка в верхнем горизонте в сравнении с почвообразующими породами. В аллювиальных почвах содержание цинка в гумусовом горизонте в 1.1-2.4 раза выше, чем в почвообразующих породах.

УДК 631.4; 574.34

ОЦЕНКА ТОКСИЧЕСКОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ СИГАРЕТНЫХ ОКУРКОВ НА ПОЧВЫ ГОРОДА ОРЕНБУРГА МЕТОДАМИ БИОИНДИКАЦИИ

Булгакова М.А., Идрисов Д.А.

Оренбургский государственный университет, Оренбург

E-mail: biosu@mail.ru

Окурки и упаковки табачных изделий являются самым распространенным мусором на улице. По данным статистики, только 10% окурков оказывается в пепельнице, остальные выбрасываются на землю и, смываемые дождем в канализацию, в конечном итоге попадают в реки и водоемы. Фильтры сигарет состоят из ацетилцеллюлозы и содержат тысячи полимерных волокон, разлагающихся в течение 10-15 лет, становясь источником микропластика и микроволокон.

Цель работы: разработать метод экспресс-диагностики почв, загрязненных сигаретными окурками, по поведенческим реакциям и репродуктивным показателям популяции дождевых червей.

В ходе работы был поставлен модельный эксперимент с лабораторной культурой дождевых червей *Eisenia fetida*, являющихся обычными представителями почв Оренбургской области. Для проведения исследований были выбраны сигареты марок «Bond», «Kent», «Winston» в связи с их доминированием на рынке и наиболее частым потреблением населением. Экстракты табачных изделий получали путем замачивания окурков на сутки в 200 мл воды, затем отстаившуюся жидкость сливали в чистые емкости, получая концентрированный раствор, содержащий 13 г/л никотина. При биотестировании образцов почв использовался тест «50 червей», определялась скорость закапывания червей в субстрат, процент выживаемости и средняя эффективная летальная концентрация экстракта сигарет, при которой гибнет 50 (LC50) и 100% (LC100) особей. В загрязненную почву помещали червей маточной популяции и определяли дозы экстрактов LD50 по результатам семи суток. Концентрация в 4.33 г/л оказалась менее токсичной, и начиная с четвертых суток эксперимента смертность *Eisenia fetida* составила 0.5 ± 0.1 особи. На шестые сутки опыта смертность сохранила прежние показатели и начиная с седьмого дня увеличилась до 1.4 ± 0.1 особи. При повышении концентрации токсинов до 6.5 г/л наблюдалась высокая смертность особей в первые 24 ч эксперимента (8.9 ± 0.3 экз.). Максимальная доза препарата (13 г/л) вызвала 100%-ную гибель всех дождевых червей в первые 5 ч.

В большей степени токсическое действие окурков связано с присутствием легких фракций, имеющих в почве в значительном количестве в первые дни после ее загрязнения. Эти соединения являются

летучими и постепенно удаляются из почвы по мере размывания окурков, а поэтому период острого токсического действия в среднем составляет один-три дня. Результаты с застарелыми загрязнениями почв также показали наличие выраженной зависимости скорости закапывания червей в почву и выживаемости от концентрации токсинов в почве. Полученная зависимость также близка к линейной. Биотестирование загрязненных почв с использованием любых биологических объектов может быть использовано при малых и средних концентрациях загрязнителя. При более высоких концентрациях загрязнителя для большинства тест-объектов наступают абсолютные летальные концентрации.

УДК 631.416.8

ОСОБЕННОСТИ ВЛИЯНИЯ ПРОБОПОДГОТОВКИ НА ЭКСТРАГИРУЕМОСТЬ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ ПРИ РАЗНОМ УРОВНЕ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПОЧВЫ

Бурачевская М.В., Минкина Т.М., Манджиева С.С., Петухова В.Н.
Южный федеральный университет, Ростов-на-Дону
E-mail: marina.0911@mail.ru

Почва представляет собой полидисперсную систему, состоящую из частиц разной крупности. С увеличением дисперсности почвенных частиц возрастает ее суммарная поверхность, которая играет основную роль во всех физико-химических реакциях между твердой и жидкой, твердой и газовой фазами почвы. Размер почвенных частиц значительно влияет на потенциальную токсичность металлов, которую можно оценивать по содержанию подвижных форм соединений тяжелых металлов в почве, что наиболее точно отражает их биодоступность. Для извлечения подвижных соединений тяжелых металлов методами параллельных и последовательных экстракций используется разная пробоподготовка: просеивание через сито с диаметром отверстий 1 мм (ГОСТ 17.4.4.02-84) и 0.25 мм (Tessier и др., 1979).

Для изучения влияния пробоподготовки на состав соединений тяжелых металлов в почве при разных уровнях их содержания были отобраны образцы, искусственно загрязненные 300 и 2000 мг/кг Cu, Pb и Zn. Использован верхний слой чернозема обыкновенного (Naplic Chernozem) со следующими физико-химическими свойствами: pH – 7.4; 54.3% физической глины, 31% ила, содержание $C_{орг.}$ – 4.2%; $CaCO_3$ – 0.7%; ЕКО почвы – 32 $cM(+)\cdot kg^{-1}$.

Была выполнена общая подготовка почвы (просеивание через сито диаметром 1 мм) и специальная подготовка (сито с диаметром 0.25 мм). Для определения обменных соединений металлов в почве использовался 1 н. ацетатно-аммонийный буфер (ААВ); комплекс-

ных форм – 1% ЭДТА в ААБ; специфически сорбированных – 1 н. HCl. Эти соединения представляют собой подвижные соединения в почве. Содержание Zn, Cu и Pb в почвенных вытяжках определяли методом ААС.

В варианте, когда почва просеивалась через сито диаметром 0.25 мм, экстрагируемость Zn, Cu и Pb заметно выше, чем при просеивании почвы через сито 1 мм, что связано с увеличением удельной поверхности частиц. Различия в величинах извлечения металлов из незагрязненной почвы, подготовленной по общей и по специальной пробоподготовке, составили для обменных соединений – от 0.4 до 2%, для комплексных соединений – от 0.4 до 5% и специфически сорбированных – от 0.6 до 5%. С возрастанием степени техногенной нагрузки наблюдается увеличение количества экстрагируемых соединений металлов из почвы. Так, увеличение дозы загрязнения Zn с 300 до 2000 мг/кг привело к возрастанию количества всех исследуемых соединений металла с 4 до 13%, при увеличении дозы Cu – с 7 до 16% и Pb – с 3 до 17%. При этом сохраняются различия в большей экстрагируемости металлов из почвы, содержащей фракции частиц менее 0.25 мм. В случае загрязнения почвы Zn различия в относительном содержании металла в почвах с разной пробоподготовкой достигают 14%, при загрязнении Cu – до 5% и Pb – до 17%.

Таким образом, значительное влияние на данные параллельных вытяжек оказывает состояние анализируемого образца. При процедуре просеивания образца почв через сито 0.25 мм извлечение подвижных форм Zn, Cu и Pb существенно возрастает. Для анализа и сопоставления результатов экстрагирования соединений тяжелых металлов из почвы необходимо учитывать пробоподготовку, применяемую в каждом методе.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 19-74-00085.

УДК 631.416.9, 504.3.054

ОЦЕНКА МИКРОЭЛЕМЕНТНОГО СОСТАВА ПОЧВ И СНЕЖНОГО ПОКРОВА В ЗОНЕ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПРЕДПРИЯТИЙ ТОПЛИВНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА ГОРОДА ВОРКУТЫ

Василевич М.И., Василевич Р.С.

Институт биологии ФИЦ Коми НЦ УрО РАН, Сыктывкар
E-mail: mvasilevich@ib.komisc.ru

Экологические проблемы Арктики имеют глобальное значение. Главные источники загрязнения в арктической зоне – это добыча полезных ископаемых и предприятия энергетики. Преобладающую

роль в формировании загрязнения Воркутинской промышленной агломерации играют выбросы объектов топливно-энергетического комплекса (ТЭК). Проведен отбор проб снежного покрова и почв вблизи объектов ТЭК г. Воркуты. В снеге г. Воркуты вблизи ТЭК отмечено высокое содержание взвешенных частиц. Доля элементов в составе взвешенных частиц составляет более 60% от общего содержания в талой воде. Анализ минеральных форм элементов методом сканирующей электронной микроскопии с энергодисперсионным детектором в почвах и снежном покрове, отобранных в радиусе до 25 км от ТЭЦ-2, показал наличие частиц сферической формы размерностью от 0.2 до 50 мкм. Устойчивость данных частиц, химический состав, размер и морфология позволяют использовать их в качестве чувствительного индикатора антропогенных источников поступления. Отмечено, что содержание Cu и Mn в импактных зонах объектов ТЭК превышает фоновое в 3-10 раз. Поступление Ni, Cr, Co и Al в ряде пунктов отбора превышает фоновый уровень более чем в 20 раз. Содержание ванадия – индикатора угольной пыли – в составе снега превышало фоновый уровень в 300 раз и более. Установлено превышение ПДК_{п.х.} для Mn, Ni, Al, V, Mo и Hg. Высокие значения концентраций Hg (до 114 ПДК) обусловлены сжиганием угля на ТЭЦ и ее сорбцией на угольных и зольных частицах. Построены карты-схемы распределения веществ в снеге исследованной территории.

Показано, что по содержанию в снеге Hg и V можно установить зоны наибольшего аэрогенного воздействия. Согласно расчетам суммарного индекса загрязнения и значений кратностей поступления веществ над фоновым уровнем, наиболее сильное аэротехногенное загрязнение отмечено вблизи ТЭЦ-2. Произведено геохимическое опробование почв на глубину до почвообразующей породы вблизи ТЭЦ-2. Анализ содержания тяжелых металлов в органогенных горизонтах почв выявил плавное их уменьшение при удалении от источника эмиссии. В полутораклометровой зоне от предприятия происходит наиболее интенсивное уменьшение массовой доли Pb, Mg, Co, V, Cu, Ni. Доля летучих элементов (Cd, Zn, As) в почве в данной зоне уменьшается незначительно. Резкое падение содержания Pb, а также Mn, Co, V в 1,5-километровой зоне обусловлено ее осаждением в составе крупнодисперсных частиц сажи и зол уноса. Далее до 12 км зоны наблюдается тренд на ее уменьшение в составе верхних горизонтов почв. Сопоставление данных по содержанию микроэлементов в верхних горизонтах с гигиеническими нормативами для почв показало превышение для Cd (до 1.6 ОДК), Zn (до 1.0 ОДК), As (до 3.2 ОДК), Co (2.0 ОДК) в верхних почвенных горизонтах и Co (до 2.8 ОДК) в минеральных горизонтах.

Анализ профильного распределения микроэлементов показал единые закономерности для всех пунктов отбора. Аккумулятивный

характер накопления имеют элементы с высоким химическим сродством к органическому веществу почв: Hg, Pb, Cu, Ca. Эти элементы накапливаются в верхней части профиля, образуя устойчивые координационные соединения с гуминовыми кислотами, либо остаются в неизменном виде в составе зол уноса на поверхности почвы. Элювиально-иллювиальный характер профилейного распределения V, Cr, Ni свидетельствует о почвенной миграции этих элементов вследствие их высокой лабильности. Это может приводить к их дальнейшей миграции в природные водотоки.

УДК 551.510.04:631.4:549.25/.28:612.014.46

ТЕХНОГЕННОЕ ЗАГРЯЗНЕНИЕ ПОЧВ НА СЕВЕРЕ КРЫМСКОГО ПОЛУОСТРОВА

**Васильева Г.К.¹, Аверкиева И.Ю.¹, Калинин П.И.¹, Митенко Г.В.¹,
Евстафьева Е.В.²**

¹ Институт физико-химических и биологических проблем почвоведения РАН,
Пушино

E-mail: gkvasilyeva@rambler.ru

² Медицинская академия им. С.И. Георгиевского, Симферополь

В конце лета 2018 г. на севере Крыма произошла экологическая катастрофа. В г. Армянске и его окрестностях наблюдался выброс неизвестных загрязняющих веществ, который вызвал резкое ухудшение здоровья населения и другие отрицательные явления, в частности, листопад и сильную коррозию металлических предметов. До настоящего времени ситуация остается напряженной. Доклад посвящен описанию предварительных выводов, сделанных на основании изучения степени загрязнения почв и сопряженных сред в северной части Крымского п-ова.

На севере Крыма функционирует нескольких химических предприятий. Наиболее крупным из них является ЗАО «Крымский титан» (ранее КПО «Титан»). Кроме того, там действуют Перекопский бромный и Крымский содовый заводы. В течение десятков лет сточные воды завода «Титан», содержащие серную кислоту, и других предприятий после частичной очистки сбрасывались в кислотонакопитель – отгороженная дамбой часть Сивашского залива площадью 42 км².

Отобранные в этом регионе в 2018 и 2019 гг. образцы почвы, воды, конденсата и растительности были проанализированы методами рентген-флуоресцентного анализа, ИК-спектроскопии, а также атомно-абсорбционной спектрометрии с электротермическим анализатором. Результаты анализов показали, что в почве, траве, листьях деревьев присутствуют повышенные концентрации тяжелых металлов

(ТМ) и других элементов. Особенно высокие концентрации характерны для Fe, Mn, Sr, V, Zr, Ti, Ni, а также повышены концентрации Al, Br, Ba, Mg, Zn и Cl. Аналогичные поллютанты обнаружены в конденсате, собранном с поверхности сайдинга в утренние часы. В листьях деревьев и траве концентрация Fe была в 3-16 раз, а Zn – в 3-5 раз выше нормы. В водопроводной воде, выдержанной в открытой пластиковой емкости в течение трех суток, резко возросли концентрации Mn и Fe – до 10 и 4 ПДК для питьевой воды соответственно. Способность $FeCl_3$ образовывать гели объясняет появление трудно смываемого налета на стенах в подъездах домов или маслянистой пленки на асфальте.

На основании полученных данных были сделаны предварительные выводы о том, что главной причиной техногенного загрязнения окружающей среды в этом регионе являются атмосферные выбросы завода «Крымский титан», содержащие различные элементы, присутствующие в ильменитовой руде, из которой получают титан. По-видимому, из-за использования артезианской воды с высоким содержанием хлоридов (после прекращения функционирования Северо-Крымского канала) в составе атмосферных выбросов повысилось содержание хлоридов ТМ, в частности, $FeCl_3$. При взаимодействии с водяными парами над кислотонакопителем хлориды гидролизуются с образованием концентрированной соляной кислоты, оказывающей раздражающее действие на бронхолегочную систему человека и обладающей коррозионным действием. Исследования, проведенные КГМУ, показали, что еще в 1990-х гг. у жителей Армяно-Красноперекоевского региона Крыма, находящегося в зоне влияния техногенных выбросов, наблюдались изменения иммунной системы, повышенная частота заболевания бронхолегочной системы и ОРВИ, которые связывали с загрязнением почв и растениеводческой продукции в результате атмосферных выбросов ТМ заводом «Крымский титан». Однако в последнее время вследствие ухудшения качества технической воды наиболее сильное воздействие на состояние окружающей среды и здоровье населения, по-видимому, оказывают прямые атмосферные выбросы завода. Считаю, что необходимо проведение более детальных и комплексных исследований причин загрязнения окружающей среды и выработка мер по снижению техногенного воздействия в этом регионе.

УДК 631.48(571.63)

СОДЕРЖАНИЕ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В БУРОЗЁМАХ ПРИБРЕЖНО-ОСТРОВНОЙ ЗОНЫ ПРИМОРЬЯ

Вихрова Е.А.

Дальневосточный федеральный университет, Владивосток

E-mail: evgeniya.vixrova.94@mail.ru

В заливе Петра Великого располагаются многочисленные острова, отличающиеся друг от друга по площади, удаленности от материка, а также степени антропогенной трансформации почвенно-растительного покрова. Некоторые острова (Русский, Попова, Путятина) имеют крупные размеры, и покрывающая их растительность в общих чертах схожа с растительностью на сопредельных частях материка. Подавляющая часть островов совсем небольшие – площадь их менее 1 км². Природные процессы на островах отличаются от материковых, что обусловлено спецификой морского климата, площадью, степенью изоляции и временем отделения островов от материка.

Район исследования находится в муссонной области умеренного пояса с сухой зимой и влажным летом. Согласно геоботаническому районированию, эта территория относится к Дальневосточной хвойно-широколиственной области Маньчжурской провинции кедрово-широколиственных и дубовых лесов Хасанского округа. Почвенный покров представлен зональными для буроземно-лесной области юга Дальнего Востока почвами – буроземами типичными и буроземами темными.

На островах Сидорова и Герасимова под высокосомкнутым широколиственным лесом с хорошо развитым травяным покровом создаются благоприятные условия для формирования преимущественно буроземов темных с характерным для этого типа набором генетических горизонтов: O-AU-AUBMBM-BMC. На о-ве Герасимова на участках с разреженным травостоем наряду с буроземами темными распространены буроземы типичные с характерным для этого типа набором генетических горизонтов: O-AУ-AУBMBM-BMC. На о-ве Бычий под кустарниково-травяной растительностью формируются буроземы темные иллювиально-гумусовые с профилем O-AU-AUBMhi-BMhi-BMC.

В целом почвенный профиль буроземов на рассматриваемых островах в отличие от буроземов островов центральной части залива Петра Великого имеет ряд специфических черт. Лесная подстилка островов Сидорова и Герасимова характеризуется большой мощностью (6–9 см, в отдельных местах 15 см). Формированию мощных подстилок способствуют, с одной стороны, сплошная облесенность

этих островов и высокая сомкнутость крон древесного полога на всей площади, включая береговые обрывы, а также хорошо развитый травяной покров. С другой стороны, местоположение островов в защищенной от сильных ветров бухте Табунная создает благоприятные условия для накопления опада, практически без выноса его с территории островов.

Проведенные исследования свидетельствуют о том, что для рассматриваемого ряда буроземов островов характерно незначительное варьирование по содержанию большинства тяжелых металлов и микроэлементов, а высокие концентрации их в почвах отражают природные особенности территории и высокую сорбционную способность почв буроземного ряда.

УДК 631.41:[504.5:669.2](470.54-25)

ТЯЖЕЛЫЕ МЕТАЛЛЫ В ПОЧВАХ УРБАНИЗИРОВАННЫХ ЛЕСОВ ЕКАТЕРИНБУРГА: ПОЧЕМУ ГОРОДСКИЕ УЧАСТКИ ЧИЩЕ ЗАГОРОДНЫХ?

**Воробейчик Е.Л., Кайгородова С.Ю., Коркина И.Н., Габерштейн Т.Ю.,
Веселкин Д.В.**

Институт экологии растений и животных УрО РАН, Екатеринбург
E-mail: ev@ipae.uran.ru

Обычно считают, что почвы крупных промышленных городов сильно загрязнены тяжелыми металлами. Екатеринбург – не исключение: в официальных документах и в научных публикациях признано, что он очень «грязный». Однако такой взгляд – как в целом по крупным городам, так и в частности по Екатеринбургу – чаще всего базируется на анализе содержания металлов, во-первых, в центральных частях города, и во-вторых, в верхних слоях искусственно сформированных почв на газонах или сильно преобразованных почв в парках. Мало информации о загрязнении почв в урбанизированных лесах естественного происхождения.

Мы анализировали внутрипрофильное распределение кислоторас растворимых форм металлов в почвах сосновых лесов естественного происхождения (в основном буроземы оподзоленные, без признаков антропогенных педотурбаций; восточный макросклон Урала, южная тайга). Сравнили участки в пределах «зеленого кольца» лесопарков Екатеринбурга (24 пробные площади), в сохранившихся небольших фрагментах лесов внутри городской застройки (16 площадей) и вне города (10-15 км к западу от лесопарков, 10 площадей). Для выбранных элементов (Cu, Pb, Cd, Zn) характерно антропогенное происхождение, в отличие, например, от часто геогенного Ni. По содержанию

элементов в верхних горизонтах почв соотношение участков оказалось «контринтуитивным»: концентрации Cu, Cd и Zn в лесной подстилке лесопарков и внутригородских участков были в два-три, а Pb в пять раз ниже, чем загородных. Аналогичное, но менее контрастное, соотношение участков было выявлено по запасам элементов в слое почвы 0-20 см. Однако запасы металлов в слое 0-50 см, т.е. почти во всем почвенном профиле, были выше в лесопарках по сравнению с загородными участками. Соответственно, различалось вертикальное распределение металлов: за городом основной запас сосредоточен в верхней части профиля, а в лесопарках – в нижней.

Выявленное соотношение участков может быть следствием трех причин: 1) различий в геохимическом фоне (положительная аномалия за городом, отрицательная – в городе); 2) различий в атмосферном поступлении металлов (ниже в городе); 3) различий в скорости очищения почв от металлов (более интенсивная вертикальная миграция в городе). Комплекс прямых и косвенных данных позволяет исключить первые две причины и считать наиболее вероятной третью. И загородные участки, и городские лесопарки подвержены атмосферным выпадениям металлов из шлейфа промышленных выбросов предприятий городов Ревды и Первоуральска (прежде всего, крупный медеплавильный завод), расположенных в 50 км к западу от Екатеринбурга. Однако в лесопарках интенсивнее протекают процессы биологического разложения растительного опада: мощность лесной подстилки в лесопарках в два раза ниже, чем за городом; здесь доминируют наиболее активные формы гумуса (Oligomull и Mesomull), тогда как за городом спектр сдвинут в сторону менее активной формы (Dysmull). Высокая биологическая активность почв в городе снижает емкость биогеохимического барьера, что стимулирует вертикальную миграцию металлов. Она может быть следствием положительного влияния «теплового купола», эвтрофикации от выбросов автотранспорта и других источников, увеличения в хвойных насаждениях доли легко разлагаемого и богатого азотом листовного опада из-за вселения апофитов.

Феномен биогенного ускорения самоочищения почвы от металлов в условиях города следует учитывать при анализе закономерностей функционирования урбанизированных экосистем. Важно методическое следствие: для полной характеристики загрязненности почв в городах необходимо анализировать не только верхние, но и нижележащие почвенные горизонты.

ФЕРМЕНТАТИВНАЯ АКТИВНОСТЬ ПОЧВ В УСЛОВИЯХ ЗАГРЯЗНЕНИЯ НАНО- И МИКРОЧАСТИЦАМИ

Галактионова Л.В., Терехова Н.А.

Оренбургский государственный университет, Оренбург

E-mail: anilova.osu@mail.ru

Нарастающее загрязнение почв загрязнителями органической и неорганической природы представляет большую угрозу продовольственной безопасности и сохранению здоровья населения.

Развитие научно-технического прогресса сопровождается появлением новых видов загрязнителей (пластик, микрочастицы, наночастицы) или выявлением негативных последствий поступления в окружающую среду компонентов (бисфенол А, фталаты, перфторалкильные вещества и др.), традиционно используемых продуктов.

Среди различных загрязнителей нано- и макрочастицы металлов представляют собой одну из самых высоких угроз живым системам. А основным источником загрязнения почв ультрадисперсными частицами являются промышленные предприятия. С нарастанием темпов индустриализации усиливается и загрязнение окружающей среды.

Экологические и биологические условия влияют на взаимодействие трансформированных ультрадисперсных частиц с клетками (например, распознавание, поглощение, пути и клеточные ответы) и, как следствие, на их токсичность.

Оценка влияния нано- и микрочастиц на ферментативную активность почв осуществлялась в условиях модельного эксперимента. Подготовка почв, представленных черноземом южным, осуществлялась согласно общепринятой методике и имела следующие характеристики: рН 7,7, органическое вещество – 3,9%, N_{общ.} – 0,24%. Для опыта были использованы нано- и микрочастицы железа (произведены компанией «ADVANSED POWDER TECHNOLOGIES LLC» (Россия) размером 50-80 и 80-110 нм. Водные суспензии микро- и наночастиц предварительно готовили согласно ТУ 931800-4270760-96 в ультразвуковой ванне «Сапфир» в течение 60 мин. и вносили в почвенные образцы.

Почву помещали в контейнеры и обрабатывали суспензией частиц, тщательно перемешивали и инкубировали в течение трех недель в термостате (при t 20 °С и влажности 37%). Для эксперимента были выбраны концентрации 50, 100, 250, 500 и 1000 мг/кг.

Активность каталазы определяли газометрическим методом, уреазы – по методу Щербаковой (1983), пероксидазы – по методу Карягиной, Михайловской (1986), инвертазы – по методу Хазиева (1998).

Показатели ферментативной активности почв являются наиболее информативными показателями загрязнения, на основании которых проводят оценку его токсичного действия на почвенную биоту.

Почвенная уреаза играет важную роль в минерализации азотсодержащих органических соединений и используется в качестве диагностического показателя при проведении мониторинговых исследований. Загрязнение почв микро- и наночастицами железа вызвало увеличение активности фермента во всех диапазонах концентраций на 15-28% по сравнению с контролем.

Каталаза является одним из наиболее информативных показателей экологического состояния почв. Внесение ультрадисперсных частиц железа вызвало линейное увеличение активности фермента с максимальным значением в варианте опыта 100 мг/кг, которое составило 15.6 мл O₂ на 1 г почвы за 1 мин.

Активность полифенолоксидазы и пероксидазы в почвах модельного эксперимента не имела ярко выраженной зависимости от концентрации микро- и наночастиц железа. Хотя необходимо отметить, что в варианте опыта 1000 мг/кг наблюдается снижение активности полифенолоксидазы до 0.7 и увеличение пероксидазы до 1.9 мг 1-4 парабензохинона на 1 г почвы за 30 мин. Активность инвертазы не имела четкой зависимости от дозы поллютанта, но в целом превышала значение контроля.

Таким образом, загрязнение черноземов микро- и наночастицами железа в условиях модельного эксперимента продемонстрировало избирательную чувствительность показателей ферментативной активности почв к воздействию нового вида загрязнителей.

УДК 631.417

ТЕХНОГЕННЫЕ УГЛЕВОДОРОДЫ В ПОЧВАХ

Геннадиев А.Н., Пиковский Ю.И., Жидкин А.П., Качинский В.Л., Ковач Р.Г., Кошовский Т.С.

Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Москва
E-mail: alexagenna@mail.ru

Изучение особенностей поведения техногенных углеводородов (ТУ) в почвах является актуальным в связи с широким распространением этих соединений в почвенном покрове и их токсичностью. Исследования проводились в рамках трех основных тематических блоков. Первый блок касался анализа процессов трансформации и миграции ТУ в почвах и включал, в частности, работу, проведенную в арктотундровых ландшафтах Новосибирских островов, где остались многие объекты инфраструктуры советских времен, в частности,

большое количество тары из-под горюче-смазочных материалов, которые являются источниками углеводородных поллютантов в почвах.

Было показано, что гексановые битумоиды, метаново-нафтенновые и нафтенновые углеводороды, индивидуальные n-алканы и другие ТУ в большинстве случаев неглубоко проникают в почвы, совсем не накапливаются или слабо накапливаются непосредственно над кровлей многолетнемерзлых пород. В почвенно-геохимических сопряжениях их латеральный поток приурочен главным образом к приповерхностным горизонтам почв, так как боковая миграция происходит только при сочетании активного снеготаяния и приповерхностного протаивания почв в раннелетний период.

Другое исследование процессов трансформации и миграции ТУ в почвах проводилось в Волгоградской области на территории нефтяного промысла, где были выявлены модификации углеводородного комплекса почв на стадиях аварийного инъекционного поступления нефтяных поллютантов и последующего самоочищения почвенной толщи от продуктов техногенеза. Второй блок исследований включал себя работы, направленные на установление связей между источниками и объектами загрязнения почв ТУ (главным образом, полициклическими ароматическими углеводородами – ПАУ). Проведенное в Московской, Омской и Самарской областях исследование почв, находящихся в зоне поступления ТУ от предприятий по производству технического углерода, позволило выявить связи углеводородного комплекса почв с типом и экологической чистотой производственных технологий, временем существования предприятий. Была проведена классификация точек опробования по сходству приуроченных к ним ассоциаций ПАУ путем проведения кластерного анализа в пакете Statistica 10.0. Установлена определенная связь между ассоциациями и величиной концентрации полиаренов в почвах: для более «тяжелых» ассоциаций характерны наибольшие суммы ПАУ в почвенных горизонтах.

К третьему блоку рассматриваемой тематики относилась разработка подходов к оценке экологического состояния подводных почв при нефтегазоразведочных работах в пределах акватории Обской губы. Материалом для исследования послужили почвенные пробы, собранные в течение двух сезонов – лета, осени. Концентрации битуминозных компонентов (битумоидов) в подводных почвах разделялись на две совокупности, имеющие разную природу. Фоновые концентрации (не более 80 мг/кг) были обусловлены осаждением отмершего планктона и сносом терригенного материала. В осенний период отмечалась только эта фоновая совокупность, в летний сезон на ряде станций в подводных почвах отмечалось повышение концентрации легких углеводородов до 100-400 мг/кг, что было связано с четырьмя источниками битумоидов. Это органическое

вещество планктона, органическое вещество терригенной взвеси, углеводороды диффузионного или эффузионного потоков от залежи нефти или газа и углеводороды техногенного загрязнения нефтью и нефтепродуктами. В подводных почвах акватории Обской губы был идентифицирован целый комплекс ПАУ. При этом их суммарные концентрации варьировали в широком диапазоне – от первых нг/г до 18 000 нг/г. Самые высокие концентрации локализовались на участке геологоразведочных работ и в зоне маргинального фильтра, при этом наиболее высокая доля ПАУ (до 95%) принадлежала гомологам нафталина.

УДК 631.412

НЕКОТОРЫЕ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА АЛЛЮВИАЛЬНОЙ ГУМУСОВОЙ ГЛЕЕВОЙ ПОЧВЫ ПОСЛЕ ОБРАБОТКИ УГЛЕВОДОДАМИ НЕФТИ

Гончаров А.С.

Сургутский государственный университет, Сургут

E-mail: ecology-gas@yandex.ru

Усиленное развитие крупных нефтегазовых комплексов в Западной Сибири приводит к возникновению ряда масштабных экологических проблем, среди которых особое место занимает загрязнение почвенного покрова нефтепродуктами. При авариях на трубопроводах в почву проникают различные поллютанты, образующие большие участки загрязненных ландшафтов. Восстановление же почв в суровых климатических условиях – процесс чрезвычайно длительный и не всегда достижимый.

В настоящее время контроль за состоянием почвенного покрова в границах месторождений нефти происходит на двух уровнях: государства и предприятия. Многие показатели не нормируются настоящим законодательством. В соответствии с Постановлением № 466-п от 10.12.04 ХМАО-Югры, контрольным показателем является определение остаточного содержания нефтепродуктов в почве после ее рекультивации. Другие не менее важные показатели загрязнения в проведении обследований загрязненных участков, как правило, не учитываются. Одновременно исследования и разработки, посвященные нефтяному загрязнению и рекультивации почв, также акцентируются на одном показателе – содержание нефтепродуктов в почве. Несмотря на громадные усилия, принимаемые для борьбы с нефтезагрязнениями, вопрос полного восстановления почв до сих пор остается актуальным. Причиной этого является, в частности, отсутствие глубокого понимания процессов, протекающих в почвах

при нефтезагрязнении. В большинстве исследований присутствуют односторонние подходы, не представляющие комплексной работы: не учитываются фоновые характеристики изучаемого типа почв либо почва рассматривается как субстрат.

Формирование единого понимания процессов, протекающих при нефтяном загрязнении почв, должно происходить за счет комплексного исследования биоценологических, химических, физико-химических, токсикологических, микробиологических процессов в почвах. Комплексный подход с использованием современных методов должен дать количественные характеристики процессов изменения физико-химических показателей, поглощения и освобождения основных типов таежных почв от продуктов добычи нефти. В данной работе предполагается комплексно изучить процессы взаимодействия почв с различными углеводородами нефти.

В настоящий момент выполнен один из этапов данной работы, а именно – изучены фоновые характеристики основных физико-химических свойств почв аллювиального типа и их изменения при добавлении разных концентраций нефтепродуктов. В дальнейшем проведенные исследования могут быть использованы в технологии восстановления техногенно нарушенных земель и снижения токсичности нефтепродуктов.

С условно ненарушенного (фонового) участка в районе урочища Каменный мыс (пойма р. Юганская Обь) были отобраны пробы аллювиальной гумусовой глеевой почвы методом конверта с глубины 0-20 см. Далее была проведена пробоподготовка и квартование образца. Подготовленный образец поделили на две части – растертого и ненарушенного сложения. Для изучения изменений физико-химических параметров в пробу аллювиальной гумусовой глеевой почвы вносили легкую нефть плотностью 0.818 г/см^3 с Федоровского месторождения в концентрациях 20, 50, 100, 150, 200 г/кг. Это соответствовало концентрациям, превышающим порог допустимого значения содержания нефтепродуктов в аллювиальной почве согласно Постановлению.

В результате анализов, проведенных по общепринятым в почвоведении методикам, получены следующие результаты. При повышении концентрации нефтепродуктов происходит увеличение актуальной (рН от 4.79 до 5.05) и потенциальной (рН от 4.18 до 4.3) кислотности почв, а обменная (с 0.65 до 0.4 ммоль/100г) и гидролитическая (с 12.8 до 4.52 ммоль/100 г) кислотности уменьшаются. Сумма поглощенных оснований и емкость катионного обмена почвы также снижаются. Повышение концентрации нефти в почве приводило к уменьшению плотности твердой фазы (с 2.4 до 2 г/см^3), увеличению объемного веса за счет впитывания фракций нефти, что приводит к уменьшению пористости почвы (с 32 до 7%). За счет изменения физических свойств ухудшается полная влагоемкость (уменьшение с

31.5 до 6.4%), ее гигроскопичность (с 2.82 до 2.35%) и максимальная гигроскопичность (с 8.33 до 6.71%). Полученные данные можно объяснить, если предположить, что нефть при взаимодействии с почвой обволакивает мелкие агрегаты и поверхность их пор, снижает ионообменную емкость и сорбционные свойства.

Работа выполнена в рамках гранта РФФИ № 19-29-05213 мк.

УДК 631.4

ХАРАКТЕРИСТИКА ПЫЛЕВОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ ОКРЕСТНОСТЕЙ БАЛАКОВСКОГО ЗАВОДА «ФОСАГРО» ПО АНАЛИЗУ СНЕЖНОГО ПОКРОВА

Горлов А.А., Рогова О.Б.

Почвенный институт им. В.В. Докучаева, Москва

E-mail: phes@bk.ru

Определение химического состава атмосферных выпадений, и снега в частности, относят к косвенным методам изучения уровня загрязнения воздушного бассейна.

Основной целью исследования снежного покрова территории, прилегающей к предприятию по производству фосфорсодержащих минеральных удобрений и кормовых фосфатов (Балаковский филиал АО «Апатит», ГК «ФосАгро»), было определение фоновых концентраций основных химических веществ и оценка степени загрязнения снежного покрова пылевыми выбросами комбината.

Пробы снега доставлялись в лабораторию в замороженном виде без использования консервантов. Всего было отобрано и проанализировано 15 образцов снега по четырем трансектам по мере удаления от территории предприятия.

Выбор точек пробоотбора осуществлялся с учетом региональной розы ветров периода устойчивого снежного покрова.

Во всех пробах снега анализировалась жидкая (талая вода) и твердая (твердый осадок) фазы. Определяли общие показатели, а также содержание макро- и микроэлементов, включая тяжелые металлы, редкоземельные элементы и металлоиды.

Содержание анализируемых параметров в образцах снега (твердая и жидкая фазы) сравнивалось с соответствующими локальными и региональными фоновыми концентрациями. В качестве локального фонового содержания загрязняющих веществ было выбрано усредненное содержание веществ в наиболее отдаленных от предприятия образцах снега. По результатам проведенной снегомерной съемки в марте 2019 г. мощность снежного покрова составила от 55 до 70 см, плотность снега варьировала от 0.19 до 0.24 г/см³, объем воды – от 88 до 145 л/м². Общая пылевая нагрузка – менее 100 кг/км² в сутки, что соответствует очень низким значениям.

Величина рН талых вод составила 4.4-5.6, что характеризует их как кислые. Удельная электропроводность талой воды варьирует в образцах от 13.8 $\mu\text{См}/\text{см}$ в 2 км к северу от источника загрязнения до 35.9 $\mu\text{См}/\text{см}$ в образце, отобранном в 1 км к северо-востоку от основных источников выбросов предприятия. Минерализация в соответствующих образцах талой воды составляет от 9.0 до 23.3 мг/л. В большинстве проб снега в талой воде повышенное, относительно фонового содержания, количество фосфора, серы и кремния в образцах, отобранных на расстоянии не более 2 км от предприятия; фосфора – в образцах, отобранных на расстоянии 2-3 км по розе ветров, что указывает на распространение тонкопылевых аэрозолей фосфогипса. Вывод подтверждается наличием в этих пробах повышенного содержания стронция, а также до 15 раз повышенного по сравнению с фоном содержания лантана, церия и неодима как сопутствующих элементов фосфогипса в составе твердой пылевой фракции снега. Помимо этих элементов, твердый осадок содержит повышенные относительно фоновых значений количества меди, никеля, свинца, хрома и цинка.

При этом необходимо отметить, что снежный покров изученной территории характеризуется низкими показателями пылевой нагрузки, суммарного загрязнения и суммарной нагрузки по содержанию тяжелых металлов, что в целом говорит о низком загрязнении снежного покрова и, соответственно, атмосферного воздуха в зимний период. Необходимо учитывать, однако, что в летнее время ситуация может меняться за счет активного пыления расположенного в непосредственной близости к заводу отвала.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 19-05-50016 микромир «Изучение процессов миграции и закрепления редкоземельных элементов, поступающих на поверхность почвы в форме микрочастиц».

УДК 57.044; 631.46

ВЛИЯНИЕ ЗАГРЯЗНЕНИЯ БЕНЗИНОМ НА ФЕРМЕНТАТИВНУЮ АКТИВНОСТЬ ПОЧВ АРИДНЫХ ЭКОСИСТЕМ ЮГА РОССИИ

Дауд Р.М.

Южный федеральный университет, Ростов на Дону
E-mail: ramadaoud91@yahoo.com

Масштабы добычи нефти и производства нефтепродуктов в мире постоянно увеличиваются. Растет и количество случаев загрязнения почв нефтяными углеводородами. Загрязнение почв нефтью и нефтепродуктами нарушает физические, химические и биологические

свойства почвы. Загрязнение почв нефтью и нефтепродуктами, в том числе бензином, часто встречается на юге России. Большим потенциалом углеводородного сырья располагают Волгоградская и Астраханская области, Краснодарский край, Ингушетия и Чеченская республика. Рост масштабов добычи и транспортировки нефти ведет к усилению загрязнения почв региона. Сохранение почв аридных экосистем важно для поддержания биологического разнообразия и устойчивости природных экосистем.

В настоящей работе представлены результаты модельного лабораторного исследования изменения активности каталазы и дегидрогеназ при загрязнении бензином почв аридных экосистем юга России (темно-каштановой, каштановой, светло-каштановой, бурой полупустынной и песчаной почвы), а также чернозема обыкновенного для сравнения. Использовали верхний пахотный слой почвы 0-10 см, так как в непашотных почвах в нем задерживается большая часть загрязняющих веществ.

Бензин вносили в почву в количестве 1, 5, 10% от массы почвы. Загрязнение почвы бензином в таких количествах часто встречается в районах нефтедобычи, транспортировки и переработки нефти и даже после ликвидации загрязнения.

Почву инкубировали в вегетационных сосудах при комнатной температуре (20-22 °С) и оптимальном увлажнении (60% от полевой влагоемкости) в трехкратной повторности.

Образцы для лабораторно-аналитического исследования отобрали через 30 дней после загрязнения. Лабораторно-аналитические исследования были выполнены с использованием общепринятых методов. Определяли активность каталазы и дегидрогеназ. Активность каталазы измеряли по методике Галстяна, дегидрогеназ — по методике Галстяна в модификации Хазиева.

Активность ферментов служит показателем потенциальной биологической активности почвы. Каталаза и дегидрогеназа принадлежат к окислительно-восстановительным ферментам — наиболее чувствительным к химическому загрязнению.

В результате исследования установлено, что загрязнение почвы аридных экосистем юга России бензином ведет к снижению активности каталазы и дегидрогеназ. Степень снижения активности каталазы и дегидрогеназ находилась в прямой зависимости от содержания в почве бензина.

По устойчивости активности каталазы к загрязнению бензином почвы аридных экосистем юга России располагаются следующим образом: черноземы обыкновенные (86) > каштановые почвы (81) ≥ темно-каштановые почвы (80) ≥ светло-каштановые почвы (79) > песчаные почвы (75) > бурые полупустынные почвы (68).

По устойчивости активности дегидрогеназ к загрязнению бензином почвы аридных экосистем юга России образуют следующий ряд: черноземы обыкновенные (69) > каштановые почвы (60) ≥ темно-каштановые почвы (58) > светло-каштановые почвы (54) ≥ песчаные почвы (51) ≥ бурые полупустынные почвы (50).

Таким образом, большую буферную способность к загрязнению бензином проявили черноземы обыкновенные, каштановая и темно-каштановая почвы, меньшую – светло-каштановая и песчаная и наименьшую – бурая полупустынная. Такая последовательность определяется эколого-генетическими свойствами исследованных почв – чем лучше оструктуренность почвы, тем выше ее устойчивость к загрязнению бензином.

УДК 631.45

СУММАРНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ПРИОРИТЕТНЫХ ПОЛИАРЕНОВ В БЫВШЕМ ШЛАМОХРАНИЛИЩЕ ВБЛИЗИ РЕКИ СЕВЕРСКИЙ ДОНЕЦ

**Дудникова Т.С., Сушкова С.Н., Минкина Т.М., Антоненко Е.М.,
Барбашев А.И., Чаплыгин В.А., Лобзенко И.П.**

Южный федеральный университет, Ростов-на-Дону

E-mail: tyto98@yandex.ru

Полициклические ароматические углеводороды (ПАУ) – группа высокомолекулярных соединений, для которой характерно наличие в своей структуре двух и более сконденсированных бензольных колец. Массовое накопление ПАУ в природных ландшафтах связывают с деятельностью нефтехимической промышленности, энергогенерирующими предприятиями, автотранспортом и т.д. В мировой практике, для оценки загрязнения почв ПАУ часто используют систему нормирования 16 представителей данного класса соединений из списка приоритетных поллютантов США, для которых экспериментально установлена канцерогенная активность. В России принято нормировать только бенз(а)пирен (БаП) – поллютант первого класса опасности. Предельно допустимая концентрация (ПДК) его в почвах составляет 20 нг/г.

Объектом исследования являлись техногенно трансформированные почвы бывшего шламохранилища, расположенного вблизи р. Северский Донец, а также нескольких населенных пунктов, одним из которых является г. Каменск-Шахтинский с населением более 90 тыс. человек. Близкое расположение бывшего шламоборника к землям населенных пунктов может создавать угрозу для здоровья местных жителей. Как шламоборник исследуемая территория не используется на протяжении 30 лет.

Целью данного исследования являлось выявить суммарное содержание ПАУ из списка приоритетных поллютанов в почвах бывшего шламохранилища. Для достижения поставленной цели были заложены четыре мониторинговых площадки (Т1, Т2, Т3, Т4) в пределах бывшего шламохранилища со свойствами почв: гумус – 3.3-6.2%, рН водной вытяжки – 3.7-6.6, содержание физической глины – 6.9-27.0%. Площадки Т3 и Т4 расположены в юго-восточной части шламохранилища, Т1 – в северной части и Т2 – в северо-восточной.

Отбор проб произвели в июне 2019 г. методом конверта на глубину 0-20 см. Извлечение ПАУ из образцов почвы проводили методом омыления, где мешающая липидная фракция почвы удаляется путем кипячения 1 г образца в 2%-ном спиртовом растворе гидроксида калия. Далее проводили экстракцию ПАУ гексаном с последующим переводом экстракта в ацетонитрил. Количественно определяли суммарное содержание ПАУ в экстракте методом высокоэффективной жидкостной хроматографии.

Суммарное содержание ПАУ в почвах мониторинговых площадок исследуемой территории состояло из представителей данного класса соединений, входящих в список приоритетных поллютанов: нафталин, биффенил, антрацен, аценафтен, аценафтилен, фенантрен, флуорен, бенз(а)антрацен, хризен, пирен, флуорантен, БаП, бенз(б)-флуорантен, бенз(к)флуорантен, дибенз(а, h)антрацен, бенз(г. h. i)-перилен.

В почвах мониторинговых площадок, расположенных в пределах исследуемой территории, зафиксировано следующее суммарное содержание ПАУ: 4228 ± 198 нг/г (Т3), 3891 ± 171 (Т4), 2018 ± 100 (Т2), 2215 ± 108 нг/г (Т1). Вероятнее всего, высокое суммарное содержание ПАУ в почвах исследуемой территории связано с низкой микробиологической активностью и бедностью растительного биоразнообразия, а сосредоточенность большего суммарного содержания ПАУ в почвах площадок Т3 и Т4 по сравнению с почвами мониторинговых площадок Т1 и Т2 может свидетельствовать об их близком расположении к источнику сброса промышленных стоков.

Исследование выполнено при поддержке гранта РНФ № 19-74-10046.

УДК 631.46

ПОДХОД К НОРМИРОВАНИЮ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ТЯЖЕЛЫМИ МЕТАЛЛАМИ И НЕФТЬЮ ЧЕРНОЗЕМОВ РАЗНОГО ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКОГО СОСТАВА

Евстегнеева Н.А.

Южный федеральный университет, Ростов-на-Дону

E-mail: Natalja.evstegneewa@yandex.ru

В связи с высоким риском ухудшения плодородия почв России исследования последствий антропогенной нагрузки, в частности, химического загрязнения почв, остаются актуальным направлением экологии и охраны окружающей среды. Такие исследования необходимы для мониторинга состояния окружающей среды и разработки региональных ПДК.

При разработке комплексной оценки биологического состояния почв необходимо учитывать структуру и свойства почвы, биоклиматические условия местности, так как в разных условиях загрязнители ведут себя по-разному. Некорректно разрабатывать единый допустимый уровень загрязнения почв, универсальный для всей территории России.

В работе обобщены результаты модельных экспериментов по исследованию влияния загрязнения тяжелыми металлами (Pb, Cu, Ni, Cr) и нефтью на экологическое состояние и функционирование черноземов обыкновенных и бурых лесных почв разного гранулометрического состава.

Степень опасности элементов оценивали по степени снижения интегрального показателя биологического состояния (ИПБС) почвы. ИПБС был рассчитан на основе наиболее чувствительных и информативных показателей биологической активности почвы: общей численности бактерий, численности бактерий рода *Azotobacter*, активности ферментов (каталазы и дегидрогеназы), целлюлозолитической активности, фитотоксичности.

В результате исследования было установлено, что загрязнение чернозема обыкновенного, чернозема обыкновенного легкосуглинистого, бурой лесной кислой и бурой лесной кислой оподзоленной почв Pb, Cu, Ni, Cr и нефтью приводит к снижению биологических свойств этих почв. По силе негативного влияния на биологические свойства исследуемых почв оксиды тяжелых металлов образуют следующую последовательность: $\text{CrO}_3 > \text{CuO} = \text{NiO} \geq \text{PbO}$. Легкосуглинистые почвы (чернозем легкосуглинистый и бурая лесная кислая оподзоленная) менее устойчивы к загрязнению тяжелыми металлами, чем тяжелосуглинистые (чернозем обыкновенный и бурая лесная кислая).

По отношению к загрязнению нефтью получены противоположные значения для разных типов почв.

Были разработаны региональные нормативы предельно допустимого количества нефти, Cr, Cu, Pb и Ni в бурых лесных кислых почвах Краснодарского края и черноземе обыкновенном и черноземе легкосуглинистом Ростовской области, основываясь на нарушениях экологических функций почв.

Исследование выполнено при поддержке Президента Российской Федерации (НШ-2511.2020.11).

УДК 631.48

КАЛЬЦИЕВО-СТРОНЦИВое РАВНОВЕСИЕ В ПОЧВАХ ЗОН РАЗЛОМА КУЧИГЕРСКИХ ГИДРОТЕРМ

Жамбалова А.Д., Убугунов В.Л.

Институт общей и экспериментальной биологии СО РАН, Улан-Удэ
E-mail: zhambalova_ann@mail.ru

За счет эндогенной деятельности в почвах, приуроченных к зонам активных тектонических разломов, наблюдается привнос химических элементов. Благодаря дополнительному поступлению в почве происходит накопление одних и выщелачивание других, что приводит к смещению различного рода равновесий. Известно, что типичным элементом для сульфатных солончаков зон разломов является стронций, здесь его концентрация выше, чем в незасоленных почвах или в хлоридных солончаках. Стронций химически близок к кальцию, но более активен и может замещать кальций в биохимических реакциях. Соотношение Ca/Sr используется для мониторинга заболеваний, связанных с токсичностью стронция. Если соотношение Ca/Sr ниже 100, в костной ткани организма может происходить замещение кальция на стронций, что приводит к «стронциевому рахиту» (уровская болезнь).

Почвенно-географические работы были проведены в 2016 г. в Улюнханской впадине, расположенной в северной части Баргузинской котловины. Здесь на месте пересечения продольного Баргузинского и поперечного Дыренского тектонических разломов проявляется разгрузка восходящих растворов глубинных термальных минерализованных вод Кучигерского источника. Воды источника по химическому составу относятся к фтористому сероводородному гидрокарбонатно-сульфатному натриевому типу с температурой выхода 40-50 °С, рН 9.9 и минерализацией 365-508 мг/дм³.

Объектом исследования послужили засоленные почвы, приуроченные к зоне влияния гидротерм. В непосредственной близости от

источников заложен разрез ТЛК-2-16 (N 54°52'45.4", E 111°00'2.9"; H – 551 м над ур.м.), на притеррасной возвышенности – ТЛК-1-16 (N 54°52'5.8", E 111°2'47.2"; H – 563 м над ур.м.), на заболоченном участке с пересыхающими озерами – ТЛК-3-16 (N 54°51'29.3", E 111°2'4.4"; H – 601 м над ур.м.), на высоком редко затопляемом участке приустьевой части поймы р. Улюгна – разрез ТЛК-4-16 (N 54°49'42.5", E 111°1'57.2"; H – 605 м над ур.м.).

Хорошая растворимость стронция обуславливает высокое его содержание в подземных водах с тенденцией увеличения концентрации с ростом общей минерализации. В минеральных гидротермальных водах Кучигерских источников содержание стронция в 3.2 и 2.5 раза превышает значения кларка речных вод и кларка вод зон активного водообмена соответственно. В отличие от стронция, содержание кальция в водах гидротерм низкое, оно в 5.7 и 16.4 раза ниже рассмотренных выше кларков. Поступление элементов в почвы сопровождается накоплением в профиле стронция, где его значения колеблются в пределах 720-1300 мг/кг. Среднее содержание составило 1057 мг/кг (n = 22), что в 2.8 раза превышает кларк земной коры. Такое высокое количество Sr соответствует концентрациям почв «уровских биогеохимических провинций». Среднее содержание кальция в изученных почвах в 2.2 раза выше кларка и составило 57 245 мг/кг (n = 22). Соотношение Ca/Sr равно 54, что в 2.3 раза ниже оптимального уровня. Такое низкое значение соотношения Ca/Sr может привести к накоплению стронция в костной ткани и спровоцировать возникновение стронциевого рахита у местного населения и скота.

Дополнительный привнос химических элементов термальными минеральными водами Кучигерского источника спровоцировали накопление Sr до концентраций, соответствующих «уровским биогеохимическим провинциям». Накопление кальция в изученных почвах происходит менее интенсивно, что приводит к смещению Ca/Sr соотношения до 54, где может проявиться токсичность стронция для животных и человека.

Исследования выполнены по теме бюджетного проекта № АААА-А-17-117011810038-7 при финансовой поддержке гранта РФФИ № 18-04-00454А.

УДК 631.41

ОЦЕНКА УДЕЛЬНОЙ АКТИВНОСТИ РАДИОНУКЛИДОВ В ПОЧВАХ ГОРОДА РОСТОВА-НА-ДОНУ

Козырев Д.А.

Южный федеральный университет, Ростов-на-Дону

E-mail: dinis.kozyrev@bk.ru

С интенсификацией процессов урбанизации становится актуальным вопрос о воздействии человека на почвенный покров городских территорий. В этой связи необходимо получать всестороннюю картину влияния антропогенного фактора, чтобы исключить дальнейшее пагубное воздействие и, по возможности, исправить уже нанесенный ущерб. В целях разнопланового экологического мониторинга территорий урболандшафтов было изучено содержание радионуклидов в почвах Ростовской агломерации.

В данном исследовании рассматривается поверхностное и профильное распределение удельной активности радионуклидов в почвах г. Ростова-на-Дону. Сравнивается значение активности в нативных почвах под различной растительностью, а также в экранированных и неэкранированных урбостратоземах. Изучали почвенные типы: черноземы миграционно-сегрегационные, черноземы урбистратифицированные и урбостратоземы Ростовской агломерации. Определение уровня активности радионуклидов проводили методом гамма-спектрометрии. Принцип действия гамма-спектрометра заключается в получении аппаратного спектра импульсов от детектора, регистрирующего излучение счетного образца, экспонируемого в фиксированных условиях измерения. Активность радионуклида в исследуемой пробе определяется путем обработки полученной спектрограммы на ПЭВМ с помощью специального пакета программ «Прогресс». Пакет программ «Прогресс» позволяет управлять работой гамма-спектрометра, анализировать спектрограмму и идентифицировать радионуклиды, определять активность соответствующих нуклидов в пробе, рассчитывать неопределенность измерения активности и протоколировать результаты измерений.

В целом, для поверхностных горизонтов данные, которые были получены в ходе исследования по естественным радионуклидам, соответствуют средним значениям, известным из литературных источников, и характерны для почв Ростовской области. Активность искусственного радионуклида ^{137}Cs в дерновых горизонтах нативных почв имеет максимальное значение, что, возможно, связано с хорошей сорбцией этого элемента гумусом. Показатели удельной активности естественных радионуклидов, полученные в ходе исследования в группе антропогенно преобразованных почв, имеют средние значения для ^{226}Ra – 21.7 Бк/кг, ^{232}Th – 28.3, ^{40}K – 457; в группе естественных почв ^{226}Ra – 23.8 Бк/кг, ^{232}Th – 33.3, ^{40}K – 474 Бк/кг. Что касается

искусственного радионуклида ^{137}Cs , то активность данного элемента меняется в зависимости от совокупности факторов. Так, например, более высокая активность ^{137}Cs наблюдается в разрезах с большим содержанием гумуса и физической глины.

В профиле естественных почв особых изменений активности радионуклидов не зафиксировано. Наибольшая активность радионуклидов характерна для верхних горизонтов, вниз по профилю наблюдается постепенное ее снижение. В некоторых случаях активность радионуклидов в нижней части почвенного профиля может возрастать из-за повышенной естественной радиоактивности самих материнских пород. В антропогенно преобразованных почвах картина распределения радионуклидов не имеет выраженных закономерностей из-за двучленности профиля урбостратоземов и эклектичного характера формирования самих горизонтов.

Исследование выполнено при поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации (НШ-2511.2020.11) с использованием оборудования ЦКП «Биотехнология, биомедицина и экологический мониторинг» и ЦКП «Высокие технологии» Южного федерального университета.

УДК 631.46

РАНЖИРОВАНИЕ ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ ПО ЭКОТОКСИЧНОСТИ

Колесников С.И.

Южный федеральный университет, Ростов-на-Дону
E-mail: kolesnikov@sfedu.ru

Проведена сравнительная оценка экотоксичности и ранжирование 30 тяжелых металлов, металлоидов и неметаллов (приоритетных поллютантов) по степени их влияния на эколого-биологические показатели состояния почвы.

Получены следующие ряды экотоксичности:

1. $\text{Cr} > \text{B} > \text{Zn} > \text{Se} > \text{Ba} \geq \text{As} \geq \text{Sr} = \text{V} \geq \text{Co} = \text{F} = \text{Mn} \geq \text{Ni} \geq \text{Cu} > \text{Sc} \geq \text{Pb} = \text{Te} \geq \text{Sn} \geq \text{Bi} = \text{Cd} = \text{W} = \text{Nb} = \text{Ga} \geq \text{Ge} \geq \text{Sb} \geq \text{Ag} = \text{Tl} = \text{Yb} \geq \text{Hg} \geq \text{Y} > \text{Mo}$ (если за единицу содержания элемента в почве принять три фона – условно допустимую концентрацию (УДК));

2. $\text{Te} > \text{Se} \geq \text{Ag} \geq \text{Cr} > \text{Bi} = \text{Ge} \geq \text{Sn} = \text{Tl} \geq \text{Hg} \geq \text{Yb} = \text{W} \geq \text{Cd} > \text{As} = \text{Co} = \text{Sc} = \text{Sb} \geq \text{Cu} \geq \text{Ni} \geq \text{B} = \text{Nb} = \text{Pb} \geq \text{Ga} > \text{Sr} = \text{Y} \geq \text{Mo} \geq \text{Zn} \geq \text{V} \geq \text{Ba} \geq \text{Mn} \geq \text{F}$ (если за единицу содержания элемента в почве принять мг/кг);

3. $\text{Te} \geq \text{Se} > \text{Ag} > \text{Bi} \geq \text{Tl} \geq \text{Cr} \geq \text{Hg} \geq \text{W} > \text{Cd} \geq \text{Ge} = \text{Yb} \geq \text{Cu} = \text{Pb} = \text{Sn} \geq \text{Ni} > \text{Sb} \geq \text{Co} = \text{Zn} \geq \text{Sc} \geq \text{B} = \text{Nb} = \text{Sr} \geq \text{As} = \text{Ga} \geq \text{Ba} = \text{Mo} = \text{V} \geq \text{Mn} > \text{F} \geq \text{Y}$ (если за единицу содержания элемента в почве принять моль/кг).

Экотоксичность Te, Se, Ag, Bi, Ge, Tl недооценена. При загрязнении ими почвы не было зафиксировано статистически достоверного эффекта гормезиса, в отличие от подавляющего большинства тяжелых металлов и металлоидов, считающихся более опасными, таких как Hg, Cd, Pb, Cr, Cu, Zn и др.

По влиянию на состояние почвы химические элементы располагаются по классам опасности, не полностью совпадающим с классами опасности, разработанными применительно к здоровью людей.

Предложено выделение трех классов опасности элементов по отношению к почве – I класс: Te, Ag, Se, Cr, Bi, Ge, Sn, Tl, Hg, Yb, W, Cd; II класс: As, Co, Sc, Sb, Cu, Ni, V, Nb, Pb, Ga; III класс: Sr, Y, Mo, Zn, V, Ba, Mn, F.

Исследование выполнено при государственной поддержке ведущей научной школы Российской Федерации (НШ-3464.2018.11, НШ-2511.2020.11).

УДК 631.427.22 (470.21)

ВОЗДЕЙСТВИЕ АЭРОТЕХНОГЕННЫХ ВЫБРОСОВ АЛЮМИНИЕВОГО ПРЕДПРИЯТИЯ НА ПОЧВЕННУЮ МИКРОБИОТУ В СУБАРКТИКЕ

Корнейкова М.В.^{1,2}, Никитин Д.А.³

¹ Институт проблем промышленной экологии Севера, Апатиты
E-mail: korneykova.maria@mail.ru

² Российский университет дружбы народов, Москва

³ Почвенный институт им. В.В. Докучаева, Москва

Проблема загрязнения почвы и сопредельных сред на территории Кольского п-ова очень актуальна, поскольку здесь сосредоточено большое количество предприятий цветной металлургии и мощный горно-промышленный комплекс.

Цель работы – провести оценку состояния почвенных микробных сообществ в зоне воздействия выбросов Кандалакшского алюминиевого завода. В качестве критериев оценки выбраны биомасса микроорганизмов, ее структура, определенные методом люминесцентной микроскопии; количество рибосомальных копий генов микроорганизмов, измеренное методом полимеразной цепной реакции (ПЦР) в реальном времени; а также разнообразие и структура сообществ культивируемых микромицетов. Проведенное исследование позволяет сравнить полученные результаты с результатами предыдущих работ, проводимых в период 2001-2006 гг., а также оценить текущее состояние микробного сообщества, используя современные методы.

Численность копий рибосомальных генов 16S рРНК архей в зоне воздействия выбросов алюминиевого завода изменялась от 0.42×10^{10} до 2.19×10^{10} копий генов/г почвы, бактерий – от 4.25×10^{10} до 10.27×10^{10} копий генов/г почвы. Численность рибосомальных генов ITS рРНК грибов соответствовала таковой для архей и колебалась от 0.49×10^{10} до 3.09×10^{10} копий генов/г почвы. Для группы архей и грибов максимальное количество копий генов выявлено на сильно загрязненном участке (8 км от завода), а минимальное – на умеренно загрязненном (15 км от завода). Для бактерий получены противоположные результаты. Значения биомассы прокариот в почве на разном расстоянии от завода изменялись от 0.228 до 0.364 мг/г почвы. Длина и биомасса мицелия актиномицетов вблизи завода увеличились до 31.21 мг/г почвы и 0.117 мг/г соответственно, тогда как на фоновом участке эти показатели были в два раза меньше – 15.97 мг/г и 0.056 мг/г соответственно. Биомасса микроскопических грибов соизмерима с таковой для бактерий и изменялась от 0.250 до 0.385 мг/г почвы. На сильно загрязненном участке грибы в основном находились в виде спор, на остальных участках – в виде мицелия.

Вид *Penicillium spinulosum* доминировал на всех участках. Однако если вблизи завода грибы этого вида были абсолютными доминантами, то на фоновом участке к доминирующим видам также относились *Trichoderma koningii*, *P. implicatum* и группа грибов со стерильным мицелием. Структура ненарушенных природных сообществ полидоминантна. При воздействии выбросов завода происходит «концентрация доминирования», о чем свидетельствует индекс Симпсона, значение которого в почве максимально загрязненного участка (2 км от завода) увеличилось до 0.53, тогда как на фоновом участке равно 0.11. Отмечается увеличение показателей индекса выравненности Пиелу по мере удаления от завода (0.49 – для максимально загрязненного и 0.64 – для фоновых участков).

Таким образом, выбросы алюминиевого предприятия не оказывали существенного воздействия на сообщества бактерий: их численность вблизи завода не отличалась от таковой на фоновом участке как по методу прямого счета, так и методом ПЦР реал тайм. Биомасса и длина мицелия актиномицетов существенно увеличились вблизи завода по сравнению с фоновой территорией. Подобные закономерности были выявлены и ранее для культивируемого сообщества микроорганизмов.

Для микромицетов отмечено существенное снижение численности по градиенту загрязнения выбросами завода, выявленное методом посева, тогда как количество рибосомальных генов ITS рРНК вблизи завода было максимальным, а на сильно загрязненном участке резко снижалось. По количественным показателям, форме нахождения грибов в почве, количеству крупных спор сильно загрязненный участок существенно отличался от удаленных.

УДК 550.47

ОПЫТ КАРТОГРАФИЧЕСКОЙ ОЦЕНКИ ЭКОЛОГО-ГЕОХИМИЧЕСКОЙ ОБСТАНОВКИ ДЛЯ ПОСТРОЕНИЯ КАРТ РИСКА РАСПРОСТРАНЕНИЯ ЗАБОЛЕВАНИЙ ГЕОХИМИЧЕСКОЙ ПРИРОДЫ

Коробова Е.М.¹, Романов С.Л.², Баранчуков В.С.¹, Березкин В.Ю.¹

¹ Институт геохимии и аналитической химии им. В.И. Вернадского РАН, Москва
E-mail: korobova@geokhi.ru

² УП «Геоинформационные системы», Минск
E-mail: Romanov_s_l@mail.ru

Основная цель эколого-геохимической оценки любой территории заключается в выявлении уровня риска возникновения негативных биологических реакций, обусловленных геохимическими факторами как природного, так и антропогенного генезиса. Анализ литературных данных и собственных результатов изучения йододефицита в Нечерноземье и специфики распределения радионуклидов в зонах радиационного загрязнения показал, что современная антропогенно измеренная биосфера – современная ноосфера – представляет собой двуслойный объект, который состоит из мощной естественно-природной основы, на которую сверху наложен относительно тонкий слой вещества техногенного происхождения. В таком случае, зная закономерности пространственно-структурной организации каждого из этих слоев, можно с достаточно высокой точностью воспроизвести результат их взаимной интерференции и таким образом получить возможность оценки экологических последствий, возникающих в результате именно совокупного геохимического воздействия природных и техногенных факторов на любые биологические объекты, присутствующие в любой точке исследуемой территории.

Анализ основных этапов эволюции ноосферы показал, что в качестве эталонного естественно-природного геохимического фона, отражающего исторический результат взаимодействия зональных биоценозов со средой своего обитания, может рассматриваться геохимическая структура ненарушенного почвенного покрова. При этом анализ параметров структурной организации современных техногенных геохимических провинций показал, что в подавляющем большинстве случаев они представляют собой набор аномалий моно- или полицентрического типа, благодаря чему вклад именно техногенной составляющей в общее содержание каждого из элементов может быть вычленен и количественно учтен.

Уникальная возможность чисто практической проверки правильности выдвинутых соображений представилась в ходе проведения работ по ликвидации последствий катастрофы на Чернобыльской АЭС

в 1986 г., когда в результате взаимоналожения полей природного и техногенного изотопов одного и того же элемента – стабильного ^{127}I и радиоактивного ^{131}I – физиологически значимому воздействию подверглись жители России, Беларуси и Украины.

Для построения карты риска заболеваний щитовидной железы в импактных зонах пограничных территорий России и Республики Беларусь были последовательно решены следующие задачи: 1) разработана методика построения карты йодного статуса территорий с выявлением зон йододефицита по обеспеченности йодом почвенного покрова; 2) построена карта «йодного удара» (выпадения ^{131}I); 3) проведено оверлейное взаимоналожение полученных картографических слоев с целью получения обобщенной интерференционной картины, характеризующей комплексное геохимическое воздействие; 4) полученная карта была трансформирована в эколого-геохимическую карту сочетанного риска, обусловленного как дефицитом стабильного йода, так и «йодным ударом»; 5) карта риска была верифицирована и уточнена в соответствии с данными медицинской статистики. Сопоставление показало удовлетворительную сходимость картографической оценки риска и наблюдаемой картины распространения рака щитовидной железы среди населения пограничных территорий Брянской и Гомельской областей.

Полученные результаты дают основание полагать, что разработанный подход позволяет создать методически корректное решение проблемы выявления и оценки уровня риска распространения большинства эндемических заболеваний геохимической природы.

Работа была поддержана грантом РФФИ № 16-55-00205.

УДК 631.45, 57.044

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ БИОТЕСТИРОВАНИЯ ДЛЯ ОЦЕНКИ ПОРОГОВОГО УРОВНЯ СОДЕРЖАНИЯ ЛАНТАНОИДОВ В ПОЧВЕ

Котельникова А.Д.¹, Рогова О.Б.¹, Волков Д.С.^{1,2}, Столбова В.В.¹

¹ Почвенный институт им. В.В. Докучаева, Москва

E-mail: a.d.kotelnikova@gmail.com

² Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Москва

E-mail: vstol@bk.ru

Лантаноиды – представители группы редкоземельных элементов (РЗЭ), которая обладает высокой значимостью для развития современных технологий. Рост объемов их добычи и производства приводит к повышению содержания данных элементов в различных компонентах окружающей среды. Ранее РЗЭ не считались биологически активными

элементами, необходимыми или токсичными для растений. В последние 10-летия исследователи активно изучают эффекты воздействия лантаноидов на растения, однако, данные остаются противоречивыми. Работ, рассматривающих влияние лантаноидов в системе почва–растение недостаточно. В связи с отмечаемыми негативными эффектами воздействия лантаноидов на живые организмы, в том числе человека, возникает острая необходимость в разработке нормативов содержания РЗЭ в почве и растениях. Для решения данной задачи удобным инструментом является биотестирование.

Целью данной работы стало оценить пороговые уровни содержания трех представителей группы лантаноидов (La, Ce, Nd) в образцах дерново-подзолистой почвы биотестированием на двух системных уровнях – клеточном и организменном. Для этого образцы тестировались с применением комплекса биотестов: 1) тест-система с луком репчатым *Allium cepa* L., позволяющая фиксировать проявления генетической активности, и 2) стандартизованная методика по ГОСТ «Качество почвы. Биологические методы. Хроническая фитотоксичность в отношении высших растений», что позволило расширить имеющиеся данные о хронических формах фитотоксичности почв с разным содержанием лантаноидов.

Объекты исследования – образцы агродерново-подзолистой почвы с внесением ряда концентраций лантаноидов: 0 (контроль), 10, 20, 50, 100 и 200 мг/кг воздушно-сухой почвы для каждого элемента (La, Ce, Nd) в отдельности. В тестировании по ГОСТу использовали два вида растений – овес обыкновенный *Avena sativa* L. и горох посевной *Pisum sativum* L. Условия проведения тестирования подробно описаны в стандарте. Тестирование проводили в четырехкратной повторности для каждой изучаемой концентрации. По окончании эксперимента растения срезали, измеряли их длину, высушивали, определяли массу побегов, массу репродуктивных органов и содержание лантаноидов в биомассе.

При проведении *Allium*-теста луковицы проращивали непосредственно на образцах почвы в пятикратной повторности в течение пяти суток. Проводили цитологическое исследование препаратов апикальной меристемы корней, подсчитывая в общем числе клеток число делящихся клеток и число клеток с нарушениями прохождения митоза. Из полученных данных рассчитывали митотический индекс (МИ) и частоту патологий митоза (ПМ) по формулам: $МИ = (P + M + A + T) / (\text{общее число клеток}) \times 100\%$; $ПМ = (\text{число клеток с патологиями митоза}) / (\text{общее число делящихся клеток}) \times 100\%$.

Полученные нами результаты позволили сделать ряд заключений о подвижности и токсичности этой группы металлов в системе почва–растение. Лантаноиды способны переходить из почвы в ткани растений. Активность накопления их различными частями растений

неодинакова и уменьшается в ряду корни > побеги > репродуктивные органы. Среди элементов отсутствуют значимые различия в накоплении корнями растений и повышена способность La к транслокации в надземные части растений по сравнению с Nd. Среди исследованных видов представитель двудольных растений *Pisum sativum* характеризуется большей способностью к аккумуляции лантаноидов по сравнению с однодольным – *Avena sativa*. На клеточном уровне в системе почва–растение дозозависимый тренд носит сглаженный характер и достоверно свидетельствует о митотоксическом эффекте только при максимальных тестируемых концентрациях лантаноидов в почве – 200 мг/кг. По ростовым показателям организменного уровня выявлено избирательное, не позволяющее ранжировать их в единый ряд, стимулирующее воздействие лантаноидов, проявляющееся также при внесении максимальной исследованной концентрации элементов.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 19-05-50016 микромир «Изучение процессов миграции и закрепления редкоземельных элементов, поступающих на поверхность почвы в форме микро-частиц».

УДК 631.82

РОЛЬ ПРИРОДНЫХ СОРБЕНТОВ В ПОЛУЧЕНИИ ЭКОЛОГИЧЕСКИ БЕЗОПАСНОЙ ПРОДУКЦИИ

Куликова А.Х.

Ульяновский государственный аграрный университет им. П.А. Столыпина,
Ульяновск

E-mail: agroec@yandex.ru

Постоянное нарастание техногенной нагрузки на окружающую среду ставит под угрозу получение экологически безопасной продукции сельского хозяйства, что является важнейшей и приоритетной задачей во всем мире. Последнее обуславливает поиск приемов, обеспечивающих снижение поступления токсикантов в продукцию. При этом очень важно использовать средства, которые одновременно способствовали бы улучшению почвенной среды произрастания и повышению урожайности культур. В этом отношении большой интерес представляют природные сорбенты, каковыми, в первую очередь, являются высококремнистые породы (диатомиты, цеолиты, трепелы, бентонитовые глины и др.), широко распространенные в природе.

Кремнистые породы обладают высокой адсорбционной и ионообменной емкостью (0.8-0.12 г-экв/кг), специфическим характером пористости, кристалло-структурного строения. Общим для них является высокое содержание кремния, в том числе аморфного (до 50% и более). Благодаря этому названные породы являются кремниевым

удобрением сельскохозяйственных культур, эффективность которых в этом качестве доказана в том числе и нами. В результате наших 20-летних исследований установлено, что урожайность овощных культур (томаты, огурцы, свекла столовая, морковь) в зависимости от дозы внесения диатомита как в открытом, так и закрытом грунте, повышается от 13 до 32%. Прибавка урожайности корнеплодов свеклы сахарной при выращивании на черноземах выщелоченных составила (доза диатомита 5 т/га) 6.4 т/га (+23%), ячменя – 0.43 т/га (+52%), яровой пшеницы – 0.67 т/га (+42%). Применение цеолита в дозе всего 0.5 т/га при возделывании кукурузы обеспечило прибавку зерна в 1.04 т/га (18%).

Одним из основных достоинств кремнистых пород является то, что они благодаря высокоразвитой удельной поверхности, характеру пористости и другим уникальным физико-химическим свойствам способствуют получению экологически более безопасной продукции. Так, при использовании диатомита в дозе 5 т/га поступление свинца в томаты уменьшилось с 0.59 до 0.09 мг/кг, кадмия – с 0.18 до 0.12 мг/кг (данные на натуральное вещество). При выращивании огурцов в закрытом грунте, состоящем на 90% из органического материала (торф + древесные опилки) и только на 10% из диатомита, в плоды поступало в семь раз меньше свинца и в три раза кадмия. Цеолиты в этом отношении не уступают диатомиту. Внесение их в почву в значительно меньшей дозе (0.5 т/га) позволило существенно снизить поступление в зерно кукурузы тяжелых металлов, прежде всего, наиболее токсичных из них – свинца на 12 и кадмия на 33%.

Уменьшение поступления токсикантов в сельскохозяйственную продукцию может быть обусловлено рядом факторов, основными из которых, по-видимому, являются следующие:

- растения способны сами защищать себя от поступления избыточного количества тяжелых металлов и других токсикантов;
- кремнийсодержащие материалы при поступлении в почву способствуют улучшению питательного режима и других агрономически важных свойств почвы, повышая конкурентоспособность растений по отношению к токсикантам;
- существует ряд публикаций, что при этом происходит осаждение тяжелых металлов или образование их комплексов с кремнием, способствующих ингибированию транспорта металлов из корней в надземную часть.

Возможно влияние и других факторов. Одновременное и взаимосвязанное действие их при применении названных природных сорбентов в качестве удобрения способствует производству значительно более экологически безопасной сельскохозяйственной продукции.

УДК 631.41

**ТЯЖЕЛЫЕ МЕТАЛЛЫ В ПОЧВАХ И УЛИЧНОЙ ПЫЛИ
ЮГО-ВОСТОЧНОГО АДМИНИСТРАТИВНОГО ОКРУГА
ГОРОДА МОСКВЫ:
РЕЗУЛЬТАТЫ МНОГОЛЕТНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ**

Ладонин Д.В., Михайлова А.П.

Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Москва

E-mail: ladonin@inbox.ru

За время существования Москвы антропогенное и техногенное воздействие на городские почвы существенно изменялось, следуя за развитием общества. За последние 10-летия Москва завершила индустриальный период своего развития, на смену которому пришел постиндустриальный период. Крупные промышленные предприятия не только прекратили производство, но и вообще исчезли с карты города.

Большие объемы строительных работ, а также благоустройство городской территории способствовали практически повсеместному обновлению верхнего слоя городских почв. Это привело к тому, что накопленные в верхней части профиля загрязняющие вещества были либо засыпаны слоем нового грунта, либо срезаны и вывезены.

В 1995 г. на территории Юго-Восточного административного округа (ЮВАО) было заложено 36 пробных площадок для отбора проб почвы. В дальнейшем (в 2004, 2012 и 2017 гг.) на этих площадках отбирали также и пробы уличной пыли.

Валовое содержание тяжелых металлов (ТМ) и мышьяка определяли после микроволнового разложения царской водкой методом масс-спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой.

Исследуемые городские почвы характеризуются химическими свойствами, отличающимися от зональных почв, расположенных за территорией города. Величины рН водной вытяжки – слабощелочные, соответствующие карбонатно-кальциевому равновесию. Изменение городской среды, в том числе замена газонов и применение противогололедных реагентов, приводит к изменению некоторых химических свойств почв. В период с 1995 по 2017 г. произошло существенное увеличение содержания обменного натрия (в 27 раз) и кальция (в два раза) в почвах, а также обменного натрия (в четыре раза) в уличной пыли ЮВАО г. Москвы. Содержание органического углерода за тот же период в почвах ЮВАО возросло в два раза, в уличной пыли – на 25%.

Валовое содержание ТМ в почвах и уличной пыли ЮВАО постепенно снижается в результате сокращения числа промышлен-

ных предприятий – источников загрязнения почв ТМ – и замены газонных грунтов. Вместе с тем, эксплуатация большого количества автомобилей и деятельность предприятий, сжигающих твердое топливо, приводит к тому, что по состоянию на 2017 г. в почвах ЮВАО наблюдаются высокие кларки концентрации Ag, Hg, Sb, Zn и As. Уличная пыль характеризуется более высоким содержанием в ней продуктов техногенеза. Содержание в ней Sb, Zn, Hg, Ag, Cu, Pb, Mo, As, Cd, Cr и Ni превышает среднее содержание элементов в почвах.

Использование 1 н. азотнокислой вытяжки позволяет более полно оценить степень техногенного загрязнения почв ТМ. Целый ряд элементов в почвах и уличной пыли ЮВАО характеризуются высокой степенью извлечения кислоторастворимых форм ТМ, что свидетельствует о высокой доле техногенных соединений. Однако на протяжении всего периода исследований данный показатель постепенно снижается.

Содержание подвижных форм ТМ в почвах и уличной пыли ЮВАО в ряде случаев продолжает оставаться высоким. Однако в период с 2004 по 2017 г. медианное содержание подвижных форм всех изученных нами элементов в почвах и уличной пыли существенно уменьшилось. Также произошло снижение доли проб почв и уличной пыли с превышением ПДК подвижных форм соединений ТМ. По состоянию на 2017 г. в почвах ЮВАО зафиксировано превышение ПДК для Mn, Cu, Zn и Pb, в уличной пыли – для Cu, Zn и Pb. Обращает на себя внимание высокая (90-100%) доля проб с превышением ПДК для цинка в почвах и уличной пыли, и для свинца – в уличной пыли.

УДК 631.41

ЗАКРЕПЛЕНИЕ ПОЛИЦИКЛИЧЕСКИХ АРОМАТИЧЕСКИХ УГЛЕВОДОРОДОВ В ВЕРХНИХ ГОРИЗОНТАХ ГОРОДСКИХ ПОЧВ, ЗАГРЯЗНЕННЫХ АЭРАЛЬНЫМИ ПЫЛЕВЫМИ ВЫПАДЕНИЯМИ

Леонтьева Ю.Д.

Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Москва
E-mail: mrsptaxa@gmail.com

Полициклические ароматические углеводороды (ПАУ) представляют собой органические соединения, которые содержат два или более бензольных кольца и образуются, главным образом, в результате неполного сгорания химических веществ на основе нефти или органического вещества в ходе естественных процессов или антропогенной деятельности. В больших городах транспорт – основной источник ПАУ, которые вместе с другими продуктами сгорания поступают в воздух.

Основной путь распределения полиаренов в городах – аэральный с пылевыми и сажевыми частицами, зоной накопления которых становятся верхние горизонты городских почв. Исследования по трансформации гидрофобных органических поллютантов в почвах показали, что используемые при мониторинговых работах методы определения общего содержания поллютанта непригодны для прогнозирования скорости самоочищения или биоремедиации почвы. Определение актуально и потенциально доступной (т.е., слабо- и среднесвязанной с минеральными и органическими компонентами почвы) доли ПАУ чрезвычайно важно для оценки их риска для окружающей среды и здоровья человека. На закрепление ПАУ в почвах могут влиять их молекулярный вес, свойства почвы, а также срок загрязнения. Однако фактически разные стадии «старения» загрязнения мало изучены, как и влияние источника и формы поступления ПАУ, что связано, в том числе, с методическими вопросами. Литературные материалы по данной теме, а также результаты собственных экспериментов показывают, что экстракции полярным органическим растворителем (н-бутанолом) позволяет извлекать «легкодоступную» фракцию и частично «потенциально доступную» фракцию ПАУ из почвы.

В данной работе было исследовано влияние срока загрязнения на содержание «доступной» и «прочносвязанной» фракций ПАУ в верхних горизонтах городских почв – урбанозема (Aug) и конструкторозема (RAT), загрязненных аэральными пылевыми выпадениями. Определение ПАУ проводили методом ВЭЖХ на хроматографе Agilent 1260 с флюориметрическим детектированием.

В ходе исследования было получено, что для горизонта RAT содержание ПАУ, переходящих в н-бутанол, составило 70-80% от общего содержания ПАУ, определенного методом исчерпывающей экстракции. Для почвы из Aug это содержание составило 55-65%. В ходе годового инкубационного эксперимента для незагрязненных почв наблюдались только незначительные изменения в содержании «доступных» ПАУ. Для почвы горизонта RAT, загрязненной аэральными выпадениями, резкое (в 2-10 раз) снижение содержания переходящих в н-бутанол ПАУ наблюдалось за первые три месяца инкубационного эксперимента; наиболее существенно снижалось содержание низкомолекулярных ПАУ. Для загрязненного горизонта Aug резкое (в 10 раз) снижение содержания «доступных» ПАУ наблюдалось только для 3-ядерных гомологов; содержание высокомолекулярных ПАУ (бенз(а)пирена) за время инкубационного эксперимента достоверно не изменялось. Можно предположить, что в горизонте RAT конструкторозема, содержащем большое количество фазы свободного органического вещества, десорбция с погружающихся в нее пылевых частиц протекает быстрее по сравнению с минеральным уриковым горизонтом, в котором аэральные частицы длительное время сохраняются в виде самостоятельной фазы.

Сравнение данных по содержанию «доступной» фракции ПАУ, полученных путем прямого определения в бутанольном экстракте и по разности между общим содержанием ПАУ и прочно закрепленной фракцией, показало, что лучше всего совпадали данные, полученные для бенз(а)пирена. Это указывает на возможность экспрессной оценки содержания слабо- и средnezакрепленной фракций ПАУ по этому гомологу.

УДК 631.438

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ЕСТЕСТВЕННЫХ И ТЕХНОГЕННЫХ РАДИОНУКЛИДОВ В ПРОФИЛЯХ УРБО-СТРАТИФИЦИРОВАННЫХ ПОЧВ

Липатов Д.Н., Манахов Д.В.

Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Москва
E-mail: dlip@soil.msu.ru, dvmanakhov@gmail.com

Урбо-стратифицированные стратоземы широко распространены в почвенном покрове на городских и промышленных территориях. Профиль этих почв состоит из верхних искусственных насыпных или намывных аккумулятивных слоев и погребенных под ними горизонтов природной почвы. Миграция и аккумуляция химических элементов в урбо-стратифицированных почвах обусловлена как природными, так и техногенными процессами. Исследование особенностей распределения радионуклидов в почвах урболандшафтов является актуальной задачей при оценке их загрязнения и определении биогеохимических параметров миграции этих элементов.

Исследования проводились в 2017 г. в Раменском районе Московской области вблизи дер. Полушкино. Почвенные профили изучены в урбоэкосистемах придорожных зон автотрассы, описаны стратоземы серогумусовые урбо-стратифицированные легкосуглинистые на погребенной дерново-подзолистой почве со следующим строением: AYur(0-10 см)–RY1ur(10-30)–RY2ur(30-50)–BEL(50-70)–BT(70-90); AYur(0-10)–RY1ur(10-50)–RY2ur(50-70)–BD(70-90). Пробоотбор проведен по 10-сантиметровым слоям почвы, измерение удельных активностей естественных радионуклидов Ra-226, Th-232, K-40 и техногенного Cs-137 выполнено на сцинтилляционном гамма-спектрометре «Мультирад».

Распределение естественных радионуклидов в профилях исследованных стратоземов относится к элювиальному типу. В насыпных стратифицированных горизонтах RY1ur и RY2ur отмечены стабильно низкие уровни удельных активностей Ra-226, Th-232, K-40, которые в 1.2-1.5 раза меньше среднемировых значений. Локальная аккумуляция этих радионуклидов, выявленная в горизонте AYur,

обусловлена его техногенным характером. Верхние урбаногенные и стратифицированные горизонты в большинстве случаев сформированы из глубоких слоев почвы, перемещенных на поверхность при проведении земляных работ или из завезенных плодородных и насыпных грунтов, значительно отличающихся по своим свойствам. В нижней части профилей стратоземов при переходе к погребенным горизонтам дерново-подзолистой почвы значения удельных активностей Ra-226, Th-232, K-40 резко увеличиваются. Таким образом, в верхней толще стратоземов распределение естественных радионуклидов связано с техногенным строением горизонтов, а в более глубоких слоях – унаследовано от погребенных природных почв.

Значения плотности загрязнения Cs-137, зафиксированные в исследованных урбо-стратифицированных почвах, составили 0.8-3.0 кБк/м² и соответствуют уровням, сформированным глобальными выпадениями (<3.7 кБк/м²). Распределение Cs-137 по профилям стратоземов в ряде случаев отличается от аккумулятивного типа, характерного для многих других почв при аэральном пути поступления этого радионуклида. В поверхностном горизонте АУг удельная активность Cs-137 составила 0-1 Бк/кг, тогда как в нижележащих слоях RY1_г и RY2_г на глубине 10-50 см она возрастает до 2-4 Бк/кг. В нижних горизонтах, залегающих глубже 60 см, этот радионуклид не обнаружен. Низкие значения удельной активности Cs-137 отмечены для поверхностных горизонтов почв, которые подвергались механическому турбированию, перемещению или сформированы при участии насыпных слоев. Такие техногенные процессы приводят к выносу и рассеиванию Cs-137 из верхних горизонтов. Изменения удельной активности Cs-137 в средних слоях профилей стратоземов связаны с различным возрастом их горизонтов. Урбо-стратифицированные RY1_г и RY2_г и другие погребенные почвенные горизонты, которые ранее располагались на поверхности почвы, могут содержать пул Cs-137, поступавший в составе глобальных радиоактивных выпадений в предшествовавшие периоды, начиная с 1950-х гг. При этом поверхностные урбаногенные горизонты, сформированные в последние 10-летия, загрязнены этим радионуклидом в гораздо меньшей степени. Полученные результаты показывают, что отдельные горизонты в профилях стратифицированных почв могут маркироваться на основе значений удельной активности Cs-137 с целью определения возраста их техногенной трансформации при реконструкции урбоэкосистем.

Работа частично выполнена при поддержке РФФИ (грант № 18-04-00584 А).

УДК 631.147.579.64

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ *BACILLUS MEGATERIUM* 501 GR ДЛЯ БИОРЕМЕДИАЦИИ ПОЧВЫ ОТ ГЕРБИЦИДА ПРОМЕТРИНА

Лисина Т.О.

Всероссийский НИИ сельскохозяйственной микробиологии, Санкт-Петербург
E-mail: lisina-to@yandex.ru

Один из способов ремедиации почв сельхозугодий от остатков применяемых пестицидов – использование микроорганизмов-деструкторов и препаратов на их основе.

Ранее было установлено, что штамм споровой бактерии *B. megaterium* 501 GR, выделенный из чернозема как деструктор ряда фосфорорганических инсектицидов, способен в жидкой культуре разлагать гербицид прометрин. Процесс идет по типу кометаболизма в присутствии моно-, ди- и полисахаридов в качестве косубстратов. Интродукция *B. megaterium* 501 GR в дерново-подзолистую легкосуглинистую почву способствовала ускорению деградации прометрина, при этом важным фактором было известкование почвы и достаточно высокий титр интродуцированных микроорганизмов (не менее 10^7 КОЕ/мл).

Цель исследований, представленных в настоящей работе – повышение эффективности использования *B. megaterium* 501 GR для деградации гербицида в почве. В связи с этим решались следующие задачи: 1) изучение влияния ряда сорбентов и органических субстратов на эффективность деградации прометрина при культивировании *B. megaterium* 501 GR в жидкой питательной среде; 2) оценка эффективности деструкции гербицида в почве под действием *B. megaterium* 501 GR в присутствии ряда сорбентов, органических субстратов и минеральных удобрений; 3) испытание ряда препаративных форм на основе бациллы на способность к ремедиации почвы от прометрина.

Для решения первой задачи в жидкую среду, содержащую гербицид в дозе 2.5 мг/л, вносили в соответствии с вариантом опыта отруби, кукурузную муку (в чистом виде и в смеси с каолином или доломитовой мукой), измельченную солому овса и смесь соломы с кукурузной мукой. Среду инокулировали суточной суспензией *B. megaterium* 501 GR. Исходный титр бактерий – 1×10^7 КОЕ/мл среды. Через трое суток инкубации при 27 °С определяли прометрин методом тонкослойной хроматографии.

Результаты свидетельствовали о том, что при использовании кукурузной муки, соломы и их смеси происходило полное разложение гербицида. В остальных вариантах эффективность деструкции была ниже, составляя около 50% от внесенного гербицида.

Исследования по решению второй задачи проводили в лабораторном опыте на черноземной почве. В нее вносили прометрин в концентрации 20 мг/кг, кукурузную муку, солому овса, каолин, активированный уголь и НРК в виде комплексного удобрения. Инокулировали жидкой суспензией *B. megaterium501 GR*, создавая нагрузку 1×10^7 КОЕ/кг почвы. Содержание гербицида определяли через месяц компостирования при оптимальном режиме влажности и температуре 26 °С.

Выявлено положительное влияние всех испытанных добавок, кроме каолина, на спонтанную деградацию прометрина в почве. При этом наибольшая эффективность деструкции отмечалась при внесении кукурузной муки и соломы. Инокуляция почвы бациллой еще более повышала степень деструкции на фоне этих же добавок. Так, в контроле содержание прометрина снизилось в два раза, а в варианте с инокуляцией в присутствии как соломы, так и кукурузной муки – в 10.

На основе торфа, кукурузной муки и пшеничных отрубей приготовлены сухие и жидкие препаративные формы *B. megaterium501 GR*. Проведена их сравнительная оценка эффективности деструкции прометрина в дерново-подзолистой почве. Показано, что обе формы ускоряли его разложение, но интенсивнее процесс проходил при использовании сухих препаратов – 10-кратное снижение концентрации гербицида. Под действием жидких препаратов наблюдалось двух-четырёхкратное ускорение его деструкции.

Таким образом, интродукция *B. megaterium501 GR* в дерново-подзолистую легкосуглинистую и черноземную почвы способствует ускорению деградации прометрина. Эффективность биоремедиации повышается в присутствии органических субстратов (соломы, кукурузной муки), что может быть использовано в практических целях.

УДК 631.41

ВЛИЯНИЕ БИОЧАРА ИЗ РАЗЛИЧНОГО СЫРЬЯ НА ФИТОТОКСИЧНОСТЬ ЧЕРНОЗЁМА ОБЫКНОВЕННОГО

**Лобзенко И.П., Погоньшев П.Д., Бауэр Т.В., Бурачевская М.В.,
Манджиева С.С., Сушкова С.Н., Минкина Т.М.**

Южный федеральный университет, Ростов-на-Дону
E-mail: bkmzyoyo@gmail.com

Поступление большого количества тяжелых металлов (ТМ) отрицательно влияет на фитотоксичность почвы. Растения как первичные звенья трофической цепи являются наиболее уязвимым компонентом биоты, выполняя при этом основную роль в поглощении ТМ из почвы. В настоящее время при ремедиации загрязненных почв используют

углеродистые сорбенты, такие как биочар. Одним из главных преимуществ применения биочара является его экономическая выгода, так как биочар возможно производить из отходов регионального сельского хозяйства. Строение и свойства получаемого биоугля зависят от сырья для его изготовления.

Цель данной работы: сравнить влияние биочара, изготовленного из различных отходов сельского хозяйства, на фитотоксичность чернозема обыкновенного карбонатного при искусственном загрязнении Cu.

Объектами данного исследования являлись биочар из лузги подсолнечника, биочар из стеблей подсолнечника, биочар из ореховой скорлупы и биочар из куриного помета.

Для достижения поставленной цели был заложен опыт с искусственным загрязнением чернозема обыкновенного карбонатного среднетяжелосуглинистого на лессовидных суглинках, отобранного с целинного участка особо охраняемой природной территории «Персиановская степь». В пластиковые контейнеры помещалось по 100 г воздушно-сухой почвы, перетертой и просеянной через сито с диаметром отверстий 1 мм. Загрязнение образцов проводилось раствором ацетата Cu(II) в дозе 300 мг/кг в пересчете на чистый элемент. После инкубации Cu в почве вносили сорбенты в дозе 2.5% от массы воздушно-сухой почвы, затем производили посев тест-культуры. В качестве тест-растения был выбран ячмень *Hordeum sativum disticum*, являющийся одной из основных культур для Ростовской области. Через неделю после посева измеряли длины корней, побегов, а также рассчитывали индекс токсичности фактора (ИТФ) по формуле: $ИТФ = T_{Ф0} / T_{Фк}$, где $T_{Ф0}$ – величина измеряемого показателя в исследуемом варианте, $T_{Фк}$ – на контроле.

Для оценки токсичности фактора использовалась следующая шкала: VI класс токсичности (стимуляция) – $ИТФ > 1.10$; V (норма) – $0.91-1.10$; IV (низкая токсичность) – $0.71-0.90$; III (средняя токсичность) – $0.50-0.70$; II (высокая токсичность) – < 0.50 ; I (сверхвысокая токсичность) – среда непригодна для жизни тест-объекта.

В течение всего опыта влажность образцов поддерживалась биодистиллированной водой на уровне 60% от полной полевой влагоемкости. Повторность опыта трехкратная.

По результатам опыта выявлено негативное влияние загрязнения на проростки ярового ячменя. Длина корней уменьшилась на 51%, а длина побегов на 76%. Внесение сорбентов оказало положительное воздействие на рост проростков. Изменение длин корней и побегов варьировало от 84 до 116 и от 42 до 86 мм соответственно в зависимости от применяемого сорбента. Наилучший эффект произвело внесение биочара из куриного помета, длина корней по сравнению с загрязненным образцом увеличилась на 38%, а длина стеблей – на

53%, ИТФ возрос с 0.37 в загрязненном образце (II класс токсичности среды – высокая токсичность) до 0.83 (IV класс токсичности среды – низкая токсичность).

Исследования поддержаны грантом РФФИ № 19-74-10046.

УДК 632.122

К ВОПРОСУ МЕТОДОЛОГИИ ОЦЕНКИ ФОНОВОГО УРОВНЯ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПОЧВ ДИОКСИНАМИ

Макарова Е.П.

Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Москва
Институт проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова РАН, Москва
E-mail: makarovaekaterinapavlovna@gmail.com

При возрастающем мировом уровне производства в условиях ограниченности ресурсов становится важно проводить оценку количества стойких органических загрязнителей (СОЗ), поступающих в почву. Диоксины обладают способностью к биоаккумуляции, переносу и закреплению во всех звеньях трофической цепи, поэтому важно оценить количество диоксинов, содержащихся в почве. Под термином «диоксин» понимается вещество – шестичленный гетероцикл, в котором два атома кислорода связаны двумя этиленовыми мостиками. Самым опасным конгеном диоксина является 2,3,7,8-тетрахлордибензо-р-диоксин (ТХДД). Источники поступления диоксинов в почву многочисленны и разнообразны. Свалки твердых отходов повсеместно присутствуют на территории городских поселений и выступают одним из источников распространения СОЗ. Присущие диоксинам свойства способствуют адсорбции их твердыми коллоидными частицами, которые с током воздуха и воды могут переноситься на большие расстояния, сорбироваться почвой и иными средами, не разлагаясь в окружающей среде. В настоящее время диоксины найдены не только в почвах рядом с источниками выброса, но и далеко за их пределами. В условиях городской среды ввиду большого количества источников поступления СОЗ важно оценивать количество загрязнителя в почвах городских поселений и говорить, таким образом, о фоновом уровне загрязнения почв (ФУЗП). На данный момент принято использовать токсикометрические характеристики для определения уровня диоксинов – концентрацию диоксинов в тканях организма, что не учитывает возможности влияния почвенных свойств на закономерности накопления и переноса диоксинов в окружающей среде. Закреплению в почвенном профиле экотоксикантов будут способствовать физические свойства почвы, ее минералогический состав и состав почвенно-поглощающего комплекса, содержание и качество

органического вещества почвы, поэтому мы предлагаем учитывать не только концентрацию диоксинов в почве, но и рассчитывать количество запасов диоксинов в почвах, в сравнении с концентрацией и запасами органического углерода и азота в почве. Апробация предлагаемых нами корректировок метода оценки ФУЗП выполнена на территориях селитебных зон в окрестностях свалки «Саларьво» (пгт. Картмазово, Москва). Образцы дерново-подзолистой суглинистой почвы были отобраны до глубины 40 см. В ходе исследования был определен гранулометрический состав почв (ареометрическим методом, ГОСТ 12536-2014), а также общее содержание органического углерода, азота и серы (в %, определен методом сухого сжигания в токе кислорода на элемент анализаторе Elementar Vario III, Германия). Содержание общего органического углерода составило 3.23% в верхних 5 см и падало до 0.44% в слое 30-40 см. Для расчета запаса веществ была определена плотность почвы (буровым методом в пятикратной повторности). Плотность почвы составила 1.42 ± 0.03 г/см³. Единство площади исследования (пгт. Картмазово) позволяет использовать для расчета запасов диоксинов в почвенном слое на той же глубине (3-10 см) концентрации диоксинов, опубликованные В.С. Румаком, Н.В. Умной. Запасы ТХДД при данных расчетах составили 6.82×10^{-3} г/га. В опубликованных данных WHO-TEQ05 равен 1.1 нг/кг для данной территории. Оценка запасов диоксинов в пересчете на площадь и мощность почвенного слоя дает количество диоксинов, которое может быть использовано в оценке миграции и накопления диоксинов в экосистемах, что позволит проводить качественный мониторинг фоновое загрязнения диоксинами земель, удаленных от непосредственного источника выбросов.

УДК 631.438

СОДЕРЖАНИЕ И РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ПОДВИЖНЫХ СОЕДИНЕНИЙ ТЯЖЕЛЫХ ЕСТЕСТВЕННЫХ РАДИОНУКЛИДОВ В ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ И ТЕМНО-СЕРОЙ ПОЧВАХ

Манахов Д.В., Липатов Д.Н., Агапкина Г.И.

Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Москва
E-mail: dman@soil.msu.ru

Изучение форм нахождения радионуклидов в почвах позволяет оценить их доступность растениям и подвижность при миграции в сопредельные среды. В настоящей работе проведено изучение подвижных форм нахождения Ra-226, U-238 и Th-232 методом последовательной экстракции Ф.И. Павлоцкой в дерново-подзолистой (Московская область) и темно-серой (Пензенская область) почвах. Из навески массой 100 г последовательно извлекали подвижные фрак-

ции: водорастворимую (H_2O , т:ж = 1:5, t = 5 мин, 20 °С), обменную (1 моль/дм³ $\text{CH}_3\text{COONH}_4$ рН 4.8, т:ж = 1:10, t = 1 ч, 20 °С) и собственно подвижную (1 моль/дм³ HCl , т:ж = 1:10, t = 1 ч, 20 °С). Концентрации U-238 и Th-232 определяли непосредственно в вытяжках на масс-спектрометре с индуктивно-связанной плазмой. Ra-226 отделяли осаждением с BaSO_4 после предварительного концентрирования остальных радионуклидов на FeOH_3 . Активность Ra-226 определяли трехкратным измерением суммарной альфа-активности препаратов на альфа-радиометре со сцинтилляционным детектором $\text{ZnS}(\text{Ag})$ спустя 1-2, 9-10 и 28-30 сут. после осаждения BaSO_4 . Значение активности Ra-226 рассчитывали с учетом распада и накопления дочерних продуктов распада изотопов радия.

В обеих исследованных почвах тяжелые естественные радионуклиды формируют следующий ряд по содержанию подвижных форм: $\text{Ra-226} > \text{U-238} > \text{Th-232}$, при этом в дерново-подзолистой почве профильное распределение всех трех радионуклидов имеет элювиально-иллювиальный характер. Сумма подвижных фракций Ra-226 составляет 8.0, 15.1-15.6 и 32.3-32.8% от суммарной активности изотопа в гумусовой, элювиальной и иллювиальной частях профиля соответственно. Доля подвижных форм U-238 не превышает 6.5, а Th-232 – 2.6% их суммарной активности. В составе подвижных соединений Ra-226 наибольшую роль играет обменная фракция, доля которой вниз по профилю возрастает до 25.7% от суммы. На втором месте – собственно подвижная фракция, которая в серогумусовом горизонте выходит на первое место. Среди подвижных фракций U-238 наибольшую роль по всему профилю играет собственно подвижная, доля которой возрастает вниз по профилю до 5.7%. Для Th-232 в верхней и средней частях профиля невелика роль подвижных фракций, только в иллювиальном горизонте их доля достигает 2.5%.

В темно-серой почве при сохранении элювиально-иллювиального характера распределения Ra-226 сумма его подвижных фракций выше, чем в дерново-подзолистой, и составляет 25.0-25.5 и 36.9-38.5% от суммы в гумусовой и иллювиальной частях профиля соответственно. Ведущую роль в темногумусовом горизонте среди подвижных фракций играет собственно подвижная, вниз по профилю возрастает доля обменной фракции Ra-226. Сумма подвижных фракций Th-232 в темно-серой почве также выше, чем в дерново-подзолистой, а характер распределения по профилю – элювиально-иллювиальный. Наибольшие различия между почвами наблюдаются в поведении U-238. В темно-серой почве сумма подвижных фракций U-238 выше, чем в дерново-подзолистой, достигая 7.9%, причем распределение по профилю имеет равномерно-аккумулятивный характер. Ведущую роль в составе подвижных соединений U-238 в обоих типах почв играет собственно подвижная фракция.

Выявленные различия в поведении естественных радионуклидов в исследованных почвах обусловлены влиянием ряда почвенных характеристик, способствующих формированию их подвижных форм: большей емкостью катионного обмена и большим содержанием органического вещества в темно-серой почве по сравнению с дерново-подзолистой. На поведение U-238 также оказывает влияние менее кислая реакция среды, что приводит к его большей подвижности в темно-серой почве по сравнению с дерново-подзолистой.

Работа выполнена при поддержке РФФИ (грант № 18-04-00584 А).

УДК 641.4

**ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ
ХИМИЧЕСКОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ МЕТАЛЛАМИ
НА ПОЧВЫ И РАСТЕНИЯ С ПРИМЕНЕНИЕМ МЕТОДОВ
СИНХРОТРОННОГО ИЗЛУЧЕНИЯ
И МИКРОСКОПИЧЕСКОГО АНАЛИЗА**

**Минкина Т.М.¹, Невидомская Д.Г.¹, Федоренко Г.М.², Федоренко А.Г.^{1,2},
Шуваева В.А.¹, Бауэр Т.В.², Манджиева С.С.¹**

¹ Южный федеральный университет, Ростов-на-Дону
E-mail: tminkina@mail.ru

² Южный НЦ РАН, Ростов-на-Дону
E-mail: afedorenko@mail.ru

³ Институт физико-химических и биологических проблем почвоведения РАН,
Пушино
E-mail: pinsky43@mail.ru

Индустриальный прессинг на окружающую среду приводит к формированию локальных ореолов загрязнения и техногенных потоков, обусловленных функционированием химических производств и образованием мест захоронения промышленных отходов. В настоящей работе исследовали влияние долговременного загрязнения металлами района природного отстойника химического завода на трансформацию почв и функционирование растений с использованием синхротронных методов рентгеноспектральной диагностики – расширенной дальней тонкой структуры рентгеновского поглощения (XANES) и ближней тонкой структуры рентгеновских спектров вблизи краев поглощения (EXAFS), рентгеновской порошковой дифракции (XRD) и микроскопического анализа.

Объекты исследования – почвы и растения зоны отстойников сточных вод территории оз. Атаманского, расположенного в пойме р. Северский Донец – главного притока р. Дон (Ростовская область, Россия). Растительность района оз. Атаманское включает монодоминантные тростниковые группировки, состоящие из тростника южного

(*Phragmites australis* Cav.). Валовое содержание металлов в почвах определяли рентген-флуоресцентным методом. Минерализацию проб растений проводили методом сухого озоления с последующей кислотной экстракцией металлов из золы и определением методом атомно-абсорбционной спектрометрии. Экспериментальные данные EXAFS и XANES, а также XRD были получены на станции «Структурное материаловедение», расположенной на канале 1.36 Курчатковского центра синхротронного излучения НИЦ «Курчатовский институт». Техногенно трансформированные почвы согласно классификации и диагностики почв России относятся к хемоземам. Образцы тростника для микроскопии изучали на просвечивающем электронном микроскопе Tescnai Spirit G2 (Philips, Голландия).

Установлено полиэлементное загрязнение хемоземов, при котором обнаружены превышения кларков литосферы по Zn и Cd в сотни раз, по Pb – в десятки раз, для Cu, Ni, Cr и Mn отмечены превышение в несколько раз. При таком экстремально высоком уровне загрязнения свойства почв не могут нивелировать токсичный эффект на экосистему. Во всех исследуемых растительных образцах установлены превышения максимально-допустимых уровней по Zn (до 18 раз) и Cd (до четырех раз). Техногенные изменения минерал-органической матрицы хемоземов выявили различные типы окружения Zn как доминирующего металла-загрязнителя в исследуемых почвах. Установлено два типа локального окружения Zn, при котором он координирован кислородом, и окружение Zn, близкое к ZnS. В составе образцов диагностированы длины связей Zn-O, которые близки к связям в ZnSO₄, и смешанный вариант локального окружения со связями Zn-S и Zn-O. Подгонка EXAFS данных хемоземов установила состав из 70% связей Zn-S и 30% связей Zn-O. Электронно-микроскопические исследования растений тростника выявили изменения ультраструктуры клеточных мембран, а также основных цитоплазматических органелл корня и стебля (митохондрий, пластид и др.). Установлено, что выявленные структурные изменения эпидермиса и мезодермы при химическом воздействии металлов препятствуют радиальному перемещению жидкости в корне от периферических участков и являются одной из причин снижения уровня поглощения и транслокации минеральных питательных веществ от корней к побегам.

Таким образом, диагностирована высокая степень трансформационных изменений в почвах, испытывающих длительное химическое загрязнение. С использованием прямых высокотехнологичных физических методов на молекулярном уровне выявлены аутигенные соединения металлов, а на клеточном уровне – структурные морфолого-анатомические изменения, обусловленные влиянием экстремального техногенного фактора.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ, проекты № 19-05-50097, 19-29-05265мк и 19-34-60041.

УДК 58.04

ТОКСИЧЕСКОЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ ОКСИДА МЕДИ И НАНОЧАСТИЦ ОКСИДА МЕДИ НА УЛЬТРАСТРУКТУРУ ЯРОВОГО ЯЧМЕНЯ (*HORDEUM SATIVUM DISTICHUM*)

Минкина Т.М.¹, Федоренко А.Г.^{1,2}, Манджиева С.С.¹, Федоренко Г.М.^{1,2},
Черникова Н.П.¹, Ражпут В.Д.¹, Бауэр Т.В.², Хассан Т.М.¹

¹ Южный федеральный университет, Ростов-на-Дону

E-mail: afedorenko@mail.ru

² Южный НЦ РАН, Ростов-на-Дону

В отличие от большого количества исследований токсического действия на почву, растения и микробиоту тяжелых металлов в макродисперсной форме, токсичность наноформы металлов является малоизученной. Вопросы безопасности применения наночастиц металлов, их экологическое воздействие на окружающую среду особенно важны для наноматериалов на основе меди, потому что существует их широкомасштабное использование в производстве и сельском хозяйстве. Накопление наночастиц CuO в почве и грунтовых водах может потенциально привести к их накоплению в тканях растений. Оксиды меди в форме наночастиц не только токсичны для растений, но и очень токсичны для клеток человека.

Для изучения токсичности меди разной дисперсности частиц на структуру клеток корня и листьев ячменя была отобрана почва на территории Персиановской заповедной степи Ростовской области. Схема опыта включала незагрязненную почву (контроль) и варианты с загрязнением почвы CuO в макродисперсной и нанодисперсной формах в дозах 300 и 2000 мг/кг.

С помощью трансмиссионной электронной микроскопии (ТЭМ) было обнаружено, что загрязнение медью в форме оксида и наноксида вызвало ультраструктурные изменения основных клеточных органелл в корне, что в свою очередь привело к изменениям на тканевом уровне. Это одна из причин нарушения радиального транспорта и перемещения минеральных питательных веществ из корней в стебель. Также была отмечена деградация корневых трихом пропорционально уровню загрязнения.

Исследования ТЭМ выявили наличие электронно-плотного материала на клеточных стенках и в плазмолемме клеток корня ячменя при обоих видах загрязнения. Методами TEM-EDX в элементном составе электронно-плотного материала было обнаружено наличие атомов меди.

Ультраструктурные исследования листьев ячменя выявили изменения в основных клеточных органеллах при загрязнении ячменя оксидом и нано-оксидом меди. Если сравнивать по степени загрязне-

ния, то неспецифические изменения ультраструктуры наблюдались во всех вариантах примерно с одинаковой интенсивностью. Система межклеточников у образцов, загрязненных оксидами, более развита, чем у образцов с наноформой загрязнения. Количество и размер хлоропластов в клетках уменьшились по сравнению с контролем в обоих вариантах загрязнения. Также на обоих вариантах с загрязнением медью наблюдалась дезорганизация мембран тилакоидов гранн и тилакоидов стромы. Изменилось состояние митохондрий. Деструктивные изменения, выявленные в этих органеллах, очевидно, связаны со снижением уровня метаболических процессов, ответственных за обеспечение роста растений. Увеличилось количество пластоглобул и уменьшились число и размер крахмальных зерен в пластидах (варианты с загрязнением оксидами и нанооксидами меди), наблюдались спиралевидные мембранные образования (вариант с загрязнением оксидом меди) и электронно-плотный материал в центральных вакуолях (вариант с нанооксидом меди). Рентгеноспектральный анализ показал наличие в них атомов меди.

Таким образом, влияние тяжелых металлов, изученное на примере загрязнения оксидом меди в макро- и нанодисперсной формах, негативно отразилось на развитии ярового ячменя. Большой токсический эффект оказало внесение CuO в нано-форме по сравнению с макродисперсной формой.

Учитывая цитоморфометрические, ультраструктурные данные и данные по содержанию меди в растениях, в целом можно сделать вывод, что оксид меди в нанодисперсной форме лучше проникает из почвы в растение и может накапливаться в нем в больших количествах.

Исследование подготовлено в рамках реализации ГЗ ЮНЦ РАН, № АААА-А19-119011190176-7 и поддержано грантами РФФИ № 19-34-60041 Перспектива и 19-05-50097 Микромир.

УДК 631.4+504.75

ОЦЕНКА УСТОЙЧИВОСТИ ПОЧВ ГОРОДА ПЕРМИ К ЗАГРЯЗНЕНИЮ ТЯЖЕЛЫМИ МЕТАЛЛАМИ

Москвина Н.В., Еремченко О.З., Митракова Н.В.

Пермский государственный национальный исследовательский университет,
Пермь

E-mail: nvmoskvina@mail.ru

Почвенный покров городов представлен почвами и техногенными поверхностными образованиями (ТПО), которые значительно отличаются от природных почв. Весомый вклад в формирование микроэлементного состава городских почв вносят загрязнители техногенной

природы, в том числе тяжелые металлы (ТМ). В оценке токсичности почв и определении их устойчивости к загрязнению наряду с химическими методами целесообразно применение метода фитотестирования.

Цель нашей работы – оценка устойчивости почв и ТПО многоэтажных районов г. Перми к загрязнению ТМ методом фитотестирования. Объектом исследований были почвы и ТПО многоэтажных жилых районов левобережной части г. Перми. Возраст застройки в центральной части города – более 100 лет, в относительно молодых районах – 50-80 лет. В почвообразующих породах – элювиально-делювиальных суглинках, глинах и древнеаллювиальных песках – превышен геохимический фон по содержанию меди и хрома. В почвенном покрове многоэтажных жилых районов города преобладают урбостратоземы, в том числе окультуренные путем отсыпки торфа на поверхность. После завершения строительных работ в результате рекультивации образуются квазиземы, покрытые слоем низинного торфа. Почвы и ТПО характеризуются, как правило, средним либо высоким содержанием органического углерода, преимущественно щелочной реакцией среды (за исключением «свежих» квазиземов), высоким содержанием подвижных форм калия и фосфора, карбонатностью, неоднородностью гранулометрического состава. В микроэлементном составе почв и квазиземов прослежена высокая изменчивость. Отмечено техногенное загрязнение поверхностных горизонтов Zn, Sn, Pb, Cd и Cu. ТМ характеризуются низкой подвижностью, что обусловлено нейтрально-слабощелочной реакцией среды и карбонатностью почв и ТПО.

Авторская методика фитотестирования почв и почвогрунтов (патент № 2620555) показала в целом удовлетворительное экологическое состояние почв и ТПО, определенной токсичностью характеризовались почвы наиболее старой застройки города. С морфометрическими показателями тест-культуры коррелировали содержание органического вещества, емкость катионного обмена и содержание подвижного калия, в то же время не выявлено зависимости между состоянием растений и подвижностью ТМ.

Для оценки влияния гранулометрического состава на устойчивость почв к загрязнению Pb и Cd были проведены модельные опыты. Из минеральных ТПО суглинистого и супесчаного гранулометрического состава отобраны пробы, в которые внесены соли металлов из расчета от 0.1 до 1.0 ОДК. Грунты супесчаного состава в целом характеризовались более низкими показателями плодородия, что проявилось в пониженной высоте и массе тест-культуры. В зависимости от гранулометрического состава проявилась разная устойчивость грунтов к загрязнению Pb и Cd. В соответствии с реакцией растений суглинистые грунты показали повышенную устойчивость к загрязнению ТМ, чем грунты супесчаного гранулометрического состава.

После внесения Pb и Cd в концентрациях до 1 ОДК состояние суглинистых грунтов оставалось удовлетворительным. Состояние грунтов супесчаного гранулометрического состава после загрязнения Cd в концентрации до 1 ОДК также было удовлетворительным, но внесение свинца в концентрациях, превышающих 0.5 ОДК, переводило их в неудовлетворительное экологическое состояние. Наши исследования также показали, что при появлении карбонатов в почвогрунтах и сдвиге реакции среды в щелочную сторону буферные возможности почвы в отношении ТМ возрастали.

Часть жилой многоэтажной застройки г. Перми расположена на террасе р. Камы, сформированной на песчаных породах. В почвенном покрове преобладают почвы и ТПО легкого гранулометрического состава. Результаты наших исследований показали, что при конструировании почв в этих районах следует формировать поверхностные слои более тяжелого гранулометрического состава, повышающие устойчивость к загрязнению ТМ.

УДК 631.42

ВЛИЯНИЕ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ТЯЖЕЛЫМИ МЕТАЛЛАМИ И НЕФТЬЮ НА БИОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПОЧВ ЦЕНТРАЛЬНОГО ПРЕДКАВКАЗЬЯ И КАВКАЗА

Мощенко Д.И.

Южный федеральный университет, Ростов-на-Дону
E-mail: dimoshenko@sfnedu.ru

Центральное Предкавказье и Кавказ обладают уникальными природными ресурсами, однако возрастающее антропогенное воздействие негативным образом сказывается на их состоянии. Одной из актуальных экологических проблем является загрязнение почв различными химическими веществами. Источниками загрязнения служат автотранспорт, промышленность, сельское хозяйство и др. Почвенный покров исследуемой территории очень разнообразен: от черноземов до альпийских почв. В силу различий эколого-генетических свойств этих почв (содержание гумуса, реакция среды, интенсивность биологических процессов и др.), они сильно различаются по устойчивости к химическому загрязнению.

Цель работы – исследовать влияние загрязнения тяжелыми металлами (Cr, Cu, Ni, Pb) и нефтью на биологические свойства основных почв Центрального Предкавказья и Кавказа.

Исследовали следующие типы почв: чернозем обыкновенный, чернозем выщелоченный, чернозем оподзоленный, дерново-карбонатная, темно-серая лесная, горно-луговая торфянистая, бурая лесная слабонасыщенная.

Химическое загрязнение почвы моделировали в лабораторных условиях. Почву загрязняли оксидами таких тяжелых металлов, как Cu, Cr, Ni, Pb, поскольку именно этими металлами в значительной степени загрязнены почвы юга России.

Действие загрязняющих веществ в почве изучали в различной концентрации: Cu, Cr, Ni, Pb, – 1, 10, 100 ПДК, нефть – 1, 5, 10% от массы почвы. Использовали значения ПДК, разработанные в Германии, в связи с тем, что ПДК в почве общего содержания меди и никеля в России отсутствуют.

При проведении лабораторно-аналитических исследований руководствовались общепринятыми в экологии и почвоведении методами. Определяли общую численность бактерий, обилие бактерий рода *Azotobacter*, активность каталазы и дегидрогеназы, целлюлозолитическую активность, фитотоксические свойства почв и другие показатели.

В результате исследования было установлено, что загрязнение почв Центрального Предкавказья и Кавказа тяжелыми металлами (Cr, Cu, Ni, Pb) и нефтью приводит к снижению биологических показателей.

Проанализировав полученные данные, можно построить усредненный ряд устойчивости почв Центрального Предкавказья и Кавказа к загрязнению тяжелыми металлами: чернозем обыкновенный (78) ≥ чернозем выщелоченный (74) ≥ чернозем оподзоленный (72) ≥ дерново-карбонатная (69) ≥ темно-серая лесная (66) = горно-луговая торфянистая (66) > бурая лесная слабонасыщенная (39).

По степени устойчивости к загрязнению нефтью почвы Центрального Предкавказья и Кавказа образуют следующую последовательность: чернозем обыкновенный (69) ≥ чернозем выщелоченный (68) = чернозем оподзоленный (68) ≥ горно-луговая торфянистая (67) ≥ дерново-карбонатная (66) ≥ темно-серая лесная (66) > бурая лесная слабонасыщенная (57).

Степень снижения биологических показателей зависела от концентрации загрязнителя в почве и ее эколого-генетических свойств.

Исследование выполнено при государственной поддержке ведущей научной школы Российской Федерации (2511.2020.11).

УДК 631.453:574.23

ДЕТЕРМИНАНТЫ ФИТОТОКСИЧНОСТИ МЕДИ В НАТИВНЫХ ТЕХНОГЕННО ЗАГРЯЗНЕННЫХ ПОЧВАХ

Неаман А.

Институт аграрной инженерии и почв,
Факультет сельскохозяйственных и пищевых наук,
Южный университет Чили, Вальдивия, Чили
E-mail: alexander.neaman@gmail.com

Несмотря на многочисленные исследования токсичности металлов в почве, подавляющее большинство работ было выполнено при использовании искусственно загрязненных почв. Этот подход неоднократно и справедливо подвергался критике. Главный аргумент противников традиционного подхода заключается в том, что трудно осмысленно экстраполировать результаты экспериментов с искусственно загрязненными почвами на токсические эффекты, которые могут возникнуть в реальных условиях техногенно загрязненных территорий. Данная работа обобщает многолетние авторские исследования по детерминантам фитотоксичности меди в нативных почвах, загрязненных выбросами медной горнодобывающей промышленности в области Вальпараисо центрального района Чили.

Валовые концентрации металлов (металлоидов) в загрязненной почве зачастую недостаточны для прогнозирования ее потенциальной фитотоксичности. В течение последних нескольких 10-летий были проведены попытки прогнозирования «фитодоступной» фракции путем корреляций между откликами растений и различными пулами металлов в почве. Однако, большинство полученных данных противоречивы, что затрудняет их интерпретацию. Из-за этой противоречивой информации, полученной в разных исследованиях, не представлялось возможным строго сформулировать рабочую гипотезу. Высокая неопределенность позволила поставить лишь следующий вопрос: какой почвенный пул меди (свободный ион Cu^{2+} , обменная фракция или валовое содержание) лучше всего определяет отклики растений в нативных техногенно загрязненных почвах?

Несмотря на полиэлементный характер загрязнения исследованных почв, было установлено, что медь – основной фактор, лимитирующий рост растений, тогда как влияние других элементов было статистически незначимым. В сельскохозяйственных почвах валовая концентрация меди – более показательный индикатор откликов растений по сравнению с концентрацией обменной меди и активностью свободного иона Cu^{2+} . Однако, интервалы значений обменной меди и активности свободного иона Cu^{2+} в этих почвах были относительно узкими, что ограничило экспрессию влияния этих пулов меди на ее

фитотоксичность. В свою очередь, в несельскохозяйственных почвах с более широкими интервалами значений обменной меди и активности свободного иона Cu^{2+} обменная фракция меди в почве – лучший индикатор фитотоксичности по сравнению с валовым содержанием меди в почве и активностью свободного иона Cu^{2+} в почвенном растворе.

Вышеуказанные результаты разных выборок почв противоречивы на первый взгляд, но согласуются с концепцией интенсивности/буферности, в соответствии с которой фитотоксичность меди может зависеть от различных пулов этого элемента в почве, которые способны переводить медь в почвенный раствор одновременно с поглощением ионов корнями растений.

Многие исследователи декларируют важность использования нативных техногенно (а не искусственно) загрязненных почв для получения оценок токсичности. Однако в большинстве случаев такой подход остается лишь на уровне декларации и не реализуется на практике. Число работ, в которых пороги фитотоксичности меди были определены при использовании нативных техногенно загрязненных почв, буквально можно пересчитать по пальцам рук: две из них выполнены во Франции, одна – в Швеции, три – в Чили, причем в последнем случае это исследования автора. Столь небольшое число работ, которые даже в минимальной степени не охватывают реальное разнообразие природных ситуаций, не позволяет выйти на формулирование сколь-нибудь широких обобщений.

УДК 631.46

ЭКОСИСТЕМНЫЙ ПОДХОД К ОЦЕНКЕ И УПРАВЛЕНИЮ КАЧЕСТВОМ ЗАГРЯЗНЕННЫХ ТЯЖЕЛЫМИ МЕТАЛЛАМИ ГОРОДСКИХ ПОЧВ (НА ПРИМЕРЕ ГОРОДА КУРСКА)

Неведров Н.П., Проценко Е.П.

Курский государственный университет, Курск

E-mail: 9202635354@mail.ru

Экологическая оценка и экологическое нормирование требуют комплексного подхода, учитывающего оценку функционального состояния всех компонентов экосистем. Базовым компонентом сухопутных экосистем являются почвы, которые регулируют глобальные процессы круговоротов и миграции веществ. Одним из частых видов загрязнений почв городов является загрязнение тяжелыми металлами (ТМ). На современном этапе оценка загрязненности почв ТМ основывается на сопоставлении актуального содержания ТМ в поверхностном корнеобитаемом слое почвы с установленными санитарно-гигиеническими нормативами ПДК и ОДК. Для формирования рациональных технологических решений по ликвидации на-

копленного экологического вреда и планирования природоохранных мероприятий, направленных на создание экологически устойчивых и безопасных урболандшафтов, необходим более детальный подход к оценке почв городов. При таком подходе необходимо учитывать особенности базовых биогеохимических и экологических условий городских ландшафтов: генезис почв и их антропогенная преобразованность; пространственная неоднородность свойств почв и их временная динамика; контрастность техногенной нагрузки в различных функциональных зонах города; количество видов живых организмов и продуктивность экосистем; уровень и характер загрязнения почв ТМ; особенности пространственного распределения миграции, сорбции и трансформации ТМ в городских ландшафтах; проницаемость геохимических барьеров.

Цель работы состояла в разработке и апробации комплексного индекса экологической комфортности почв городских экосистем при воздействии на них и биоту ТМ.

В условиях г. Курска апробирован авторский комплексный индекс экологической комфортности почв (Ecological Comfort Index – ЕСІ), применимый для почв, потенциально и актуально подверженных воздействию ТМ. ЕСІ представляет собой отношение суммарного воздействия ТМ на почвы, растения и почвенную биоту к сумме показателей экологической устойчивости почв к воздействию ТМ и способности почв препятствовать загрязнению ТМ сопредельных территорий. ЕСІ рассчитывается по формуле:

$$ЕСІ = \frac{Cme+Qme+Mob+Cfme+Tmb}{H+|\Delta pH|+ST+GB+LT},$$

где *Cme* – превышение валового содержания ТМ в гумусово-аккумулятивном горизонте над ПДК, *Qme* – превышение запаса ТМ в метровом слое почвы над условным региональным нормативом ПДК, *Mob* – доля подвижных форм ТМ относительно валового содержания, *Cfme* – превышение норматива содержания ТМ в растениях, *Tmb* – трансформация почвенной микробиоты, *H* – содержание гумуса (%), $|\Delta pH|$ – контрастность кислотно-щелочного геохимического барьера в метровой толще почвы, *ST* – гранулометрический состав почвы, *GB* – наличие геохимических барьеров в иллювиальных горизонтах, *LT* – положение в ландшафте.

ЕСІ нормируется по предлагаемым отечественными исследователями уровням природно-антропогенных экологических нарушений: «Норма», «Риск», «Кризис», «Бедствие». Учитывая особенность городских экосистем и высокую расчлененность структуры землепользования на относительно небольших территориях, а также практически неотъемлемый антропогенный пресс, уровни природно-антропогенных экологических нарушений почв «Норма» и «Риск» можно относить

к группам экологически комфортных и условно комфортных почв, уровни «Кризис» и «Бедствие» – к группе экологически некомфортных почв. Исходя из экспериментальных данных, полученных при комплексной оценке степени экологической комфортности почв Курска, следует установить следующие диапазоны значений ЕСІ: экологически комфортные почвы – $0 < \text{ЕСІ} < 0.5$, условно комфортные – $0.5 < \text{ЕСІ} < 1$, экологически некомфортные – $1 < \text{ЕСІ} < 10$.

В ходе оценки 17 ключевых экосистем Курска с применением ЕСІ установлено, что экологически комфортными являлись 42.8% ($0.1 < \text{ЕСІ} < 0.32$) почв рекреационных и санитарно-защитных функциональных зон, в то время как 28.6% ($0.51 < \text{ЕСІ} < 0.74$) почв селитебных зон являлись условно комфортными, а 28.6% ($1.11 < \text{ЕСІ} < 3.56$) почв промышленных, селитебных и санитарно-защитных зон относились к экологически некомфортным.

Предложенный индекс ЕСІ позволяет давать детальную оценку экологического состояния городских почв и открывает возможность более ранней диагностики начала техногенной деградации экосистем.

УДК 57.044+57.042.2

БИОХИМИЧЕСКАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА ПОЧВ, ЗАГРЯЗНЕННЫХ ТЯЖЕЛЫМИ МЕТАЛЛАМИ

Новоселова Е.И.¹, Волкова О.О.¹, Хазиев Ф.Х.²

¹ Башкирский государственный университет, Уфа
E-mail: novoselova58@mail.ru, wolkova.olja@yandex.ru

² Институт биологии УФИС РАН, Уфа
E-mail: bashbal@mail.ru

Трансформация органических веществ, поступающих в почву, является важным звеном формирования ее плодородия, в котором непосредственное участие принимают почвенные ферменты. Как самостоятельная структурная единица, они участвуют в минерализации растительных остатков, переводя биогенные элементы в доступную для живых организмов форму; конденсации структурных единиц гумусовых веществ путем окисления фенолов ферментами типа фенолоксидаз; постепенной минерализации гумусовых веществ.

Ежегодно усиливающееся антропогенное поступление тяжелых металлов I и II класса опасности в почву ухудшает ее физико-химические и биологические свойства, нарушает протекание биохимических реакций, блокируя функционирование почвенных ферментов, что ведет к увеличению площадей антропогенно «угнетенных» почв. Эта проблема особенно актуальна в хорошо развитых промышленных регионах России, в том числе и на Южном Урале.

Исследование и сравнительный анализ влияния тяжелых металлов свинца, кадмия (I класса опасности) и микроэлементов цинка и меди (I и II класс опасности) в трехлетнем микрополевым опыте (чернозем типичный) и в серии модельных экспериментов (чернозем типичный, серая лесная почва и урбанозем) в целом выявили их негативное воздействие на процессы трансформации органических веществ в почвах, протекающих с участием окислительно-восстановительных (полифенолоксидаза, каталаза, дегидрогеназа) и гидролитических (уреаза и фосфатаза) ферментов.

Свинец и кадмий в дозах, равных и выше ОДК, цинк и медь в дозах ниже, равных и выше ОДК достоверно подавляли биохимические процессы, протекающие при участии изученных ферментов в модельных и микрополевых условиях и интенсифицировали активность пероксидазы. С ростом дозы металлов их ингибирующий эффект усиливался.

Нарушение биохимической трансформации органического вещества в почвах, загрязненных свинцом, кадмием, цинком и медью, создает условия для снижения почвенного плодородия и перехода их в ранг антропогенно «угнетенных». В данном контексте высокая чувствительность изученных почвенных ферментов к дозам ниже, ОДК и выше позволяет рекомендовать их использование для предварительной биодиагностики направленности протекания процессов трансформации органического вещества почв, загрязненных тяжелыми металлами.

УДК 631.4

БИОДИАГНОСТИКА НЕФТЕЗАГРЯЗНЕННЫХ СВЕТЛО-КАШТАНОВЫХ ПОЧВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГРИБА *BOTRYTIS CINEREA*

Околелова А.А.¹, Капля В.Н.², Егорова Г.С.³

¹ Волгоградский государственный технический университет, Волгоград
E-mail: allaokol@mail.ru

² ООО «ПТБ Волгоградгражданстрой», Волгоград
E-mail: ptb2006@mail.ru

³ Волгоградский аграрный университет, Волгоград
E-mail: agro@volgau.com

Botrytis cinerea – фитопатогенный гриб, заражающий многие сельскохозяйственные культуры, принят в качестве модельной системы в молекулярной фитопатологии. Он является образцовым организмом для изучения патогенов растений и впервые был применен для оценки почв. Штамм культуры *Botrytis cinerea* предоставлен лабораторией микологии и фитопатологии Всероссийского научно-исследовательского института защиты растений.

Объекты исследования: светло-каштановые песчаные и глинистые почвы (АЗС № 3 и 1 г. Волжского), целина, контроль – в 25 км от центра города, светло-каштановая легкосуглинистая почва. Отбор проб и подготовку почв к анализу проводили по ГОСТу 17.4.3.01-83. Предварительно готовили водную вытяжку из почвенных образцов по методу Е.В. Аринушкиной согласно ГОСТ 26423-85. Для культивирования *B. cinerea* посуду и среды стерилизовали соответственно сухим жаром и текучим паром в автоклаве при давлении 1.0 атм. В колбы добавляли по 50 мл питательной среды и разные разведения из водных вытяжек (в трехкратной повторности 30 мл водной вытяжки и 20 мл питательной среды (разведение 10^{-2}), 20 мл вытяжки и 30 мл питательной среды (разведение 10^{-3}), 10 мл вытяжки и 40 мл питательной среды (разведение 10^{-4}). В контрольные колбы в стерильных условиях вносили по 50 мл питательной среды. После этого готовили суспензию конидий *B. cinerea* в питательной среде, содержащую 10^3 КОЕ/мл, и добавляли 250 мкл суспензии в каждую колбу. В качестве жидкой питательной среды использовали среду Чапека. Через семь дней споры гриба *B. cinerea* начали расти на контроле (целина), а через 14 дней выросли на остальных почвах. Через 10-14 сут. подсчитывали общее микробное число (ОМЧ) почвы и сравнивали его с контролем. До опыта в почвах было определено содержание нефтепродуктов фотометрическим методом на приборах «Концентратомер КН-2М» согласно ФР.1.31.2010.07434 (ПНД Ф14.1:2:4.256-09), экстрагент – четыреххлористый углерод. Содержание органического углерода определяли по И.В. Тюрину в модификации ЦИНАО.

В контроле ОМЧ почвы (только на питательной среде Чапека) составило $245\ 333$ КОЕ/см³ водной вытяжки почвы. В светло-каштановых почвах максимальное ОМЧ почвы выявлено при наибольшем разведении 10^{-4} в песчаной почве ($133\ 333$ КОЕ/см³ водной вытяжки почвы), что в 1.84 раза меньше, чем в контроле, и в 5.37 раза выше, чем в глинистой почве (24 823). Минимальное ОМЧ в светло-каштановых почвах отмечено при среднем разведении 10^{-3} в глинистой почве (2482 КОЕ/см³ водной вытяжки почвы), что ниже контроля в 98.84 раза и в 1.5 раза ниже, чем в песчаной (3243).

В контроле масса мицелия гриба *Botrytis cinerea* составила 0.0850 г. В светло-каштановых почвах наибольшая масса мицелия отмечена при наибольшем разведении 10^{-4} в песчаной почве (0.0800 г), что ниже в 0.94 раза по сравнению с контролем и выше в 1.17 раза, чем в глинистой почве (0.0673). Наименьшая масса мицелия в светло-каштановых почвах наблюдается при разведении 10^{-3} в глинистой почве (0.0466 г), что ниже в 1.82 раза по сравнению с контролем и ниже в 1.10 раза, чем в почве (0.0514). При этом наблюдается зависимость: большая масса мицелия гриба *B. cinerea* выявлена в

песчаной почве АЗС № 3 (0.0800 г) при большем содержании нефтепродуктов – 202.00 мг/кг, а его меньшая масса – в глинистой почве АЗС № 1 (0.0466 г) при наименьшем разведении 10^{-2} и при меньшем содержании нефтепродуктов – 135.00 мг/кг. Это согласуется с большим содержанием почвенного органического углерода ($C_{\text{орг.}} = 3.70\%$) в почве АЗС № 3 по сравнению с АЗС № 1 ($C_{\text{орг.}} = 2.60\%$) за счет органического углерода антропогенного происхождения.

УДК 631.434

МИГРАЦИЯ ПОДВИЖНЫХ ФОРМ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ПОЧВЕННОМ ПРОФИЛЕ В УСЛОВИЯХ РОСТОВСКОЙ АГЛОМЕРАЦИИ

Плахов Г.А.

Южный федеральный университет, Ростов-на-Дону

E-mail: germann-1965@rambler.ru

Антропогенно преобразованные почвы городских территорий долгое время не исследовались, так как основное внимание ученых было направлено на почвы сельскохозяйственных угодий. Между тем почвенный покров является важным фактором, определяющим экологическое состояние городов, а повышенное содержание в почвенном профиле таких опасных поллютантов, как тяжелые металлы, ведет к дестабилизации экологического равновесия, что подчеркивает возрастающую необходимость изучения городских почв.

Ростовская агломерация представляет особый интерес с точки зрения изучения городских почв черноземной зоны на предмет их загрязнения тяжелыми металлами, поскольку является наиболее крупной агломерацией черноземной зоны, находящейся на стадии формирования.

С целью исследования профильного распределения тяжелых металлов на почвах селитебных и рекреационных зонах города были заложены полнопрофильные разрезы, из которых были отобраны почвенные пробы. Выбор свинца, меди и цинка для исследования был обусловлен тем, что они находятся в первом и втором классе опасности соответственно. Кроме того, в почвах Ростовской агломерации содержание валовых форм свинца и цинка выше фоновых значений, а иногда и ОДК, в силу чего они представляют собой приоритетные загрязнители. Постоянное поступление этих тяжелых металлов в почву в количествах, превышающих допустимый фоновый уровень, влечет за собой их накопление, что негативно влияет на физико-химические свойства почв, снижает ферментативную и биологическую активность, провоцирует образование техногенных аномалий, приво-

дит к общей деградации почв. Но наиболее опасным для растений и других живых организмов фактором является степень доступности, которая определяется подвижностью химического элемента. На подвижность влияет ряд почвенных свойств, таких как реакция среды, наличие солей карбонатов, гранулометрический состав. Исходя из этого, становится важным детальный подход к почвенному мониторингу промышленных, селитебных и рекреационных зон города с учетом экранирования почвы и произрастающей растительности.

По результатам проведенных исследований было выяснено, что аккумуляция свинца, цинка и меди характерна для поверхностных горизонтов, в том числе – горизонтов урбик. Это свидетельствует об антропогенном происхождении поллютантов и путях поступления – с атмосферными осадками и пылевыми выпадениями. В профиле распределения свинца как в естественных, так и в антропогенно преобразованных почвах наблюдается высокая обратная корреляция с общим содержанием физической глины с коэффициентом детерминации 58%. Схожие корреляционные закономерности демонстрировали медь и цинк с коэффициентами детерминации 42 и 71% соответственно. Обратный характер связи свидетельствует о закрепляющей роли физической глины по отношению к этим тяжелым металлам.

В то же время с повышением значения pH содержание металлов в соответствующих горизонтах возрастало, что подтверждается прямой корреляцией с реакцией почвенной среды, хотя и не такой сильной, как с физической глиной: коэффициенты детерминации между профилем распределением подвижных форм свинца, меди, цинка и pH в урбо-почвах составил 24, 35 и 37% соответственно.

В некоторых разрезах антропогенно преобразованных почв концентрация подвижных форм цинка увеличивается в горизонтах скопления «белоглазки», на что указывает слабая обратная корреляция между подвижными формами цинка и содержанием карбонатов. В естественных почвах наблюдается сильная обратная корреляция между содержанием металла и карбонатами (коэффициент детерминации составил 65%). Это указывает на роль карбонатного барьера в накоплении металлов, мигрирующих из верхних горизонтов, и о переводе на этих глубинах подвижных соединений в прочносвязанные формы.

Исследование выполнено при государственной поддержке ведущей научной школы Российской Федерации (НШ-2511.2020.11).

УДК 634.4

ЭКОЛОГО-ГИГИЕНИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ПОЧВ В РАЙОНЕ РАЗМЕЩЕНИЯ ГОРНОРУДНЫХ ПРОИЗВОДСТВ

**Рафикова Ю.С.¹, Хасанова Р.Ф.^{1,2}, Семенова И.Н.^{1,2}, Суюндуков Я.Т.^{1,2},
Ильбулова Г.Р.^{1,2}**

¹ Институт стратегических исследований Республики Башкортостан, Сибай
E-mail: rezeda78@mail.ru

² Сибайский институт (филиал) Башкирского государственного университета,
Сибай
E-mail: yalil_s@mail.ru

Юго-восточная часть Республики Башкортостан представлена наличием медно-колчеданных месторождений оказывающих негативное воздействие на природную среду. На высокий естественный геохимический фон наложилось функционирование горнорудных предприятий, что способствовало формированию техногенных провинций. Большую тревогу среди населения города вызвали аварийные ситуации в Сибайском карьере по добыче медно-серного колчедана в 2018-2019 гг., приведшие к выбросу в атмосферный воздух в повышенных концентрациях диоксида серы.

Исследования экологического состояния окружающей среды проведены в г. Сибай, на территории которого расположены более 10 промышленных предприятий.

Концентрация SO_2 в атмосферном воздухе с января по март 2019 г. варьировала от 0 до 50 ПДК в зависимости от района исследования. Наиболее высокие концентрации отмечены вблизи Сибайского карьера. В химическом составе снега в зоне действия выбросов карьера в январе-феврале 2019 г. выявлено полиэлементное загрязнение тяжелыми металлами (ТМ) (Fe, Mn, Cu, Zn). Степень загрязнения варьировала от допустимой (поселки Золото и Горный) до умеренно опасной (рядом с отвалами карьера).

В реках, протекающих по территории города, зафиксированы anomalно высокие концентрации ТМ. В р. Карагайлы превышение ПДК_{рыб-хоз} составило по содержанию Cu около 200 раз, Zn – до 1000, Fe – более 30 раз, Mn – до 400 раз. В р. Камышлы-Узяк Cu – до 44 раз и Zn – 13 раз. В питьевой воде скважин обнаружен Fe (от 3 до 9 ПДК_{рыб-хоз}).

Почвенный покров города представлен урбаноземами. Исследованы почвы промышленных, рекреационных, селитебных зон, а также коллективных садов пригорода. Почвы промышленных зон характеризуются повышенным уровнем подвижных форм ТМ. Очень сильная степень загрязнения выявлена по содержанию Cu ($K_c > 10.0$), сильная ($5.0 < K_c < 10.0$) – по Zn, слабая ($1.5 < K_c < 3.0$) – по Ni, Cd и Mn.

Для почв селитебных зон выявлены высокие показатели ТМ в юго-западной и восточной частях, что обусловлено спецификой розы ветров с преобладанием западного ветра со стороны действующих карьеров, отвалов, обогатительной фабрики и ТЭЦ. Юго-западная и восточная часть зоны очень сильно загрязнены Cu, Zn, Ni, Mn и Cd, в меньшей степени – Pb и Co. В северной и центральной частях почвы имеют высокие концентрации Cu, Zn, Ni и Cd.

Согласно суммарному показателю загрязнения (Z_c), почвы промышленной зоны, а также северной и центральной селитебных зон имеют умеренно опасную степень загрязнения ($Z_c = 18.4$ и 19.4), в то же время почвы юго-западной и восточной селитебных зон оцениваются как высоко опасные ($Z_c = 35.4$).

Проживание в условиях выраженного техногенного воздействия сказывается на элементном составе тканей и органов человека. В волосах детей выявлено повышенное содержание макроэлементов и пониженное – эссенциальных микроэлементов, что может способствовать развитию эколого-зависимых заболеваний. По данным МИАЦ за 2000-2018 гг., частота врожденных аномалий (в 2.7 раза) и заболеваний крови (1.5) у детей в возрасте до года в г. Сибай превышает среднереспубликанские значения. В крови рабочих известкового карьера выявлены повышенные содержания Cd, Tl и Co. Концентрация Cd в крови имеет положительную корреляцию с содержанием As, Sn, Li, Al, при этом выявлен недостаток жизненно важных микроэлементов – I, Se.

Публикация подготовлена в рамках поддержанного РФФИ и Правительством Республики Башкортостан научного проекта № 19-413-020003 p_a.

УДК 631.4

ФОРМЫ ЗАКРЕПЛЕНИЯ РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ПОЧВАМИ ПРИ ВНЕСЕНИИ В ВИДЕ СОЛЕЙ

Рогова О.Б.¹, Федотов П.С.^{2,3}, Дженлода Р.Х.^{2,3}, Карандашев В.К.^{1,4}

¹ Почвенный институт им. В.В. Докучаева, Москва

E-mail: olga Rogova@inbox.ru

² Национальный научно-технический университет «МИСиС», Москва

³ Институт геохимии и аналитической химии им. Вернадского РАН, Москва

⁴ Институт проблем технологии микроэлектроники
и особо чистых материалов РАН, Черноголовка

Группа редкоземельных элементов (РЗЭ) включает в себя 14 лантанидов (лантаноидов). Среднее содержание этих элементов в земной коре варьирует от 66 мкг/г для Ce, 40 – для Nd и 35 мкг/г – для La

до 0.5 мкг/г для Tm, за исключением практически не встречающегося в природе Pm. РЗЭ поступают в почву в основном из подстилающих пород. Главнейшие минералы редких земель — монацит, ксенотим, бастнезит, паризит, гадолинит, ортит, лопарит, эшинит. Присутствие РЗЭ в сточных водах и водных экосистемах, аккумуляция в почве и выращенной на ней продукции, обнаружение лантаноидов в образцах человеческих волос, превышение фоновых концентраций — эти и другие факты, связываемые с последствиями индустриальной деятельности и сельскохозяйственных практик, говорят о разнообразии форм поступления РЗЭ в почвы, в том числе в виде растворимых солей, а также обуславливают необходимость исследования механизмов закрепления и высвобождения этих элементов различными почвами.

Изучали формы соединений редкоземельных металлов в дерново-подзолистых и черноземных почвах в контрольных образцах и после внесения в них хлоридов лантана, церия и неодима в виде моноэлементных добавок и длительного инкубирования. Химическое последовательное фракционирование РЗЭ проводили в динамических условиях и сравнивали данные, полученные для двух почв и трехносимых элементов. Выделяли водорастворимую и легкообменную фракцию (I), фракцию комплексных соединений и связанных с карбонатами (II), фракцию, связанную с аморфными гидратами оксидов алюминия, железа и марганца (III), с органическим веществом (IV), в окристаллизованными оксидами железа и марганца (V) и остаточную фракцию (VI).

Обнаружено, что в контрольных почвах, как дерново-подзолистой, так и в черноземе, основная часть РЗЭ связана с органическим веществом либо находится в виде прочнофиксированных соединений. Лишь небольшая доля легких РЗЭ обнаруживается в составе окклюдируемых окристаллизованными оксидами Fe. При этом распределение в целом закономерно геохимическому, т.е. легких и четных элементов больше, чем тяжелых и нечетных. Лишь во фракции (V) преобладает цезий.

После внесения солей РЗЭ значительная часть внесенных элементов остается в растворимой и легкообменной форме, они также активно закрепляются в форме соединений фракции (II), (III) и органическим веществом и в меньшей степени окристаллизованными оксидами. При этом происходит переход других исходно присутствующих в почве РЗЭ из прочнофиксированных форм соединений, составляющих остаточную фракцию, в более доступные формы, меняется соотношение легких и тяжелых РЗЭ во фракциях.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 19-05-50016 микромир «Изучение процессов миграции и закрепления редкоземельных элементов, поступающих на поверхность почвы в форме микрочастиц».

УДК 504.05

ЦЕЗИЙ-137 В ПОЧВАХ АЛТАЙСКОГО КРАЯ**Рождественская Т.А., Пузанов А.В., Трошкова И.А.**

Институт водных и экологических проблем СО РАН, Барнаул

E-mail: rtamara@iwerp.ru

Ядерные испытания на Семипалатинском полигоне в 1949-1962 гг. оказали существенное радиационное воздействие на экосистемы Алтайского края. Преобладание юго-западных ветров обусловило неоднократное прохождение радиоактивных облаков ядерных взрывов над территорией края. Из искусственных радионуклидов наибольшую опасность загрязнения почвенного покрова представляют долгоживущие, одним из которых является Cs-137 с периодом полураспада 30.2 года. Он обладает относительно высокой энергией излучения, активно включается в биологический круговорот веществ благодаря высокой подвижности, по мере распада короткоживущих радионуклидов приобретает доминирующее значение в формировании экологического риска на загрязненных территориях. Поступивший на поверхность почвы цезий-137 под влиянием природных факторов подвергается процессам миграции. Контроль и оценка влияния радионуклидов на компоненты лесных и агроэкосистем являются необходимым условием обеспечения экологической безопасности природного сырья и сельскохозяйственной продукции.

Удельная активность цезия-137 в почвах края изменяется в пределах от <2 до 93 Бк/кг, плотность загрязнения – от <7 до 1100 мКи/км². Плотность загрязнения минимальна в пахотных почвах, где ее средняя величина составляет 17 мКи/км² и лишь на отдельных территориях достигает 35 мКи/км². В освоенных почвах Cs-137 полностью сосредоточен в пахотном горизонте, равномерно распределяясь по всей его глубине. Необходимости проведения мероприятий, позволяющих уменьшать мобильность цезия-137 в пахотных почвах и поступление его в выращиваемую продукцию, нет.

Максимальная плотность отмечается в дерново-подзолистых почвах под сосновыми лесами ложбин древнего стока на удалении 350 км от полигона. Это существенно выше фоновой плотности загрязнения почв цезием-137 от глобальных выпадений, составляющей в настоящее время 15-30 мКи/км². Тем не менее, плотность загрязнения исследуемых почв Алтайского края цезием-137 невысокая: известно, что при загрязнении почвы до 4-5 Ки/км² излучение не оказывает существенного отрицательного влияния на растения и животных и на таких почвах можно заниматься растениеводством и животноводством без ограничений. В дерново-подзолистых почвах,

несмотря на песчаный гранулометрический состав, на глубине более 10 см рассматриваемый нуклид не обнаружен, что свидетельствует об отсутствии в данных экологических и климатических условиях радиальной миграции в почвенном профиле и наличии мощного биогеохимического барьера в виде гумусового горизонта. Плотность загрязнения цезием-137 почв этой части бора, несмотря на большую удаленность от Семипалатинского полигона, в 3-6 раз выше, чем почв юго-западной части Алтайского края, более близкой к полигону. Это обусловлено, вероятно, размерами частиц-носителей радионуклида и неравномерностью выпадения осадков по территории радиоактивного следа. Пахотные и лесные почвы с максимальной удельной активностью цезия-137 принадлежат сопряженным ландшафтам.

Плотность загрязнения серых лесных и дерново-подзолистых почв, находящихся в выходном створе радиоактивного следа (северо-восток края) – 300-350 мКи/км². Радиоцезий в почвенном профиле проникает глубже, чем в почвах ленточных боров. Так, на глубине 15-20 см удельная активность нуклида составляет 6-11 Бк/кг, на этот же слой приходится и его максимальные запасы. В отличие от результатов исследований, проводимых в 1990-х гг., выявлено, что в слое 0-5 см удельная активность Cs-137 составляет <2 Бк/кг. Более интенсивная миграция обусловлена большим количеством осадков на этой территории и реакцией среды почвенного раствора, способствующей радиальной миграции радиоцезия. В почвообразующих породах цезий-137 не обнаружен.

Работа выполнена в рамках государственного задания ИВЭП СО РАН (проект № 0383-2019-0005) при поддержке РФФИ, грант № 18-45-220019 p_a.

УДК 631.4

**ЭКОЛОГО-ГЕОХИМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ
ОСОБЕННОСТЕЙ НАКОПЛЕНИЯ И ЭМИССИИ
ПОЛИЦИКЛИЧЕСКИХ АРОМАТИЧЕСКИХ УГЛЕВОДОРОДОВ
В ПРИРОДНЫХ И ТЕХНОГЕННЫХ ЛАНДШАФТАХ
СЕВЕРО-ЗАПАДНОГО ПРИКАСПИЯ**

**Сангаджиева Л.Х., Даваева Ц.Д., Сангаджиева О.С., Цомбуева Б.В.,
Убушаева Б.В.**

Калмыцкий государственный университет им. Б.Б. Городовикова, Элиста
E-mail: chalga_ls@mail.ru

Основная цель работы заключается в выявлении закономерностей поступления и концентрации полиароматических углеводородов (ПАУ) в природных и техногенных ландшафтах Северо-Западного

Прикаспия и в изучении особенностей внутрипрофильной трансформации под влиянием почвенных процессов: установить количественный и качественный состав ПАУ в природных и техногенных ландшафтах Северо-Западного Прикаспия; установить пути поступления и миграции ПАУ в почвенный покров природных территорий; оценить уровни загрязнения техногенных ландшафтов Северо-Западного Прикаспия; установить корреляционные зависимости содержания ПАУ в природных ландшафтах Северо-Западного Прикаспия.

Впервые были определены уровни концентрации и качественный состав ПАУ, входящих в перечень приоритетных токсикантов Американского агентства по защите окружающей среды (нафталин, антрацен, фенантрен, пирен, аценафтен, аценафтилен, флуорен, флуорантен, хризен, бензо[а]пирен, бензо[а]антрацен, бензо[к]флуорантен, индено[1.2.3-cd]пирен, бензо[б]флуорентен, дибензо[а,h]антрацен, бензо[d,h,i]-перилен), в почвенном покрове Республики Калмыкия – природных и подверженных техногенному воздействию территорий. Получены данные и оценен уровень загрязнения аэрозоля приземного слоя атмосферы и атмосферных осадков на территории Северо-Западного Прикаспия; рассчитаны потоки поступления ПАУ на подстилающую поверхность почв по данным снежного покрова; отработана методика идентификации и определения содержаний ПАУ в воздухе, атмосферных осадках и почве методом ВЭЖХ со спектрофлуориметрическим детектированием в градиентном режиме; найдена корреляционная зависимость содержания ПАУ в атмосфере, осадках и почве, получен и систематизирован материал для оценки регионального фонового уровня содержаний ПАУ в почвенном покрове.

В результате проведенных исследований были проанализированы пластовые воды и почвогрунты нефтяных месторождений Республики Калмыкия на содержание ПАУ. Исследование нефтзагрязненных почв затронуло небольшую территорию, но можно сказать, что на данной территории имеет место загрязнение почвогрунтов ПАУ. Была дана оценка загрязнения почв при помощи различных коэффициентов и потенциалов трансформации. Пластовые воды, проанализированные на наличие ПАУ, можно охарактеризовать как один из источников поступления ПАУ в почву при нефтедобыче, было оценено содержание по ядерности ПАУ.

УДК 631.415

ИММОБИЛИЗУЮЩАЯ СПОСОБНОСТЬ ГЛИНЫ КЕЛЛОВЕЯ ПО ОТНОШЕНИЮ К ТЯЖЁЛЫМ МЕТАЛЛАМ В ЗАГРЯЗНЕННЫХ ПОЧВАХ УРБООКСИСТЕМ

Смицкая Г.И.

Курский государственный университет, Курск

E-mail: budakovag@mail.ru

Тяжелые металлы (ТМ) как продукты техногенной эмиссии являются крайне опасными поллютантами. Высокое содержание ТМ в почве приводит к трансформациям почвенных процессов и утрате почвами способности выполнять свои экологические функции. Продукция, выращиваемая на загрязненных ТМ почвах, теряет свое качество и становится экологически небезопасной. Для минимизации негативного воздействия и повышения эффективности и качества выполнения почвой своих экологических функций используют различные технологии *in situ*. Физико-химические технологии очистки почв с использованием природных сорбентов относятся к таким технологиям. Применение сорбентов является одним из наиболее эффективных и экономически выгодных методов очистки почв от загрязнений ТМ. Экологически безопасными и перспективными являются сорбенты на основе природных материалов. Использование природных органических и минеральных сорбентов способствует снижению подвижных форм ТМ в почве. ТМ при взаимодействии с сорбционными материалами образуют слаборастворимые комплексы, что резко снижает их токсический эффект, за счет уменьшения миграции и транслокации ТМ в сопредельные компоненты экосистем.

Цель работы состояла в оценке иммобилизующей способности сорбента на основе отходов добывающей промышленности (глина келловея) по отношению к свинцу в загрязненном урбаноземе собственно.

В качестве объекта исследования был выбран урбанозем собственно на основе чернозема выщелоченного среднесуглинистого, отобранный на плакорном участке промышленной зоны южной части Курска. Почвенные образцы отбирались из горизонта U1 с глубины 0-20 см.

В ходе лабораторного опыта в пластиковые контейнеры размером 20×15×6 см³ помещалась техногенно загрязненная почва массой 0.3 кг, предварительно высушенная до воздушно-сухого состояния. В качестве сорбента применялась глина келловея в дозах 1.5, 3, 6 г на сосуд. В качестве контроля использовался техногенно-загрязненный урбанозем без внесенного сорбента. Для определения количества подвижных и валовых форм свинца использовался инструментальный метод количественного определения элементов – атомно-абсорбционная спектрометрия.

По полученным данным о концентрациях подвижных форм свинца в урбаноземе установили, что максимальное количество извлеченных из почвенного раствора ионов Pb сорбентом на основе глины келловей отмечено в варианте опыта с дозой 6 г/сосуд и составляет 39.4% относительно контрольного варианта опыта.

Также во всех вариантах опыта с присутствием различных доз сорбента наблюдалось характерное снижение концентраций подвижных форм Pb относительно его концентраций в загрязненной почве без сорбента. Диапазон изменений концентраций находился в пределах от 32.8 до 39.4% и зависел от дозы вносимого сорбента.

Концентрации мобильных форм Pb составляют 9.3% относительного валового содержания изучаемого металла в урбаноземе без внесения сорбента. При обработке почвы сорбентом доля мобильных форм Pb относительного валового содержания снижается до 5.4-6.4% и обусловлена дозой вносимого сорбента. Статистически достоверных различий между вариантами опыта 1.5 и 3 г/сосуд не установлено. При внесении дозы 6 г/сосуд наблюдалось достоверное повышение иммобилизующего эффекта исследуемого сорбента.

Стоит отметить проявленную сорбентом эффективность на чрезвычайно высоких дозах загрязнения свинцом – 33.9 ПДК. Этот факт свидетельствует о том, что вносимый сорбент обладает значительной емкостью поглощения. Его применение в почвах со средними и низкими дозами загрязнения может позволить снижать концентрации мобильных форм ТМ до значений, находящихся ниже ПДК. Сорбент на основе вскрышной породы юрских глин (глины келловей) Михайловского железорудного бассейна Курской магнитной аномалии способствует закреплению ионов свинца твердой и магнитной фазами почв.

УДК 631.41

РАДИОМЕТРИЧЕСКАЯ СЪЕМКА НА ТЕРРИТОРИИ МОНАЦИТОВОЙ РОССЫПИ В ЮЖНОЙ ЯКУТИИ

Собакин П.И., Герасимов Я.Р., Горохов А.Н.

Институт биологических проблем криолитозоны СО РАН, Якутск

E-mail: radioecolog@yandex.ru

Первые поисково-разведочные работы на россыпях монацита в южной части Якутии проведены в 1930-1940-х гг. В результате было установлено широкое распространение в аллювиальных отложениях монацита в Алданском, Тыркандинском, Учурском и других рудных районах. В связи с возможностью использования тория в атомной промышленности Правительством СССР в 1949 г. было принято ре-

шение начать добычу монацита на р. Васильевка (правый приток р. Ороченка) Якутской АССР. Однако со временем необходимость в торийсодержащем сырье отпала и, соответственно, в 1952 г. добыча монацита из россыпи «Васильевка» была прекращена. В настоящее время место разработки россыпи монацита р. Васильевка представляет собой полигон для открытой добычи сырья, состоит из законсервированных шахт, разрушенных барачков и уцелевших остатков здания обогатительной фабрики. В ходе радиоэкологических работ в районе расположения россыпи на двух площадях проведены радиометрические съемки по прямоугольной сети 250×50 и 20×18 м. Все измерения выполнены с помощью радиометра СРП-68-01 и переносного гамма-спектрометра МКС-АТ6101Д. На обследованной территории по результатам площадной радиометрической съемки составлена карта гамма-поля и концентраций естественных радионуклидов. Форма изолиний на карте в целом зависит от геологических особенностей территории и, в какой-то мере, от техногенного воздействия на нее. Относительно высокие по уровню мощности дозы участки, ограниченные изолиниями 20-50 мкР/ч вдоль русла р. Васильевка, связаны с радиоактивностью россыпи монацита. Большую часть площади съемки занимают метаморфические породы (кристаллические сланцы и гнейсы), которые на карте гамма-поля характеризуются пониженными (менее 10-20 мкР/ч) значениями мощности экспозиционной дозы. Полей распространения гранитов радиометрической съемкой охвачено немного, они на юге-западе площади занимают небольшой участок с мощностью дозы более 20-40 мкР/ч. Наиболее крупный по площади и интенсивный по мощности дозы участок техногенного загрязнения был обнаружен в районе расположения обогатительной фабрики, где проводились шлиходоводочные работы. На этом участке при относительно высоком общем уровне радиационного фона на поверхности почвогрунтов величина мощности экспозиционной дозы гамма-излучения достигала 1600 мкР/ч, превышая средний естественный радиационный фон в 80 раз. Возможно, здесь загрязнение связано с тем, что высокообогащенные торием шлихи частично были рассыпаны после магнитной сепарации. При радиометрическом обследовании территории шахт были обнаружены аномальные точки с мощностью дозы 230, 560, 720 и 740 мкР/ч. Как правило, эти точки располагаются возле шахт в местах первичного обогащения песков монацитом на небольших площадях. Локальные участки с мощностью дозы 130, 210 и 420 мкР/ч, связанные с естественной концентрацией монацита в аллювиальных отложениях, выявлены в пойме и надпойменной террасе. Обнаруженные аномальные точки естественного и техногенного (возле шахт) происхождения при проведении площадной радиометрической съемки были пропущены из-за значительного размера прямоугольной сети наблюдения, поэтому в структуре гамма-по-

ля исследованной площади они не находят отображения, а на карте нанесены в виде отдельных точек. В процессе разработки россыпи в местах первичного и вторичного обогащения песков монацитом на территории шахт и фабрики происходило локальное поверхностное радиоактивное загрязнение местности. В таких условиях полевые радиометрические методы в основном выявляют участки с более высоким уровнем техногенных концентраций радионуклидов (торий, уран) в верхнем слое почвогрунта или почвы.

УДК 621.926.47+668.411+674.032.14+678.029

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПОЧВ ОСТАТКАМИ СУЛЬФОНИЛМОЧЕВИН И СНЯТИЕ ИХ ФИТОТОКСИЧНОСТИ С ПОМОЩЬЮ МОДИФИЦИРОВАННЫХ СОРБЕНТОВ

**Спиридонов Ю.Я.¹, Пастухов А.В.², Ильин М.М.², Чкаников Н.Д.²,
Халиков С.С.²**

¹ Всероссийский НИИ фитопатологии, Большие Вяземы
E-mail: spiridonov@vniif.ru

² Институт элементоорганических соединений им. А.Н. Несмеянова РАН,
Москва
E-mail: salavathalikov@yandex.ru

Проблема охраны почвы от различных форм техногенных и агрогенных загрязнений остается одной из наиболее актуальных. Бесконтрольное применение пестицидов приводит к загрязнению окружающей среды их остатками. В связи с этим необходима разработка технологий детоксикации почв от остаточных количеств пестицидов и восстановления утраченных земельных угодий, так как ежегодный ущерб урожаю таких культур, как сахарная свекла, подсолнечник, картофель, соя и рапс, отличающихся особенно высокой чувствительностью к остаткам некоторых действующих веществ сульфонилмочевин и имидазолинонов, достигает 20%.

Один из возможных путей, принятых в мире для «реабилитации» почв, – это внесение в почву адсорбентов и детоксикантов, связывающих (купирующих) остаточные количества пестицидов и продуктов их полураспада. В литературе известны варианты решений путем внесения в загрязненную почву материалов, позволяющих улучшить ее структуру и физико-химические условия, тем самым оказывая стимулирующее действие на активность микробиоты.

В работе представлены результаты исследований по использованию цеолита природного (ЦПС) и его модифицированных форм для снятия токсичности почвенных остатков гербицида метсульфурон-метила (МСМ). При этом нами рассматриваются не только процессы

сорбции остатков гербицида, но и его химической деструкции под влиянием модифицированных цеолитов.

Для лучшего понимания происходящих процессов при использовании цеолитов нами изучено влияние природного цеолита ЦПС и его кислотной модификации на процесс разрушения МСМ. Показано, что в суспензиях цеолитов с водным раствором МСМ только цеолит в кислой форме интенсифицирует процесс распада гербицида с конверсией до 93% за две недели.

Образцы цеолитов при одновременном внесении с семенами рапса в отравленную почву (0.5 г/га МСМ) не снимали фитотоксичность МСМ, тогда как при норме гербицида в почве до 0.4 г/га цеолиты снижали фитотоксичность на 7.1-21.4%. Подробности будут сообщены в докладе.

Возможность взаимодействия цеолитов и гербицидов в модельных системах была изучена при их совместной механообработке на валковой мельнице LE-101. Анализ десорбции МСМ из полученных твердых дисперсий подтвердил высокую степень связывания гербицида природным цеолитом.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (грант РФФИ № 19-29-05043).

УДК 631.45

ДИНАМИКА СОДЕРЖАНИЯ ПОЛИЦИКЛИЧЕСКИХ АРОМАТИЧЕСКИХ УГЛЕВОДОРОДОВ В ПОЧВАХ ТЕРРИТОРИИ МНОГОЛЕТНЕГО ТЕХНОГЕННОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ

**Сушкова С.Н., Минкина Т.М., Антоненко Е.М., Дерябкина И.Г.,
Дорохова Н.А., Попилешко Я.А., Константинова Е.Ю.**

Южный федеральный университет, Ростов-на-Дону

E-mail: info@sfedu.ru

Мониторинг вокруг промышленных предприятий создает фундаментальную базу для последующих исследований в области прикладной экологии. Изучение динамики формирования геохимических аномалий становится приоритетным направлением исследований в условиях роста промышленных мощностей предприятий, выбрасывающих тонны загрязняющих агентов в процессе своей работы. Одними из наиболее распространенных и опасных химических загрязнителей являются полиароматические углеводороды (ПАУ), в том числе бенз(а)пирен (BaП), предельно допустимая концентрация (ПДК) в почве которого составляет 20 нг/г. ПАУ поддаются фото- и микробиологической деструкции, а накопление данных соединений

почвой во многом обусловлено интенсивностью влияния источника загрязнения.

Целью исследования являлось изучить динамику содержания ПАУ в почвах, находящихся под многолетним техногенным воздействием предприятия энергетического комплекса – Новочеркасской ГРЭС, производительность которой за три года выросла с 9542 (2017 г.) до 10 795 млн кВтч (2019 г.).

Для оценки динамики ПАУ использовались данные за последние три года исследований по двум площадкам мониторинга, расположенным по линии преобладающего ветра от предприятия на расстоянии 1.6 км СВ (№ 1) и 20 км СВ (№ 2). Почвы представлены черноземами обыкновенными со следующими свойствами: содержание гумуса – 4.6%, физической глины – 53-55%, ила 28-29%, рН – 7.4-7.5.

Извлекали ПАУ из образцов почв слоя 0-20 см методом омыления с последующей трехкратной экстракцией гексаном (ПНД Ф16.1: 2.2:2.3:3.62-09). Определяли ПАУ в экстракте методом высокоэффективной жидкостной хроматографии. Сумма ПАУ складывалась из отдельных представителей данного класса соединений: нафталин, бифенил, антрацен, аценафтен, аценафтилен, фенантрен, флуорен, бенз(а)антрацен, хризен, пирен, флуорантен, БаП, бенз(б)флуорантен, бенз(к)флуорантен, дибенз(а, h)антрацен, бенз(г. h. i)перилен.

За период проведения исследования зафиксировано увеличение суммарного содержания ПАУ в почве площадки мониторинга № 1 (1.6 км СВ): 1958 ± 95 нг/г (2017 г.) < $2352 \pm$ нг/г (2018 г.) < 3696 ± 144 нг/г (2019 г.), а превышение ПДК БаП составляло 15 (2017 г.) < 16 (2018 г.) < 17 (2019 г.). Динамика содержания ПАУ в почвах площадки мониторинга № 2 (20 км СВ) имеет схожую тенденцию, но накопление поллютантов выражено в меньшей степени: 760 ± 35 нг/г (2017 г.) < 1127 ± 51 нг/г (2018 г.) < 1291 ± 64 нг/г (2019 г.), что соответствует превышению ПДК БаП на уровне 5 (2017 г.) < 6 (2018 г.) < 7 (2019 г.).

Таким образом, повышение объемов вырабатываемой энергии на предприятии вероятнее всего является одним из основных факторов увеличения содержания ПАУ в почвах, где высокий техногенный отклик установлен для почвы площадки мониторинга № 1 (1.6 км СВ) из-за ее близкого расположения к источнику. С увеличением расстояния от ГРЭС суммарное содержание ПАУ в почвах снижается, однако влияние предприятия распространяется на расстояние до 20 км (№ 2), что выражено в тенденции к накоплению поллютантов почвой площадки мониторинга № 2.

Исследования выполнены при поддержке гранта Президента, МК-2973.2019.4, РФФИ № 19-29-05265 МК.

УДК 631.41+631.45

ЭЛЕМЕНТНЫЙ ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ПОЧВ, ПОДХОДЫ И КРИТЕРИИ ЕГО НОРМИРОВАНИЯ

Сысо А.И.

Институт почвоведения и агрохимии СО РАН, Новосибирск
E-mail: syso@mail.ru

В элементном химическом составе почв отражаются как природная специфика генезиса, минерального и гранулометрического состава почвообразующих пород и история их преобразования естественными биогеохимическими, геохимическими и литологическими процессами при почвообразовании, так и особенности антропогенной трансформации почв при агрогенном и техногенном воздействии на них. Знания закономерностей и факторов, определяющих элементный химический состав почв, позволяют изучать и оценивать их как важный компонент биосферы и наземных экосистем с позиций выполнения ими глобальных экологических и нужных человеку утилитарных функций.

В зависимости от целей и задач исследований величины значений содержания и соотношения макро- и микроэлементов в почвах и их компонентах используют в качестве: 1) литологических, геохимических и биогеохимических индикаторов при изучении истории осадконакопления и почвообразования; 2) пороговых концентраций химических элементов в почвах при биогеохимической оценке почвенного покрова территорий; 3) агрохимических критериев агрохимической оценки плодородия почв сельхозугодий; 4) гигиенических нормативов санитарной оценки качества почв.

При первом почвенно-генетическо-эволюционном подходе критериями служат выявленные индикаторные величины молекулярных или весовых отношений валового количества геохимически подвижных и стабильных химических элементов $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$, $\text{SiO}_2/\text{Fe}_2\text{O}_3$, $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{TiO}_2$, $\text{K}_2\text{O}/\text{Al}_2\text{O}_3$, $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{Na}_2\text{O}$, Ti/Zr , La/V , Ce/Y , Sr/Ba , B/Ga , Mn/Fe , P/Ga , P/Sc , Cu/Sc , Zn/Sc . Во втором биогеохимическом подходе критериями служат установленные на основе натуральных исследований и экспериментов величины «недостаточного», «нормального» и «избыточного» валового содержания в почвах эссенциальных химических элементов Co, Cu, Mn, Mo, B, Se, Sr, I и отношения C/N, Ca/Sr. Критериями третьего агрохимического подхода служат установленные на основе полевых и иных опытов нормативы недостаточных (дефицитных), средних и высоких (избыточных) величин валового содержания и концентрации форм химических соединений (статуса) эссенциальных элементов-биофилов – N, P, K, Ca, Mg, Na,

S, Co, Cu, Fe, Mn, Mo, Se, Zn, а также Si. В четвертом санитарно-гигиеническом подходе в почвах оценивают количества разных форм соединений элементов-поллютантов – Al, As, Be, Bi, Br, Cd, Co, Cr, F, Mn, Mo, N, Nb, Mo, K, P, Pb, S, Sb, Se, Sn, Ti, V, Zn, естественных и искусственных радионуклидов на основе критериев гигиенического нормирования – административно установленных предельно-допустимых концентраций.

Хотя агрохимические, биогеохимические и гигиенические (экологические) критерии нацелены на оценку одного объекта – почв, они между собой не согласованы. «Ведомственность» критериев оценки количества химических элементов в почве существенно сужает их информационный потенциал и объективность, чрезмерно расширяет перечень методов определений статуса химических элементов в почве как компоненте биосферы и звене биогеохимической пищевой цепи. Действующие в России гигиенические нормативы оценки качества почв нуждаются в совершенствовании, поскольку не соответствуют современным знаниям о региональной природной специфике содержания, статуса и поведения макро- и микроэлементов в почвах, экологической опасности не только их избытка при загрязнении, но и недостатка при истощении почв. Мониторинг элементного химического состава почв сельхозугодий Сибири и России в целом показал отсутствие в абсолютном их большинстве достоверного загрязнения тяжелыми металлами и мышьяком. Напротив, выявлено повсеместное усиление дефицита в пахотных почвах макро- и микроэлементов – Ca, Mg, K, Co, Cu, Mo, Zn, чреватого не только снижением плодородия почв, но и качества производимой на них растительной продукции, ее полноценности и безопасности для животных и человека.

УДК 631.416.9.

ОЦЕНКА ТОКСИЧНОСТИ ПОЧВ, ЗАГРЯЗНЕННЫХ РАЗЛИЧНЫМИ ФОРМАМИ ЦИНКА

Терехова Н.А., Галактионова Л.В.

Оренбургский государственный университет, Оренбург

E-mail: terehova_n99@mail.ru, anilova.osu@mail.ru

В последние годы загрязнение окружающей среды многократно усилилось и приобрело угрожающие масштабы. Среди загрязнителей важное место занимают тяжелые металлы и металлоиды. Они являются химическими веществами, которые представляют собой самую высокую угрозу биологическим системам. Активная деятельность промышленных предприятий, высокая плотность транспорта, использование удобрений способствует аккумуляции ионной формы тяжелых металлов. В отличие от биоразлагаемых органических за-

грязнителей, тяжелые металлы не разлагаются на менее опасные конечные продукты. Низкие концентрации некоторых химических поллютантов необходимы для жизни, но некоторые из них, такие как Hg, As, Pb и Cd, являются биологически несущественными и очень токсичны для живых организмов. Даже необходимые металлы могут стать токсичными, если они присутствуют в концентрации выше допустимого уровня. Изучение влияния ионной формы тяжелых металлов на живые организмы является в настоящее время актуальной экологической проблемой. Но современная электроэнергетика, химическая, косметическая и медицинская промышленность, связанные с производством и использованием наночастиц металлов, способствуют накоплению нового вида загрязнителей в окружающей среде.

Биотестирование считается информативной группой методов оценки потенциальной опасности химического, физического или биологического воздействия на природные среды, в том числе почвенную биоту. Принцип метода биотестирования в широком смысле основан на чувствительности живых организмов к экзогенному воздействию. Суть метода заключается в определении действия испытуемых веществ на выбранные тест-объекты в стандартных условиях с регистрацией различных поведенческих, физиологических или биологических тест-реакций. Целью работы являлась оценка фитотоксичности почв, загрязненных ионной и наноразмерной формами цинка.

Исследования проводились близ с. Воздвиженка Пономаревского района Оренбургской области летом и осенью 2019 г. В качестве объекта исследования были использованы черноземы типичные. Почвы в ходе полевого опыта были загрязнены ацетатом цинка (http://www.vektion.ru/e_sale/) в концентрациях, соответствующих величине ПДК (0.5, 1, 2.5, 5, 10), а также наночастицами Zn (<https://plasmotherm.ru/>) в концентрациях 1000, 750, 500, 250 и 100 мг/кг почвы. На участках с различными вариантами опыта были высажены растения тест-объекты – пшеница (*Triticum aestivum*), редис посевной (*Raphanus sativus*) и кресс-салат (*Lepidium sativum* L.). Для оценки влияния загрязнения почв различными формами цинка были использованы следующие показатели: всхожесть, индекс толерантности и массы растений.

Согласно полученным данным, тест-культуры проявили различную чувствительность к загрязнению почвы различными формами цинка и по показателю всхожести в полевых условиях тест-объекты образуют следующий ряд: *Lepidium sativum* > *Raphanus sativus* > *Triticum aestivum*. Растение *Lepidium sativum* проявило максимальную устойчивость к загрязнению почвы различными формами цинка, среднее значение показателя фитотоксичности при загрязнении ионной формой металла составило 65.5%, а наноформой – 32.0%. Аналогичная тенденция достоверно большей токсичности ионной фор-

мы металла отмечена и по отношению к *Raphanus sativus* и *Triticum aestivum*. Расчет индекса толерантности растений показал, что при загрязнении почв ионной формой цинка, соответствующей 0.5 ПДК, наблюдается стимулирование роста и развития тест-растений, а дальнейшее увеличение концентрации элемента вызывает снижение показателя. Анализ индекса толерантности растений в вариантах загрязнения черноземов не имел ярко выраженного дозозависимого эффекта, что обусловлено способностью наноразмерных частиц к агрегации и снижению токсичного влияния на биологические объекты.

Таким образом, использование традиционных методов диагностики загрязнения почв наночастицами металла требует дальнейшего изучения и подбора наиболее информативных тест-объектов и тест-функций для оценки опасности их поступления в почву.

УДК 631.46

ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ ГРАНУЛИРОВАННОГО АКТИВИРОВАННОГО УГЛЯ НА УРЕАЗНУЮ АКТИВНОСТЬ ЧЕРНОЗЕМА ОБЫКНОВЕННОГО КАРБОНАТНОГО В УСЛОВИЯХ МОДЕЛЬНОГО ОПЫТА

**Федоренко Е.С., Зинченко В.В., Горовцов А.В., Бурачевская М.В.,
Антоненко С.А., Минкина Т.М.**

Южный федеральный университет, Ростов-на-Дону
E-mail: elena.fedorenko.99@mail.ru

При повышении антропогенного влияния на природные экосистемы возрастает степень экологического риска для почв и других компонентов окружающей среды. В последнее время в связи с развитием различных сфер производства и применением химических соединений для улучшения экологического состояния окружающей среды разрабатываются и испытываются различные способы очистки почв от тяжелых металлов и приемы предотвращения их распространения. В частности, для данных целей применяют природные углеродистые сорбенты, такие как гранулированный активированный уголь (ГАУ). Наиболее чувствительным индикатором возникновения в почве стрессовой ситуации, связанной с ее загрязнением, является ферментативная активность почвы.

Цель исследования – изучить влияние ГАУ на уреазную активность чернозема обыкновенного карбонатного Ростовской области при загрязнении медью в условиях модельного опыта.

Исследование проводили в рамках модельного вегетационного опыта. Для закладки модельного опыта использовался верхний слой (0-20 см) чернозема обыкновенного мощного слабогумусированного тяжелосуглинистого на лессовидных суглинках, взятого в учхозе

«Донское» ДонГАУ. В вариантах опыта в почву вносилась медь в форме легкорастворимой соли в дозе 5 ПДК. После инкубации меди в почве вносился ГАУ в дозах 1 и 5% по массе. Vegetационные сосуды инкубировались в течение 30 дней. Затем производился посев ярового ячменя (*Hordeum vulgare*). Растения выращивали в течение 51 сут. После этого был произведен отбор проб почвы. Активность уреазы определяли модифицированным индофенольным методом.

По полученным данным заметно резкое подавление уреазной активности в загрязненном образце по сравнению с контролем. При этом внесение 1% ГАУ в загрязненную почву положительно повлияло на уреазную активность и увеличило показатель на 18% по сравнению с аналогично загрязненной почвой без внесения ГАУ. В то же время показатели активности уреазы в загрязненной медью почве и при внесении 5% ГАУ в загрязненную почву достоверно не отличались.

Таким образом, внесение ГАУ в дозе 1% способствует увеличению активности микроорганизмов. Увеличение дозы сорбента не привело к еще большему увеличению уреазной активности загрязненной почвы. Следовательно, для повышения биологической активности почв следует использовать оптимальные дозы углеродистых сорбентов.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ № 19-29-05265 мк и гранта Президента № МК-2244.2020.5.

УДК 631.42:632.122.1

ДИФФУЗИОННЫЕ ПАРАМЕТРЫ ВЕРТИКАЛЬНОЙ МИГРАЦИИ ТЯЖЁЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ПОЧВАХ ЗОН ТЕХНОГЕННОГО И АГРОГЕННОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ

Фрид А.С., Борисочкина Т.И.

Почвенный институт им. В.В. Докучаева, Москва
E-mail: asfrid@mail.ru

Экспериментальные исследования вертикальной миграции тяжелых металлов в почвах в полевых условиях при загрязнении многочисленны, а оценки параметров моделей их миграции в этих условиях вообще единичны (если не учитывать загрязнение техногенными радионуклидами).

Цель работы – попытка обобщения полученных авторами оценок параметров моделей миграции тяжелых металлов при разных условиях загрязнения в почвах различных регионов. Возможность расчетов таких оценок позволит делать долгосрочные прогнозы.

Обобщение проводили для оценок диффузионных параметров (коэффициентов диффузии D и конвективной диффузии D_k) моделей

вертикальной миграции. Используются экспериментальные данные разных авторов для различных регионов и почв мира с многолетним (десять лет) загрязнением поверхности почвы.

Это Мурманская область (подзол эродированный, подзол иллювиально-железистый, минерально-перегнойно-торфяная почва, торфяная зутрофная почва); Вологодская область (выщелоченная дерново-карбонатная почва); Оренбургская область, восточная часть (чернозем, чернозем щебнистый, черноземно-луговая почва); Франция, северная часть (легкая почва); Китай, южная часть (дерново-карбонатная почва, в том числе с затоплением сточными водами, суглинистая почва под лесом, легкая почва); Египет, район Александрии (аллювиальные и пустынные карбонатные засоленные почвы, орошаемые природными и городскими сточными водами).

Диапазон оценок диффузионных параметров оказался очень большим (от $9 \cdot 10^{-10}$ до $5 \cdot 10^{-5}$ см²/с), поэтому в дальнейшей работе использовали их логарифмы.

Изучали зависимость оценок диффузионных параметров различных элементов от таких общедоступных характеристик, как среднегодовая температура местности, наличие в почве карбонатов и использование орошения (или аварийного залива) загрязненными водами. В основном использовали совместно оценки D и D_k , так как по отдельности выборки оказывались недостаточно представительными. По этой же причине далее представлены результаты только по пяти элементам.

Для Pb и Ni существенная связь найдена со среднегодовой температурой и орошением загрязненными водами – оба фактора увеличивали значения параметров миграции. Для Cu существенна была связь с температурой и наличием карбонатов, причем последнее снижало значения параметров миграции. Для Cd и Zn имела место связь со всеми тремя факторами, при этом для Cd наличие карбонатов увеличивало значения параметров миграции, а орошение загрязненными водами проявлялось во взаимодействии с температурой, а для Zn наличие карбонатов, орошения загрязненными водами и рост температуры увеличивали значения параметров миграции.

Дальнейшее накопление подобной информации позволит уточнить найденные статистические связи, а также расширить список загрязняющих элементов.

УДК 631.423.4: 631.417.7: 550.43

**ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ
НАГРУЖЕННЫХ АВТОТРАНСПОРТНЫХ МАГИСТРАЛЕЙ
В УСЛОВИЯХ МЕГАПОЛИСА
ПО ДАННЫМ КОНЦЕНТРАЦИЙ УГЛЕВОДОРОДОВ В ПОЧВАХ**

**Хаустов. А.П.¹, Кенжин Ж.Д.¹, Редина М.М.¹, Силаева П.Ю.¹, Яковлева Е.В.²,
Габов Д.Н.²**

¹ Российский университет дружбы народов, Москва
E-mail: khaustov-ap@rudn.ru

² Институт биологии ФИЦ Коми НЦ УрО РАН, Сыктывкар
E-mail: gabov@ib.komisc.ru

Автомобильный транспорт – основной загрязнитель окружающей среды в мегаполисах. Установлено, что легковой автомобиль ежегодно поглощает из атмосферы в среднем более 4 т кислорода, выбрасывая с отработанными газами примерно 800 кг СО, около 40 кг NO_x и почти 200 кг различных углеводородов. В мегаполисах на магистралях сосредоточено до 3/4 всего автомобильного движения, что означает загруженность магистралей в 10 раз больше, чем остальные улицы. С этих позиций специализированные комплексные исследования по мониторингу влияния транспорта на городские природные системы представляются крайне актуальными. Корректная постановка задачи по оценке влияния требует обоснования методик анализа и проведения исследований на полигонах по специальным программам. Такие исследования стали частью общей программы экологического мониторинга на территории кампуса Российского университета дружбы народов (РУДН). Проект реализуется в рамках сотрудничества РУДН с глобальным рейтингом устойчивого развития университетов UI Green Metric World University Ranking (более 800 участников в мире; РУДН – координатор в России). Состояние почв и растительности как активных компонентов экосистем, реагирующих на выбросы автотранспорта, в центре внимания программы мониторинга. Сам кампус рассматривается как «живая лаборатория», где эффекты влияния транспортных источников четко идентифицируются с применением современных методов исследований.

Приоритетные загрязнители атмосферы, поступающие от передвижных источников, – оксиды азота, углеводороды, включая полициклические ароматические углеводороды (ПАУ), сажа, углерода оксиды, диоксид серы. Особый интерес представляют углеводородные загрязнители вследствие их токсичности, мутагенности, канцерогенности и стойкости в окружающей среде. Характерные продукты влияния транспорта – продукты износа шин (вторичные амины, продукты

термического распада ускорителей вулканизации, сульфенамиды) и асфальта. Иногда их может выделяться больше, чем от выхлопов.

Почвы аккумулируют и перерабатывают значительную часть углеводов антропогенного и природного происхождения, поэтому анализ миграции и аккумуляции загрязнителей в системе почва–корень–растение – важнейшее направление мониторинга: идентификация текущего состояния почв и их способность к самоочищению, степень опасности загрязнений для растений, подбираются максимально толерантные к загрязнению виды. Распределение углеводов в почвах может быть связано с термической деградацией или неполным сгоранием органического вещества. Их содержание в почвенно-растительных системах обуславливается процессами, включая улетучивание, фотоокисление, химическое окисление, биоаккумуляцию, адсорбцию, выщелачивание, микробную деградацию (включая стадию деградации, зависящую от степени физической защиты ПАУ, инкапсулированных в уголь, сажу, битумы, частицы шин, асфальт).

Важнейшая маркерная роль принадлежит ПАУ: индикация источников, типов, продолжительности поступления загрязнений. Нами анализировалось поведение 15 приоритетных ПАУ из списка US EPA. Выявлены ассоциации ПАУ, характерные для зон с различной активностью транспортной нагрузки и с различными видами антропогенной активности в целом. Идентифицированы участки почв, максимально «насыщенные» ПАУ, с минимальной активностью миграции загрязнителей по цепочке почва–корень–растение. Данный подход позволяет выявлять общие закономерности накопления ПАУ, «возраст» загрязнений, а также перспективы самоочищения почв. Учитывая индивидуальные особенности растений как конечного звена в цепи миграции ПАУ, в перспективе возможно обоснование наиболее стойких к загрязнению видов. Анализ пространственного распределения полиаренов выявил три аномально загрязненных точки (концентрации превышают средние значения в 20 раз и более, хотя и ниже предельных нормативных значений), что связано с пирогенными транспортными источниками.

УДК 631.41

ОЦЕНКА ПРОЦЕДУРЫ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОЙ ЭКСТРАКЦИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ XANES-СПЕКТРОСКОПИИ АНАЛИЗА

Цицуашвили В.С.¹, Бурачевская М.В.¹, Невидомская Д.Г.¹, Бауэр Т.В.²,
Шуваева В.А.¹, Минкина Т.М.¹

¹ Южный федеральный университет, Ростов-на-Дону

E-mail: viktorija447@yandex.ru

² Южный НЦ РАН, Ростов-на-Дону

E-mail: bauertatyana@mail.ru

Чувствительность предкраевой области спектров поглощения (XANES) к геометрии связей может быть использована для предварительного качественного анализа окружения металла в почвенных образцах. Для определения видообразования меди в техногенно загрязненной почве территории промстоков предприятий г. Каменск-Шахтинский использовался сопряженный анализ метода последовательной экстракции металла из почвы и анализ спектров почвенных образцов методом рентгеновской спектроскопии XANES. В работе была применена рекомендованная европейской системой (BCR) трехступенчатая процедура экстракции образцов, включающая кислоторастворимую, восстанавливаемую и окисляемую фракции. Сочетание методов может предоставить более достоверную информацию о селективности применяемых экстрагентов на высоко загрязненных почвах. Полученные данные были проанализированы с помощью статистических функций STATISTICA 10.0, спектры анализировали с помощью программ Viper и IFEFFIT 1.2.11.

После каждой процедуры последовательной экстракции оставшейся почвенный образец использовали для анализа XANES-спектров, которые были получены на Курчатовском источнике синхротронного излучения (Курчатовский институт, Национальный исследовательский центр, Москва, Россия).

CuK-XANES окисляемой фракции почвы имеет явно выраженный максимум, который характерен для спектров стандартов с кислородным окружением меди, и, кроме того, демонстрирует близость с ними также и по положению края поглощения, что говорит о преобладании связей Cu-O в этом образце. CuK-XANES восстанавливаемой и обменной почвенных фракций имеют вид, очень близкий к спектрам CuS и Cu₂S, что является свидетельством наличия большого количества связей Cu-S. Путем подгонки спектров исследованных почв линейной комбинацией спектров эталонных соединений были получены оценки содержания различных веществ. Результаты свидетельствуют о том, что спектры восстанавливаемой фракции с высокой точностью совпадают со спектрами Cu₂S, что говорит о практически 100%-ном

содержании этого соединения в данной фракции. В обменной фракции содержание Cu_2S также велико, однако здесь имеются небольшие примеси CuSO_4 . Для окисляемой фракции характерно высокое содержание CuCO_3 и наличие заметных примесей Cu_2S и CuSO_4 .

Данные, полученные с использованием вышеуказанных экспериментальных методов, позволили получить взаимодополняющую информацию об ассоциации меди с геохимическими фазами почвы, что помогает понять процессы, регулирующие мобилизацию металла, и возможные экологические риски.

Исследование выполнено при финансовой поддержке гранта РФФ № 19-74-00085.

УДК 631.41

ВЛИЯНИЕ ЭКСТРЕМАЛЬНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПОЧВЫ НА СОДЕРЖАНИЕ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В РАСТЕНИЯХ ТРОСТНИКА ЮЖНОГО (*PHRAGMITES AUSTRALIS* CAV.)

Чаплыгин В.А.¹, Минкина Т.М.¹, Манджиева С.С.¹, Бауэр Т.В.²

¹Южный федеральный университет, Ростов-на-Дону

E-mail: otshelnic87.ru@mail.ru

²Южный НЦ РАН, Ростов-на-Дону

E-mail: bauertatyana@mail.ru

Растения, обитающие в условиях длительного воздействия химического загрязнения, не имея возможности «уйти» от влияния стрессора, фактически вынуждены приспосабливаться к нему, мобилизуя свои внутренние защитные ресурсы. Одними из наиболее распространенных и опасных загрязняющих веществ являются тяжелые металлы (ТМ). Данные поллютанты не подвержены биodeградации, поэтому их содержание в почвах импактных зон носит аккумулятивный характер.

Строительство химических заводов в г. Каменск-Шахтинский (Ростовская область) в 1950-х гг. привело к размещению в долине р. Северский Донец прудов-отстойников на территории естественных озер. Сброс промстоков в эти озера, продолжавшийся до середины 1990-х гг., привел к уничтожению природных экосистем и превращению отстойников в опаснейший источник вторичного загрязнения окружающей среды ТМ. Одним из таких техногенных озер являлось на данный момент высохшее оз. Атаманское. Исследуемая мезофильная сукцессия данного района представляет последнюю стадию, включающую «климаксовые» сообщества, выживающие в условиях

экстремального загрязнения. Это монодоминантные группировки, состоящие из тростника южного (*Phragmites australis* Cav.).

Отбор почвенных образцов с поверхностного слоя на глубину до 20 см проводили по методике Почвенного института им. В.В. Докучаева согласно ГОСТ 17.4.4.02-84. В образцах растений определялись Cd, Cr, Mn и Zn, присутствующие в выбросах ГРЭС. Минерализацию проб растений тростника южного проводили методом сухого озоления согласно ГОСТ 26929-94. Экстракция ТМ из золы осуществлялась растворением в 20% -ном растворе HCl с последующим определением методом ААС.

Содержание ТМ в почве сравнивалось с кларком для почв. Полученные результаты анализа растений сравнивались с фоновыми концентрациями ТМ в исследуемых видах растений, отобранных в геохимических ландшафтах поймы и дельты нижнего Дона.

Валовое содержание металлов в поверхностном слое превышает кларк для Cr по А.П. Виноградову (83 мг/кг) в три раза, Mn – в 1.9 раза (кларк Mn – 1000 мг/кг), Zn – в 796 раз (кларк Zn – 83 мг/кг), что указывает на экстремально высокий уровень содержания элементов.

Количество металлов в растениях наиболее удаленной (660 м) от источника загрязнения площадки мониторинга соответствует среднему содержанию для тростника в данном регионе и принято за фон. Наблюдается прямая зависимость содержания металлов в растениях от уровня техногенного загрязнения почвы. Во всех образцах установлено загрязнение Zn, превышающее фоновое содержание элемента в надземной части растений в 3.6-21.2 раза и для Cr в 2.4-4.3 раза. На некоторых площадках превышение фона также диагностируется для Cd – от 1.6 до 28.0 раз и Mn – до двух раз. Содержание ТМ в корнях тростника на загрязненных площадках также превышает фоновое значение для Mn, Zn, Cr, Cd до 2.1, 16.2, 1.4 и 3.8 раза соответственно. Тростник аккумулирует Cr и Mn преимущественно в надземной части, Zn и Cd – в корнях. Установленное высокое содержание поллютантов в надземной части тростника указывает на то, что он является растением-аккумулятором, способным извлекать высокие концентрации ТМ из почвы.

Работа поддержана грантами РФФИ № 19-05-50097, 19-34-60041 и Президента № МК-2818.2019.5.

УДК 631.4

ПОЛИЦИКЛИЧЕСКИЕ АРОМАТИЧЕСКИЕ УГЛЕВОДОРОДЫ В ПОСТПИРОГЕННЫХ ПОЧВАХ ЛЕСОТУНДРЫ И ЛЕСОСТЕПИ

Чебыкина Е.Ю., Абакумов Е.В., Шамилишвили Г.А.

Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург

E-mail: doublemax@yandex.ru

Для тундровых и лесных экосистем характерны демулационные смены, вызванные наряду с динамикой климата воздействием природных (ветровалы, вспышки численности вредителей), природно-антропогенных (пожары) и антропогенных (лесозаготовки) явлений. Воздействие человека на естественные биогеоценозы приводит к изменению функционирования экосистем и делает крайне актуальным проведение мониторинговых работ. Важным фактором, нарушающим ход естественных процессов в лесу, являются лесные пожары. Пирогенез является широко распространенным явлением, оказывающим огромное влияние на процессы почвообразования, что заставляет обращать на них особое внимание при исследовании природных экосистем.

В частности, в течение последних 10-летий не ослабевает научный интерес к полициклическим ароматическим углеводородам (ПАУ) в связи с тем, что они возникают в результате температурного воздействия на органическое вещество.

В последнее время все большее внимание уделяется природным пирогенным источникам ПАУ (вулканизм и природные пожары), тогда как антропогенные источники (выбросы автотранспорта, промышленных предприятий) изучены достаточно подробно. Если вулканические источники очень локальны, то пожарами ежегодно повреждаются значительные площади, поэтому они являются одним из глобальных факторов поступления ПАУ в окружающую среду. Отдельные публикации посвящены исследованию ПАУ в различных по генезису почвах, пострадавших от пожара, но до сих пор в литературе недостаточно данных о составе, количестве и распределении полиаренов в почвах. Поэтому весьма актуальным представляется исследование лесных пожаров как источников этих соединений в ландшафтах.

В данной работе исследованы ПАУ в почвах двух природных зон – лесостепи и лесотундры: серогумусовые почвы в островных сосновых борах в районе г. Тольятти Самарской области, подвергшиеся влиянию лесных пожаров 2010 г.; подзолы иллювиально-железистые после пожаров 2016 г. в Надымском районе ЯНАО.

В результате исследований установлено, что природные пожары привели к образованию пирогенно-трансформированных почв, которые существенно отличаются от ненарушенных по многим признакам. Изменения наблюдались в составе, количестве и характере распреде-

ления по почвенному профилю полиаренов при воздействии пирогенного фактора. В верхних горизонтах лесостепных пирогенных почв в районе г. Тольятти суммарные концентрации 14 ПАУ изменяются в пределах от 4 до 29 нг/г. В выгоревшей подстилке лесотундровых почв суммарные концентрации ПАУ несколько выше – до 52 нг/г. В целом, такие концентрации можно считать относительно низкими. Так, в российской практике нормируется только одно канцерогенное соединение из группы ПАУ – 5-ядерный бенз(а)пирен, его ПДК в почвах составляет 20 нг/г, в исследованных образцах он обнаружен в количествах менее 0.1 нг/г (лесостепь) и менее 7 нг/г (лесотундра). Однако такие концентрации ПАУ в исследованных почвах и бенз(а)пирена в частности, выше, чем в фоновых почвах.

Кроме того, пирогенный фактор обуславливает изменение в составе ПАУ. Для лесостепных почв характерно преобладание 2-ядерного нафталина (4-8 нг/г) и 3-ядерного фенантрена (до 9 нг/г) в верхнем горизонте, по всему профилю встречается 4-ядерный пирен. Более тяжелые 4-6-ядерные соединения бенз(а)пирен, бенз(е)пирен, перилен, тетрафен встречаются в почвах единично в количествах, не превышающих 1 нг/г. Чаще всего они приурочены к горизонтам А_{rig} и А_У, реже к горизонту АС. В лесотундровых постпирогенных почвах преобладают 3-ядерный фенантрен (10 нг/г) и 4-ядерный хризен (9.7 нг/г); более тяжелые соединения встречаются также в меньших количествах.

Таким образом, лесные пожары приводят не только к изменениям в строении профиля почв и образованию новых горизонтов, но и к изменениям в количестве ПАУ и в их качественном составе.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 17-16-01030.

УДК 631.453

ЭФФЕКТ НАКОПЛЕНИЯ БЕНЗ(А)ПИРЕНА НА УЛЬТРАСТРУКТУРУ КЛЕТОК *HORDEUM SATIVUM DISTICHUM*

**Черникова Н.П.¹, Федоренко А.Г.^{1,2}, Сушкова С.Н.¹, Минкина Т.М.¹,
Дудникова Т.С.¹, Манджиева С.С.¹**

¹ Южный федеральный университет, Ростов-на-Дону
E-mail: nat.tchernikova2013@yandex.ru

² Южный НЦ РАН, Ростов-на-Дону
E-mail: afedorenko@mail.ru

Среди представителей группы полициклических ароматических углеводородов (ПАУ) одним из наиболее канцерогенно активных является бенз(а)пирен (БаП), для которого установлены санитарные нормы во всех природных средах. Почвы являются главным депо-

нирующим ПАУ компонентом ландшафта, а растения – наиболее уязвимым компонентом биоты. Загрязнение почвы БаП приводит к необходимости изучить поглощение его растениями и реакцию растительного организма на его воздействие.

Цель работы – изучить накопление и воздействие БаП на ткани и клетки ярового ячменя.

Модельный вегетационный опыт представлял собой выращивание ярового ячменя (*Hordeum sativum distichum*) до полного созревания в четырехлитровых полиэтиленовых сосудах с дренажной системой, заполненных 2 кг почвы, просеянной через сито 2 мм. Контроль представлял собой ячмень, выращенный на чистом миграционно-сегрегационном черноземе (0-20 см), а загрязненный вариант – ячмень, выращенный на почве с внесением БаП в виде раствора с ацетонитрилом в количестве 200 нг/г БаП. Растения высевали спустя месяц после внесения поллютанта в почву. В фазу колошения отбирались растения для изучения изменений на гистологическом и цитологическом уровнях по методике просвечивающей электронной микроскопии, а по завершению вегетационного периода для определения содержания БаП методом омыления.

Распределение БаП в органах ярового ячменя имеет акропетальную направленность. Содержание БаП в корнях растений загрязненного образца составило 21.4 ± 5.3 нг/г, а в вегетативной части – 8.4 ± 2.1 нг/г. Накопление БаП в растениях способствовало деградации покровной ткани, нарушению упорядоченного расположения клеток первичной коры корня и уменьшению их размера по сравнению с контролем. Клетки корового слоя корня имели утонченные клеточные стенки, их органеллы сильно фрагментированы и плохо распознаваемы, почти весь объем клеток занимала вакуоль. Структура клеток мезофилла в загрязненном варианте была идентична строению и локализации клеток контрольного образца листовой пластины, однако сильнее выражено межклеточное пространство. Ультраструктура паренхимальных клеток имела ряд следующих отличий от контроля: более округлая форма хлоропластов, меньшая протяженность гран, отсутствие крахмальных зерен, наличие больших липидных капель, утончение клеточных стенок и наличие осмиофильного осадка на внутренней поверхности клеток склеренхимы.

Таким образом, накопление БаП в органах ярового ячменя способствовало изменению структуры тканей и клеток, их компонентов. Выявленные структурные и ультраструктурные нарушения в корнях и листьях напрямую влияют на процессы метаболизма, что отрицательно сказывается на физиологические процессы растения. Вследствие этого стоит провести дополнительные исследования по воздействию БаП на растения для изучения его токсичности на специфические функции и механизмы в растительном организме.

ИЗМЕНЕНИЕ КАТАЛАЗНОЙ АКТИВНОСТИ ОПОДЗОЛЕННОГО ЧЕРНОЗЕМА, ЗАГРЯЗНЕННОГО ПОЛЛЮТАНТАМИ, ПРИ ЕГО ДЕТОКСИКАЦИИ

Черникова О.В.¹, Мажайский Ю.А.², Амплеева Л.Е.³

¹ Академия права и управления Федеральной службы исполнения наказаний,
Рязань

² Мещерский филиал Всероссийского НИИ гидротехники и мелиорации
им. А.Н. Костякова, Рязань

³ Рязанский государственный агротехнологический университет
им. П.А. Костычева, Рязань
E-mail: chernikova_olga@inbox.ru

Загрязнение почв тяжелыми металлами является одной из важных проблем современной экологии. Данное негативное явление отражается практически на всех компонентах биосферы. Тяжелые металлы, попав в почву, включаются в природный круговорот веществ и удаляются очень медленно при выщелачивании, эрозии и дефляции, а также потреблении растениями. Влияние тяжелых элементов на почву проявляется прежде всего в изменении ее биологической активности.

Проблема мониторинга почв актуальна в настоящее время, так как остро стоит вопрос о сохранении почвенного плодородия. Одним из важнейших показателей биологической активности почв, характеризующий потенциальную способность системы сохранять гомеостаз, является ферментативная активность почв. Наибольшей чувствительностью к тяжелым металлам обладают микроскопические грибы, бактерии аммонификаторы и азотобактеры, ферменты, контролирующие каталазную, инвертазную, уреазную и целлюлолитическую активность. Роль каталазы в почве велика и заключается в разрушении дыховой для растений перекиси водорода, образующейся в процессе дыхания растений, а также в результате биохимических реакций окисления органических веществ.

Исследования проведены на оподзоленных черноземах в условиях лизиметрического опыта (лизиметры конструкции ВНИИГиМ с ненарушенным почвенным профилем, площадь каждого лизиметра 1.17 м²). В опыте выполнено моделирование повышенного комплексного уровня загрязнения почвы растворами солей тяжелых металлов. Общее их содержание в почве составило: Cu – 90 мг/кг, Zn – 110, Pb – 40, Cd – 0.6 мг/кг. Для опыта использовались химически чистые соли: Zn(CH₃COO)₂·2H₂O; CuSO₄·5H₂O; Pb(CH₃COO)₂; CdSO₄. При загрязнении учитывалось содержание валовых форм тяжелых металлов в почвах с учетом суммарного индекса загрязнения почвы.

Схема опыта предусматривала шесть вариантов: 1 – без удобрений (контроль); 2 – навоз крупного рогатого скота 100 т/га; 3 – навоз крупного рогатого скота 100 т/га + N90P60K120; 4 – P120N90K120; 5 – P240N90K120; 6 – P480N90K120. Каталазную активность определяли газометрическим методом.

Анализ каталазной активности оподзоленного чернозема свидетельствует о неоднозначном влиянии детоксикантов на биологические свойства почвы. Значения показателя активности каталазы демонстрировали вариабельность, но в целом обнаруживали колебания в пределах 1.3-5.2 мл O₂ на 1 г почвы за 1 мин. В пробах контрольного образца степень выделения кислорода очень низкая (1.3 мл O₂ на 1 г почвы за 1 мин). В вариантах с применением минеральных удобрений скорость образования кислорода увеличивается, но незначительно (1.8-2.0 мл O₂ на 1 г почвы за 1 мин). Наиболее активные окислительные процессы протекают в варианте навоз крупного рогатого скота 100 т/га + N90P60K120 – 5.2 мл O₂ на 1 г почвы за 1 мин.

Полученные в лизиметрическом опыте результаты исследования показали, что применение систем удобрений при повышенном содержании в почве тяжелых металлов способствует активизации каталазы и, как следствие, увеличению микробиологической активности почвы и плодородию, что благоприятно сказывается на росте и развитии выращиваемых на ней сельскохозяйственных культур.

УДК631.416.9

К ВОПРОСУ О ВЛИЯНИИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПОЧВ ТЯЖЕЛЫМИ МЕТАЛЛАМИ НА ВСХОЖЕСТЬ РАЗЛИЧНЫХ ТЕСТ-КУЛЬТУР (НА ПРИМЕРЕ ЖЕЛЕЗА)

Шарыгина М.В., Русанов А.М.

Оренбургский государственный университет, Оренбург

E-mail: abigasha@mail.ru

В настоящее время во всем мире возрастает экологическая нагрузка на почву. Это связано как с техногенным загрязнением, так и с увеличением мелиорантов, минеральных удобрений, отходов, используемых в качестве удобрений и содержащих токсические примеси, в том числе тяжелые металлы. Увеличение экологической нагрузки приводит к изменению агрохимических и биологических свойств почвы. Кроме того, поглощение тяжелых металлов культурными растениями, а затем и потребление загрязненных сельскохозяйственных продуктов возрастает год от года, что создает серьезную угрозу для здоровья населения.

Валовое содержание тяжелых металлов в естественных незагрязненных почвах обусловлено их концентрацией в исходной материнской породе и находится под влиянием почвообразовательных процессов и почвенных характеристик. Однако уровень тяжелых металлов в настоящее время изменен за счет деятельности человека.

Общее содержание металла, присутствующего в почве, не дает никакой информации о доступности и подвижности элемента. Однако оценка его доступности – очень важный параметр, поскольку помогает лучше понять специфическую биодоступность, реакционную способность, подвижность и поглощение растениями.

Попадание в окружающую среду новых поллютантов требует незамедлительной оценки их токсичности по отношению к живым организмам. В связи с этим постоянно растет интерес к биотест-системам, которые способны оперативно дать точную токсикологическую характеристику исследуемой природной среды.

Биотестирование широко применяется для оценки потенциальной опасности химического, физического или биологического воздействия на природную среду. По сравнению с химическими методами анализа биотестирование имеет ряд преимуществ. В частности, это способность тестируемых организмов реагировать на совокупное воздействие ряда загрязняющих веществ в исследуемых средах. Фитотестирование как метод оценки почв является актуальной тенденцией, связанной с увеличением разнообразия загрязняющих веществ и их источников. Чувствительность растений к почвенно-химическому воздействию проявляется в ростовых, морфологических и биохимических изменениях.

Принцип фитотестирования заключается в регистрации этих изменений у растений. Метод фитотестирования активно используется для экотоксикологической оценки почв сельскохозяйственных районов и в настоящее время представляет интерес с точки зрения регулирования содержания загрязняющих веществ и выявления биологической активности различных химических веществ и промышленных отходов.

В качестве объекта исследования были использованы черноземы типичные, расположенные близ с. Воздвиженка Пономаревского района Оренбургской области. Почвы были загрязнены ацетатом железа в концентрациях по железу 0,5, 1, 2,5, 5 и 10 ПДК почвы в июне 2019 г. Через две недели после внесения ацетата железа в полевых условиях был поставлен опыт на определение фитотоксичности почв согласно ГОСТ 12038М84. Для оценки влияния загрязнения почвы железом на прорастание семян в полевых условиях использовали следующие показатели: всхожесть, энергия прорастания. Фитотоксичность оценивали на основании сравнения всхожести и энергии прорастания семян.

Изучение фитотоксичности почв осуществлялось по отношению к трем индикаторным тест-культурам: пшенице (*Triticum aestivum*), редису посевному (*Raphanus sativus*) и кресс-салату (*Lepidium sativum* L.).

Согласно полученным данным, тест-культуры проявили различную чувствительность к загрязнению почвы железом. Максимальное подавление всхожести растений наблюдалось в варианте 10 ПДК – 12% для редиса посевного (*Raphanus sativus*). При воздействии на ту же тест-культуру ацетатом железа в концентрации 1 ПДК всхожесть достигла своего максимума – 80%. Проращивание семян яровой пшеницы показало следующие результаты: с увеличением концентрации раствора железа (с 0.5 до 10 ПДК) увеличивается и всхожесть семян (35-75% соответственно), однако концентрация 5 ПДК приводит к уменьшению всхожести семян до 15%. Семена кресс-салата отзывались стабильно высокой всхожестью (52-77.5%) на внесение почти всех доз концентраций, кроме 10 ПДК, где всхожесть составила всего 12.5%.

Изучение фитотоксичности почв показало, что почвы почти всех участков исследования подавляли рост тест-культур. Таким образом, загрязнение почв железом подавляло рост и развитие культурных растений в концентрациях более 0.5-1 ПДК, а наиболее чувствительной к внесению ионной формы железа оказалась тест-культура *Raphanus sativus*.

УДК 502.55

ФИЛЬТРАЦИОННЫЕ ВОДЫ ПОЛИГОНОВ ТВЕРДЫХ КОММУНАЛЬНЫХ ОТХОДОВ КАК ПОТЕНЦИАЛЬНЫЙ ИСТОЧНИК ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПОЧВ

Шилова Ю.О.¹, Витковская С.Е.^{1,2}

¹ Российский государственный гидрометеорологический университет,
Санкт-Петербург

² Агрофизический НИИ, Санкт-Петербург
E-mail: esya20@mail.ru

Фильтрационные воды (ФВ) – основной фактор негативного воздействия объектов размещения твердых коммунальных отходов (ТКО) на окружающую природную среду – представляют собой полиэлементный раствор, обогащенный органическим веществом, биофильными элементами и тяжелыми металлами.

ФВ остаются токсичным даже после четырехкратного (а по некоторым данным – и 100-кратного) разбавления. Известно, что ФВ содержат различные физиологические группы микроорганизмов, в том числе патогенные, и яйца гельминтов. Радиус распространения вредных веществ от полигона ТКО может достигать 30-60 км.

Оценку потенциальной опасности воздействия фильтрационных вод на почвенный покров проводили в 2017 г. на основании данных, характеризующих элементный состав фильтрата, отобранного на объектах размещения ТКО «Профспецтранс» и «Новый свет-Эко», расположенных в Волосовском районе Ленинградской области. В пробах ФВ определяли рН, содержание органического вещества (потери при прокаливании), аммонийного и нитратного азота, Mg, тяжелых металлов (Li, Cd, Cr, Pb, Hg, Cu, Fe, Ba), As и Sb.

Установлены существенные различия химического состава ФВ на тестируемых объектах, функционирующих в сходных климатических условиях в течение 16-17 лет. Наибольшей степенью загрязнения характеризовались ФВ полигона большей проектной мощности («Новый-Свет-ЭКО»). Содержание кадмия, ртути, свинца, меди, хрома, железа и аммонийного азота в ФВ полигона «Новый Свет-ЭКО» превысило содержание в ФВ полигона «Профспецтранс» в 6.5, 33, 14, 5, 12, 5.4 и 4.8 раза соответственно.

Выявлено, что потенциальная опасность воздействия ФВ тестируемых полигонов на водные объекты связана с чрезвычайно высоким содержанием аммонийного азота и повышенными концентрациями тяжелых металлов. Установлено, что содержание Cd, Hg, Pb и Cr в ФВ полигона ТКО «Новый Свет-ЭКО» превысило гигиенический норматив для водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового назначения в 97, 4, 7 и 8 раз соответственно. Превышение гигиенического норматива содержания аммонийного азота в ФВ тестируемых полигонов достигало 360-1750 раз. По содержаниям органического вещества и аммонийного азота можно оценить вклад органической компоненты ТКО в загрязнение ФВ.

Опасность загрязнения фильтрационными водами почвенного покрова можно оценить, установив количество фильтрата на единицу массы почвы, необходимое для превышения ПДК (ОДК) тяжелых металлов в почве. Для расчета использовали значения концентраций Cd, Hg, Pb и Cr. в фильтрате полигона «Новый-Свет-ЭКО».

Расчеты показали, что при внесении ФВ в почву в дозе 5.5 л/кг (соответствует 16 млн. 500 тыс. л/га) в почву поступит 0.53 мг/кг кадмия, 0.011 – ртути, 1.21 – свинца и 13.2 мг/кг хрома. Установлено, что на данном объекте возможно загрязнение почвенного покрова кадмием. Превышение ПДК ртути, свинца и хрома возможно только при длительном контакте фильтрата с почвой, например, в пределах фильтрационной канавы, а также при отсутствии сооружений для сбора и отведения ФВ (несанкционированные свалки). Следует учитывать, что степень негативного воздействия ФВ на почвенный покров будет зависеть от содержания тяжелых металлов в ФВ, которое может существенно варьировать: по литературным данным максимальные уровни содержаний Cd, Hg, Pb и Cr³⁺ в ФВ полигонов ТКО могут достигать 0.95, 0.05, 1.0 и 1.6 мг/л.

Комиссия III

БИОЛОГИЯ ПОЧВ

Председатель – д.б.н. А.Л. Степанов

УДК 631.46

**ОСОБЕННОСТИ РАЗВИТИЯ МИКРООРГАНИЗМОВ
НА ПОВЕРХНОСТИ СТАРОВОЗРАСТНЫХ ОТВАЛОВ
ТЕХНОГЕННЫХ ОТХОДОВ В КУЗБАССЕ**

Артамонова В.С.¹, Бортникова С.Б.²

¹ Институт почвоведения и агрохимии СО РАН, Новосибирск

E-mail: artamonova@issa.nsc.ru; artamonova@issa-siberia.ru

² Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А.А. Трофимука СО РАН,
Новосибирск

E-mail: bortnikovasb@ipgg.sbras.ru

В ресурсных регионах РФ – субъектах федерации с доминированием в структуре их экономики природоэксплуатационного сектора, особенно минерально-сырьевого, основными отходообразующими отраслями являются угольная промышленность и металлургия. Техногенные отходы добычи и переработки твердых полезных ископаемых складываются в отвалы и насыпи, которые формируют локальные бесплодные земли – техногенные бедленды и азональные элементы ландшафтов. Вокруг них загрязняются почвы и водотоки, особенно с низкой буферизирующей способностью. Сульфидсодержащие отходы металлургической промышленности наиболее опасны для окружающей среды, поскольку содержат высокие концентрации тяжелых металлов и металлоидов. Кемеровская область является лидером в стране по количеству таких отходов среди субъектов РФ, поскольку в экономике сибирского региона исторически преобладает горнодобывающая отрасль. Для сохранения природных ресурсов предполагается старовозрастные отходы подвергать рециклингу, а для улучшения экологии региона осуществлять их рекультивацию, применяя химическую мелиорацию и фитомелиоранты. С этой целью изучалась

жизнепригодность поверхности старовозрастных отвалов сульфидсодержащих отходов обогащения железной руды, цианирования золотосодержащих руд, шлаковых отвалов пирометаллургического извлечения полиметаллов для микробных агентов первичного почвообразования. Установлено, что в течение 40-50 лет железорудные отходы (Абагурское хвостохранилище) колонизируются жизнеспособными микроорганизмами в экологически значимом количестве. Среди бактерий присутствуют олиго-, копио- диссипотрофы, доминируют психро- и мезофильные олиготрофы. Доля психрофилов с диаметром колоний менее 2 мм достигает 83.5%, мезофилов – 95.9%. На участке с сельскохозяйственной рекультивацией встречаемость мелких форм снижается, под лесонасаждениями они отсутствуют вообще. На 100-летних отвалах отходов цианирования (Белоключевское месторождение) наблюдалась повсеместная колонизация поверхности жизнедеятельной бактерий *Azotobacter chroococcum*. Наибольшая скорость роста бактерии выявлена в местах окисления сульфидов. Ее молодые клетки становились «пассивными» через сутки культивирования вследствие перехода подвижных палочковидных клеток в коккоидные, которые коллективно замедляли движение с образованием «роящихся» группировок. В почве санитарно-защитной зоны характер роста азотобактера был ризоидно-мицелиальным с присутствием обильной слизи, что обеспечивало скольжение клеток в направлении, противоположном загрязнению. В шлаковых отходах, складированных на территории бывшего цинкового завода (г. Белово) в середине прошлого века, азотобактер встречался повсеместно, но активную репродуктивную функцию проявлял в первые сутки. Через двое суток ореол роста колонии на агаризованной голодной среде сократился на 54%, через трое – на 46%. Обработка семян горчицы суспензией живой суточной культуры азотобактера позитивно отразилась на всхожести семян и росте корней сидеральной культуры на фоне химически мелиорированного шлака известковым молоком, что подтверждается статистически. Таким образом, микробное население старовозрастных отвалов промышленных отходов сульфидсодержащих полиметаллических руд обнаруживает токсобность и адаптивную изменчивость. Высокая жизнестойкость и приспособляемость этих древних организмов в современных условиях техногенеза обуславливает их значимость в формировании биогенности техногенных отходов, заселении растениями. Полученные результаты о жизнепригодности отходов следует учитывать при создании эффективных микробо-растительных консорциумов, производстве санитарно-защитных фитопокровов, разработке наборов почвоулучшителей для озеленения промышленных отвалов и полигонов.

Работа выполнена при поддержке грантов РФФИ № 17-05-00056 и 19-29-05086 мк.

УДК. 579.26

**СООБЩЕСТВА ПОЧВЕННЫХ ВОДОРОСЛЕЙ
И ЦИАНОБАКТЕРИЙ ПОЧВ
В РАЙОНЕ ОБЪЕКТА УНИЧТОЖЕНИЯ ХИМИЧЕСКОГО ОРУЖИЯ
«МАРАДЫКОВСКИЙ»**

Безденежных К.А.

Вятский государственный университет, Киров

E-mail: karina.bezdenezhnykh@mail.ru

Почвенные водоросли и цианобактерии как обитатели любых типов почв нашли широкое применение в биондикации их состояния.

Цель исследования – провести альгологический анализ почв лесных и луговых фитоценозов в районе объекта «Марадыковский» после прекращения его функционирования.

В 2016-2018 гг. на участках системы комплексного мониторинга луговых и лесных фитоценозов объекта хранения и уничтожения химического оружия «Марадыковский» (Кировская область) были отобраны почвенные образцы для альгологических исследований. Район исследования входит в состав подзоны южной тайги. Почвы территории подзолистые и дерново-подзолистые.

Видовой состав альгофлоры изучали постановкой чашечных культур со стеклами обрастания. Количественные показатели альгофлоры определяли прямым микроскопированием на мазках.

За период исследований, проведенных после прекращения функционирования объекта (2016-2018 гг.), в альгофлоре изученных фитоценозов выявлено 106 микрофототрофов, в том числе в почвах лесных экосистем отмечено 60 видов, в почвах луговых экосистем – 95.

Из отдела Cyanobacteria выявлен один класс, три порядка, семь семейств, девять родов и 28 видов. Из отдела Ochrophyta: два класса, четыре порядка, семь семейств, восемь родов и 18 видов. Отдел Bacillariophyta представлен одним классом, двумя порядками, пятью семействами, шестью родами и девятью видами. Отдел Chlorophyta насчитывал 16 классов, 13 порядков, 22 семейства, 26 родов и 51 вид. По видовому разнообразию преобладают виды из семейства *Oscillatoriaceae*, *Chlamydomonadaceae*, *Pleurochloridaceae*, *Pinnulariaceae*.

В почвах участков сосновых фитоценозов было выявлено 55 видов почвенных водорослей, таксономическая структура альгофлоры представлена четырьмя основными отделами: Cyanobacteria – четыре вида (7.1%), Chlorophyta – 36 (64.4%), Ochrophyta – 11 (21.4%) и Bacillariophyta – четыре (7.1%). Несколько меньшее количество видов обнаружено на участках еловых лесов – 33 вида, таксономическая структура выглядит следующим образом: Cyanobacteria – четыре вида (12.1%), Chlorophyta – 15 (45.5%), Ochrophyta – семь (21.2 %) и

Bacillariophyta – семь видов (21.2%). Доля общих видов для сосновых и еловых лесов составляет 38%.

Формула эковиоморф альгофлоры сосновых фитоценозов – $Ch_{14}(CF_2)C_{14}X_{11}H_5B_4hydr_3P_2$, еловых – $Ch_9(CF_2)X_7B_7C_3H_2P_2hydr_1$.

Значение общей численности водорослей и цианобактерий за трехлетний период исследований на разных участках мониторинга колебалось от 59.3 до 296.0 тыс. кл./г почвы. Полученные результаты согласуются с данными других авторов для почв хвойных фитоценозов

На участках мониторинга суходольных лугов выявлено 89 видов: Cyanobacteria – 24 вида (27.0%), Chlorophyta – 41 (46.0%), Ochrophyta – 15 (16.9%) и Bacillariophyta – девять (10.1%). В почвах пойменных лугов 52 вида: Cyanobacteria – 17 (32.7%), Chlorophyta – 17 видов (32.7%), Ochrophyta – 10 (19.2%) и Bacillariophyta – восемь (15.4%).

Доля общих видов в суходольных и пойменных лугах составляет 37.7%.

Спектр жизненных форм альгофлоры суходольных лугов выглядит следующим образом: $X_{16}C_{16}Ch_{14}P_{14}CF_9B_9hydr_6H_4amph_2PF_1M_1$.
Формула эковиоморф пойменных лугов – $B_8Ch_8P_6H_4X_4CF_4C_3amph_1M_1$.

Количественные параметры альгофлоры луговых почв района исследования варьировали от 71.6 до 513.6 тыс. кл./г почвы.

Таким образом, таксономический состав и эковиоморфная структура альгофлоры лесных и луговых почв в районе объекта «Марадыковский» после завершения функционирования сохраняет зональный тип. Преобладают зеленые водоросли и цианобактерии. Колебания численности водорослей и цианобактерий за период исследования обусловлены природными факторами и степенью развития высших растений, влияющих на влажность, световой и температурный режимы почвы, а также уровнем антропогенной и техногенной нагрузки.

УДК 631.466.1

ЗАКОНОМЕРНОСТИ ПРОСТРАНСТВЕННОГО РАСПРОСТРАНЕНИЯ ПОЧВЕННЫХ МИКРОМИЦЕТОВ В КОРНЕВОМ КОМЕ САЖЕНЦЕВ ДРЕВЕСНЫХ РАСТЕНИЙ

Бондарева Е.В.

Всероссийский НИИ фитопатологии, Большие Вяземы
Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Москва
E-mail: BondarevaE.V@yandex.ru

В последнее 10-летие можно наблюдать активное развитие отечественных питомников. Этому в значительной степени способствует возрастающая потребность в посадочном материале. Но несмотря на

это в течение последних лет по данным Россельхознадзора проблема покупки и продажи качественного посадочного материала создала достаточно напряженную ситуацию на рынке садовых культур. Некачественная продукция встречается во всех сегментах рынка, в особенности это заметно на культурах, стабильно пользующихся высоким спросом. К этой категории относятся саженцы яблони домашней (*Malus domestica* Borkh.) – их приобретают как для посадки на частном участке, так и для высадки в городе как элемент декоративного зеленого насаждения. Условия нового местообитания не всегда могут быть идеальными для молодого растения, и чтобы хорошо адаптироваться при пересадке оно должно быть максимально здоровым. Растение коэволюционирует с корневой микробиотой, которая может как положительно влиять на рост и развитие растения, так и отрицательно в случае, если присутствует большое количество фитопатогенных микроорганизмов. Поэтому при производстве качественного посадочного материала необходимо большое внимание уделять состоянию почвы и присутствующим в ней микроорганизмам.

Целью данной работы было изучение биологии почв в питомнике по производству древесных растений на примере пятилетних саженцев яблони домашней Штрифель.

В задачи исследования вошла характеристика сапротрофного сообщества микроскопических грибов и анализ присутствия фитопатогенных грибов в корневом коме саженцев яблонь, выращиваемых в отечественном питомнике.

При оценке живого мицелия методом почвенных комочков было выявлено, что в верхнем слое почвы с глубины 0-10 см доминировали грибы-целлюлозолитики, относящиеся к родам *Trichoderma* и *Clonostachys* (35% от общей доли обрастания комочков всеми видами). Группа грибов-сахаролитиков представлена видами *Mucor circinelloides* Tiegh. и *Rhizopus stolonifer* (Ehrenb.) Vuill. и составляла 27%. Содержание фитопатогенных грибов было порядка 24% и представлено родами *Acremonium*, *Fusarium* и *Pythium*. Доля обрастания грибами родов *Penicillium* и *Talaromyces* (типичными представителями почвенного сапротрофного сообщества) составила 12%. Только с этой глубины были выделены грибы-экрисотрофы – 2%, относящиеся к роду *Cladosporium*. С увеличением глубины профиля (10-20 см) доминирующую группу представляли грибы-сахаролитики (35%) рода *Morthierella*, *Mucor*, *Rhizopus*; затем с долей обрастания порядка 34% – группа фитопатогенных микромицетов: целлюлозолитики – 30% и почвенные сапротрофы – 2%. На глубине 20-30 см снова произошла смена в составе господствующей экологической группы относительно вышележащего слоя. Доля обрастания грибами родов *Pythium* и *Fusarium* составила порядка 41%, *Trichoderma* – 40%, а сахаролитиков *Rhizopus* и *Umbelopsis* – менее 17%.

При оценке общего пула грибов методом посева почвенных разведений было выделено 19 видов микромицетов, относящихся к 10 родам из отделов *Mucoromycota* и *Ascomycota*. Из всех слоев почвы с наибольшим обилием выделены грибы рода *Penicillium*. Численность микроорганизмов с увеличением глубины профиля снижалась.

УДК 631.427.23

СТРУКТУРА МИКРОБНОГО СООБЩЕСТВА ПОЧВ АЛЬПИЙСКИХ И ГОРНО-ТУНДРОВЫХ ЭКОСИСТЕМ

Верховцева Н.В., Сабирова Р.В., Макаров М.И.

Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Москва
E-mail: verh48@list.ru

Формирование и функционирование почв определяется развивающимися на них фитоценозами, которые взаимосвязаны со специфическими почвенными микробценозами. Сохранение такого трофического взаимодействия необходимо для устойчивости биоразнообразия почв. Особое значение имеют исследования микробных сообществ под естественными фитоценозами для слабоизученных в этом отношении почв альпийских и тундровых экосистем. Для изучения структуры микробного сообщества использовали метод анализа микробных маркеров (жирные кислоты, альдегиды и гидроксикислоты жирных кислот мембран клеток), определенных масс-спектрометрически (МСММ – масс-спектрометрия микробных маркеров). В альпийском поясе Кавказа изучали почвы альпийской лишайниковой пустоши (АЛП), пестроовсянищевого луга (ПЛ), гераниево-копеечникового луга (ГКЛ) и альпийского ковра (АК), а в горно-тундровом поясе Хибин – почву злакового луга (ЗЛ). На примере почв АЛП и ЗЛ оценивали влияние на микробное сообщество наличия в составе фитоценозов кустарничков с эрикоидной микоризой. На почвах ПЛ, ГКЛ и АК оценивали влияние длительного внесения удобрений – N, NP, P и Ca.

Показано, что в почвах преобладают маркеры Грам (+) бактерий, а концентрация маркеров Грам (–) бактерий была на порядок ниже. Так как в группу Гр (+) бактерий входят виды с высокой гидролитической активностью (актинобактерии), это позволяет предположить, что процессы разложения трудно окисляемого органического вещества доминируют в исследуемых почвах альпийских и горно-тундровых экосистем.

Почвы трех альпийских биогеоценозов не сильно отличаются по содержанию маркеров как грибов, так и бактерий. При этом содержание маркеров Грам (+) бактерий больше всего в почве ГКЛ, а маркеров Грам (–) бактерий – в почве АЛП. Исключением является

почва низкопродуктивного АК, где маркеров грибов и бактерий почти в два раза меньше, чем в почвах других биогеоценозов. Внесение удобрений наиболее заметное влияние оказало на наиболее богатую элементами питания почву ГКЛ, где концентрации всех маркеров по сравнению с контролем снизились. При этом наименьшее влияние оказало известкование этой почвы. Для почв АК и ПЛ также наблюдается тенденция уменьшения концентраций маркеров бактерий при внесении всех типов удобрений, однако концентрации маркера грибов повысились. Таким образом, внесение дополнительных элементов минерального питания в почвы альпийских экосистем не оказывает значимого положительного влияния на развитие бактериального комплекса и, вероятно, на направленность микробиологических процессов.

Также не выявлено заметного влияния присутствия брусники в фитоценозе АЛП на концентрации микробных маркеров в почве. Отмечена лишь тенденция уменьшения концентрации маркеров Грам (-) бактерий. Почва злакового луга в тундре Хибин под кустарничками с эрикоидной микоризой также характеризовалась меньшими концентрациями маркеров Грам (-) бактерий, тогда как маркеры Грам (+) бактерий демонстрировали рост в почве под большинством видов кустарничков. Такая реакция бактериального сообщества, возможно, связана с необходимостью активизации гидролитической активности бактерий при поступлении в почву трудноразлагаемых растительных остатков.

УДК 592

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ПОЧВЕННЫХ САПРОФАГОВ (МАКРОФАУНА) В ЭЛЕМЕНТАХ МОЗАИКИ ХВОЙНО-ШИРОКОЛИСТВЕННЫХ ЛЕСОВ

**Гераськина А.П., Кузнецова А.И., Куприн А.В., Тихонова Е.В.,
Шевченко Н.Е., Горнов А.В., Тебенькова Д.Н., Катаев А.Д., Лукина Н.В.**

Центр по проблемам экологии и продуктивности лесов РАН, Москва

E-mail: angersgma@gmail.com

Известно, что деревья как эдификаторы регулируют и перераспределяют потоки вещества и энергии в лесных экосистемах и таким образом обуславливают микро мозаичность лесного биогеоценозического покрова. Микро мозаичности растительности в лесах посвящено довольно много работ, тогда как значительно меньше известно о влиянии деревьев на пространственное распределение почвенных беспозвоночных.

Цель данной работы – оценить влияние деревьев на пространственное распределение (микро мозаичность) почвенных беспозвоночных в хвойно-широколиственных лесах.

В качестве объектов исследования выбраны наиболее сохранившиеся лесные массивы хвойно-широколиственных лесов, произрастающих на почвах тяжелого гранулометрического состава (Северо-Западный Кавказ и Москворецко-Окская равнина) и на легких песчаных почвообразующих породах (Брянское Полесье). Учет макрофауны в доминирующих элементах мозаики произведен методом раскопки и ручного разбора почвенных проб (размер пробы 25×25 см) в летний сезон 2019 г. Каждый элемент мозаики учтен не менее чем в девятикратной повторности.

В лесах Северо-Западного Кавказа выявлены значимые различия в биомассе сапрофагов в оконных элементах мозаики и в подкروновых пространствах граба, пихты, бука, осины: биомасса сапрофагов в окнах в два-три раза выше, чем под кронами деревьев. Различия в биомассе главным образом связаны с обилием дождевых червей (Lumbricidae) в почве окон в сравнении с подкроновыми участками, где преобладают мелкие личинки двукрылых (Diptera), личинки типулид (Tipulidae), многоножки-кивсяки (Julida) и мокрицы (Oniscidea). Кроме того, для окон характерно преобладание влаголюбивых групп – дождевых червей, мокриц, а также индикатором переувлажнения почв в отдельных окнах служат личинки ручейников (Trichoptera). Выявлены значимые различия в численности сапрофагов, функционирующих под кронами пихты и лиственных видов деревьев – под пихтами выше численность «кальцефильных» групп сапрофагов: моллюсков, многоножек-кивсяков и мокриц, что согласуется с известными данными об обогащении подстилки опадом хвойных видов кальцием и магнием, необходимыми для жизнедеятельности указанных групп беспозвоночных. Наименьшее разнообразие, численность и биомасса сапрофагов выявлены под кронами граба, что связано с быстрой утилизацией легкоразлагаемого опада граба и миграцией/выживанием подстилочных беспозвоночных в летний сезон в более «благоприятные» условия под кроны деревьев с медленно разлагаемым опадом.

В лесах Москворецко-Окской равнины наибольшие значения численности и биомассы сапрофагов выявлены в подкроновых пространствах липы и березы, наименьшие – ели и дуба. В этих лесах основной вклад в биомассу вносят дождевые черви. По численности под кронами липы и березы преобладают дождевые черви, ели и дуба – моллюски, двупарноногие многоножки, личинки двукрылых и мокрицы. Между окнами и подкроновыми пространствами также выявлены различия в численности и биомассе, которые, как правило, значимо выше в окнах, чем под кронами деревьев.

В лесах Брянского Полесья выявлены противоположные тенденции соотношения биомассы сапрофагов между окнами и подкроновыми пространствами: в окнах биомасса макросапрофагов ниже в

три-четыре раза, чем под кронами деревьев (главным образом из-за отсутствия в окнах дождевых червей). Наибольшая численность сапрофагов выявлена под кронами сосны и ели, наименьшая – в подкروновых пространствах клена в связи быстрой утилизацией легкоразлагаемого опада. Изменения в значении биомассы и численности не коррелируют между собой из-за присутствия дождевых червей: наименьшая биомасса под кронами сосны, наибольшая – под кронами дуба, ели и клена.

Выявленные различия пространственного распределения сапрофагов между подкроновыми пространствами и окнами связаны с гранулометрическим составом почв: в лесах, произрастающих на легких супесчаных почвах, в окнах низкое разнообразие и биомасса сапрофагов связаны с более быстрым пересыханием открытых участков в сравнении с подкроновыми пространствами. Наоборот, в лесах, произрастающих на почвах тяжелого гранулометрического состава, в окнах за счет большей влагоудерживающей способности почв создаются благоприятные условия для влаголюбивой почвенной фауны. Различия в численности и биомассе почвенных беспозвоночных между подкроновыми пространствами всех объектов исследований определяются качеством опада.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского научного фонда (проект № 16-17-10284).

УДК 579.26;631.427

ДРОЖЖЕВЫЕ КОМПЛЕКСЫ УРБАНОЗЕМОВ И ЗОНАЛЬНЫХ ПОЧВ ГОРОДА СОЧИ

Глушакова А.М., Умарова А.Б., Качалкин А.В.

Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Москва

E-mail: aglush1982@gmail.com

Почва как один из главных компонентов экосистемы оказывает влияние на общую экологическую обстановку в городе. Высокая численность населения в городах, промышленная и хозяйственно-бытовая деятельность человека нередко приводят к нарушению функционирования почвенных микробиоценозов. Преобразование естественного почвенного покрова в городах, влияние специфических антропогенных факторов приводят к перестройке почвенных микробных комплексов, в том числе и комплексов дрожжевых грибов.

Цель данной работы – характеристика почвенных дрожжевых сообществ в урбаноземах и зональных почвах г. Сочи.

Отбор почвенных образцов проводили в 2019 г. в летне-осенний период на площадках, расположенных на территории образователь-

но-научного учреждения с основными постройками зданий в 1950-1970-е гг. Образцы почвы отбирали на глубинах 0-10, 30-50 и 60-70 см. Контролем служила зональная бурая лесная почва. Всего было проанализировано 20 смешанных образцов. Для выделения дрожжей использовали метод посева на глюкозо-пептонно-дрожжевую среду с добавлением левомицетина. Видовую идентификацию дрожжевых грибов проводили на основе анализа нуклеотидных последовательностей ITS региона рДНК.

Численность дрожжевых грибов была максимальной на глубине 0-10 см в урбаноземе и составила $5.24 \pm 0.21 \times 10^5$ КОЕ/г, что значительно превышает значение, полученное нами для того же горизонта зональных почв – $3.61 \pm 0.21 \times 10^3$ КОЕ/г. Вниз по профилю исследованных почв численность дрожжей закономерно уменьшалась и на глубине более 60 см составила $3.01 \pm 0.47 \times 10^2$ КОЕ/г в урбаноземе и $2.14 \pm 0.52 \times 10^2$ КОЕ/г в зональной почве.

Всего из исследованных почв было выделено 11 видов дрожжевых грибов, шесть аскомицетов и пять базидиомицетов. Больше всего видов дрожжей (10) было выделено из урбанозема на глубине 0-10 см. В отличие от зональной почвы, в урбаноземе по всему профилю с максимальным обилием на глубине 0-10 см доминировали аскомицетовые дрожжи *Candida sake* (46.24%) и *Meyerozyma guilliermondii* (32.21%). Частота их встречаемости составила 50.26 и 44.51% соответственно. Известно, что эти виды дрожжей ответственны за формирование инфекции и развитие инвазивного кандидоза у людей прежде всего с пониженным иммунным статусом. По всему профилю зональной почвы максимальное относительное обилие было у типичных автохтонных базидиомицетовых почвенных видов, регулярно выделяющихся из минеральных горизонтов почв чаще, чем из любых других природных субстратов (*Solicoccozyma aerea* и *S. terrea*). Относительное обилие вида *C. sake* на глубине 0-10 см в бурой лесной почве было ниже 2%, а дрожжи *M. guilliermondii* выделены не были.

Таким образом, в исследованном урбаноземе г. Сочи вследствие антропогенной нагрузки возрастает относительное обилие клинически значимых видов дрожжей, которые могут быть источником риска для здоровья населения, особенно людей с пониженным иммунным статусом.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 19-29-05252 мк.

УДК 631.46-576.8

МИКРОЛОКУСНЫЙ ПОДХОД К ИЗУЧЕНИЮ БАКТЕРИАЛЬНЫХ СООБЩЕСТВ ВЕРХОВОГО БОЛОТА

Головченко А.В., Добровольская Т.Г., Юрченко Е.Н., Якушев А.В.
Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Москва
E-mail: golovchenko.alla@gmail.com

Для того, чтобы повысить учет бактериального разнообразия болотных экосистем использовали микролокусный подход. Он предполагает выявление специфических пространственно ограниченных местообитаний в анализируемой экосистеме. Бактериальные сообщества верховых болот изучались отечественными и зарубежными исследователями преимущественно в сфагновых мхах, их очесах и торфянистых горизонтах. В данной работе внимание уделено микролокусам, сформированным микрорельефом, растениями и регрессивными пятнами верховых болот.

Исследования проводили на пробных площадях Западновинского лесоболотного стационара Института лесоведения РАН в Тверской области. Данные по численности бактерий получали прямым методом с использованием люминесцентной микроскопии. Таксономический состав бактериальных сообществ выявляли методом посева на агаризованную глюкозо-пептонно-дрожжевую среду. Идентификацию доминирующих таксонов бактерий проводили на основании данных секвенирования нуклеотидных последовательностей гена 16S рРНК. Физиологическое разнообразие и трофическую специализацию гидrolитического бактериального блока определяли комплексным структурно-функциональным методом.

Установлено, что в сфагновых дернинах кочек показатели обилия бактерий в три-четыре раза выше, чем в сфагновых дернинах ровных поверхностей. На зеленых частях сфагнума доминировали представители рода *Pseudomonas* и *Dyella*, в торфяных горизонтах преобладали бактерии родов *Acinetobacter* и *Burkholderia*. Их доля была выше в кочках. Бактерии всех перечисленных родов являются аэробами и относятся к эколого-трофической группе копитроффов. Бактерии гидrolитического комплекса представлены бациллами и актиномицетами. Их доля варьировала по вертикальному градиенту кочек от 2 до 20%. Бактериальные сообщества сфагнума кочек в большей степени адаптированы к использованию таких сложных полимеров, как хитин, целлюлоза, кератин.

Численность бактерий на вегетативных органах растений (осока, пушица, росянка, шейхцерия, голубика, черника, брусника, клюква, подбел, багульник) варьировала от 0.6 до 3.2×10^9 клеток/г и была

сравнима с таковой на мхах. На растениях выявлены представители шести родов: *Pseudomonas*, *Stenotrophomonas*, *Serratia*, *Erwinia*, *Ochrobactrum*, *Chryseobacterium*. Среди доминирующих бактерий на растениях удалось обнаружить общие роды и даже один вид – *Stenotrophomonas rhizophila*. Таксономическое и физиологическое разнообразие бактериальных комплексов было значительно выше на сосудистых растениях, чем на мхах. Анализ таксономической принадлежности и функциональности выделенных бактерий позволяет прогнозировать их способность стимулировать рост растений и защищать их от фитопатогенных грибов.

В регрессивных пятнах численность бактерий в три-семь раз выше, чем в верховом торфе, и сопоставима с таковой в низинных торфах. Физиологическое разнообразие бактериальных сообществ регрессивных пятен также близко к низинному торфу за счет обилия бактерий, использующих легкодоступные полимеры растительного и водорослевого происхождения. Гидролитический бактериальный блок представлен преимущественно бациллами, которые либо доминировали, либо составляли равные доли с протеобактериями. Протеобактерии были отнесены к трем родам: *Pseudomonas*, *Stenotrophomonas*, *Chromobacterium*. Из регрессивных пятен выделяли также представителей рода *Chryseobacterium* (класс Flavobacteria из филума Bacteroidetes). В бактериальных сообществах пятен и верхового торфа были обнаружены общие представители родов, что закономерно, так как регрессивные пятна образуются на поверхности олиготрофных болот в результате деструкции сфагнового покрова. Функции изолированных из пятен родов бактерий сводятся к разложению полимеров и подавлению фитопатогенных грибов.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 16-04-00452-а.

УДК

ДИНАМИКА ФУНКЦИОНАЛЬНОГО МИКРОБИОЛОГИЧЕСКОГО БИРАЗНООБРАЗИЯ МОДЕЛЬНОГО КОНСТРУКТОЗЕМА В ЦИКЛАХ РАЗМОРАЖИВАНИЕ–ОТТАИВАНИЕ

Горленко М.В., Ежелев З.С., Абрамян И.А., Умарова А.Б.

Московский государственный университет им. Ломоносова, Москва

E-mail: gorlenko@nm.ru

Конструктоземы на сегодняшний день являются значимым элементом в экосистемах городов. Изучение их свойств необходимо для прогнозирования экологической стабильности городских территорий. Исследуемая конструкция имеет цилиндрическую форму высотой 30 см и диаметром 28 см. Боковые стенки и дно теплоизолированы

блоками из пенополистирола толщиной 100 мм, на нижней границе имеется отверстие для сбора лизиметрических вод. В центре данной конструкции размещена цилиндрическая емкость из геотекстиля плотностью 300 г/м² высотой 18 см и диаметром 7 см, заполненная почвенным субстратом, представляющим собой смесь горизонта Апах урбанозема МГУ, торфа низинного пакетированного «Селигир» и песка карьерного в соотношении 3:1:4.13 от сухой массы. Подробное описание почвенных свойств представлено в ранее опубликованных работах. Пространство между стенками и дном двух цилиндров заполнено горизонтом Апах. В итоге получился конструктозем, состоящий из смеси, который обрамляется горизонтом Апах. Во внешней и внутренних зонах на разных глубинах были установлены термодатчики для автоматической съемки температурного режима.

Для подготовки объектов исследования к замораживанию их предварительно проливали 2.7 л воды с помощью системы капельного полива так, чтобы скорость полива не превышала скорость впитывания влаги. После стекания лизиметрических вод почвенные конструкции помещались в морозильные камеры (-5 °С). Далее следовал цикл оттаивания до выравнивания температуры до значений температуры воздуха в лаборатории, после чего снова следовал пролив и цикл повторялся. Разбор конструкций происходил после одного, двух, трех, пяти и семи циклов промерзания–оттаивания, а по завершении работ разбирался контрольный образец, который весь эксперимент находился в морозильной камере при одинаковой температуре. Период замораживания длился около семи суток, оттаивания – пять суток. Пространственную и временную динамику микробиологического функционального биоразнообразия систем оценивали с помощью метода мультисубстратного тестирования МСТ. Метод МСТ, использующий авторское оригинальное программно-аппаратное обеспечение в виде системы «Эко-лог», позволяет на основании многомерных спектров потребления субстратов, полученных при инкубации почвенных суспензий в микропланшетных тест-системах «Эко-лог» определить параметры функционального биоразнообразия микробной системы почвы, ее стабильность и устойчивость на основании оригинальной модели ранговых распределений. Параметры, вычисляемые программой «Эко-лог», дают возможность ранжировать экспериментальные точки в абсолютной системе координат коэффициентов ранговых распределений и тем самым сравнивать их в контексте общего благополучия микробной экосистемы. В ходе экспериментов показана значимость факторов повторных циклов оттаивания–размораживания для модельных конструктоземов и описано влияние вертикальной стратификации на функциональное биоразнообразие изученных систем. Особое внимание было уделено изучению влияния пристеночного эффекта на границах геотекстиля, отделяющего модельный смешан-

ный субстрат от окружающей почвы. Данный слой представляет собой уникальную систему, сочетающую свойства обоих граничащих почвенных объектов. Применение метода МСТ для мониторинга состояния конструктороземов является перспективным в контексте слежения за состоянием подобных систем с целью поддержания их продуктивности и сохранения физических, химических и биологических свойств, обеспечения плодородия в рамках целевого назначения.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 19-29-05252 мк.

УДК 631.461

ИЗМЕНЕНИЯ МИКРОБНЫХ СООБЩЕСТВ ПОЧВ ПОЙМЫ РЕКИ СЕВЕРСКИЙ ДОНЕЦ НА ФОНЕ ЭКСТРЕМАЛЬНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ ТЯЖЕЛЫМИ МЕТАЛЛАМИ

**Горовцов А.В., Минкина Т.М., Манджиева С.С., Зинченко В.В.,
Погоньшев П.Д.**

Южный федеральный университет, Ростов-на-Дону
E-mail: gorovtsov@gmail.com

Микробное сообщество исследуемых почв изучалось по численности культивируемых бактерий, принадлежащих к различным экологическим группам, а также по интенсивности процесса нитрификации с целью оценки влияния полиметаллического загрязнения как на сообщество в целом, так и на его потенциал в реализации определенных функций.

Пробы почв отбирались на 16 мониторинговых площадках, расположенных на территории высохшего оз. Атаманское в Каменском районе Ростовской области. Хотя культивируемые бактерии составляют лишь небольшую часть микробиома почвы, они могут рассматриваться как потенциальные биоиндикаторы ее состояния. В почвах площадок с максимальным уровнем загрязнения наблюдалось резкое падение числа бактерий из всех исследуемых групп. Тем не менее, даже в наиболее загрязненных почвах наблюдалось присутствие активных и потенциально активных бактерий. Наиболее значительное снижение численности бактерий было отмечено в почвах площадок № 6, 8, 11, 12, 13 и 16, характеризующихся высоким уровнем загрязнения. Однако не во всех случаях связь между уровнем загрязнения и численностью исследуемых групп бактерий была прямо пропорциональной. Для многих площадок не было отмечено типичного для зональных почв преобладания аминоавтотрофных бактерий в сообществе. В большинстве случаев численность аммонифицирующих бактерий была на том же уровне, а иногда превышала численность

аминоавтотрофных бактерий, что может говорить о значительном поступлении в почву свежего органического вещества при сниженной скорости его минерализации. Численность актиномицетов демонстрировала более выраженные колебания численности в почвах разных площадок по сравнению с другими изученными группами бактерий. Для актиномицетов были выявлены достоверные корреляции с содержанием в почве валовых (-0.56) и подвижных (-0.51) форм свинца. Самым чувствительным микробиологическим показателем оказалась интенсивность нитрификации. При параллельном определении активности процесса окисления аммония и нитрита было установлено, что оба этих процесса чувствительны к загрязнению тяжелыми металлами (ТМ). В большинстве случаев скорость окисления нитрита снижалась сильнее, чем скорость окисления аммония, а в почвах площадок № 8 и 11 этот процесс был полностью подавлен. Корреляционный анализ показал, что активность окисления аммония была связана с валовым содержанием в почве хрома (-0.56), цинка (-0.57) и свинца (-0.63). Полученные результаты демонстрируют, что бактерии с более быстрой скоростью роста (r-стратеги) получают в условиях экстремально загрязненных почв преимущество над медленно растущими группами бактерий (k-стратегиями), что проявляется в их менее выраженной реакции на загрязнение. R-стратегов больше среди аммонифицирующих бактерий, растущих на среде МПА, тогда как актиномицеты и нитрифицирующие бактерии характеризуются медленным ростом и могут быть отнесены к k-стратегам среди микроорганизмов. Преобладание микроорганизмов с r-стратегией отмечается как характерное для нарушенных экосистем. В литературе показано изменение структуры микробного сообщества в сторону преобладания быстрорастущих форм в почвах, загрязненных ртутью и кадмием. Аналогичная реакция микробных сообществ почв оз. Атаманское, загрязненных преимущественно Zn, Pb и Cu, демонстрирует, что такие изменения микробного сообщества являются общими для разных ТМ.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФ № 19-74-10046.

УДК 582.28; 595.796

ДРОЖЖЕВЫЕ АССОЦИАЦИИ С МУРАВЬЯМИ ВИДА *LASIUS FLAVUS*

Доценко К.П.

Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Москва
E-mail: neovison.vison@yandex.ru

Из литературных источников известно, что дрожжи часто тесно ассоциированы с различными беспозвоночными животными, и в работах нашей лаборатории этот факт был неоднократно подтвержден.

Ранее исследования показали, что дрожжи постоянно присутствуют как в материале муравейников *Formica rufa*, так и на поверхности самих насекомых, причем в подавляющем большинстве случаев дрожжи были представлены видами одного рода – *Debaryomyces*. Несколькими годами назад в лаборатории была предпринята еще одна попытка изучить дрожжевое население гнезд муравьев *Formica aquilonia*. Экологически эти муравьи близки *Formica rufa*, и также в гнездах муравьев *Formica aquilonia* были обнаружены дрожжи семейства *Debaryomycetaceae*. Однако видовой состав и экологические функции дрожжей в гнездах муравьев других родов изучен слабо. Например, муравьи рода *Lasius* играют не меньшую, чем формики, роль в формировании структуры мирмекоценозов средней полосы России, но изучены значительно хуже. Неизвестно, могут ли муравьи рода *Lasius* использовать дрожжи в кормовых целях? Существуют ли автохтонные или тесно ассоциированные с муравьями родов *Lasius* и другие виды дрожжей? Таким образом, целью нашей работы является исследование видового состава дрожжей, ассоциированных с экологически различными (контрастными) видами муравьев.

В соответствии с данной целью нами были сформулированы следующие задачи: 1) оценить таксономическое разнообразие дрожжей, ассоциированных с муравьями и их гнездами; 2) проверить степень приуроченности разных видов дрожжей к определенным структурным элементам муравейника.

К настоящему моменту мы проделали эксперимент, объектами которого служили 75 рабочих особей муравьев *L. flavus*, образцы внешней стенки купола муравейников *L. flavus*, почва из купола муравейников *L. flavus*, мелкие корни из муравейников *L. flavus* и в качестве контрольной почвы – образцы органогенного горизонта. Образцы были отобраны в Зеленоградском районе Московской области в окрестностях пос. Крюково, а также в дер. Пустые Меленки Клинского района Московской области. В дальнейшем из образцов производили посевы на агаризованную среду ГПД для дрожжей из разведения 1:10 для образцов почв и материала муравейников, муравьев сеяли из разведения пять муравьев на 500 мкл воды. Посевы инкубировали при температуре 5 °С в течение одной-двух недель, затем все выросшие колонии на основании морфологических признаков были разделены на морфотипы. Дрожжи были обнаружены в образцах всех отобранных субстратов, включая самих муравьев. Количество колоний каждого типа подсчитали, а представителей каждого из них выделяли в чистую культуру. Выделенные культуры на основании морфологических признаков отнесены нами к пяти родам и видам дрожжей (*Schwanniomyces vanrijae*, *Cryptococcus* sp., *Trichosporon* sp., *Sporobolomyces* sp. и *Galactomyces geotrichum*).

УДК 631.46

ИЗМЕНЕНИЯ БИОМАССЫ И ФУНКЦИОНАЛЬНОГО РАЗНООБРАЗИЯ МИКРОБНОГО СООБЩЕСТВА СЕРОЙ ЛЕСНОЙ ПОЧВЫ В АГРОГЕННОМ ЭВОЛЮЦИОННОМ ТРЕНДЕ

Дущанова К.С.¹, Лисецкий Ф.Н.², Украинский П.А.², Хомутова Т.Э.¹

¹Институт физико-химических и биологических проблем почвоведения,
Пушино

E-mail: kamilla.dushchanova@gmail.com, khomutova-t@rambler.ru

²Белгородский государственный национальный

исследовательский университет, Белгород

E-mail: liset@bsu.edu.ru, pa.ukrainski@gmail.com

Исследовано состояние микробных сообществ в верхнем слое (0–10 см) серых лесных почв под многолетней дубравой в заповеднике «Белогорье» Белгородской области (участок «Лес на Ворскле») и антропогенно преобразованной экосистемы (пашня) за его пределами. Почвенные образцы отбирали по катенам, заложенным в одинаковых геоморфологических (склон южной экспозиции, уклон 3–4°) и литологических условиях: катена «Лес» на участке «Лес на Ворскле» и катена «Пашня». Живую микробную биомассу оценивали по содержанию почвенных фосфолипидов с пересчетом в единицы органического углерода. Функциональное разнообразие микробных сообществ оценивали методом мультисубстратного тестирования дыхательной активности. Дыхательными индукторами были соединения трех групп: аминокислот (глицина, аланина, аргинина, гистидина, тирозина и цистеина), натриевых солей карбоновых кислот (аскорбиновой, лимонной, молочной, уксусной, щавелевой и янтарной) и углевода – глюкозы.

В почвенных образцах катены «Лес» на водоразделе и нижней части склона живая биомасса составляла около 2300 мкг С/г, 70% которой была активной и давала дыхательный отклик на внесение глюкозы. В средней части склона живая микробная биомасса была в два раза ниже. В катене «Пашня» наибольшая живая микробная биомасса была выявлена в нижней части склона – около 1200 мкг С/г, а на водоразделе и средней части склона она составляла 55 и 48% от этого уровня. Таким образом, активность микробиологических сообществ снижалась, вероятно, в результате аккумулятивно-эрозионных процессов на склонах.

При мультисубстратном тестировании дыхательной активности наиболее высокие дыхательные отклики микробных сообществ были получены на внесение аскорбиновой кислоты, самыми вариabельными были отклики на внесение янтарной кислоты, глицина, аланина и глюкозы. Дыхательный отклик на аргинин наиболее тесно кор-

релировал с микробной биомассой. Функциональное разнообразие микробных сообществ в катене «Пашня» менялось в гораздо меньшей степени, чем разнообразие в лесной экосистеме.

Работа выполнена в рамках Госзадания № АААА-А18-118013 190175-5 и гранта РФФИ № 17-06-00412.

УДК 631.41

ИЗМЕНЕНИЕ ФРАКЦИОННОГО СОСТАВА ФОСФОРА ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТЫХ ПОЧВ ПОД ВЛИЯНИЕМ АРБУСКУЛЯРНОЙ МИКОРИЗЫ ГРИБА

Егорова З.Н., Рогова О.Б., Иванов А.Л.
Почвенный институт им. В.В. Докучаева, Москва
E-mail: zoyasolel@gmail.com

Повышение эффективности использования фосфорных удобрений важно для обеспечения устойчивого сельскохозяйственного производства. В мировой и отечественной литературе к настоящему времени накопилось много работ по изучению судьбы фосфора минеральных удобрений и его поведения в почве. Долгое время считалось возможным использование неограниченного количества фосфорных удобрений без ущерба окружающей среде, что сопровождалось их чрезмерным внесением во многих странах мира. Это привело к накоплению фосфорных соединений в почве и закреплению их в форме недоступной для растений. В связи с этим в настоящее время наблюдается тенденция смещения исследований в сторону нахождения путей рационального использования фосфорных удобрений и образовавшихся запасов соединений фосфора в почве. Применение микробных ресурсов является важной стратегией увеличения биодоступности питательных веществ, в том числе и фосфора. Все большее распространение получает внесение препаратов арбускулярной микоризы грибов (АМГ). Однако вклад АМГ в увеличение содержания биодоступных форм фосфора при разном наборе почвенных свойств и разных дозах внесенных удобрений может давать положительный или отрицательный эффект, что требует рассмотрения в каждом конкретном случае.

В нашей работе мы рассмотрели влияние АМГ на содержание подвижных фосфатов (по Олсену) и фракционный состав фосфорных соединений по методу Олсена и Соммерса при трех типах технологий обработки. Был поставлен вегетационный опыт под яровой пшеницей с отобранными почвенными образцами пахотного горизонта агрогенно измененной дерново-подзолистой почвы многолетнего полевого опыта ФГБНУ «Всероссийский НИИ мелиорированных земель» со

следующими вариантами опыта: контроль (экстенсивная технология под яровой пшеницей без удобрений), NPK (базовая технология под яровой пшеницей N45P45K45), 2NPK (интенсивная технология под яровой пшеницей N90P90K90) и использование органического удобрения (базовая технология под картофелем 15 т компоста многоцелевого назначения + K90). Каждый вариант опыта проводился с внесением препарата инокулята АМГ *Rhizopagus irregularis*, а также без внесения инокулята. Уровень валового содержания фосфатов до вегетационного опыта в первых трех вариантах был одинаковым, за исключением варианта опыта с использованием органического удобрения, в котором определено в 1.5 раза большее валовое содержание фосфатов.

Во всех вариантах опыта выявлено уменьшение содержания как подвижных фосфатов в почве при использовании АМГ, так и труднодоступных форм соединений фосфора, кроме варианта с использованием органического удобрения. Это может быть связано с увеличением поглощения фосфора растениями при использовании инокулята и требует дополнительных исследований. Во всех образцах преобладает труднодоступный окклюдированный внутри оксидов и гидроксидов железа фосфор. При интенсивной технологии выявлен наибольший вклад инокулята в перераспределение труднодоступных форм фосфора в доступные для роста и развития растений.

УДК 631.46

МИКРОБИОЛОГИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ ЛЕСНЫХ ПОЧВ ЭЛЮВИАЛЬНОГО РЯДА ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЯКУТИИ

Ермолаева С.В., Кузьмина Н.П., Чевычелов А.П.

Институт биологических проблем криолитозоны СО РАН, Якутск
E-mail: sveta_efa@mail.ru

В настоящей работе впервые проведено сравнительное изучение микробных сообществ почв смешанного сосново-березового и смешанного сосново-лиственничного леса на территории Ботанического сада ИБПК СО РАН.

Целью настоящего исследования являлось изучение численности и распределения основных групп микроорганизмов по почвенному профилю сезонно-талого слоя мерзлотных лесных почв элювиального ряда Центральной Якутии и выявление корреляции между различными параметрами, характеризующими состояние микробного комплекса. Приведем краткую морфологическую характеристику исследуемых почв. Разрез 1БС-18 заложен в микропонижении – западине, на контуре смешанного сосново-березового леса разнотравно-кустарничкового. Морфологическое строение профиля: А0А1(0-

4)–A1A2(4-8)–A2(8-24/29)–B1s,ca(24/29-42/48)–B2ca(42/48-66)–BCsa(66-86)–Csa(86-102 см). Почва: солодь мерзлотная. Разрез 2БС-18 заложен на микроповышении в смешанном сосново-лиственничном лесу с разреженным мохово-кустарничковым напочвенным покровом. Строение профиля: A0(0-4)–A0A1(4-12)– A2(12-16/18)–Bfe(16/18-34/37)–Bh,fe(34/37-52)–BCfe(52-75). Почва: подзол иллювиально-гумусово-железистый. Численность микроорганизмов определяли методом посева на селективные питательные среды. При посевах использовали разведения 1:1000, 1:100 000. Количество бактерий, использующих органический азот, учитывали на мясо-пептонном агаре (МПА), использующих минеральный азот бактерии и актиномицеты – на крахмало-аммиачном агаре (КАА), олигонитрофильные бактерии – на среде Эшби. Количество грибов учитывали на подкисленной среде Чапека, а аэробных целлюлозоразлагающих бактерий – на среде Гетчинсона и Клейтона. КОЕ – колониеобразующие единицы. Для выявления свободноживущих аэробных азотфиксирующих бактерий и дрожжей-липомицетов в почве и определения относительного их содержания использовали метод почвенных комочков на безазотистой среде Эшби. По итогам микробиологического анализа исследуемые почвы различались по составу микрофлоры. Численность микроорганизмов, населяющих лесные почвы элювиального ряда Центральной Якутии, колебалась от 10^3 до 10^6 КОЕ/г почвы. Столь незначительное количество микроорганизмов по сравнению с данными предыдущих исследований можно объяснить тем, что лето 2019 г. оказалось крайне засушливым и жарким. В микрофлоре солоди преобладали аммонифицирующие бактерии. Их максимальная численность (4×10^5 КОЕ/г) отмечена в верхнем органогенном слое на глубине 4-12 см. Распределение аммонификаторов по профилю солоди сильно зависело от содержания гумуса в почвенных горизонтах. Наблюдалась прямая зависимость между количеством гумуса и содержанием данных микроорганизмов. Зависимость от влажности наблюдалась только у актиномицетов. В отличие от солоди, в микробоценозе подзола доминировали мицелиальные грибы. Их наибольшее содержание (1×10^6 КОЕ/г) обнаружено в верхнем органогенном горизонте A0A1 на глубине 4-12 см, что связано с кислым значением pH и высокой влажностью исследуемой почвы. Дальше по профилю наблюдалось резкое снижение как количества бактерий, так и влажности. Численность актиномицетов варьировала от 3.2×10^4 до 5.5×10^5 КОЕ/г. Профильное распределение микроорганизмов в подзоле иллювиально-гумусово-железистом показало, что их численность с глубиной уменьшалась и зависела от влажности почвы. Как известно, в мерзлотных почвах решающее влияние на число микроорганизмов могут оказывать одновременно как температура, так и влажность, поскольку в условиях криолитозоны в течение вегетационного пе-

риода они сильно варьируют. Подтверждается гипотеза о том, что в условиях криоаридного климата при повышенной температуре воздуха летом лимитирующим фактором становится влажность. Из двух исследованных нами почвенных разрезов наиболее богатым микроорганизмами оказался подзол иллювиально-гумусово-железистый, где в органическом горизонте А0А1 содержались все исследуемые группы микроорганизмов в максимальном количестве. Далее по профилю численность падала с глубиной, в отличие от солоди, где исследуемые микроорганизмы обнаружены в значительных количествах и более равномерно распределены по почвенному профилю. Корреляционный анализ показал высокую зависимость численности микроорганизмов от гумуса и влажности.

УДК 631.46; 579.64

ЭФИРОМАСЛИЧНЫЕ КУЛЬТУРЫ КАК ФАКТОР ФОРМИРОВАНИЯ ПОЧВЕННОГО МИКРОБИОМА

Жаркова Е.К., Смирнова А.В.

РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева, Москва

E-mail: ekzharkova.tsha@yandex.ru

Микроорганизмы являются неотъемлемыми компонентами биогеоценоза. Они участвуют в биогеохимических циклах элементов, в формировании почвы и ее главного свойства – плодородия, вступают во взаимодействие с растениями. В ризосфере, содержащей значительное количество корневых экзометаболитов, отмечается повышенная активность микроорганизмов. Вторичные метаболиты лекарственных растений семейства Яснотковые обладают высокой биологической активностью и существенно влияют на микробные сообщества почвы.

УДК 631.46.

ИЗМЕНЕНИЕ МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ЧЕРНОЗЕМОВ ПРИ ПЕРЕХОДЕ К НОВЫМ СИСТЕМАМ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ОБРАБОТОК

Железова А.Д., Иванова Е. А.

Почвенный институт им. В.В. Докучаева, Москва

E-mail: alferrum@mail.ru

Биологизация земледелия подразумевает оптимизацию применения удобрений и средств защиты растений, минимизацию обработки почвы и, как следствие, увеличение органического вещества в почве. В связи с этим необходима оценка изменений структуры

гумусовых горизонтов черноземов при переходе от используемых систем обработки почвы к минимальным. С помощью методов молекулярной биологии были исследованы образцы черноземов под следующими видами земледельческого использования: прямой посев, традиционная обработка, зерновой четырехпольный севооборот, ежегодно косимая степь, лесополоса, залежь, монокультуры картофеля и кукурузы. Было проведено выделение ДНК из почвенных агрегатов следующих размерных групп: >10 мм, 3-10, 1-2, 0.25-1 и <0.25 мм. В этих агрегатных фракциях были проведены оценки количества выделенной ДНК, обилия копий гена 16S рНК бактерий и функциональных генов, связанных с процессами трансформации азота в почвах – азотфиксации, нитрификации и денитрификации. Анализы проводили с помощью количественной ПЦР (qPCR) с использованием специфических праймеров на гены 16S рНК, *nifH*, *amoA*, *nirK* и *nirS*. Оценку значимости различий проводили в программе Statistica 12 с использованием однофакторного дисперсионного анализа (one-way ANOVA). На основании проведенных анализов были получены данные о потенциальной способности микробных сообществ агрегатов черноземов к осуществлению процессов азотного цикла.

Отмечено, что обилие генов нитрификации (*amoA*) и денитрификации (*nirK*, *nirS*) было максимальным в вариантах с использованием прямого посева и традиционной обработки, а также под лесополосой. Обилие этих генов коррелировало с концентрацией тотальной почвенной ДНК и обилием генов 16S рНК бактерий. Максимальное количество копий гена азотфиксации (*nifH*) было отмечено в варианте с применением прямого посева. Данный показатель существенно не отличался в остальных исследуемых вариантах лишь с заметной тенденцией некоторого увеличения обилия *nifH* в варианте с применением традиционной технологии. Было отмечено небольшое увеличение потенциальной нитрификации (на основании численности генов *amoA*) в варианте с бесменным выращиванием картофеля. В варианте бесменного черного пара количество как тотальной ДНК, так и биомассы бактерий и обилие функциональных генов было существенно ниже, нежели во всех остальных исследуемых вариантах, что косвенно может свидетельствовать о снижении общей биогенности данного варианта.

Таким образом, наибольшей биогенностью, согласно данным анализа, отличались фракции 3-10 и >10 мм, относимые к категории агрономически ценных. При этом за исключением гена азотфиксации (*nifH*), количество которого значимо увеличивалось в варианте применения технологии прямого посева, все исследуемые молекулярно-биологические показатели в вариантах с использованием разных систем обработки (прямой посев и вспашка с оборотом пласта) значимо не отличались между собой и были, как правило, сопоставимы с контрольным вариантом почвы под лесополосой.

УДК 631.466.1

ОСОБЕННОСТИ МИКОБИОТЫ ГОРОДСКИХ КОНСТРУКТОЗЕМОВ

**Иванова А.Е.^{1,2}, Николаева В.В.³, Сидорова Т.А.¹, Глебова А.А.¹,
Ремезова Е.П.¹, Глушакова А.М.¹, Горленко М.В.¹, Бочков Д.А.¹,
Умарова А.Б.¹**

¹ Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Москва
E-mail: ivanovaane@gmail.com

² Институт проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова РАН, Москва

³ Государственный НИИ генетики и селекции промышленных микроорганизмов
Национального исследовательского центра «Курчатовский институт», Москва

В настоящее время в городских агломерациях значительно возрастают площади территорий с искусственно конструируемыми почвогрунтами разного целевого назначения. Очевидно, что при обустройстве и рекультивации городских территорий существенно изменяется видовой состав и структура сообществ почвенных грибов. На сегодня уже накоплен определенный массив данных об особенностях микобиоты – важного экосистемного компонента, основных деструкторов органических соединений в природе – в типичных городских почвах урбаноземах. Однако практически отсутствуют представления о составе и дальнейшей судьбе грибов, поступающих в городскую среду при создании почвенных конструкций. Между тем, понимание возможных сценариев трансформации интродуцируемых грибных сообществ важно для прогнозирования функционирования и устойчивости создаваемых конструктоземов и для оценки возможной аккумуляции потенциально патогенных для городского населения и для растений видов грибов.

Целью работы явилась характеристика видового состава и функциональных особенностей микобиоты, формирующейся при создании и в течение первых лет эксплуатации городских конструктоземов. Мониторинг микологических свойств конструктоземов осуществляли в разных природных зональных условиях на территории городов Сыктывкар, Москва, Краснодар, Симферополь, Майкоп, Сочи. Анализировали почвенные конструкции существующих городских газонов и клумб на придорожных, придомовых и парковых территориях, а также в условиях натуральных модельных экспериментов. Для выявления особенностей микобиоты конструктоземов в этих городах проводили сравнение с составом грибных сообществ урбаноземов и ненарушенных зональных почв. Выделение мицелиальных и дрожжевых грибов осуществляли классическими методами посева на селективные питательные среды. Функциональную активность почвенной микобиоты оценивали методом мультисубстратного тести-

рования в модификации для грибных сообществ. Уровни содержания и структуру грибной биомассы анализировали методом прямой люминесцентной микроскопии.

В результате описаны существенные отличия конструкторземов от урбаноземов по видовому составу и доминантам грибных сообществ, разнообразию и уровням присутствия разных эколого-трофических группировок, биоморфологической структуре грибной биомассы, спектрам потребляемых почвенным грибным пулом субстратов. Оказалось, что в конструкторземках содержится больше грибного мицелия и спор крупных и средних размеров. При создании конструкторземов в составе обнаруживаются в значительных количествах целлюлозолитические грибы, но также высок уровень грибов, известных как фитопатогенные. Для свежесозданных и молодых конструкций выявлено присутствие потенциально патогенных и клинически значимых видов мицелиальных и дрожжевых грибов в количествах, сопоставимых или иногда даже превышающих уровни, отмеченные для урбаноземов. Показано, что в ходе дальнейшей эксплуатации в первый же год происходят кардинальные сукцессионные изменения состава видов, представленности разных эколого-трофических группировок и функциональной активности грибных сообществ. Так, регистрируется сокращение разнообразия целлюлозолитических грибов и в ряде случаев – снижение обилия потенциально патогенных грибов. Микобиота конструкторземов более года эксплуатации приобретает ряд черт, сходных с урбаноземами. Исключением являются конструкторземы клумб – за счет регулярно поступающего почвенного субстрата на корнях высаживаемых декоративных растений состав грибных сообществ поддерживается на одной (начальной) стадии сукцессии.

Таким образом, с одной стороны, на начальных этапах функционирования искусственных почвенных конструкций происходит восполнение содержания функционально значимой группы целлюлозолитических грибов в городской среде. С другой стороны, в создаваемых почвогрунтах регистрируется значительное накопление оппортунистических и фитопатогенных грибов, что влечет повышение уровня синантропизации урбоэкосистем и медицинских рисков для населения.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 19-20-05252 мк.

УДК 631.46

МИКРОБИОМЫ ПОЧВ ПОСТТЕХНОГЕННЫХ ЛАНДШАФТОВ СЕВЕРНЫХ ШИРОТ

**Иванова Е.А.¹, Зверев Е.О.², Кимеклис А.К.², Гладков Г.О.², Карпова Д.В.³,
Андронов Е.Е.², Абакумов Е.В.⁴**

¹ Почвенный институт им. В.В. Докучаева, Москва
E-mail: ektrivanova@gmail.com

² Всероссийский НИИ сельскохозяйственной микробиологии, Пушкин
E-mail: arriam2008@yandex.ru

³ Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург
E-mail: e.abakumov@spbu.ru

⁴ Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Москва
E-mail: karpovad@mail.ru

Изучение педогенеза является актуальным как с точки зрения эволюционного анализа почв, так и в вопросах оптимизации методов и подходов к рекультивации почвенных ресурсов. Одним из мощнейших средообразующих факторов в почвенных экосистемах является микробиом: микроорганизмам принадлежит ведущая роль в обеспечении циклов основных биогенных элементов, процессах деструкции/формирования органического вещества почвы. Новые возможности для исследования процесса почвообразования открывает использование метагеномных подходов, позволяющих анализировать разнообразие в том числе и некультивируемых форм микроорганизмов, которые, согласно последним научным данным, доминируют в составе природных сообществ микроорганизмов.

В ходе работы исследованы разновозрастные почвы хроносерий в сценариях самозарастания и рекультивации в ряду субстратно-фитоценологических комбинаций почвообразования в условиях полярного и бореального климатических поясов. Получены оригинальные данные о параметрах альфа- и бетаразнообразия микробиомов почв, проведен анализ связи этих параметров с данными об организации почвенного профиля и об агрохимическом составе почв на различных временных стадиях их развития, в том числе на этапах инициального почвообразования, параметризация которого, в свою очередь, является ключом к пониманию причинно-следственных связей в формировании устойчивого почвенного покрова на заброшенных сильнонарушенных землях.

В качестве объектов были изучены образцы разновозрастных почв, сформированных на поверхности отвалных комплексов Ямало-Ненецкого автономного округа, республик Башкортостан, Якутия и карьеров Ленинградской области, а также почв длительной хроносерии на береговых трансгрессионных валах Нижнесвицкого заповедника.

Выделение ДНК из почв проводили с использованием набора реактивов «PowerSoil DNA Isolation kit» (MoBio, США). Секвенирование и первичную обработку данных осуществляли на приборе ILLUMINA MiSeq. Образцы почв анализировались классическими почвенно-физическими и почвенно-химическими методами.

В составе микробиомов лесотундры в почвах, формирующихся на скальных субстратах, отмечалось сравнительное увеличение цианобактерий р. *Nostoc*, являющихся первопоселенцами на выветриваемых породах. В микробных сообществах почв с развитым органофилом отмечено уменьшение разнообразия актинобактерий и увеличение доли бактерий порядков *Rhizobiales* (*Ensifer*, *Rhizobium*), *Pseudomonadales* (*Acinetobacter*) и *Burkholderiales* (сем. *Burkholderiaceae*). Присутствие бактерий, способных к автотрофной и симбиотической азотфиксации, может косвенно указывать на инициацию аккумуляции соединений связанного азота на поверхности отвалных пород.

При сравнительном анализе почв подзоны южной тайги было установлено постепенное увеличение численности бактерий, грибов (преимущественно в верхних частях профиля) и архей (в минеральных горизонтах) в ходе развития почвообразовательного процесса. Показана эволюция микробиома, сопряженная с дифференциацией генетических горизонтов и профилей почв: на начальной стадии сукцессии микробиомы «зарождающихся» почвенных горизонтов имели сходную структуру, по мере развития почвы наблюдалось все более явная дифференциация микробиомов, соответствующих определенным генетическим горизонтам. Сообщества ранних стадий имели более богатый таксономический состав по сравнению с сообществами более поздних стадий. В состав первых входили филы, состоящие в основном из слабохарактеризованных и главным образом некультивируемых бактерий: *Patescibacteria*, *Latescibacteria*, *Entotheonellaota*; также отмечалось сравнительное увеличение обилия архей (*Thaumarchaeota*, до 11%). Для сообществ поздних стадий характерно увеличение доли типичных почвенных фил – *Verrucomicrobia*, *Firmicutes*, *Actinobacteria*.

В ходе эволюции генетических горизонтов отмечалась смена таксономического состава, в частности, группы ацидобактерий (с существенным увеличением их доли в почвах климакса). Наряду с общим повышением уровня разнообразия увеличивалась доля почвенных бактерий, ассоциированных с корнями растений (р. *Bradyrhizobium* и *Burkholderia*), а также доли микроорганизмов гидролитического комплекса.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (№ 19-05-50107).

УДК 631.467.2:581.527.7(470.2)

**СООБЩЕСТВА ПОЧВЕННЫХ НЕМАТОД
ПОДКРОНОВОГО ПРОСТРАНСТВА ДЕРЕВЬЕВ,
ИНТРОДУЦИРОВАННЫХ В УСЛОВИЯХ БОТАНИЧЕСКИХ САДОВ
СЕВЕРО-ЗАПАДА РОССИИ**

Калинкина Д.С., Сущук А.А., Матвеева Е.М.

Институт биологии Карельского НЦ РАН, Петрозаводск

E-mail: kalinkinads@gmail.com

Нематоды – одна из наиболее многочисленных и разнообразных групп организмов, обитающих в почве. Они тесно связаны с составом и структурой растительных сообществ, а также с сопутствующими микроклиматическими характеристиками среды обитания, в формировании которых значительную роль играют деревья. Деревья воздействуют на все элементы прилегающего пространства (освещенность, количество осадков, почвенные параметры, растительность и др.), таким образом косвенно определяя особенности развития и размножения нематод, состав и структуру их фауны. Занос чужеродных видов в местные сообщества, в частности дендроинтродукция, трансформируя среду обитания, влияет на различные компоненты биоты, в том числе на почвенную фауну и функционирование почвенных экосистем в целом.

Малая изученность данного вопроса определила цель работы: изучить сообщества нематод в почве подкороновых пространств деревьев, интродуцированных в ботанические сады на территории северо-запада России. Отбор почвенных образцов производился под кронами древесных растений (15 видов) в следующих центрах интродукции: природный парк «Валаамский архипелаг» (61°22' с.ш., 30°56' в.д.); ботанический сад ПетрГУ (61°50' с.ш., 34°23' в.д.); ботанический сад на о-ве Большой Соловецкий (65°05' с.ш., 35°65' в.д.); Полярно-альпийский ботанический сад-институт (ПАБСИ) (67°38' с.ш., 33°40' в.д.). Сравнение основных параметров сообществ почвенных нематод позволило выявить сходные и отличительные черты между исследованными центрами интродукции. Так, общая численность нематод в среднем снижалась при продвижении к более высоким широтам (от 3052 до 864 экз./100 г почвы), та же закономерность было отмечена для разнообразия фауны. В целом ряд доминирования эколого-трофических групп характеризовался сходной последовательностью: преобладающей группой в большинстве исследованных точек являлись бактериотрофы, субдоминантами выступали паразиты растений или микотрофы. Однако на о-ве Валаам доля паразитов растений в структуре сообществ была наибольшей среди исследованных точек,

в ботаническом саду на о-ве Большой Соловецкий возрастала доля микотрофов, а для ПАБСИ показан значительный отрыв бактериотрофов. Все исследованные биоценозы характеризовались более высокой численностью, относительным обилием и разнообразием группы паразитов растений по сравнению с естественными лесными биоценозами региона. К числу часто встречающихся фитопаразитов были отнесены одни и те же таксоны: роды *Helicotylenchus*, *Paratylenchus*, *Pratylenchus*, *Tylenchorhynchus*. Кроме того, во всех центрах интродукции обнаружены редкие для северо-запада России виды фитопаразитов (*Nagelus leptus* Allen, 1955; *Cephalenchus leptus* Siddiqi, 1963; *Paratrichodorus pachydermus* Seinhorst, 1954 и др.) и один новый вид энтомопатогенных нематод *Steinernema affine* Bovien, 1937. Проведенный регрессионный анализ влияния абиотических факторов выявил статистически достоверное положительное влияние концентрации органического углерода в почве на относительное обилие паразитов растений, азота – на нематод, ассоциированных с растениями, и разнообразия растений в напочвенном покрове на таксономическое разнообразие нематод. По-видимому, полученные зависимости могут быть связаны с бедностью почв региона и опосредованным характером влияния почвенной органики на фитопаразитических нематод через благоприятствование растениям-хозяевам. Уровень рН почвенного раствора не оказал влияния на параметры сообществ нематод.

Таким образом, в результате проведенного исследования получены новые данные о разнообразии фауны нематод и структуре их сообществ при интродукции древесных пород на территории северо-запада России. Показано, что микроклиматические условия в подкroновом пространстве деревьев-интродуцентов в ботанических садах и парках вне зависимости от их местоположения способствуют более широкой представленности фитопаразитов.

Исследование выполнено в рамках ГЗ КарНЦ РАН № 0218-2019-0075 и частично поддержано РФФИ (проект № 18-34-00849).

УДК 63146

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СУКЦЕССИОННОГО ПОДХОДА ПРИ ИЗУЧЕНИИ ПРОКАРИОТНОГО РАЗНООБРАЗИЯ ПОЧВ ЗАПОВЕДНИКОВ ВЬЕТНАМА

Князева А.В.

Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Москва
E-mail: aknyazeva1999@gmail.com

Тропические и субтропические регионы характеризуются высоким разнообразием прокариотных и эукариотных сообществ в связи с высокой вариативностью условий среды. Однако, численность и

разнообразии прокариотных сообществ на территории заповедников Вьетнама изучено явно недостаточно. Нами были исследованы прокариотные сообщества красной ферраллитной и аллювиальной бурой почв и сопряженных субстратов на территории заповедников Сонгтхань и Пу Хоат (горизонты А и АВ, растительный опад и «подвешенная» почва из корзинок эпифитов) с использованием сукцессионного подхода. Сукцессию инициировали увлажнением, постановку модельного опыта проводили при температуре 27 °С.

Ранее методом высокопроизводительного пиросеквенирования варибельного гена 16S рРНК нами было показано, что большая часть прокариотного разнообразия аллювиальной бурой почвы представлена бактериями филумов *Proteobacteria*, *Acidobacteria*, *Actinobacteria* и *Chloroflexi*, а также другими филумами бактерий, значительная часть которых не обнаруживалась классическим методом микробиологии (метод посева). Для характеристики таксономического разнообразия сапротрофного бактериального комплекса (СБК) был использован сукцессионный подход, позволяющий получить больше информации, чем единовременные посевы.

По ходу сукцессии численность и таксономическая структура СБК значительно изменялись, однако удалось выявить некоторые общие закономерности. На протяжении всего опыта доля бактерий филума *Actinobacteria* составляла треть от общей численности СБК, численность бактерий филума *Proteobacteria* значительно варьировала. Максимум численности и разнообразия зафиксирован на второй неделе опыта во всех образцах, что связано с изменением условий среды в сторону приближения к оптимальным для данных почв во влажный период года. На третьей неделе опыта численность протеобактерий значительно сократилась. Максимальное разнообразие и численность СБК в течение опыта наблюдалось в образцах «подвешенной» аллювиальной бурой почвы, ниже были показатели в образцах растительного опада и горизонта А аллювиальной бурой почвы и красной ферраллитной, минимальное – в образцах горизонта АВ этих почв. Применение сукцессионного подхода к анализу СБК позволило значительно увеличить число и перечень родов протеобактерий и приблизить его к числу родов культивируемых бактерий, выявленных на основании метагеномного анализа (метабаркодинг гена 16S рРНК).

Таким образом, применение сукцессионного подхода позволило более детально охарактеризовать прокариотное разнообразие почв Вьетнама и выявить корреляцию между результатами, полученными классическими и молекулярными микробиологическими методами.

**МИКРОМИЦЕТНЫЙ КОМПЛЕКС ПОЧВ
БУГРИСТЫХ ТОРФЯНИКОВ
АРКТИЧЕСКОГО И СУБАРКТИЧЕСКОГО СЕКТОРОВ
ЕВРОПЕЙСКОГО СЕВЕРО-ВОСТОКА**

Ковалева В.А., Виноградова Ю.А., Лаптева Е.М., Перминова Е.М.
Институт биологии ФИЦ Коми НЦ УрО РАН, Сыктывкар
E-mail: kovaleva@ib.komisc.ru

Экосистемы бугристых болот – неотъемлемый компонент природных ландшафтов криолитозоны. Они широко распространены в зоне тундры и лесотундры, где на их долю приходится более 10% площади. Торфяные почвы представляют собой специфический биотоп для развития микроорганизмов благодаря целому ряду факторов, таких как труднодоступность минеральных и органических веществ, низкие значения pH, полуанаэробные условия, наличие ингибирующих фенольных соединений. Сложный и многофакторный процесс торфообразования невозможен без участия микроорганизмов-деструкторов, главными из которых в условиях торфяных залежей являются почвенные микромицеты.

В рамках исследования проведен микологический анализ образцов торфа из торфяников лесотундры – плоскобугристого торфяника, расположенного в окрестностях г. Нарьян-Мар (НАО, участок «Нарьян-мар»); бугристого торфяника, представленного в бассейне р. Сейда (Республика Коми, участок «Сейда»); и двух болотных массивов, исследованных в межгорной долине р. Балбанью на Приполярном Урале. Идентификация выделенных изолятов микромицетов позволила составить таксономический список микроскопических грибов, составляющих основу микоценозов бугристых торфяников лесотундры европейского северо-востока России и Приполярного Урала. На данный момент общий список микроскопических грибов состоит из 76 видов, не включая две формы стерильного мицелия. Из них к группе *Ascomycota* относится 59 видов, представленных 18 родами, и 17 видов – к группе *Zygomycota* из родов *Absidia*, *Actinomucor*, *Mortierella*, *Mucor* и *Umbelopsis*. Наибольшей видовой насыщенностью характеризуется род *Penicillium*, количество видов которого насчитывает около 39% от общей численности видов микромицетов. Вторыми по значимости идут роды *Trichoderma* (8 видов), *Mortierella* (7), *Oidiodendron* (5), *Mucor* (4), *Umbelopsis* (3), *Aspergillus* (3). Роды *Chrysosporium*, *Cladosporium*, *Actinomucor*, *Alternaria*, *Aureobasidium*, *Cephalosporium*, *Geomyces*, *Geotrichum*, *Paecilomyces*, *Stemphylium*, *Monila*, *Absidia* представлены в бугристых торфяниках одним-двумя видами, что составляет около 19% от общего количества видов.

Наиболее высоким видовым разнообразием почвенных микромицетов характеризуются болота Приполярного Урала, где микоценозы представлены 39 (Болото I) и 43 (Болото II) видами. Несколько меньше видов в торфяной залежи бугристого болота в окрестностях г. Нарьян-Мар (38 видов). Минимальное количество видов (13) выделено из торфов бугристого болота в бассейне р. Сейда. Заметный вклад в формирование микромицетного комплекса в почвах всех биотопов вносят такие роды, как *Penicillium*, *Trichoderma*, *Mucor*, *Geomyces*, *Oidiodendron*. По обилию видов комплексы микроскопических грибов исследуемых торфяников существенно отличаются друг от друга. Одним из доминирующих по обилию видов и в равнинных, и в горных торфяниках является *Geomyces pannorum*. В мерзлотном торфянике в бассейне р. Сейда его содоминантом выступает *Chrysosporium merdarium*, в торфяной залежи бугристого болота в окрестностях г. Нарьян-Мар – *Penicillium lanosum*, *P. simplicissimum* и стерильный светлоокрашенный мицелий. В торфяниках Приполярного Урала микоценозы более выравнены по обилию, но и здесь можно выделить доминирующие виды. В торфяной почве Болота I наиболее представлены по обилию виды *Penicillium funiculosum*, *P. spinulosum*, *P. thomii*, в Болоте II – *P. granulatum*, *P. spinulosum*, *P. funiculosum* и *Trichoderma album*.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ, грант № 20-34-70005.

УДК 579.222.4 : 550.72 : 631.823

**ДЕГРАДАЦИЯ ВЕЩЕСТВА
ПРИРОДНЫХ ВЫСОКОКРЕМНИСТЫХ МАТЕРИАЛОВ
(ДИАТОМИТА, ЦЕОЛИТА И БЕНТОНИТОВОЙ ГЛИНЫ)
НЕКОТОРЫМИ САПРОТРОФНЫМИ БАКТЕРИЯМИ,
ВЫДЕЛЕННЫМИ ИЗ ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ ПОЧВЫ**

Козлов А.В., Уромова И.П.

Нижегородский государственный педагогический университет им. К. Минина,
Нижний Новгород
E-mail: a_v_kozlov@mail.ru

К настоящему времени в науке накоплено достаточно много сведений о способности и особенностях различных бактерий в деструкции минералов. Причиной тому в основном является химическая активность большого количества разнообразных продуктов метаболизма, образующихся в процессе жизнедеятельности микроорганизмов. При их накоплении в микроконкрециях породы или почвенных агрегатах происходят процессы выщелачивания вещества в растворимое состоя-

ние. В качестве таких метаболитов обычно выступают экзополисахариды, ферменты гидролазного и оксидоредуктазного типов, а также органические кислоты (галловая, щавелевая, лимонная, салициловая, пирокатехиновая, изомеры бензойной кислоты и многие другие).

В биологических исследованиях почв широко известен факт прямой участия всех микробиотических представителей как в первичной деструкции почвообразующих пород, так и в формировании профиля почвенного тела. При этом есть данные об участии низкомолекулярных органических кислот – метаболитов сапротрофных и литотрофных бактерий – в разрушении силикатных и алюмосиликатных пород, в результате чего почвенный раствор обогащается ионами и лигандами элементов, принимающих участие как в элементарных почвенных процессах, так и в формировании свойств естественного плодородия гумусо-аккумулятивного горизонта.

Однако в практике почвоведения к сожалению пока недостаточно сведений о прямом участии некоторых почвообитающих микроорганизмов в деградации веществ, используемых в качестве удобрений и почвенных кондиционеров. В том числе данный пробел имеется и в отношении эффектов от прямого (без участия собственно почвенного вещества) биохимического воздействия сапротрофных бактерий, выделенных из конкретных природных биогеоценозов, на вещество высококремнистых пород – диатомита, цеолита и бентонитовой глины.

Исследования проводились на базе научно-образовательного центра «Биотехнология» Нижегородского университета. Для постановки опыта выделялся ряд накопительных бактериальных культур аммонифицирующей (на пептонной воде) и целлюлозолитической (на жидком варианте среды Гетчинсона-Клейтона) функций из дерново-подзолистой легкосуглинистой почвы естественного биогеоценоза, которыми впоследствии заселяли стерильные высококремнистые породы – диатомит, цеолит и бентонитовую глину. Инкубацию проводили 30 дней ($t +26^{\circ}\text{C}$), в течение которых проводили замеры содержания кремния и накопление в культуральной жидкости протеаз и целлюлаз.

Установлено, что у обеих групп бактерий повышалась активность выделения ферментов в питательный субстрат при наличии в нем вещества рассматриваемых материалов. В частности, по протеазной активности в опыте с диатомитом пик активности приходился на 12-й день и составлял 26.90 ± 0.03 мг глицина/мл суспензии, в опыте с цеолитом – на 10-й день (14.86 ± 0.04 мг глицина/мл), в опыте с бентонитом – на 20-й день (41.00 ± 0.06 мг глицина/мл). В отношении активности продуцирования целлюлаз наблюдалась схожая закономерность – при деградации бентонитовой глины активность составляла 56.20 ± 0.06 мкг глюкозы/мл, диатомита – 39.90 ± 0.05 , цеолита – 30.43 ± 0.02 .

Активность высвобождения в растворимое состояние соединений кремния была выше у культуры аммонифицирующих бактерий, чем у культуры целлюлозолитиков, которая составляла до 207.5 мг/мл в опыте с диатомовой породой, до 226.3 – в опыте с цеолитом и до 288.6 мг/мл – в опыте с бентонитом.

Таким образом, было установлено активное продуцирование ферментов культуральной жидкостью изученных бактерий, что способствует высвобождению в нее растворимых соединений многих веществ, участвующих в почвообразовательных процессах и в формировании почвенного плодородия.

УДК:631.46:576.809.51

ФОТОТРОФНЫЕ СООБЩЕСТВА «ЦВЕТУЩЕЙ» ПОЧВЫ

Кондакова Л.В.^{1,2}, Домрачева Л.И.^{1,3}

¹ Институт биологии ФИЦ Коми НЦ УрО РАН, Сыктывкар

² Вятский государственный университет, Киров

E-mail: ecolab2@gmail.com

³ Вятская государственная сельскохозяйственная академия, Киров

E-mail: nm-flora@rambler.ru

Почвенный фототрофный микробный комплекс представлен водорослями и цианобактериями (ЦБ), имеющими стадии существования как в глубине почвы, так и на ее поверхности. Феномен массового размножения на поверхности почвы водорослей и ЦБ получил название «цветение» почвы. Это явление обсуждалась в литературе, однако микробоценозы «цветения» почв остаются вне рамок систематического изучения. Наземные цианобактериальные комплексы представляют собой многовидовые природные микробоценозы, образованные ЦБ, водорослями, микромицетами и разнообразными эколого-физиологическими группами сапротрофных бактерий, которые взаимодействуют между собой, осуществляя разнообразные физиологические процессы. Структурированность подобных комплексов и их механическая прочность определяются наличием слизиобразующих, мицелиальных и нитчатых форм. Как по флористическому обилию, так и по численности популяций фототрофные микросообщества (ФМС) достигают пика своего развития в конце лета–начале осени. Методом прямого количественного учета установлено, что плотность фототрофных популяций альго-цианобактериальных ценозов достигает от нескольких сотен тыс. клеток/см² биопленки до десятков млн. клеток.

Места массового размножения фототрофов становятся центрами повышенной биологической активности, так как в виде экзометаболитов в окружающую среду выделяется от 1 до 89% продуктов фотосинтеза, поэтому вокруг клеток и их комплексов создается особая

зона повышенной концентрации органических веществ. Возникает сеть трофических и аллелопатических взаимоотношений с сапротрофами и биотрофами. В отдельных случаях может быть образована морфологически единая система ФМС, способная выполнять функции многоклеточных организмов, в которой ассоциированы ЦБ, водоросли и различные группы гетеротрофных бактерий. Уникальным примером являются природные биофленки с доминированием *Nostoc commune*. Структуру биофленки слагают водоросли и ЦБ с общей численностью до 3 млрд. кл./г и численностью сапротрофных микроорганизмов свыше 5 млн. КОЕ/г. Характер отношений между разными группами фототрофов меняется в связи с изменением их плотности, возраста, физиологического состояния и экологической обстановки. Анализ литературы и наши наблюдения показали, что «цветение» почвы имеет ряд характерных свойств независимо от места возникновения, сезона, типа почвы, доминирующих группировок.

1. Массовое размножение на поверхности характерно для немногих видов: их структуру формируют всего от пяти до 27 популяций фототрофных микроорганизмов.

2. Количество видов, формирующих наземные альгоценозы, намного меньше видового пула в почве. Пресс экологических и антропогенных факторов позволяет вегетировать и размножаться на поверхности 10-50% видов от выявляемых на глубине. На уровне ФМС проявляется общая экологическая закономерность: флористическая емкость экотопов всегда выше флористической емкости фитоценозов, формирующихся в этих экотопах.

3. Роль отдельных видов, формирующих «цветение», различна. Выделяются популяции фототрофов, способные в геометрической прогрессии увеличивать свою численность, что приводит к доминирующей роли данной популяции в сообществе. Среди доминантов наиболее часто встречаются нитчатые формы – ЦБ и зеленые водоросли: роды *Cylindrospermum*, *Nostoc*, *Anabaena*, *Oscillatoria*, *Klebsormidium* и др. Видовое разнообразие естественных сообществ – важнейший параметр для контроля состояния почвы.

Химическое загрязнение территорий нарушает ход природных сезонных сукцессий. В наиболее загрязненных почвах в ФМС происходит перераспределение таксонов в пользу ЦБ. Установлено, что в зависимости от интенсивности загрязнения и природы поллютантов доля цианобактериального компонента может достигать до 98%, в контрольных вариантах этот показатель не превышал 30-40%.

«Цветение» почвы используется для биоиндикации состояния почвы, степени ее обеспеченности биогенными элементами и наличия поллютантов.

УДК. 631.46

МИРОБНАЯ АЗОТФИКСАЦИЯ, АССОЦИИРОВАННАЯ С ПОЧВЕННЫМИ ЖИВОТНЫМИ

**Костина Н.В.^{1,2}, Голиченков М.В.¹, Котова А.А.¹, Вечерский М.В.²,
Кузнецова Т.А.²**

¹ Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Москва
E-mail: nvkostina@mail.ru

² Институт проблем экологии и эволюции РАН им. А.Н. Северцова, Москва
E-mail: vecherskomu@mail.ru

Одним из недостаточно исследованных аспектов трофических взаимодействий почвообитающих беспозвоночных является оценка источников азота и роли микроорганизмов в их питании, особенно у групп, специализированных к потреблению растительной пищи. Зоо-микробные отношения у педобионтов отличаются широким спектром взаимодействий – от трофических до облигатно мутуалистических. В кишечнике некоторых насекомых была выявлена микробная азотфиксация. Наибольшее число исследований в этом направлении проведено на термитах, а также на насекомых, питающихся древесиной (тараканы, жуки-короеды, усачи, жуки-олени). Ранее азотфиксация была описана и в кишечнике некоторых почвенных беспозвоночных, в основном дождевых червей. В последние годы способность кишечных бактерий-дiazотрофов к азотфиксации была показана на примере растительноядных млекопитающих, потребляющих низкобелковые корма. По нашим предварительным оценкам, вклад микробной азотфиксации в азотный баланс животных может быть физиологически значимым. Поэтому особую актуальность приобретает изучение представителей разных эколого-трофических групп почвенных беспозвоночных с целью обнаружения у них diaзотрофов и определения вклада «биологического азота» в их азотный баланс, а также в азотный баланс почв в местах их обитания.

Целью работы было изучение микробной азотфиксации и структурно-функциональных особенностей интестинальных микробных сообществ почвенных беспозвоночных разных эколого-трофических групп.

В результате проведенного исследования были выявлены новые локусы микробной азотфиксации, ассоциированной с широким спектром почвенных беспозвоночных: дождевых червей, муравьев, термитов, а также личинок насекомых (жуков-щелкунов и типулид).

Газохроматографическим и изотопным методами в кишечнике дождевых червей и личинок насекомых разных эколого-трофических групп и связанных с ними субстратах выявлена активная азотфикса-

ция. Показано, что таксономическая и функциональная структура микробного комплекса пищеварительного тракта дождевых червей и личинок насекомых разных эколого-трофических групп значительно различается. Максимальные значения азотфиксации обнаружены у личинок *Tipula maxima*. В бродильной камере кишечника у личинок данного вида обнаружена очень высокая численность метаболически активных азотфиксирующих микроорганизмов. Показано, что в почвах, населенных личинками типулид этого вида, значительно увеличивается содержание углерода и азота, а также скорость их микробной трансформации, прежде всего азотфиксации и метаногенеза. Впервые проведено метагеномное исследование филогенетической структуры микробиома кишечника личинок *Tipula maxima*. Было показано существенное изменение структуры микробиома кишечника при смене питания личинок. Впервые проведен метагеномный анализ разнообразия NifH генов суммарной бактериальной ДНК почвы, кишечника личинок *T. maxima* и их копролитов. Обнаружено очень высокое разнообразие азотфиксаторов в бродильной камере (31 ОТЕ) и в заднем отделе кишечника личинок *T. maxima* (24 ОТЕ) по сравнению с фоновой почвой (15 ОТЕ).

У 11 изученных видов термитов обнаружены высокие показатели микробной азотфиксации. Максимальными значениями нитрогеназной активности в пищеварительном тракте характеризовались низшие термиты-ксилофаги, минимальными – мицетофаги.

Значимой азотфиксации, ассоциированной с пищеварительным трактом муравьев (6 видов), обнаружить не удалось. В то же время обнаружена активность азотфиксации в материале, отобранном из гнезд изученных видов муравьев, которая достоверно различалась по локализации в пределах муравейников и по сезонной динамике. Отмечено накопление биофильных элементов в подземных частях муравьиных гнезд (в 1.5 раза больше по сравнению с почвой), что оказывает значительное влияние на активность основных микробиологических процессов трансформации азота и углерода в почве.

Таким образом, показано, что микробная азотфиксация, ассоциированная с почвенными беспозвоночными, ранее считавшаяся уникальным феноменом, имеет гораздо более широкое распространение.

УДК 631.46

СТРУКТУРА И БИОРАЗНООБРАЗИЕ МИКРОБИОМА КОМПОСТИРУЕМОЙ СОЛОМЫ

Круглов Ю.В., Лисина Т.О., Орлова О.В., Кичко А.А., Андронов Е.Е.
Всероссийский НИИ сельскохозяйственной микробиологии, Санкт-Петербург
E-mail: yuvkruglov@yandex.ru

Растительные остатки являются основным источником возобновления органического вещества почвы и жизнедеятельности микроорганизмов. Важную роль среди них играет солома зерновых культур, посевная площадь которых в мире занимает сотни миллионов гектар. Солома зерновых в современных технологиях используется в качестве мульчи, которая покрывает почву высотой в несколько сантиметров. Это обуславливает интерес к вопросу оптимального использования ее для восстановления и поддержания плодородия почвы.

Цель настоящих исследований – оценить интенсивность разложения соломы на поверхности почвы и выявить структуру и разнообразие бактериального комплекса, участвующего в этом процессе. Для этого был поставлен модельный опыт. В сосуды емкостью 2 л вносили чернозем типичный (рН 6.3, $C_{\text{общ.}}$ 4.5%, $N_{\text{общ.}}$ 0.39%), увлажняли до 60% от полной влагоемкости. Солому (фракция 1-2 см) предварительно замачивали в растворе нитрата аммония и наносили на поверхность почвы слоем 3 см. Инкубировали в течение 4 мес. при температуре 22 ± 2 °С, поддерживая постоянную влажность соломы. Периодически определяли биомассу соломы, а также содержание общего, водорастворимого и щелочерастворимого органического углерода и общего азота общепринятыми методами.

Из компостируемой соломы выделяли тотальную ДНК. Для характеристики таксономического состава микроорганизмов использовали методику высокопроизводительного секвенирования библиотек 16S рРНК. Оценку состава и разнообразия прокариотного комплекса микроорганизмов проводили при статистически значимом уровне относительного содержания таксонов не менее 0.1%. Показано, что в процессе компостирования происходит потеря биомасса соломы (56% через 4 мес.), снижается относительное содержание углерода, повышается содержание общего азота. Соответственно сужается отношение углерода к азоту с 68 до 33. Наряду с этим отмечено увеличение содержания лабильного гумуса в щелочной вытяжке и нитратов.

В результате молекулярно-генетического анализа метагенома микробиома соломенного компоста был выявлен 121 генотип бактерий на уровне рода, которые относятся к 10 филам. Из них 60% не имеют родового наименования. Их относительное количество в

сумме не превышает 0.4%. Доминирующее положение занимают *Proteobacteria* (46-56%), *Actinobacteria* (12.4-15.1%), *Bacteroidetes* (7.0-17%) и *Firmicutes* (2.1-9.2-%), что в среднем составляет около 85% от общей популяции бактерий. *Proteobacteria* представлена 47 родами, *Actinobacteria* – 34, *Bacteroidetes* – 13, *Firmicutes* – семью. На уровне рода в популяции бактерий доминируют *Pseudomonas*, *Streptomyces*, *Chitinophaga*. В структуре бактериального комплекса заметное место занимает *Sorangium* (0.3%). Представители домена *Archaea* встречаются эпизодически. Их количество не превышает 0.01%. В процессе компостирования происходит перегруппировка бактериального комплекса: спустя 128 сут. заметно возрастает относительное содержание *Actinobacteria*, *Bacteroidetes*, *Werrucomicrobia*, *Planctomycetes* и снижается содержание *Cyanobacteria* и *Firmicutes*. Тем не менее, во все сроки компостирования доминируют *Proteobacteria*, *Actinobacteria* и *Bacteroidetes*, что обусловлено их разнообразием и адаптационной лабильностью. По имеющимся в литературе данным, многие представители этих фил принимают активное участие в разложении целлюлозы. Некоторые из них разлагают лигнин и гумусовые кислоты. Отсюда следует заключение, что в процессе компостирования за счет спонтанной микрофлоры соломы формируется ассоциация, активно разлагающая солому на поверхности почвы. Интересно отметить, что многие из микроорганизмов, составляющих эту ассоциацию, являются продуцентами физиологически активных веществ – стимуляторов роста растений и антибиотиков. В частности, нами установлено, что численность фитопатогенного гриба *Fusarium graminearum*, внесенного в солому, в процессе ее компостирования снижается на два порядка.

УДК 631.46

МИКРОБИОЛОГИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ МЕРЗЛОТНЫХ ЛЕСНЫХ ПОЧВ ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЯКУТИИ

Кузьмина Н.П., Ермолаева С.В., Чевычелов А.П.

Институт биологических проблем криолитозоны СО РАН, Якутск

E-mail: erel1982@mail.ru.

Целью настоящего исследования являлось изучение численности и распределения основных групп микроорганизмов по почвенному профилю мерзлотных лесных почв Центральной Якутии и выявление корреляции между различными параметрами, характеризующими состояние микробного комплекса. Краткая морфологическая характеристика исследуемых почв: Разрез 1БС-18 заложен в микро-

понижении (западине), на контуре смешанного сосново-березового леса; строение профиля: A0A1(0-4) – A1A2(4-8) – A2(8-24/29) – B1s,ca(24/29-42/48) – B2ca(42/48-66) – BCca(66-86) – Cca(86-102 см); почва: солодь. Разрез 2BC-18 заложен на микроповышении в смешанном сосново-березово-лиственничном лесу; строение профиля: A0(0-4) – A0A1(4-12) – A2(12-16/18) – Bfe(16/18-34/37) – Bh,fe(34/37-52) – BCfe(52-75); почва: подзол иллювиально-гумусово-железистый. Разрез 5 BC-18 заложен в еловом лесу; строение профиля: A0(0-5) – A0A1(5-8) – A(8-26) – ABca(26-37) – Bca(37-72) – BC(72-86) – C(86-102 см); почва: перегнойно-карбонатная. Разрез 8BC-18 заложен в неглубоком плоском микропонижении в березовом лесу; строение профиля: A0(0-3) – A0A1(3-8) – A(8-24) – AB(24-40) – Bca(40-62) – BC(62-100) – C(100-110 см); почва: палевая серая. Численность микроорганизмов определяли методом посева на селективные питательные среды, а именно: аммонифицирующих бактерий – на мясо-пептонном агаре, актиномицеты – на крахмало-аммиачном агаре, олигонитрофильные бактерии – на среде Эшби, грибы учитывали на подкисленной среде Чапека. КОЕ – колониеобразующие единицы.

По результатам микробиологического анализа в исследуемых лесных почвах Ботанического сада в 2019 г. численность микроорганизмов в разных горизонтах колебалась от 10^3 до 10^6 КОЕ/г почвы. Столь незначительное количество микроорганизмов по сравнению с данными предыдущих исследований можно объяснить тем, что лето 2019 г. оказалось крайне засушливым и жарким. Тем не менее, наиболее богатой микроорганизмами оказалась перегнойно-карбонатная почва разреза 5BC-18 под ельником. В микрофлоре данной почвы доминировали мицелиальные микроорганизмы, т.е. грибы (2.5×10^6 КОЕ/г) и актиномицеты (2.4×10^6 КОЕ/г) в верхнем органогенном горизонте A0A1. Такое скопление мицелиальных микроорганизмов связано с высоким содержанием гумуса (81.3%), N (1.04%) и слабощелочным по сравнению с нижележащими горизонтами значением pH (6.4). Как известно, актиномицеты играют ключевую роль в образовании гумуса в почвах. Они, образуя споры, могут развиваться даже при низкой влажности и кислом значении pH. Второе место по численности микроорганизмов занимает подзол (разрез 2BC-18). В микробоценозе подзола также преобладали мицелиальные грибы. Их наибольшее содержание (1×10^6 КОЕ/г) обнаружено в верхнем органогенном горизонте A0A1. Третье место занимает палевая серая почва разреза 8BC-18 с максимальным содержанием мицелиальных грибов (9.03×10^5) в горизонте A1, где значение pH также оказалось слабощелочным. На последнем месте оказалась солодь (разрез 1BC-18). В микрофлоре солоди преобладали аммонифицирующие бактерии (4×10^5 КОЕ/г).

Таким образом, общая численность микроорганизмов лесных почв Ботанического сада возрастает в ряду солодь → палевая серая → подзол → перегнойно-карбонатная. Корреляционный анализ между численностью и гидротермическими показателями, а также химическими свойствами почв показал, что в лесных почвах элювиального ряда (разрезы 1БС-18 и 2БС-18) наблюдалась высокая зависимость от влажности и гумуса. В двух остальных почвах (разрезы 5БС-18 и 8БС-18) отмечены высокие показатели зависимости от температуры, гумуса и общего азота. В микробоценозах трех лесных почв (подзол, перегнойно-карбонатная, палевая серая) преобладали мицелиальные микроорганизмы в верхних органогенных горизонтах, где отмечено слабокислое значение рН. Распределение микроорганизмов по профилю исследуемых лесных почв показало, что большое скопление бактерий и грибов наблюдалось в верхних органогенных горизонтах, с глубиной численность падала. Наибольшее содержание актиномицетов отмечено в перегнойно-карбонатной почве и солоди.

УДК 631.468

ВЛИЯНИЕ НУЛЕВОЙ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ НА СООБЩЕСТВО ДОЖДЕВЫХ ЧЕРВЕЙ (OLIGOSCHAETA, LUMBRICIDAE)

**Кутовая О.В.¹, Дридигер В.К.², Гаджимаров Р.Г.², Фролов О.А.³,
Никитин Д.А.¹**

¹ Почвенный институт им. В.В. Докучаева, Москва
E-mail: langobard@mail.ru

² Ставропольский НИИ сельского хозяйства, Михайловск
E-mail: rasul_agro@mail.ru

³ Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Москва
E-mail: 6.40.7.4@mail.ru

Традиционная обработка (вспашка) земель приводит к интенсивной эрозии, потере органического вещества почвой и снижению биоразнообразия агроценозов, что особенно ярко проявляется в черноземной зоне. Поэтому большинство хозяйств засушливых регионов берут курс на экологизацию земледелия с минимальным механическим воздействием на почву, в частности, на технологию no-till. Тем не менее, сведения о пользе или вреде вспашки no-till противоречивы и нуждаются в проверке. Поскольку дождевые черви чутко реагируют на изменение свойств почвы и в то же время в значительной степени обеспечивают ее плодородие, необходимо изучение их численности и видового разнообразия для оценки последствий применения той или иной обработки почвы.

Объекты исследования – типичные агрочерноземы Михайловского района Ставропольского края (ФГБНУ «Северо-Кавказский федеральный научный аграрный центр»). Изучали разные варианты: технология no-till и традиционная обработка (вспашка); с минеральными удобрениями или без них; под культурами озимой пшеницы, подсолнечника, кукурузы или сои.

Дождевых червей (Lumbricidae) учитывали, применяя метод раскопки площадок 25×25×30 см и ручного разбора почвенных проб. Видовая идентификация Lumbricidae осуществлена по определителю Всеволодовой-Перель. Во всех вариантах доминируют половозрелые (1380 шт.) и ювенильные (756 шт.) экземпляры *Aporrectodea caliginosa*. Другой вид дождевых червей – *A. rosea* – обнаружен в небольшом количестве (16 шт.) лишь на залежи. Влияние сельскохозяйственной культуры на численность червей оказалось более значимым фактором, чем способ обработки почвы и наличие/отсутствие удобрений. Наибольшая численность червей выявлена под кукурузой вне зависимости от типа обработки почвы (512 экз./м² – вспашка; 556 экз./м² – no-till). Количество червей для вариантов no-till всегда выше (кроме варианта с подсолнечником), чем для вспаханных полей вне зависимости от растения. В случае, если не учитывать численность мелких ювенильных особей, под подсолнечником численность червей в no-till также выше, чем при вспашке. Минимальная численность *A. caliginosa* (32 экз./м²) обнаружена под соей и подсолнечником при традиционной обработке.

Таким образом, вспашка агрочерноземов Ставропольского края снижает численность червей в почве, при этом выращивание кукурузы положительно влияет на развитие населения дождевых червей, полезных для сельского хозяйства.

Исследование выполнены в рамках темы НИР № 0591-2019-0030 ФГБНУ ФИЦ Почвенного института им. В.В. Докучаева.

УДК 631.46

РАЗНООБРАЗИЕ МЕЛЬЧАЙШИХ ФОРМ ПРОКАРИОТ В ПОЧВАХ

Лысак Л.В., Лапыгина Е.В.

Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Москва
E-mail: lvlysak@mail.ru

Широкое внедрение в природоведческую микробиологию современных методов изучения микробных сообществ (использование высокочувствительных красителей, эпифлуоресцентная и электронная микроскопия, метагеномный анализ) позволяет определить

численность и охарактеризовать разнообразие мельчайших форм прокариот в почвах. Нами было изучено разнообразие мельчайших форм микроорганизмов в различных почвах России при помощи метода фильтрации почвенной суспензии через ядерные мембранные фильтры с последующей окраской фильтратов современными высокочувствительными красителями (LIVE/DEAD7012, SYBR Green I) и просмотром фильтратов в флуоресцентном и электронном микроскопах. Фильтрующиеся формы прокариот (ФФП) были обнаружены во всех исследованных нами почвах. Численность и содержание ФФП достигало максимальных значений в примитивных почвах Арктики и Антарктиды, более низкие показатели зафиксированы в зональных почвах. Более высокая численность ФФП по сравнению с зональными почвами была выявлена также в городских загрязненных почвах. Своеобразной особенностью прокариотных сообществ магнитных и немагнитных конкреций дерново-подзолистой и дерновой луговой почв было более высокое содержание и жизнеспособность ФФП, а также своеобразный таксономический состав прокариотных сообществ на уровне филумов. Среди ФФП обнаружены те же филумы, что и среди бактерий более крупного размера. Однако среди ФФП была выше доля представителей трудно культивируемых и некультивируемых филумов, а также филумов-кандидатов. Очевидно, что в условиях лимитированного по многим показателям роста бактерий происходит измельчание клеток прокариот.

Бактериофаги достаточно хорошо изучены в водных экосистемах, однако сведений об их распространении, численности и экологической значимости в почве значительно меньше. Бактериофаги были нами обнаружены во всех исследованных образцах верхних горизонтов зональных и интразональных почв. Численность бактериофагов (окраска высокочувствительным красителем SYBR Green I) достигала значительных величин (0.34-5.7 млрд./г почвы), была сравнима с их численностью в донных отложениях и близка или даже превышала численность бактерий в исследованных почвах. Показатели численности фагов в переувлажненных биотопах были выше, чем в сухих. Соотношение показателей численности бактериофаги/бактерии варьировало в разных почвах от 0.3 до 1.7. Численность фагов в проанализированных нами образцах была на порядок выше численности ФФП. При помощи просвечивающей электронной микроскопии выявлено значительное морфологическое разнообразие бактериофагов. Обнаружены следующие морфотипы: икосаэдрические, хвостатые и нитчатые бактериофаги. Преобладали во всех почвах хвостатые фаги. Модельный опыт с внесением в почву концентрированных бактериальных и фаговых суспензий продемонстрировал положительную корреляцию между численностью бактерий и численностью фаговых частиц. Полученные результаты свидетельствуют о высоком

таксономическом и морфологическом разнообразии ФФП и бактериофагов в почве. Данные о высокой численности бактериофагов в почве и их морфологическом разнообразии позволяют предположить, что они играют значительную роль в регуляции численности бактерий. Проведенные исследования указывают на важную роль ФФП и бактериофагов в почве и требуют проведения дальнейшей работы по изучению их поведения и экологической значимости в почве.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ № 19-29-05252мк.

УДК 543.544:543.51

ЖИРНЫЕ КИСЛОТЫ КАК ЛИПИДНЫЕ МАРКЕРЫ ПОЧВЕННЫХ МИКРООРГАНИЗМОВ

Лю-Лян-Мин Е.И.

Сыктывкарский государственный университет им. Питирима Сорокина,
Сыктывкар

E-mail: gruzdeva.e@ib.komisc

Почвенная микробиота является одним из важнейших компонентов почвы, оказывающая огромное влияние на формирование потоков вещества в системе почва–растения–атмосфера. Почвенные микроорганизмы чутко реагируют на изменение погодных условий, загрязнение почвы токсикантами, внесение удобрений и могут служить индикатором при оценке таких воздействий. Почвенное микробное сообщество активно участвует и в биогеохимических процессах, преобразуя соединения углерода, азота, фосфора и других элементов.

Традиционные микробиологические методы оценки содержания почвенных микроорганизмов характеризуются высокой трудоемкостью и длительностью при выделении и идентификации вида высеянных штаммов с использованием тестовых ферментаций. Кроме того, определяемое этими методами разнообразие и численность микроорганизмов оказывается на два-три порядка ниже по сравнению с молекулярно-биологическими методами, так как многие виды почвенной микробиоты не культивируются на питательных средах.

Наличие специфических веществ (биомаркеров) жирнокислотного ряда в клеточных липидах микробиоты позволяет достаточно успешно идентифицировать и оценивать содержание почвенных микроорганизмов с применением метода газовой хроматографии с пламенно-ионизационным или масс-спектрометрическим детектором (ГХ-ПИД/МС). Следует отметить, что липидный анализ позволяет идентифицировать почвенные микроорганизмы, которые не могут быть охарактеризованы традиционными методами микробиологического посева.

В данной работе метод ГХ-ПИД/МС применен для определения структуры и оценки содержания почвенных микроорганизмов бугристых мерзлотных торфяников, занимающих значительные территории на северо-востоке Республики Коми (граница тундры и лесотундры).

В исследуемых торфяниках методом ГХ-МС нами идентифицированы следующие биомаркерные жирные кислоты:

- гидроксизамещенные и циклопропановые (*Gram-negative bacteria*) 3ОН-12:0; 3ОН 14:0; 2ОН 16:0; cy19:0;
- разветвленные насыщенные (*Gram-positive bacteria*) i15:0; a15:0; i16:0; i17:0;
- линейные насыщенные (*General bacterial marker*) 14:0; 15:0; 16:0; 17:0; 18:0.

Для идентификации и определения биомаркерных жирных кислот в почве разработана методика, включающая извлечение, химическую модификацию, разделение и детектирование полученных производных исследуемых кислот методом ГХ-ПИД. Разработанная методика была применена для оценки содержания биомаркерных жирных кислот и характеристики микробиоты по горизонтам торфяной почвы (0-120 см).

УДК 631.416.5 + 631.461.4

ИЗОТОПНЫЙ СОСТАВ И Q_{10} МИНЕРАЛИЗАЦИИ ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА РАЗНОВЫСОТНЫХ ПОЧВ ЗАПАДНОГО САЯНА

Матвиенко А.И., Меняйло О.В.

Институт леса им. В.Н. Сукачева СО РАН, Красноярск

E-mail: matstasya2008@gmail.com

Температурная чувствительность (Q_{10}) разложения органического вещества почвы является важным параметром при определении отклика цикла углерода (С) на изменения климата. С помощью новой методологии экспресс-оценки Q_{10} минерализации углерода в почвах путем понижения температуры изучена вариация температурной чувствительности в почвах разных высотных поясов Западного Саяна (северного и южного макросклонов) и выявлены закономерности вертикального распределения показателей Q_{10} минерализации углерода внутри почвенных профилей, типичных для различных высотных поясов Западного Саяна. Дана оценка связи химических свойств, показателей микробиологической активности и Q_{10} минерализации углерода.

Сбор образцов почвы проходил в июне 2018 г. На северном макросклоне Западного Саяна, включая прилегающую хакасскую степь на Минусинской котловине, были выбраны четыре экосисте-

мы, характерные для каждого имеющегося высотного пояса (горная тундра, горная тайга, черневая тайга и степь). На южном макросклоне Западного Саяна, включающем южную сторону хребта Ергаки, Куртушибинский хребет и Турано-Уюкскую котловину, также были выбраны четыре экосистемы: альпийский луг, две на разных высотах в поясе горной тайги (темнохвойные и лиственничные леса) и степь. В каждой экосистеме был сделан почвенный разрез, проведено описание почвенного профиля, выделены почвенные горизонты и из каждого горизонта отобран почвенный образец. Инкубация образцов при разных температурах (25, 15 и 5 °C) и измерение скорости выделения CO₂ проводились с помощью инкубатора с Пельте-охлаждением и программируемым температурным режимом (Memmert, Germany), соединенного через 16-портовый мультиплексор Li-Cor 8150 с инфракрасным анализатором CO₂ Li-Cor 8100 (Li-Cor Incorporated, Lincoln, Nebraska, USA). Влияние типа экосистемы, почвенного горизонта и температуры инкубации на скорость потока CO₂ из образцов и Q₁₀ оценивалось факторным дисперсионным анализом ANOVA с применением критерия Фишера. Влияние фактора считалось достоверным при P < 0.05. Для выявления влияния химических свойств органического веществ почв на показатели микробиологической активности и Q₁₀ минерализации углерода использован корреляционный анализ (коэффициент Спирмена) и факторный анализ (метод главных компонент). Статистическая обработка данных проведена с помощью программы Statistica 12 (StatSoft, Inc, Tulsa, OK).

Результаты показали, что Q₁₀ значительно различался в разных экосистемах, варьируя в верхних горизонтах от 1.8 до 2.6, значительно увеличиваясь в нижних горизонтах почвенных профилей до 6.6 в серединах макросклонов. Четкого высотного тренда не обнаружено ни на северном, ни на южном склоне, но температурная чувствительность увеличилась практически в каждом почвенном разрезе с глубиной. Наибольшие значения температурной чувствительности минерализации C в верхних горизонтах отмечались в середине макросклонов. В высоком альпийском и тундровом поясах температурная чувствительность была самой низкой (Q₁₀ = 1.8-2.2), что не подтверждает предположение о максимальном отклике почв на повышение температуры в верхних широтах.

Было обнаружено поглощение углекислого газа при температуре инкубации 5 и 15 °C во всех образцах минеральных горизонтов хакасской и тувинской степи, а при 5 °C – и в нижних горизонтах почв экосистем середины макросклонов.

Факторный анализ выявил достоверную связь параметров δ¹⁵N, C/N и Q₁₀ в почвах исследуемых экосистем.

Работа выполнена при поддержке РФФИ, гранты № 19-29-05122 и 18-54-52005.

УДК 631.4:630.114.442.5/445(575.1)

ВЛИЯНИЕ ЗАСОЛЕНИЯ И ГИПСОНОСНОСТИ ПОЧВ НА ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ МИКРООРГАНИЗМОВ В ПОЧВАХ ДЖИЗАКСКОЙ СТЕПИ

Махкамова Д.Ю.

Национальный университет Узбекистана им. Мирзо Улугбека

E-mail: d.mahkamova@nuu.uz

На сегодняшний день гипсоносные почвы в мире составляют 66 560 км², из них 5.774 км² в Африке (54.6%), 16 616 км² (25.3%) в Центральной Азии, 230 км² (0.4%) в Европе, 78 км² (0.1%) в Америке. Большинство этих земель с точки зрения мелиорации относятся к трудномелиорируемым. Наличие гипса в профиле почв создает проблемы при их использовании в сельском хозяйстве.

Нами оценена биологическая активность (БА) гипсоносных почв, изучено влияние основных свойств почв с разным уровнем содержания гипса на относительную биологическую активность почв.

Среди изученных групп микроорганизмов отмечено преобладание в почвах аммонификаторов, второе место по количеству занимают актиномицеты, третье – азотсодержащие и денитрифицирующие бактерии, а также целлюлозоразрушающие микроорганизмы, грибы. Выявлено низкое содержание в почвах маслянокислых и нитрифицирующих бактерий. Изменение количества микроорганизмов по сезонам года, подтипам почв и глубине почвенного горизонта связано с дефицитом влаги и слабым накоплением органического вещества по профилю почв. Отмечено снижение БА по мере увеличения содержания гипса (низкое → среднее → высокое → очень высокое). Показано, что корреляционную связь между количеством микроорганизмов, активностью ферментов, содержанием гумуса и питательных элементов ($r = 0.70-0.90$) в почве можно использовать в качестве теста для количественной оценки содержания в почвах гипса.

Таким образом, в результате проведенных комплексных исследований отмечена связь общей БА почв не только с конкретными свойствами почв, но и с протекающими в них процессами и окружающей экосистемой в целом. Комплексное изучение значения БА гипсоносных почв, характеризующихся различными физико-химическими, микробиологическими и биохимическими свойствами, а также с неодинаковой структурой, позволяет обосновать их эколого-генетические особенности, а также прояснить степень воздействия природно-экологических факторов на плодородие почв. На основе полученных нами результатов рекомендованы индикаторы для оценки степени деградации гипсоносных почв.

УДК 631.45

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ДИНАМИКА АКТИВНОСТИ КАРБАМИДАМИДОГИДРОЛАЗЫ В ПОЧВАХ СРЕДНЕЙ И ВЫСОКОЙ СТЕПЕНИ ОКУЛЬТУРЕННОСТИ

Москвин М.А., Рижия Е.Я., Дубовицкая В.И., Вертебный В.Е.
Агрофизический НИИ, Санкт-Петербург
E-mail: voron27_88@mail.ru

Каждая почва имеет свой стабильный уровень карбамидамидогидролазы, которая обусловлена активностью ферментов уреаз, обнаруженных у многих видов бактерий, грибов и высших растений. На завершающих стадиях аммонификации, обеспечивающей образование аммония, действуют амидогидролазы, в частности, уреазы, которая катализирует гидролиз мочевины до углекислого газа и аммиака. Определение уреазной активности почвы позволяет судить об интенсивности и направленности биохимических процессов, протекающих в почве, дает возможность составить представление о некоторых специфических особенностях почвы при определении степени ее антропогенной трансформации. Таким образом, комплексная оценка состояния сельскохозяйственных угодий, различающихся по степени окультуренности, в условиях интенсивного антропогенного воздействия по показателям уреазной активности является актуальной темой исследования.

Исследования проводили в течение нескольких вегетационных периодов на дерново-подзолистых почвах, различающихся по степени окультуренности по методу А.Ш. Галстяна, с фотометрическим определением аммиачного азота после ферментативного гидролиза карбамида.

В течение вегетационного периода 2019 г. изучаемые почвы отличались достаточно высокой чувствительностью изучаемого фермента на изменение влажности и температуры почвы, а также зависели от количества атмосферных осадков и запасов воды в почве, которые определяли функционирование всех звеньев процесса формирования и динамики ферментативной активности почв. Динамика уреазной активности изменялась волнообразно и амплитуды колебания во времени то возрастали, то снижались. В почве со средней степенью окультуренности (СОК) контрольного варианта наблюдалось лишь незначительное созревание уреазной активности в начале вегетационного периода, далее большее повышение активности уреазы было в середине и конце вегетационного периода. Уреазная активность варьировала от 17 до 29 мг NH_3 кг⁻¹ч⁻¹ с максимумом в конце вегетационного периода. Наблюдаемые максимумы объяснялись тем, что в данные периоды времени усиленно протекали процессы роста и

развития растений и почвенной биоты, и уреазы, участвующая в азотном обмене, обеспечивающем питание растений, имела повышенную активность. С увеличением влажности почвы в вариантах почв с СОК наблюдалось усиление уреазной активности, в среднем на 10-11%.

В почве с высокой степенью окультуренности (ВОК) уреазная активность так же, как и в почве с СОК, возрастала в течение вегетационного периода несколько раз: в начале вегетационного периода, в его середине и конце, варьируя от 24 до 34 мг NH_3 кг⁻¹ч⁻¹. Максимальная уреазная активность в почве с ВОК наблюдалась в конце вегетационного периода, после уборки викоовсяной смеси (начало сентября). В почве в это время фиксирована достаточно высокая температура и высокая влажность, которые способствовали увеличению интенсивности минерализации свежих растительных остатков. С увеличением влажности почвы в вариантах почв с ВОК наблюдалось усиление уреазной активности в среднем на 10-11%.

В целом, изучаемые дерново-подзолистые почвы характеризовались низким уровнем активности уреазы, но при повышении степени окультуренности почвы активность уреазы повышалась. По шкале оценки ферментативной активности, дерново-подзолистая почва как с СОК, так с ВОК, была бедной по уреазной активности. При этом почвы более богатые, органическим веществом, с большим содержанием общего и минерального азота (ВОК) достоверно ($p < 0.05$) преобладали по значениям данного показателя по сравнению с более бедными почвами (СОК). С повышением окультуренности почвы увеличивалась общая численность микроорганизмов и происходила дальнейшая перегруппировка ее состава.

Работа выполнена при частичной поддержке гранта РФФИ № 19-016-00038/19.

УДК 504.53:631.4:595.132(571.63)

ВЛИЯНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ НА ТАКСОНОМИЧЕСКОЕ РАЗНООБРАЗИЕ ПОЧВЕННЫХ НЕМАТОД ОСТРОВОВ ЗАЛИВА ПЕТРА ВЕЛИКОГО (ПРИМОРСКИЙ КРАЙ)

Мухина Т.И.¹, Пшеничников Б.Ф.¹, Пшеничникова Н.Ф.²

¹ Дальневосточный федеральный университет, Владивосток
E-mail: t.i.muhina@mail.ru; bikinbf@mail.ru

² Тихоокеанский институт географии ДВО РАН, Владивосток
E-mail: n.f.p@mail.ru

Изучение почвенных нематод и их взаимосвязи с почвенно-экологическими условиями является одной из актуальных и часто обсуждаемых проблем в двух смежных биологических науках: поч-

воведении и зоологии. Проведен анализ встречаемости почвенных нематод на примере о-ва Рикорда – одного из крупных островов залива Петра Великого (Японское море). Получены данные по видовому разнообразию фауны почвенных нематод и их внутрипрофильной дифференциации в различных подтипах буроземов под полидоминантными широколиственными лесами, их антропогенно трансформированными травяно-кустарниковыми ассоциациями и луговыми группировками гидроморфного ряда. Определено систематическое положение большинства видов нематод, выявлены свободноживущие и паразитические группы нематод. Значительная часть видов свободноживущих нематод не обнаруживает четкой приуроченности к условиям залегания почв, но, как правило, они предпочитают органогенную часть профиля.

По видовому разнообразию выделяются два рода нематод – *Eudorylaimus* и *Plectus*. Род *Eudorylaimus* представлен пятью видами, которые чаще всего встречаются в подстилке всех рассматриваемых почв. Из них виды *E. obtusus*, *E. varians* отличаются своей многочисленностью и даже обилием. Вид *E. carteri* найден в подстилке бурозема типичного на южном склоне под полидоминантным лесом. Единичные экземпляры вида *E. incisus* отмечены в подстилках бурозема оподзоленного на северном склоне под дубовым лесом и бурозема темного иллювиально-гумусового под гмелинополынником на высокой морской террасе. Представители данного рода обитают также в лугово-болотной почве. Так, вид *E. papillatus* встречен многочисленно в подстилке, а вид *E. obtusus* единично зарегистрирован в плотном иллювиальном глеевом горизонте Bg. Род *Plectus* оказался наиболее разнообразным и представлен восемью видами, хотя и единичными экземплярами. Виды *Plectus acuminatus*, *P. palustris*, *P. pusillus* зарегистрированы только в профиле бурозема типичного на южном склоне преимущественно в органогенных горизонтах. Вид *P. tenuis* встречен также в подстилках бурозема типичного и бурозема темного иллювиально-гумусового под гмелинополынником. Вид *P. longicaudatus* обитает в основном в профиле лугово-болотной почвы, включая торфяную прослойку. Виды *Plectus elongates*, *P. infundibulifer*, *P. parvus* обитают исключительно в подстилке бурозема оподзоленного на северном склоне под дубовым лесом. Паразитические (стиллетные) нематоды, в отличие от свободноживущих, обнаруживают четкую приуроченность к местам обитания. Наибольшее число видов стиллетных нематод (8) найдено в профиле бурозема типичного. Наиболее многочисленными и обитающими по всему профилю являются виды *Criconemoides annulatus*, *Helicotylenchus* sp., *Tylenchorhynchus* sp. Другие виды стиллетных нематод – *Aglenchus agricola*, *Nothotylenchus thornei* – встречаются преимущественно в подстилке. Виды *Tylenchorhynchus leviterminalis* и *Xiphinema index* обнаружены в

аккумулятивно-гумусовом горизонте, а *Criconema sp.* – в минеральном горизонте ВМС бурозема типичного. В буроземе оподзоленном в осветленном и иллювиальном горизонтах найдено только по одному экземпляру *Xenocriconemella macrodora*. К гумусированным горизонтам буроземов темных иллювиально-гумусовых под гмелино-попынником приурочены три вида стилетных нематод – *Aglenchus sp.*, *Gracilacus sp.*, *Helicotylenchus erythrinae*, представленные единично. В лугово-болотных почвах встречен только один вид – *Cephalenchus leptus*, который обнаружен в торфяной прослойке.

УДК 631.46

МИКРОСКОПИЧЕСКИЕ ГРИБЫ КАК ИНДИКАТОР НУЛЕВОЙ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ В АГРОЧЕРНОЗЕМАХ

**Никитин Д.А.¹, Семенов М.В.¹, Тхакахова А.К.¹, Чернов Т.И.¹,
Ксенофонтова Н.А.^{1,2}, Железова А.Д.¹, Иванова Е.А.¹, Кутюгова О.В.¹**

¹ Почвенный институт им. В.В. Докучаева, Москва

E-mail: dimnik90@mail.ru

² Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Москва

E-mail: natali9020010@mail.ru

Интенсивное воздействие орудиями земледелия при традиционной обработке и в особенности при вспашке приводит к ухудшению многих агрономических свойств почвы. Кроме того, вспашка существенно снижает биоразнообразие агроценозов, что негативно сказывается на супрессивной активности почв по отношению к фитопатогенам. Поэтому следствием длительного применения традиционной обработки почвы может являться спад урожайности полей и рост частоты заболеваний растений. Недостатки традиционной обработки почвы, а также распространение экологизации земледелия привели к распространению альтернативных технологий с минимальным воздействием на почву, в частности, no-till. Однако, у no-till тоже есть минусы, главными из которых являются повышенная засоренность посевов сорными растениями и фитопатогенными микроорганизмами. В то же время прокариоты и грибы являются наиболее быстро реагирующей почвенной биотой на разнообразные внешние воздействия. Ввиду того, что большинство фитопатогенов являются микроскопическими грибами, мы уделили внимание в исследовании именно этой группе почвенной микробиоты.

В результате исследования охарактеризованы сообщества культивируемых микроскопических грибов в южных агрочерноземах Ставропольского края, обрабатываемых по технологии no-till и традиционной вспашке с оборотом пласта, для вариантов с различными

сельскохозяйственными культурами и при внесении/отсутствии минеральных удобрений. В исследованных образцах преобладали олиготрофные, сапротрофные и целлюлолитические микромицеты. Наибольшей численностью (от 3.4×10^4 до 8.2×10^4 КОЕ/г почвы) и таксономическим разнообразием (до восьми видов) характеризовался род *Penicillium*. Высокая численность целлюлолитиков (10^3 - 10^4 КОЕ/г почвы для образца) выявлена в почвах с традиционной обработкой под соей, озимой пшеницей и no-till с кукурузой вне зависимости от наличия/отсутствия удобрений. Тип обработки почвы не влиял на количество фитопатогенных микромицетов. Численность эккрисотрофной группы незначительна (10^1 - 10^2 КОЕ/г почвы для образца). Основными эпифитами в составе сообщества микромицетов являлись виды *Trichotecium roseum* и *Aureobasidium pullulans*, численность которых достигала 10^3 КОЕ/г почвы. Количество зачатков и разнообразие условно-патогенных микромицетов заметно больше в почвах с традиционной обработкой (до 4.1×10^3 КОЕ/г почвы и до 11 видов), по сравнению с вариантами no-till (до 8.0×10^2 КОЕ/г почвы и до 11 видов). Таксономическое разнообразие микроскопических грибов больше в почвах полей с удобрениями (от 10 до 30 видов), чем без них (от семи до 27 видов).

Исследование произведены в рамках темы НИР № 0591-2019-0030
Почвенного института им. В.В. Докучаева.

УДК 631.46

БИОЛОГИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ ПОЧВ ВЫСОКОЙ АРКТИКИ (ЗЕМЛЯ ФРАНЦА-ИОСИФА, НОВАЯ ЗЕМЛЯ) И АНТАРКТИКИ

**Никитин Д.А.¹, Лысак Л.В.², Кудинова А.Г.³, Мергелов Н.С.⁴, Долгих А.В.⁴,
Горячкин С.В.⁴**

¹ Почвенный институт им. В.В. Докучаева, Москва
E-mail: dimnik90@mail.ru

² Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Москва
E-mail: lvlysak@mail.ru

³ Институт молекулярной генетики, Москва
E-mail: alina-kudinova91@mail.ru

⁴ Институт географии РАН, Москва
E-mail: goryachkin@igras.ru

В почвах архипелагов Земля Франца-Иосифа и Новая Земля (псаммоземах, пелоземах, криоземах, карбопетроземах, литоземах и серо-гумусовых почвах), а также в почвах и почвоподобных телах Восточной Антарктиды (оазисы Ширмахера, Холмы Тала и Холмы Ларсеманн) оценена биомасса микроорганизмов, численность копий

генов 16S рРНК прокариот и ITS рРНК грибов, таксономическое разнообразие бактерий и микромицетов, а также интенсивность эмиссии CO_2 , N_2O (денитрификация) и C_2H_4 (азотфиксация).

Численность прокариот по методу люминесцентной микроскопии варьирует в широком диапазоне от 30 до 1500×10^9 клеток/г почвы, а их биомасса – от 0.5 до 15.4 мкг С/г почвы в зависимости от типа почвы. Преобладают мелкие фильтрующиеся формы. Грибы преимущественно (до 80%) представлены мелкими спорами ($d \leq 3$ мкм), а не мицелием, длина которого составляет от 2 до 380 м/г почвы. Биомасса микобиоты составляет от 40 до 720 мкг С/г почвы.

Метод количественной полимеразной цепной реакции в реальном времени показал, что количество копий рибосомальных генов архей в исследованных почвах составляет от 2.1×10^9 до 3.0×10^{10} копий гена 16S рРНК/г субстрата, а бактерий – от 7.5×10^9 до 6.4×10^{11} копий гена 16S рРНК/г субстрата. Наименьшее обилие прокариот выявлено в псаммоземах глееватых и «безгумусовых почвах», а наибольшее – в серо-гумусовых почвах и гиполитных эконисах «каменных мостовых». Численность копий рибосомальных генов грибов в исследованных почвах составляет от 6.7×10^8 до 9.6×10^{10} копий гена ITS рРНК/г субстрата. Минимальные значения выявлены в псаммоземах и реголитах, а максимальные – в гумусовых затеках криотурбированных карбопетроземов и почвогрунтов под развитым моховым покровом.

По данным метода FISH (fluorescence in situ hybridization) и секвенирования 16S рРНК, в этих почвах доминируют Bacteria (74%), среди которых преобладают (50%) Proteobacteria (роды *Acinetobacter*, *Aquaspirillum*, *Bosea*, *Brevundimonas*, *Delftia*, *Pseudomonas*, *Ralstonia*, *Sphingomonas*, *Sphingopyxis*, *Stenotrophomonas*, *Variovorax*), а также Actinobacteria ($8-28\%$), Planctomycetes ($8-24\%$) и Acidobacteria ($1-8\%$). Среди микроскопических грибов наиболее многочисленны роды *Antarctomyces*, *Cadophora*, *Cladosporium*, *Huophozyma*, *Penicillium*, *Phoma*, *Thelebolus* и дрожжи *Glaciozyma*, *Goffeauzyma*, *Leucosporidium*, *Mrakia*, *Rhodotorula*. Для почв многих биотопов выявлены индикаторные филумы прокариот и микромицетов.

Газохроматографические методы выявили, что эмиссия CO_2 из почв Антарктиды варьирует от 0.47 до 2.34 мкг $\text{C-CO}_2/\text{г} \times \text{сут.}$ Максимальные показатели зафиксированы в верхних горизонтах с гиполитными альго-бактериальными сообществами, минимальные – в нижних минеральных горизонтах большинства профилей. Интенсивность азотфиксации в почвах материка низка (от 0.08 до 55.85 нг $\text{C}_2\text{H}_4/\text{г} \times \text{сут.}$) и наибольших значений достигает в горизонте с высоким содержанием бактериальной биомассы – 4.4 мкг С/г почвы. Интенсивность денитрификации (эмиссия N_2O) варьирует от 0.09 до 19.28 мкг $\text{N-N}_2\text{O}/\text{г} \times \text{сут.}$, достигая максимального значения в оторфованных горизонтах. Относительно высокие показатели денитрификации (12.94

и 13.87 мкг N-N₂O/г×сут.) наблюдаются в гиполитных альго-бактериальных горизонтах.

На уровень биологической активности, качественных и количественных показателей микробиома почв Арктики и Антарктики в первую очередь влияют локальные экологические условия и тип субстрата, а не географическое положение района.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 20-04-00328 и 18-05-60279.

УДК 631.461

ВЛИЯНИЕ ОБЕДНЕНИЯ ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ ПОЧВЫ ДОСТУПНЫМ ОРГАНИЧЕСКИМ ВЕЩЕСТВОМ НА ФУНКЦИОНИРОВАНИЕ И СОСТАВ ПОЧВЕННОГО МИКРОБНОГО СООБЩЕСТВА

Орлова О.В., Лисина Т.О., Кичко А.А.

ВНИИ сельскохозяйственной микробиологии, Санкт-Петербург–Пушкин
E-mail: falenki@hotmail.com

Количество доступного органического вещества (ДОВ) в почвах определяет многие их свойства и функции. Для исследований взяли нативную (залежь, Псковская область) и обедненную ДОВ (компостирование в лаборатории при оптимальных для минерализации условиях) почвы. В почвах определяли содержание: $C_{\text{общ.}}$, $N_{\text{общ.}}$, водорастворимого углерода, $C_{\text{орг.}}$ в пирофосфатной вытяжке (рН = 10.0), доступного углерода ($C_{\text{дост.}}$) инкубационным методом. Функционирование микробного сообщества характеризовали по дыханию почвы, микробной биомассе (метод SIR), численности микроорганизмов, разложению соломы. Таксономический состав бактериального сообщества определяли с применением высокопроизводительного секвенирования библиотек гена 16S-rPHK.

Показано, что в нативной почве в два раза выше содержание водорастворимого и доступного для микроорганизмов углерода, при отсутствии достоверных различий по общему углероду, соответственно 1.20 ± 0.04 и 1.18 ± 0.02 . Установлено, что убыль углерода зависела от доступности фракции: легкоминерализуемый – на 60%, средnedоступный – на 40%, пирофосфатной вытяжки – на 15%. Снижение $C_{\text{дост.}}$ с 12 до 6% от $C_{\text{общ.}}$ привело к видимому ухудшению агрегатной структуры обедненной почвы. В обедненной ДОВ почве снизилось дыхание, биомасса и численность почвенных микроорганизмов, особенно быстрорастущих. Так, в нативной и обедненной почвах соответственно численность аммонифицирующих (на МПА) составила 13.0 и 2.9 млн КОЕ/г, амилолитических (КАА) – 11.6 и

3.3 млн КОЕ/г. При этом в обедненной ДОВ почве наблюдали рост количества целлюлозолитических микроорганизмов с 7.6 до 31.3 тыс. КОЕ/г. Вследствие их деятельности в обедненной почве произошло более полное разложение соломы (67% от внесенного) по сравнению с нативной почвой (42 %). Следовательно, в обедненной ДОВ почве изменилось соотношение между процессами минерализации и закрепления углерода растительных остатков в почве.

Установлено, что хотя степень обедненности ДОВ почвы была недостаточной для снижения в ней биоразнообразия (одинаковый индекс Шеннона), почвы различались по таксономическому составу при анализе сообществ методом главных компонент. Различия между почвами наблюдали в основном по доле (представленности) филоотипов, а не по их качественному составу, так как изначально почвы были с единым метагеномом. В почве с обедненным ДОВ больше доля, чем в нативной, архей (соответственно 4.5 и 2.0%), *Bacteroidetes* (2.3 против 0.9%), *Planctomycetes* (12.3 и 10.2%), *Chloroflexi* (2.9 и 0.8%). Для ацидобактерий и протеобактерий, напротив, при уменьшении количества ДОВ происходит снижение их доли, для последних наиболее резко падает доля *Betaproteobacteria* с 12.0 до 4.6%. На уровне родов и семейств наблюдали как мало зависимые от содержания ДОВ филоотипы, так и увеличивающие или снижающие свою численность при низком уровне ДОВ. Так, при уменьшении количества $S_{\text{дост.}}$ снижается доля представителей отряда *Solirubrobacterales* (семейства *Conexibacteraceae*, *Patulibacteraceae* и *Solirubrobacteraceae*), семейства *Koribacteraceae* (в 2.5-5 раз), родов *Geodermatophilus* (с 0.26 до 0.07%) и *Streptomyces* (с 2.42 до 0.56%). Практически на порядок падает доля рода *Alicyclobacillus*, тогда как доля *Bacillus* снизилась незначительно. Увеличивается доля представителей семейства *Frankiaceae* (с 0.18 до 0.33%), значительно (от 2 до 8 раз) почти всех представителей семейств *Intrasporangiaceae* и *Micrococcaceae*, несколько слабее *Pseudonocardiaceae*. Таким образом, показано, что при низком содержании в почве ДОВ происходят изменения не только активности и численности почвенных микроорганизмов, но, возможно, благодаря перестраиванию таксономического состава микробного сообщества (метагеном) и в его функционировании могут произойти кардинальные перемены.

УДК 631.46

ВЛИЯНИЕ РАЗНЫХ ВИДОВ БИОЧАРА НА МИКРОБНЫЕ СООБЩЕСТВА ПОЧВ

Погонышев П.Д., Федоренко Е.С., Зинченко В.В., Горовцов А.В.,
Бауэр Т.В., Барахов А.П., Минкина Т.М.

Южный федеральный университет, Ростов-на-Дону

E-mail: gaarhord@gmail.com

Биочар продолжительное время вызывает интерес у исследователей, так как является перспективным мелиорантом. Способность к улучшению свойств почвы биочар имеет благодаря пористой структуре. В нашем случае наличие пор дает большую поверхность для агрегации бактерий на частицах биочара. Бактерии активно заселяют пористое пространство, что способствует их выживанию в почве. Также пористость обуславливает увеличение аэрации при внесении биочара в почву, делая ее более рыхлой, повышается доступ к атмосферному воздуху для растений и микроорганизмов. Исходное сырье и температура обработки придает разные свойства биочару. От этих факторов зависит пористость и целостность структуры биочара.

Цель исследования – изучить влияние биочаров, изготовленных при разной температуре пиролиза, на микробные сообщества почв.

В ходе исследования был заложен модельный вегетационный опыт. Чернозем обыкновенный мощный слабогумусированный тяжелосуглинистый на лессовидных суглинках, взятый из горизонта 0-20 см, помещался в емкости объемом 500 мл. В почву был добавлен биочар в количестве 2.5%. Биочар из шелухи подсолнечника использовался двух типов: температур пиролиза 500 °С (далее биочар 500) и 700 °С (далее биочар 700). В почву были посажены пророщенные семена ячменя сорта Ратник – яровой ячмень двурядный (*Hordeum sativum distichum*) в количестве 10 семян на горшок, растения вегетировали в течение 31 дня. Опыт проводился в трех повторностях.

По окончанию вегетации растений почва подвергалась микробиологическому анализу. Бралась навески массой 10 г и готовилось разведение почвенной суспензии, разведения высевались на питательные среды: мясопептонный агар (МПА) и крахмало-аммиачный агар (КАА). Чашки с питательной средой инкубировались семь дней и производился учет колониеобразующих единиц.

После учета численности микроорганизмов была получена схожая картина для изучаемых групп микроорганизмов. На среде КАА для микроорганизмов, использующих минеральные формы азота, повышение численности относительно контроля наблюдалось на 24.5% при внесении биочара 500. Данного эффекта не наблюдалось при использовании биочара 700. На среде МПА для микроорганизмов, ис-

пользующих органические источники азота, повышение численности относительно контроля наблюдалось на 20% так же при внесении биочара 500. Подобного положительного эффекта тоже не наблюдалось при использовании биочара 700.

Эффективное влияние биочара 500 относительно биочара 700 предположительно обуславливается тем, что при более низкой температуре пиролиза лучше сохраняется пористость структур биочара, соответственно, частицы легче колонизируются микроорганизмами. Также по причине меньшей степени разрушения частиц биочара при обработке 500 °С, чем при 700 °С, в первом случае высвобождается меньше токсичных продуктов пиролиза, которые оказывают вредное воздействие на живые организмы, в том числе и бактерии.

Основываясь на полученных результатах, можно сказать, что биочар, изготовленный при более низкой температуре, оказывает благоприятное воздействие на почвенные микроорганизмы разных сообществ.

Работа выполнена при поддержке грантов РФФИ № 19-34-90185, 19-34-60041 и 19-05-50097.

УДК 631.46

СООТНОШЕНИЕ БИОМАСС ГРИБОВ И БАКТЕРИЙ В ПОЧВАХ

Полянская Л.М.

Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Москва
E-mail: lpolyanskaya@mail

Представление о динамике численности и биомассе микроорганизмов сильно менялось с разработкой новых более совершенных методов почвенной микробиологии. В настоящее время люминесцентно-микроскопический метод учета численности почвенных бактерий признан как обеспечивающий высокую полноту учета и хорошую сопоставимость результатов, получаемых в разных лабораториях. Нами предложен люминесцентно-микроскопический метод учета спор и мицелия грибов с окрашиванием калькофлуором белым. Модельные исследования показали, что этот метод позволяет учитывать практически всю содержащуюся в почве биомассу микромицетов и даже дифференцированно учитывать живой и мертвый мицелий. Параллельный учет прокариотной и эукариотной компонент почвенной микробиоты на одних и тех же препаратах дает возможность наиболее строго подойти к вопросу о соотношении их биомасс в почве. Постепенно складывалось представление о весьма значительных запасах биомассы в почвах. Вопросы, связанные с количественной оценкой

микробной биомассы почв разными методами, давно привлекают внимание исследователей.

В ходе проведенных исследований установлено, что определение численности и биомассы микроорганизмов в почвах в значительной степени зависит от выбранного метода исследования. Новый метод каскадной фильтрации показал, что сравнительная численность бактерий, определяемая по методу люминесцентной микроскопии и каскадной фильтрации, примерно одинакова, а расчеты запасов микробной биомассы существенно различаются. Разница в биомассе, выявленная двумя методами, обусловлена тем, что по люминесцентной микроскопии объем всех клеток принимается равным 0.1 мкм^3 , а метод каскадной фильтрации позволяет учитывать численность клеток бактерий разного размера – от 0.1 мкм^3 и выше. Проведенное сравнение биомасс бактерий, вычисленных на стеклах и методом каскадной фильтрации, наглядно иллюстрируют тот факт, что биомасса, рассчитанная с учетом бактерий всех размерных групп, выше, чем биомасса, рассчитанная на стеклах с учетом их объема в 0.1 мкм^3 . Эта разница обусловлена тем, что при расчете микробной биомассы усредняется объем обнаруженных микробных клеток до 0.1 мкм^3 . Метод каскадной фильтрации лишен этого недостатка и позволяет дифференцированно учитывать бактериальные клетки разной величины. При использовании метода люминесцентной микроскопии оказалось, что грибная биомасса значительно доминирует над бактериальной. Однако использование метода каскадной фильтрации позволило переоценить запасы бактериальной биомассы в почве и впервые показать, что биомасса бактерий, особенно в верхних горизонтах, сопоставима с грибной, а в нижних горизонтах даже превышает грибную, что позволяет пересмотреть сложившиеся в почвенной микробиологии представления о тотальном преобладании грибной биомассы в почвах и подтвердить важную роль прокариот в ключевых процессах трансформации природных полимеров в окружающей среде. Это обстоятельство может быть связано со способностью прокариот (прежде всего бактерий), гораздо более разнообразных по своим физиологическим характеристикам, нежели грибы, развивать специфические группы, например, устойчивые к загрязнению. Грибы же представляют собой чрезвычайно компактную физиологическую группировку и возможности их адаптации к внешней среде значительно ниже, чем у бактерий. Это обстоятельство сказывается и при разных формах антропогенной нагрузки на почву.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № РФФИ 20-05-00284.

УДК 631.468

ПОЧВЕННЫЕ БЕСПОЗВОНОЧНЫЕ-САПРОФАГИ ЛИСИНСКОГО УЧЕБНО-ОПЫТНОГО ЛЕСХОЗА

Потапова К.В.¹, Пятина Е.В.²

¹ Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург
E-mail: potapova.ksusha2014@yandex.ru

² Центральный музей почвоведения им. В.В. Докучаева, Санкт-Петербург
E-mail: kat1977kat@gmail.com

Рост антропогенного воздействия и изменение климата отражается на численности, биомассе и видовом разнообразии почвенных беспозвоночных. Исследования проведены в Ленинградской области на территории Лисинского учебно-опытного лесхоза, расположенного в 60 км юго-восточнее Санкт-Петербурга, в 2016-2018 гг. на полигонах почвенно-экологического мониторинга. В 2016 г. начаты исследования в ельнике-кисличнике зеленомошном, произрастающем на дерново-подзолистой глееватой почве на моренных суглинках – полигон «Яма Роде». В 2018 г. проведено изучение влияния осушительной мелиорации на полигоне «Малиновская дача» (осушенный и заболоченный участки). Почвенный покров осушенного участка под сосняком зеленомошно-сфагновым представлен торфяно-элювиально-метаморфической окисленно-глеевой глинисто-иллювирированной потечно-гумусовой легкосуглинистой почвой, сформированной на ленточных глинах. Заболоченный участок в сосняке сфагновом характеризуется торфяным элювоземом глеевым среднесуглинистым сформированным на ленточных глинах. Количественные учеты геобионтов проводились по стандартной методике. На полигоне «Яма Роде» было взято 36 проб, на полигоне «Малиновская дача» – 12. В результате собрано 378 экз. беспозвоночных-сапрофагов, относящихся к размерной группе «мезофауна»: крупные энхитреиды (до вида не определялись), дождевые черви, диплоподы и личинки двукрылых насекомых из семейства Tipulidae.

Наибольшее групповое и видовое разнообразие сапрофагов характерно для полигона «Яма Роде» осенью (314.7 экз./м², 10 видов), что объясняется более благоприятными гидротермическими и физико-химическими условиями обитания. Здесь отмечены пять видов дождевых червей из двух морфо-экологических типов. К первому относятся следующие виды: подстилочные *Dendrobaena octaedra* Sav.; почвенно-подстилочные *Lumbricus rubellus* Hoffm.; норники *Aporrectodea longa* Ude. Ко второму – средне-ярусные люмбрициды: *Aporrectodea caliginosa* Sav., *A. rosea* Sav. Массовыми дождевыми червями являются подстилочный вид *D. octaedra* Sav. и норник

A. longa, обычным – почвенно-подстилочный *L. rubellus*. Биомасса дождевых червей в мае и июле остается примерно на одном уровне – 15 и 14.9 г/м² соответственно, а к сентябрю увеличивается на 60% – 23.3 г/м². Наибольший вклад в биомассу сапрофагов вносят черви *L. rubellus*.

Двупарноногие многоножки на полигоне «Яма Роде» представлены видами *Megaphyllum sjaelandicum* Meinert, *Polyzonium germanicum* Brandt, *Polydesmus inconstans* Latzel и *Brachydesmus superus* Latzel со средней численностью 7.6 экз./м².

Доля сапрофагов по отношению ко всем группам беспозвоночных на данном полигоне в среднем составляет 44% и они являются доминирующей группой. Самая высокая численность сапрофагов наблюдается осенью – более 65%.

Анализ трофической структуры мезопедофауны полигона «Малиновская дача» показал, что на долю сапрофагов приходится лишь 6 и 10% со средней численностью 4 и 12 экз./м² на осушенном и заболоченном участках соответственно. Сапрофаги представлены малоцетинковыми червями (*D. octaedra*, энхитреидами) и двупарноногими многоножками (*M. sjaelandicum* и *P. inconstans*). Биомасса люмбрицид составила 0.6 г/м² на заболоченном и 12 г/м² на осушенном участках. Несмотря на то, что после осушительной мелиорации прошло 45 лет, на осушенном участке сохранился бедный групповой и видовой состав, низкая численность и небольшая биомасса сапрофагов, что соответствует фауне почв олиготрофных болот.

Проведенные исследования показали, что почвенные сапрофаги служат надежными индикаторами состояния таежных экосистем.

УДК 592

СТРУКТУРНО-ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ ТАКСОЦЕНА КОЛЛЕМБОЛ СОСНЯКА БРУСНИЧНОГО (ЗАПОВЕДНИК «КИВАЧ»)

Сараева А.К.¹, Зуев А.Г.²

¹ Институт леса Карельского НЦ РАН, Петрозаводск

E-mail: saraeva68@inbox.ru

² Институт проблем экологии и эволюции им. А. Н. Северцова РАН, Москва

E-mail: agzuev.sevin@gmail.ru

Традиционно сообщества педобионтов изучают с точки зрения их структуры, т.е. состава и соотношения видов, обилия, встречаемости, жизненных форм, а также функций, выясняя трофические связи между видами. Одним из методов, позволившим изучать трофическую экологию мелких почвенных животных, стал изотопный анализ. Фракционирование изотопов в телах разных организмов

происходит по-разному, и, следовательно, «изотопная подпись» отражает как непосредственные связи между организмами, так и их трофический уровень.

Целью работы было оценить структуру таксоцены коллембол сосняка брусничного и выяснить степень разделения трофических ниш входящих в него видов.

Материал для изучения организации таксоцены коллембол и изотопного анализа собран в ходе двухлетних осенних учетов 2017-2018 гг. Пробы площадью 79 см² брали в 24-кратной повторности. Отлов коллембол проводили методом эклекторной выгонки через воронки Тульгрена. Часть экстрагированных животных была заключена в препараты с жидкостью Фора для дальнейшей идентификации по соответствующим определителям. Материал для анализа изотопного состава углерода и азота был отобран под бинокулярном с сортировкой по видам и высушен при 50 °С в течение трех суток. Сухие пробы взвешивали (весы Mettler Toledo MX5, точностью до 1 мкг) и заворачивали в оловянные капсулы. В каждую пробу входило от одной до 225 особей одного вида коллембол. Изотопный состав азота и углерода выражали в тысячных долях отклонения от международного стандарта, δ (‰): $\delta X_{\text{образец}} = (R_{\text{образец}} - R_{\text{стандарт}}) / R_{\text{стандарт}} \times 1000$, где X – это элемент (азот или углерод), а R – атомное отношение тяжелого и легкого изотопа в анализируемом образце и стандарте. Образцы были проанализированы относительно референсных газов (N₂ и CO₂). Всего за два года учетов отобрано 48 образцов подстилки, получено 10 192 экз. коллембол 22 видов. Таксоцен включает виды известных семейств региональной фауны. Наиболее разнообразны коллемболы отряда энтомобриоморфа (Entomobriomorpha), представленные семью видами изотомид (Isotomidae), и подуроморфа (Poduromorpha), представленные четырьмя видами неанурид (Neanuridae). В сообщество коллембол входят представители трех жизненных форм: поверхностно-обитающие, гемизафические, эузафические и двух биотопических групп: лесной и эвритопной. Около половины видового состава относится к мезофиллам. Для таксоцены коллембол сосняка брусничного характерно крайне неравномерное распределение общей численности по видам. Средняя плотность популяций разных видов отличается на несколько порядков и составляет около 9 тыс. экз./м² у *Isotomiella minor*, 5 тыс. экз./м² – у *Willemia anophthalma*, около 1 тыс. экз./м² – у *Megalothorax minimus* и *Friesea mirabilis*, сотни экземпляров на квадратный метр – у шести видов, десятки – у четырех и несколько земпляров на квадратный метр – у пяти видов. По суммарным данным на первые два вида приходится около 50% общей численности коллембол.

Девять видов коллембол оказались представлены достаточно массово для изотопного анализа. Были отобраны коллемболы разных

жизненных форм по классификации С.К. Стебаевой: поверхностно-обитающие *O. flavescence*, *D. hiemalis*, *L. lignorum*, *A. septentrionalis*, гемиэдафические *N. muscorum*, *P. notabilis* и ээдафические *I. minor*, *M. absoloni*, *W. anophthalma* виды. Диапазон величины $\delta^{13}\text{C}$ и $\delta^{15}\text{N}$ в телах коллембол (около 6 и 11‰ соответственно) позволяет предположить наличие в данном таксоценозе трех-четырех трофических уровней. Семь видов из девяти обнаружили четко выраженную трофическую специализацию, т.е. использование различных ресурсов одного трофического уровня. У двух видов коллембол – *N. muscorum* и *W. anophthalma* – диапазон величин $\delta^{15}\text{N}$ превысил 3‰, что указывает на неопределенную трофическую позицию данных видов. Анализ изотопного состава тканей животных показал, что коллемболы, которые получают углерод и азот из различных источников питания, имеют достоверно различный между группами изотопный состав тканей. Группа, включающая в себя хищников и микрофагов на плодовых телах микоризных грибов, наиболее обогащена $\delta^{13}\text{C}$ ($F_{2.62} = 32.07$; $p < 0.0001$) и $\delta^{15}\text{N}$ ($F_{2.62} = 42.38$; $p < 0.0001$) по сравнению с прочими коллемболами-микрофагами и коллемболами-фикофагами, диета которых состоит только из сапротрофных и микоризных грибов или грибов, лишайников, водорослей и живых тканей растений соответственно. Приуроченность коллембол к разным локусам почвенного профиля так же отразилась на изотопном составе тканей животных. Величины $\delta^{13}\text{C}$ и $\delta^{15}\text{N}$ достоверно ($F_{4.60} = 6.46$; $p < 0.001$ и $F_{4.60} = 8.54$; $p < 0.0001$ соответственно) варьируют в зависимости от жизненной формы коллембол, заселяющих разные слои подстилки и почвы. Анализ показал, что наиболее высокие значения содержания тяжелого углерода (максимальные значения $\delta^{13}\text{C}$) характерны для представителей верхнепочвенной и нижнеподстилочной жизненных форм. Максимальное содержание тяжелого изотопа азота (максимальные значения $\delta^{15}\text{N}$) отмечено у группы почвенных коллембол семейств *Isotomidae*, *Hypogastruridae* и *Onychiuridae*. Высокие значения $\delta^{15}\text{N}$, вероятно, указывают на потребление коллемболами почвенного гумуса (детрита), обогащенного тяжелым изотопом азота.

Изотопный анализ был проведен в Центре коллективного пользования при ИПЭЭ РАН.

Финансовое обеспечение исследований осуществлялось из средств федерального бюджета на выполнение государственного задания КарНЦ РАН (Институт леса).

УЧАСТИЕ МИКРОМИЦЕТОВ В БИОСИСТЕМНЫХ ПРОЦЕССАХ ГУМИФИКАЦИИ РАСТИТЕЛЬНЫХ ОСТАТКОВ В ПОЧВЕ И РАЗЛОЖЕНИИ ГУМУСОВЫХ ВЕЩЕСТВ

Свиридова О.В.¹, Воробьев Н.И.¹, Курчак О.Н.¹, Орлова О.В.¹,
Пищик В.Н.^{1,2}, Пухальский Я.В.¹, Коваленко Н.М.³

¹ ВНИИ сельскохозяйственной микробиологии, Санкт-Петербург
E-mail: osvirodova65@yandex.ru

² Агрофизический НИИ, Санкт-Петербург

E-mail: veronica-bio@rambler.ru

³ ВНИИ защиты растений, Санкт-Петербург

E-mail: nadyakov@mail.ru

Деструкция растительных остатков в почве осуществляется в присутствии кислорода многоступенчатым биохимическим превращением органических молекул в низкомолекулярные соединения ферментными системами грибов и бактерий. При этом особое значение имеет участие микромицетов на первых этапах деструкции, так как их мицелий способен проникать в клеточные структуры и обеспечивать непосредственный контакт бактерий и их ферментов с органическими молекулами растительных клеток изнутри. В многолетних вегетационных опытах (в 2013-2019 гг. на базе ВНИИСХМ) с ячменем сорта Северянин на дерново-подзолистой почве ($C_{\text{орг.}}$ 2.0%, $N_{\text{общ.}}$ 0.19%, $pH_{\text{сол.}}$ 5.6) изучали микробиологические процессы гумификации растительных остатков ячменя без применения и с применением биопрепарата Баркон (сложный целлюлозолитический комплекс из микромицетов *Penicillium chrysogenum* Thom. ОН 4 РСАМ 00741 и бактерий). Минеральные удобрения не применяли. Солому ячменя, измельченную в межвегетационный период, вносили в сосуды (3 кг почвы) осенью на глубину 0-3 см. По вариантам опыта определяли численность микромицетов и бактерий (протеолитических, амилотических, целлюлозолитических и азотфиксирующих) и агрохимические показатели ($C_{\text{орг.}}$, $N_{\text{общ.}}$, содержание белка в зерне, урожайные данные). Отмечено, что в контрольном варианте с соломой ячменя в почвенных образцах преобладали представители родов *Trichoderma*, *Fusarium* и в небольшом количестве *Penicillium*, а в варианте с соломой и при применении биопрепарата Баркон на среде Чапека обнаруживаются практически одни *Penicillium* с небольшой долей *Trichoderma*. Изучение схемы взаимодействия микромицетов и бактерий в составе биосистемы, формирующейся при гумификации растительных остатков, показало, что при этом микромицеты тесно взаимодействуют с целлюлозолитическими бактериями. В этом случае отмечается образование небольших количеств фульвокислот

в вариантах с внесением соломы, а при применении биопрепарата наблюдается и образование следовых количеств гуминовых кислот. Применение биопрепарата способствовало повышению урожая зерна ячменя в отдельные годы на 11-21%. В дальнейшем доминирующие виды микромицетов – деструкторов растительных остатков были выделены из дерново-подзолистой почвы. В лабораторных условиях были проведены опыты по изучению их способности к разложению гумусовых кислот. Результаты опыта показали использование ими гумусовых кислот (1 г/л) в качестве источника питания (за два месяца на среде Виноградского). При этом, по данным элементного анализа, активное использование азота гуминовых кислот происходило в присутствии микромицетов *Penicillium chrysogenum* (до 12%), *Fusarium oxysporum* (17%) и *Trichoderma viride* (23%). Разложение гумусовых веществ сопровождалось продуцированием ими активных пероксидаз, а внесение дополнительного источника минерального азота увеличивало активность пероксидазы и снижало активность полифенолоксидазы, участвующей в синтезе гумуса. Таким образом, только в составе организованной биосистемы из микромицетов и бактерий может происходить направленная трансформация растительных остатков в гумусовые вещества.

УДК 579.26:631.46

МЕТАГЕНЕТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ПОЧВ: ОТ ИДЕНТИФИКАЦИИ ГЕНОВ К ОЦЕНКЕ ПРОЦЕССОВ

Семенов М.В.^{1,2}, Поздняков Л.А.², Железова А.Д.^{1,2}, Ксенофонтова Н.А.^{1,2}

¹ Почвенный институт им. В.В. Докучаева, Москва

² Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Москва
E-mail: mikhail.v.semenov@gmail.com

Метагенетический анализ микробных сообществ, базирующихся на выделении тотальных микробной ДНК и РНК из почвы и последующей амплификации целевых генов, стал новым этапом в почвенно-экологических исследованиях. Метагенетический подход позволяет оценить широкий спектр микробиологических показателей почв на основе генетической информации: состав, разнообразие и численность микроорганизмов, а также их функциональных генов и транскриптов, ответственных за разнообразные микробиологические процессы в почве.

В выполненном исследовании была произведена попытка выявить связи между микробиологическими показателями почв, полученными на основе метагенетического анализа (разнообразие микробных сообществ и численность функциональных генов и транскриптов), и активностью (актуальной и потенциальной) ряда процессов, осу-

ществляемых микроорганизмами. Объектом исследований была серая лесная почва под естественной растительностью (лес, луг) и длительно используемая в земледелии (пашня без удобрений и с ежегодным внесением N180P180K180 или свежего навоза 50 т/га). Образцы почв для выявления сезонной изменчивости отбирали пять раз с апреля по октябрь. В отобранных образцах экстрагировали тотальную ДНК и рНК, определяли численность рибосомальных генов и транскриптов бактерий, архей и грибов, а также функциональных генов, ассоциированных с процессами цикла азота (*nifH*, *amoA*, *nirK*, *nirS*). Проводили 16S-метабаркодинг с целью идентификации тотальных (ДНК) и активных (рНК) прокариотных сообществ с последующим прогнозированием функционально-генетического профиля. Параллельно определяли углерод микробной биомассы, скорость базального дыхания, активность азотфиксации (потенциальную) и денитрификации (потенциальную и актуальную).

Распределение численности копий рибосомальных генов и транскриптов прокариот коррелировало как с углеродом микробной биомассы, так и с базальным дыханием. Связь между количеством *nifH* генов и активностью азотфиксации была недостоверной. При систематическом внесении минеральных удобрений, несмотря на значительное присутствие *nifH* генов в почве, потенциальная активность азотфиксации полностью ингибировалась. Между количеством копий генов *nifH* и суммой рибосомальных генов архей и бактерий найдена прямая линейная зависимость, указывающая, что функциональные гены являются в основном функцией общей микробной биомассы. Количество генов *nifH* было более чувствительно к систематическому внесению азота, чем количество 16S ррНК. Это означает, что численность функциональных генов может быть индикатором общих изменений в микробной системе, проявляющихся на больших временных промежутках.

Подобная закономерность проявлялась и при исследовании денитрификации. В большинстве случаев более высоким значениям численности копий генов *nirK* и *nirS* соответствовали наименьшие величины потенциальной и актуальной денитрификации. Из-за большого количества содержащихся в почве нитратов денитрификация была наиболее интенсивной в варианте с NPK, в почве которого обнаруживались наименьшие значения численности *nirK* и *nirS* генов и транскриптов. В почве лесной экосистемы содержание микробной биомассы, численность рибосомальных и соответственно функциональных генов были наибольшими, однако активность денитрификации при этом была наименьшей.

Таким образом, количество копий генов *nifH*, *nirK* и *nirS* свидетельствует о наличии в почве микроорганизмов с азотфиксирующей и денитрифицирующей способностью. Однако, будет ли развиваться

азотфиксация и денитрификация в почве или не будет, зависит от сопутствующих факторов, в том числе от содержания в почве минеральных форм азота. Поэтому количественная оценка процессов азотфиксации и денитрификации в почве должна предусматривать не только определение количества копий функциональных генов, но и другие способы измерения этих процессов.

Работа выполнена при поддержке РФФИ, проект № 19-04-00315.

УДК 631.87; 631.461; 631.559

ПРИМЕНЕНИЕ ВЕРМИКОМПОСТОВ В КРАСНОЯРСКОЙ ЛЕСОСТЕПИ

Сенкевич О.В.

Новосибирский государственный педагогический университет, Новосибирск
E-mail: senk-olesya@mail.ru

В зависимости от состава перерабатываемых отходов вермифтехнология имеет свои особенности. В Красноярском крае наиболее актуально утилизировать крупнотоннажные отходы деревообрабатывающей промышленности (кору, гидролизный лигнин, опилки), которые образуются на всех стадиях лесозаготовительного, деревообрабатывающего и целлюлозно-бумажного производства, и птичий помет, являющийся отходом 3 класса опасности, накапливаемым многочисленными птицефабриками края. Рациональный смысл приготовления удобрений на основе указанных выше отходов производства заключается не только в утилизации, но и в их взаимодополняемости по мелиоративным и удобрительным качествам. Чайно-кофейные отходы также являются подходящим материалом для получения биоудобрений. Вермикомпостирование этих субстратов в условиях Красноярского края рассматривается в качестве нового направления исследований, ориентированного на снижение риска неконтролируемого распространения отходов и конструирование новых видов биоудобрений с заданными свойствами.

Цель исследования – оценить действие новых видов вермикомпоста на агрохимические показатели преобладающих почв Красноярской лесостепи и урожайность полевых культур.

Вермикомпосты, произведенные из птичьего помета в смеси с отходами деревообрабатывающей промышленности, и отходы предприятий общественного питания отличаются по агрохимическим показателям: по высокой обеспеченности нитратным азотом, подвижным фосфором и обменным калием выделяются вермикомпосты, полученные на основе птичьего помета и отходов деревообработки, а по количеству аммонийного азота лидирует вермикомпост, приготовленный из чайно-кофейного субстрата.

Эффективность вермикомпоста как удобрения зависит в большей степени не от общей численности микроорганизмов, а от их активности, выражающейся через коэффициенты минерализации и олиготрофности, которые наибольшими были в вермикомпостах на основе коры и птичьего помета и чайно-кофейного субстрата. Выявлена статистически значимая отрицательная связь между величиной коэффициента минерализации и содержанием общего фосфора в вермикомпостах.

Наиболее высокую активность протеазы обнаружили в вермикомпостах на основе опилок и птичьего помета, а также чайно-кофейного субстрата, связанную со значительным количеством аммонийного азота в них. Вермикомпосты обладали средней уреазной активностью, способствующей ускорению трансформации органического вещества. По активности инвертазы и фосфатазы значительно выделялся вермикомпост на основе чайно-кофейных отходов за счет деятельности содержащихся в нем грибов и бактерий.

Окислительно-восстановительные ферменты показывают новообразование гумусовых веществ. Наибольший коэффициент гумификации (3.1) зафиксирован в свежеприготовленном вермикомпосте из птичьего помета и опилок. Хранение этого же вермикомпоста более года приводило к снижению показателя до 0.3. Наиболее высокая активность каталазы отмечена в вермикомпостах, произведенных из коры и птичьего помета и из чайно-кофейных отходов.

Под действием вермикомпостов в почвах происходило достоверное повышение содержания гумуса и его подвижных форм, обменного калия и подвижного фосфора, зависящее от доз внесения. Повышение содержания гумуса в агрочерноземе на 0.17% под действием 5 т/га вермикомпоста обеспечило прирост урожайности пшеницы на 5.7 ц/га к контролю. На показатели эффективного плодородия агросерой почвы наибольшее положительное влияние оказал вермикомпост из пищевых отходов. Дискриминантный анализ выявил значимые отличия между вермикомпостом на основе чайно-кофейного субстрата, с одной стороны, и остальными видами биоудобрений – с другой. Значимыми агрохимическими показателями для разделения вариантов являлись углерод гумуса, подвижный фосфор и обменный калий.

На агрочерноземе оптимальной дозой внесения вермикомпоста под яровую пшеницу является 5 т/га, а на агросерой почве под яровую пшеницу, рапс и гречиху – 6 т/га. Разные дозы внесения этих удобрений обусловлены типом почвы и химическим составом отходов производств, используемых для их подготовки. Изученные вермикомпосты не загрязняют преобладающие почвы Красноярской лесостепи и способствуют снижению количества в них подвижных форм никеля, хрома, а также меди до значений в пределах высокого класса обеспеченности.

УДК 628.3+631.4+631.6

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПИРОЛИЗОВАННОГО ОСАДКА СТОЧНЫХ ВОД В КАЧЕСТВЕ ПОЧВЕННОГО МЕЛИОРАНТА

Стрижакова Е.Р., Васильева Г.К., Остроумов В.Е.

Институт физико-химических и биологических проблем почвоведения РАН,
Пушино
E-mail: selenar@ Rambler.ru

Одна из основных проблем крупных городов – это утилизация образующегося осадка сточных вод (ОСВ), темпы образования и объемы которого увеличиваются с каждым годом. В индустриально развитых странах на каждого жителя приходится около 20 кг ОСВ в год в пересчете на сухой вес (с.в.). В России ежегодное производство ОСВ оценивается в 2.5 млн. т с.в. Пиролитическая обработка ОСВ позволяет одновременно обезвредить его от наличия патогенной микрофлоры и гельминтов, а также избавиться от органических поллютантов. Образующийся при этом продукт (биококкс) содержит значительное количество важных биофильных элементов, необходимых для растений.

В последнее время все большую популярность приобретает идея использования биококкса в качестве почвенного мелиоранта. Имеются первые исследования, свидетельствующие о положительном влиянии биочаров различного происхождения и в частности биококкса, на агрохимические свойства почв и их плодородие. Однако в том случае, если сырьем служит ОСВ, остается вероятность накопления тяжелых металлов (ТМ) в почве и растениях. Темой данного доклада является обсуждение результатов исследований по изучению влияния биококкса на свойства почв трех типов (серая лесная, аллювиально-луговая и глинистая из подстилающего горизонта) и рост газонных трав, а также возможность накопления в них тяжелых металлов. В экспериментах использовали биококкс (БК) компании «Активил», полученный путем пиролиза ОСВ при температуре 700 °С. Его элементный состав: 35% С, 2% N, 15% P₂O₅, 8.5% CaO, 2.7% MgO, 1.3% Al₂O₃, 4.6% Fe₂O₃, а общее содержание ТМ (преимущественно Zn > Cu > Cr > Pb > Mn > Cu) <0.35%. Образцы почв (1 кг) с добавками 1, 2, 5 или 10 масс.% дробленого БК инкубировали в вегетационных сосудах в течение семи суток, затем засевали семенами райграса (*Lolium perenne*) (0.3 г/сосуд) и выращивали растения в течение 4 мес. в условиях оранжереи. В бедных азотом серой лесной и глинистой почвах растения периодически подкармливали мочевиной, а также проводили трехкратное скашивание (через 1, 2 и 4 мес.), а в конце эксперимента их удаляли и анализировали. В ходе эксперимента

определяли агрохимические свойства почв, содержание в них подвижных форм ТМ, а в растениях – их суммарное содержание.

Полученные результаты показали, что БК положительно влияет на агрохимические характеристики почв, в частности, снижает их кислотность, повышает емкость катионного обмена и влагоемкость почв. Кроме того, он является хорошим источником биогенных элементов, особенно фосфора и в меньшей степени калия. Например, для создания высокого уровня обеспеченности почвы фосфором достаточно внести 0.5% БК (т.е. 1 кг/м²), что обеспечивает увеличение фитомассы в 1.5-2 раза. При внесении БК содержание подвижных форм ТМ во всех почвах, а также содержание ТМ в фитомассе райграса практически не менялось. Только при максимальной дозе БК (10%) наблюдалось некоторое повышение содержания ТМ (Zn > Ni > Mn > Cu) в корнях райграса – в 1.5-2 раза по сравнению с фоном. Полученные результаты, а также низкая себестоимость БК (2 руб./кг) указывают на перспективность его применения для повышения плодородия почв.

Таким образом, использование БК в качестве почвенного мелиоранта позволит одновременно решить несколько глобальных задач: возместить все возрастающий недостаток в фосфорных удобрениях, снизить площади полигонов для захоронения ОСВ, а также решить проблему фиксации парникового газа CO₂.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ-мк № 19-29-05265 и договора с компанией «Активил».

УДК 579.26

ДЫХАТЕЛЬНАЯ АКТИВНОСТЬ ПОЧВ АНТРОПОГЕННО ТРАНСФОРМИРОВАННЫХ ЭКОСИСТЕМ

Сыщиков Д.В.

Донецкий ботанический сад, Донецк

E-mail: 2007dmitry@rambler.ru

Дыхание почвы – один из ключевых компонентов цикла углерода, поэтому закономерен интерес к изучению его изменений под действием различных экологических факторов. Интенсивность дыхания относится к лабильным признакам, но в то же время тесно связана с суммарной биологической активностью и является информативным показателем устойчивости системы микробного пула, изменения скоростей процессов в сезонной динамике, а также загрязнения почв, что позволяет определить экологическое состояние почв и установить перечень мероприятий по их эффективной рекультивации.

Исследования проводились на мониторинговых участках, расположенных в южной части Донецко-Макеевской промышленной агломерации. Отбор почвенных образцов проводили по почвенным горизонтам. Определение интенсивности базального «дыхания» почвы проводили по методу Галстяна, субстрат-индуцированного – с внесением в пробу почвы раствора глюкозы из расчета 10 мг глюкозы/г почвы. Коэффициент микробного дыхания (Q_r) – определяли по отношению $V_{\text{basal}}/V_{\text{sir}}$.

При определении респираторной активности микроорганизмов весной установлено, что чернозем обыкновенный характеризовался средней степенью биологической активности, оцененной по интенсивности базального дыхания (18 мг CO_2 /100 г почвы за сутки), несколько снижающегося в нижележащих почвенных горизонтах, что связано с уменьшением количества микроорганизмов в физиологически активном состоянии. Почвы отвалных экосистем по значениям данного показателя существенно уступали контролю (снижение на 43-74%), а на остальных мониторинговых участках отмечалось приближение значений интенсивности базального дыхания к контрольному уровню. Согласно значениям рассчитанного коэффициента микробного дыхания, степень нарушения устойчивости микробного сообщества почвы для чернозема обыкновенного, гидроморфного солончака и примитивных неразвитых почв на песчанике либо отсутствует, либо слабая ($Q_r = 0.14-0.3$). Наряду с этим для почв отвала нарушение устойчивости микробоценоза было более выраженным, доходя до средней степени ($Q_r = 0.35-0.47$), причем наиболее выраженными отмеченные нарушения были в примитивных неразвитых фрагментарных почвах, и вероятнее всего, снижение функциональной активности микробного сообщества зависит от неразвитости растительного покрова.

Исследование интенсивности субстрат-индуцированного дыхания показало аналогичный характер распределения значений, однако количество потенциально активных микроорганизмов нарушенных почв было значительно ниже контроля. Скорее всего, полученные данные свидетельствуют о напряженности негативных экологических факторов, вызывающих снижение потенциальной активности микробного сообщества почвы. Биомасса микроорганизмов почв антропогенно трансформированных экосистем также была меньшей, чем в черноземе обыкновенном, что свидетельствует о медленной скорости восстановления почвенного покрова.

Как актуальная, так и потенциальная функциональная активность микробоценоза почв мониторинговых участков летом снизилась по сравнению с предыдущим этапом исследований вследствие низкой влажности почвы, обусловленной высокими температурными значениями и малым уровнем атмосферных осадков. Однако отмеченные изменения практически не оказали влияния на характер распределе-

ния исследуемых показателей по сравнению с контролем, а степень нарушения устойчивости микробного сообщества возросла до «высокой» только в примитивных неразвитых фрагментарных почвах. Наименее подверженными негативному влиянию были микробные сообщества примитивных неразвитых почв на песчанике, в генетических горизонтах которых значения субстрат-индуцированного дыхания снижались на 16-39% по сравнению с контролем, а для базального не было отмечено статистически достоверных отличий.

Осенью отмечено постепенное восстановление как актуального, так и потенциального функционального состояния сообществ микроорганизмов в почвах исследованных участков, поскольку не только интенсивность микробного дыхания, но и продуцирование микробной биомассы приближались к значениям, зафиксированным весной. Указанная тенденция характерна в большей степени для зональных и интразональных почв, тогда как в почвах антропогенно трансформированных экосистем интенсивность восстановления показателей биологической активности была более низкой.

УДК502.7+631.6.02

ПРОБЛЕМЫ БИОРАЗНООБРАЗИЯ В РЕГИОНЕ ЮЖНОГО УРАЛА В СВЯЗИ С АНТРОПОГЕНЕЗОМ ПОЧВ

Хазиев Ф.Х., Новоселова Е.И.

Институт биологии УФИС РАН, Уфа

E-mail: bashbal@mail.ru

Башкирский государственный университет, Уфа

E-mail: novoselova58@mail.ru

В работе рассматриваются вопросы формирования, сохранения, восстановления и поддержания биоразнообразия в регионе Южного Урала, характеризующегося сложным сочетанием природных комплексов, включающих горные, лесные, лесостепные и степные ландшафты, и сильное влияние на природные комплексы антропогенных факторов в связи с мощным развитием здесь аграрных и промышленных секторов экономики. Кроме того, в создании природного разнообразия здесь большую роль играет экотонный эффект – проникновение и наложение друг на друга Восточноевропейских и Западносибирских ландшафтов на границе Евразии с соответствующим им биологическим и почвенным разнообразием. В связи с этим проблемы сохранения и поддержания биоразнообразия здесь представляют собой очень важную и в то же время сложную задачу. В соответствии с концепцией об эволюционно-экологической обусловленности функционирования системы «разнообразие почв–биоразнообразие» проанализировано влияние антропогенеза почв как доминирующего фактора современного

почвообразовательного процесса в регионе на состояние биоценозов и их трансформацию в различных экосистемах – лесных, естественно-луговых, степных, аграрных и индустриально преобразованных.

В целом установлено, что антропогенез обуславливает преимущественно деградационный тренд динамики свойств почв и в связи с этим ухудшение условий жизнедеятельности почвенных организмов и растений, а также и физическое уничтожение, что приводит к сокращению их обилия и разнообразия. В аграрноиспользуемых ландшафтах, где разрушен естественный растительный покров с его разнообразием видов, сообществ и популяций, высокая распаханность (до 60-80%), нарушена структура земельных угодий, создаются монотонные агроландшафты с бедным биоразнообразием агроценозов, изменяется микробиологическая структура почвы. Этому способствуют ухудшение свойств почвы, развитие эрозии (более 60% сельхозугодий эродировано), отрицательное влияние различных видов мелиорации, пастбищная дигрессия почв и растительности в аграрных ландшафтах, особенно в Зауралье, малая доля лесов в агроэкосистемах. В результате этого агроландшафты неустойчивы к действию деградирующих факторов. Экологически устойчивы агроэкосистемы, имеющие высокое биоразнообразие, что достигается оптимизацией структуры агроэкосистем в соответствии с нормами агроэкологического императива, возделыванием поликультур, освоением севооборотов. Более 40% территории Башкирии покрыто лесами. Широко развитая здесь лесозаготовительная промышленность вносит существенную деструкцию в природные комплексы в связи с разрушением их почвенного покрова и биоразнообразия.

Существенным фактором деградации природных комплексов в регионе является широко развитая нефтяная и горно-рудная промышленность. В процессе добычи и транспортировки нефти как в результате механического разрушения почвенного и растительного покровов (вокруг буровых скважин, широкая сеть трубопроводов), так и загрязнения почв нефтью, нефтепродуктами и промысловыми растворами происходит сопряженное разрушение установившихся равновесных экологических и вещественно-энергетических связей между почвой и почвенными организмами и растениями, обеспечивающими поддержание биоразнообразия. В районах размещения предприятий горно-рудной и металлургической промышленности, которые находятся преимущественно в Зауралье, включая районы влияния Челябинского и Магнитогорского металлургических комбинатов, происходит разрушение почвенного покрова и растительности как в результате механического уничтожения их при открытом способе добычи полезных ископаемых, образования при этом больших площадей горных отвалов, так и загрязнения отходами, содержащими губительные для живых организмов тяжелые металлы.

В регионе развиты также и другие факторы антропогенеза почв, почвенных организмов и растительности. В рамках различных проектов проведены комплексные исследования связи биоразнообразия со свойствами почв на антропогенных ландшафтах и определены основные направления сохранения биоразнообразия на основе экосистемного подхода, включающего сохранение и почвы как основного экосистемообразующего компонента.

УДК 631.465

ДИНАМИКА ОКИСЛИТЕЛЬНО-ВОССТАНОВИТЕЛЬНЫХ ФЕРМЕНТОВ ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ ПОЧВЫ РАЗНОЙ СТЕПЕНИ ОКУЛЬТУРЕННОСТИ

**Хомяков Ю.В., Ткачева А.Ю., Вертебный В.Е., Гурова Т.А., Конончук П.Ю.,
Дубовицкая В.И.**

Агрофизический НИИ, Санкт-Петербург
E-mail: himlabafi@yandex.ru

Одними из ведущих процессов почвообразования являются окислительные и восстановительные реакции, протекающие в почве сопряженно. Большая часть окислительно-восстановительных реакций в почвах имеет биохимическую природу и обусловлена деятельностью окислительно-восстановительных ферментов. Ферментативная активность почвы – способность почвы проявлять каталитическое воздействие на процессы превращения экзогенных и эндогенных органических и минеральных соединений благодаря имеющимся в ней ферментам как в связанном, так и в свободном состоянии. Ферменты оксидредуктазной группы (окислительно-восстановительные) осуществляют основные биогеоценотические функции в наземных экосистемах, а именно, катализацию биохимических реакций обмена вещества и энергии, служащей источником элементов питания для биоценотических компонентов экосистемы и обеспечивающей биоразнообразие. Основными ферментами данной группы являются каталазы, расщепляющие перекись водорода, и пероксидазы, использующие перекиси для окисления различных соединений.

Целью исследования являлась оценка динамики активности каталазы и пероксидазы в дерново-подзолистой почве разной степени окультуренности. Объектом исследования являлась дерново-подзолистая супесчаная почва из вариантов многолетнего Агрофизического стационара, заложенного в 2003 г. и расположенного на полигоне Меньковской опытной станции (Гатчинский район, Ленинградская область). Исследования проводили на парцеллах со средней (СОК) и высокой (ВОК) степенью окультуренности почвы. В опыте возделывалась викоовсяная смесь (вика посевная яровая сорта Львовский и овес

яровой сорта Боррус). Активность каталазы определялась методом перманганатометрии (по Джонсону и Темпле) титрованием 0.1 н раствором KMnO_4 , активность пероксидазы – фотоколориметрическим методом (по Галстяну, 1968). В ходе вегетации было установлено, что динамика каталазной активности в изучаемых образцах почвы, как СОК, так и ВОК, характеризовалась ее увеличением от начала вегетационного периода до второй декады июня с дальнейшим снижением к середине вегетации и возрастанием к концу. Наибольшая разница в активности фермента наблюдается в конце мая–начале июня. Так, активность каталазы в почве с ВОК достигала 570 мкМ $\text{H}_2\text{O}_2/\text{г}$ почвы в час, тогда как в почве СОК 400 мкМ $\text{H}_2\text{O}_2/\text{г}$ почвы в час. К середине вегетации различия в активности фермента в почвах разной степени были менее выражены, однако уже к середине августа наблюдалось достоверное увеличение активности каталазы в почве ВОК. Изменение активности каталазы напрямую связано с гидротермическими условиями в течение вегетации 2019 г. Снижение и относительное выравнивание активности каталазы на вариантах с почвой ВОК и СОК наблюдалось в конце июня–в первой половине июля, когда зафиксирована минимальная влажность почвы. Активность пероксидазы в меньшей степени зависела от степени окультуренности почвы, чем активность каталазы. Наблюдалась общая тенденция увеличения активности фермента во всех вариантах опыта в засушливый период (конец июня–начало июля 2019 г.) и значительное снижение в переувлажненный период (конец июля–начало августа 2019 г.).

УДК 631.445

ИЗМЕНЧИВОСТЬ ПОЧВЕННОГО МИКРОБИОМА ВО ВРЕМЕНИ

Чернов Т.И., Железова А.Д., Семенов М.В.

Почвенный институт им. В.В. Докучаева РАН, Москва

E-mail: chern-off@mail.ru

Динамика почвенных микробных сообществ имеет разную природу и силу на разных отрезках времени. В данной работе обобщены различные механизмы временной изменчивости микробных сообществ почвы – от краткосрочных до многолетних.

Наиболее быстрые изменения микробных сообществ в почве выражаются в изменении метаболической активности, интенсивности роста и соотношении вегетативных и покоящихся форм. Резкое повышение метаболической активности наблюдается в так называемых «горячих точках» (hotspots), которые обычно представляют собой локусы повышенного содержания органического вещества. Также к сильным изменениям может приводить резкая засуха, увлажнение сухой или оттаивание замерзшей почвы.

Сезонная динамика почвенных микробиомов является результатом изменения температуры и влажности почвы, а также поступления доступных органических соединений от корней растений в течение года. Активность микроорганизмов в течение года изменяется в несколько раз. Динамика общей биомассы микроорганизмов в зависимости от типа почвы и климата может оцениваться как незначительная, изменяться в течение года в 2-4 раза или на порядок и более. Влияние сезонных различий на численность и таксономический состав микроорганизмов может быть более значимым, чем влияние состава растительности, сельскохозяйственного использования и пространственной неоднородности почвы, что необходимо учитывать при сравнительном анализе микробных сообществ географически удаленных почв.

Многолетние изменения почвенных микробных сообществ изучаются в рамках длительных почвенно-экологических процессов: первичного почвообразования или рекультивации почвы после различных нарушений, смены растительных ассоциаций, долгосрочного антропогенного влияния или изменения климата. Основными факторами динамики микробного разнообразия в процессе почвообразования являются изменения pH, растительного покрова и содержания органического вещества. Общая численность и биомасса микроорганизмов в процессе почвообразования увеличиваются, а разнообразие может практически не меняться или даже уменьшаться в процессе почвообразования. Состав и активность растений и содержание органического вещества являются, по всей видимости, основными факторами динамики микроорганизмов в разных временных диапазонах.

Работа выполнена при поддержке РФФ (проект № 17-16-01057) и РФФИ (проект № 18-34-00114).

УДК 631.466.1

**ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ
МЕТОДА ИММУНОФЕРМЕНТНОГО АНАЛИЗА
В ОПРЕДЕЛЕНИИ ПРИСУТСТВИЯ В ПОЧВАХ
ПРЕДСТАВИТЕЛЕЙ РОДОВ *ASPERGILLUS* И *FUSARIUM***

Шутова А.С.¹, Иванова А.Е.^{1,2}, Лебедин Ю.С.³

¹ Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Москва
E-mail: anastasya.shutova@list.ru

² Институт проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова РАН, Москва
E-mail: ivanovaane@gmail.com

³ ООО «ХЕМА», Москва
E-mail: lebedin@xema-medica.com

Для оценки качества окружающей среды необходимо иметь представление об уровнях содержания определенных экологически значимых видов грибов, накопление которых может оказывать

неблагоприятное воздействие на живые организмы. К таким группам грибов относятся представители родов *Aspergillus* и *Fusarium*, которые могут выступать возбудителями ряда заболеваний растений и животных как сами, так и при образовании ими вторичных метаболитов, в том числе токсинов, накапливающихся в среде обитания, продуктах питания и переработки. Многие представители этих родов известны как потенциально патогенные для человека. Поэтому при мониторинге среды обитания важно располагать рядом быстрых и информативных способов получения информации о присутствии этих групп грибов. Таким экспресс-методом может являться иммуноферментный анализ (ИФА). Он используется в различных сферах медицины, сельского хозяйства, пищевой и микробиологической промышленности для исследования присутствия микотоксинов. Однако в настоящее время в связи с глобальной урбанизацией возрастает необходимость определять наличие не только микотоксинов, но и самих грибов в грунтах, используемых при создании городских ландшафтов, а также непосредственно в городских почвах.

Нашей целью являлась разработка методики проведения почвенных анализов на основе иммуноферментного анализа для быстрого получения информации о наличии и уровнях присутствия микромицетов родов *Aspergillus* и *Fusarium* в почвенных условиях. Были использованы два вида ИФА: двухсайтовый сэндвич-метод и конкурентный.

В итоге показано, что имеющиеся коммерческие тест-наборы ИФА производства ООО «ХЕМА» могут быть успешно использованы для определения присутствия в почвенных условиях видов грибов *Aspergillus fumigatus*, *A. niger*, *Fusarium poae*, *F. solani*. Однако необходимо осуществлять подготовку почвенных образцов. Перед проведением экспресс-анализа рекомендуется исследуемую почву увлажнять и выдерживать определенное время. Объем пробы должен составлять не менее 5 г. Показано, что разные способы хранения почвенных образцов, а именно замораживание и высушивание, на количество присутствующих в образце антигенов видов значительно не влияют. Тест-системы на различные антигены *Aspergillus fumigatus* в почве имели неодинаковую чувствительность. Для определения вида *Aspergillus flavus* в почве имеющиеся тест-системы не подошли.

Апробацию методики осуществляли в модельных системах. Дальнейшее применение метода ИФА для оценки присутствия вида *Aspergillus fumigatus* и представителей рода *Fusarium* в образцах городских почв на территории г. Москвы показало достоверность анализа, что было подтверждено данными о наличии и уровнях обилия этих видов в составе сообществ почвенных грибов, полученными традиционным методом посева почвенных разведений. Открытым остается вопрос о пороговых уровнях определения грибов для почвенных условий, так как содержание исследуемых антигенов грибов в почве является невысоким, хоть и детектируемым.

УДК 631.46

БИОЛОГИЧЕСКАЯ ДИАГНОСТИКА АНТРОПОГЕННЫХ НАРУШЕНИЙ ЛЕСНЫХ ПОЧВ ЗАПАДНОГО КАВКАЗА

Шхапацев А.К.¹, Солдатов В.П.², Казеев К.Ш.²

¹ Майкопский государственный технологический университет, Майкоп
E-mail: f_agr_technolog@mkgtu.ru

² Южный федеральный университет, Ростов-на-Дону
E-mail: kamil_kazeev@mail.ru

Леса Кавказа являются важными резерватами биологического разнообразия, требующими дополнительных исследований и особой охраны. Лесные экосистемы и почвенный покров здесь повреждаются в результате антропогенного воздействия, особенно при вырубках леса и пожарах. Общая площадь территории вырубок в Краснодарском крае составляет более 5500 км², что составляет до 38% всей площади лесов в этом регионе.

Целью исследований, проведенных в 2010-2019 гг., были мониторинговые наблюдения эволюции лесных почв среднегорий Западного Кавказа, поврежденных в результате сведения лесов и пожаров. Исследовали несколько участков, расположенных на разной высоте местности, на разных почвах и под разными лесами. Основные почвы исследуемой территории – дерново-карбонатные (карболитоземы темные, *Leptosols Rendzic*), буроземы кислые и серые лесные почвы.

Дерново-карбонатные почвы в нескольких километрах от пос. Гузерипль (Адыгея) на высотах 1200-1600 м над ур.м. имеют некоторые отличия от зональных почв, в том числе и биологических параметров благодаря наличию карбонатов кальция в почвенном профиле. Комплексные исследования наряду с исследованиями сукцессий флоры включали исследования биологических свойств почв: почвенных микроорганизмов, интенсивности выделения углекислого газа, активности каталазы, дегидрогеназ, инвертазы, фосфатазы, уреазы и других параметров. Для определения причинно-следственных связей определяли температуру, влажность и плотность почв, реакцию среды, содержание общего и активного углерода и другие свойства почв. На исследуемых мониторинговых площадках были отобраны образцы почв из мест с разной степенью нарушения почвенного покрова. Их выявили по глубине скальпирования почвы, степени ее перемешивания и погребения в результате работы тяжелой техники при вырубке и трелевке леса. Исследовали участки со слабым, средним, сильным и очень сильным уровнем нарушения почвы в сравнении с контрольными участками леса. Постпирогенные почвы, исследованные в работе, характеризовались разным возрастом после пожаров. Биологическая диагностика почв на вырубленных участках в Республике Адыгея

показала значительные различия между дерново-карбонатными почвами с разной степенью нарушения. Почвы контрольных участков под пихтово-буковыми лесами характеризуются кислой реакцией среды и высокими показателями биологических свойств в поверхностном горизонте. Уже через три года после сведения леса разнообразие флоры на периферии нарушенных участков повышается практически вдвое относительно контрольных участков леса. На участках с большей степенью повреждения почвенно-растительного покрова восстановление разнообразия флоры происходит медленнее. Почвы на сильно нарушенных участках характеризуются значительным снижением активности ферментов, особенно β -фруктофуранозидазы (инвертазы). Через восемь лет после сведения леса снижение активности этого фермента составляло 84-91% по сравнению с контрольными значениями в лесу. На участке слабого нарушения, наоборот, было зафиксировано значительное повышение активности инвертазы – на 51-73%. Это связано с интенсивным развитием на слабонарушенных участках высокотравной луговой травянистой растительности после сведения леса, что приводит к образованию мощного органомогенного слоя из растительных остатков на поверхности почвы и повышению содержания органического углерода в почве. Аналогичные результаты получены и на других мониторинговых участках в лесной зоне Западного Кавказа с вырубками и пожарами разного возраста. Установлено, что в результате повреждения лесного покрова скорость и направленность биологических процессов в нарушенных почвах Западного Кавказа зависят в первую очередь от степени повреждения почвенно-растительного покрова, а также от генезиса и свойств почв, рельефа, почвообразующих пород и ряда других факторов.

УДК 579.262

**ВЛИЯНИЕ АССОЦИАТИВНОГО ШТАММА
AGROBACTERIUM TUMEFACIENS 32
НА БИОЛОГИЧЕСКУЮ АКТИВНОСТЬ ПОЧВЫ РИСОВНИКОВ**

**Якубовская А.И.¹, Каменева И.А.¹, Гритчин М.В.¹, Пухальский Я.В.^{2,3},
Горелова В.В.¹, Славинская А.В.⁴**

¹ НИИ сельского хозяйства Крыма, Симферополь

E-mail: yakubovskaya_alla@mail.ru

² ВНИИ сельскохозяйственной микробиологии, Санкт-Петербург

E-mail: puhalskyan@gmail.com

³ ООО НПО «БиоЭкоТех», Санкт-Петербург

E-mail: puhalskyan@gmail.com

⁴ Крымский федеральный университет им. В.И. Вернадского, Симферополь

Инокуляция семян штаммами, имеющими комплекс полезных для растений свойств и обладающими высокой степенью ассоциативности к *Oryza sativa* L., повышает продуктивность растений и способствует

активизации микробиологических процессов в ризосфере. Применив оригинальный методический подход по выделению и изучению ассоциативных бактерий, где селективным фактором выступает корень конкретного вида растений, выделен штамм *Agrobacterium tumefaciens* 32, ассоциативный с *Oryza sativa* L.

Цель работы – исследовать влияние ассоциативного с растениями риса штамма *A. tumefaciens* 32 на показатели биологической активности почвы в ризосфере растений.

Биологическую активность ризосферы риса изучали в условиях полевого опыта на лугово-каштановой почве в рисовых чеках (ООО «Осавиахим», Краснопереконский район, Республика Крым). Семена перед посевом инокулировали суспензией штамма *A. tumefaciens* 32 из расчета 2% от массы семян. Инокуляционная нагрузка составляла 550 тыс. клеток на семя. Контрольные семена обрабатывали водой. Образцы почвы отбирали в физиологически активные фазы роста (кущение, цветение, созревание) и определяли эмиссию диоксида углерода, каталазную активность.

Результаты исследований показали, что предпосевная инокуляция семян штаммом способствовала повышению выделения диоксида углерода в ризосфере риса в фазу кущения на 33%, в фазу цветения и созревания – на 20% относительно контроля. Респирация почвы имеет прямую зависимость от численности микроорганизмов и их активной деятельности.

Отмечено повышение уровня каталазной активности почвы ризосферы риса по трем исследуемым фазам развития растений, что говорит о снижении уровня пероксида водорода в ризосфере, следовательно, токсичности. В фазу кущения уровень каталазы превышал показатель контроля в 1.5 раза, цветения – 2.3 раза, созревания – 1.7 раза.

Таким образом, показано положительное влияние инокуляции семян перед посевом штаммом бактерий *A. tumefaciens* 32, способствующее повышению респирации почвы ризосферы на 20-33% и каталазной активности почвы в 1.5-2.3 раза. Обработка семян штаммом, обладающим высокой степенью ассоциативности к растениям, – экологичный прием активации микробиологических процессов в ризосфере.

УДК 631.427+591.9

ТРАНСФОРМАЦИЯ ЗООМИКРОБИАЛЬНОГО КОМПЛЕКСА В КАШТАНОВЫХ ПОЧВАХ ЮЖНОЙ ТЫВЫ ПОД ВЛИЯНИЕМ ЗАСОЛЕНИЯ

Якутин М.В., Андриевский В.С.

Институт почвоведения и агрохимии СО РАН, Новосибирск

E-mail: andrievskii@issa-siberia.ru; yakutin@issa-siberia.ru

Засоленные почвы на протяжении длительного времени вызывают серьезный интерес почвенных зоологов и микробиологов, но комплексные исследования сообществ почвообитающих животных и микроорганизмов в условиях засоления единичны. Основой деструкционного звена биологического круговорота в подземном блоке наземных экосистем являются почвенные микроорганизмы (они осуществляют минерализацию примерно 90% органического вещества в почве, остальные 10% минерализуются почвенной фауной или химическим путем). Одной из важнейших групп почвообитающих животных являются микроартроподы. Среди них доминируют две таксономические группы: коллемболы и панцирные клещи (*Oribatida*). Их численность в некоторых почвах достигает сотен и даже миллионов экземпляров на квадратный метр. Так же, как микроорганизмы, панцирные клещи являются важным агентом разложения органического вещества в почве. Им принадлежит исключительная роль в регуляции процесса деструкции растительных остатков.

Данное исследование проведено в Убсунурской котловине. Сухие степи на каштановых почвах являются основой ландшафта в межгорных котловинах Южной Тывы. Каштановые почвы формируются на подгорно-пролювиальных равнинах, широковолнистых равнинных территориях, древних озерных и речных террасах. На относительно пониженных участках в более увлажненных условиях под чиевыми лугами в зоне каштановых почв формируются лугово-каштановые почвы. Приречные и приозерные пространства в подзоне сухих степей часто заняты сообществами галофитов на солончаках. Для аридных ландшафтов вообще характерны переходы от автоморфных каштановых почв к лугово-каштановым и луговым почвам и солончакам. В качестве объектов исследования были выбраны четыре участка, находящиеся на одной катене на останцовой равнине хребта Сангилен. В нижней части подгорной равнины находится небольшое периодически пересыхающее соленое озеро. Почвенный покров равнины представлен каштановыми, лугово-каштановыми почвами и солончаками. Все исследованные участки находятся под умеренной пастбищной нагрузкой.

Проведенное исследование позволяет сделать вывод о том, что высокие концентрации солей в верхних горизонтах почвенного профиля в сухостепной зоне (солончаки) приводят к резкому снижению запасов почвенного органического вещества, показателей численности и видового богатства панцирных клещей, биомассы микроорганизмов и ее дыхательной активности. В то же время наблюдается рост удельной активности микроббиомассы, что может свидетельствовать о трансформации комплекса почвенных микроорганизмов, т.е., сообщества и панцирных клещей, и микроорганизмов в подземном блоке сухостепной экосистемы реагируют на экстремальное засоление резким снижением количественных параметров. Снижение уровня засоления с сохранением относительно благоприятного режима увлажнения в экосистемах, формирующихся на полугидроморфных почвах (лугово-каштановые), способствует резкому росту запасов почвенного органического вещества, показателей видового богатства и численности панцирных клещей и показателей, характеризующих биомассу и метаболическую активность почвенного микробценоза, т.е. происходит значительный синхронный рост основных показателей и зоологического, и микробиологического компонентов деструкционного звена биологического круговорота. Снижение до практически нулевых значений уровня засоления и дальнейшее снижение уровня общей увлажненности в сухостепных экосистемах на автоморфных позициях катен (каштановые почвы) приводит к снижению показателей видового богатства панцирных клещей и уменьшению биомассы и метаболической активности микроорганизмов в этих почвах по сравнению с лугово-каштановыми почвами. При этом численность орибатид может втрое увеличиваться за счет отдельных ксерофильных видов или снижаться в зависимости от специфических условий конкретной сухостепной экосистемы.

УДК 579.26

КИШЕЧНЫЕ БАКТЕРИАЛЬНЫЕ КОМПЛЕКСЫ ПОЧВЕННОЙ МЕЗОФАУНЫ

Якушев А.В.

Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Москва
E-mail: a_yakushev84@mail.ru

Почвенные животные формируют почву через ее перемешивание, перемещение, разрыхление, измельчение, а также через непосредственную минерализацию и гумификацию органических остатков (непосредственно своими ферментами) и создание зоогенных структур (нор – путей миграции воздуха и воды, экскрементов – источников поч-

венных агрегатов), но главный их вклад в почвообразование – через регуляцию обилия, таксономического состава почвенного микробного сообществ и физиологического состояния его членов. Следовательно, для понимания формирования и функционирования почв необходимо знать взаимоотношения животных с кишечными микроорганизмами. Также предполагается по экофизиологическим свойствам кишечных сообществ определить пищевые предпочтения животных. Установление, чем питаются почвенные животные-сапрофаги: растениями, их остатками, другими животными, микроорганизмами – нерешенная методологическая задача.

Целью данного исследования было установить трофические особенности кишечных бактериальных комплексов различных трофических и систематических групп почвенных животных. Исследовались кишечные сообщества распространенных в средней полосе России беспозвоночных: первичных сапрофагов – двупарноногих многоножек, мокриц, личинок комаров-толстоножек *Bibio sp.*, подстилочных дождевых червей (*Dendrobaena octaedra*, *Dendrodrilus rubidus*, *Lumbricus rubellus*) и норников; вторичных сапрофагов – эндогейных дождевых червей (*Apporectodea caliginosa*, *Apporectodea rosea*, *Octolasion lacteum*); хищников – жуужелиц *Carabus nemoralis*, губоногих многоножек *Lithobius forficatus*; фитофагов – личинок среднего винного бражника (*Deilephila elpenor*). Комплексным структурно-функциональным методом изучалась функция кишечного бактериального комплекса по разложению и потреблению биополимеров пищи (хитин, целлюлоза, ксилан и т.д.). Для этого микробные гидролитические ассоциации-консорциумы моделировались *in vitro* (в ячейках 96-луночной культуральной планшеты) внесением суспензии кишечного содержимого в 12 селективных сред с биополимерами. Сукцессия подобных инициированных сообществ регистрировалась по динамике суммарной концентрации бактерий в селективных средах. Полученные кривые описывались кинетическими параметрами, замещенными из микробной кинетики: микробным экономическим коэффициентом (урожаем бактерий), максимальной удельной скоростью роста, метаболической готовностью к росту и т.д. С помощью дискриминантного анализа этих параметров обнаружены достоверные отличия между кишечными сообществами разных трофических групп исследуемых беспозвоночных животных. Предполагается, что эти различия связаны с функциональными различиями кишечных комплексов – с их трофической специализацией на разложение тех или иных полимеров.

По исследованным микробиологическим параметрам выделяются три группы кишечных сообществ: почвенные сапрофаги (кивсяки – первичные сапрофаги и эндогейные дождевые черви – вторичные сапрофаги очень близки), почвенные хищники, фитомонофаги – ат-

мобионты. Отличия кишечных бактериальных комплексов хищников и фитофагов от сапрофагов в меньшей трофической специализации на разложение труднодоступного растительного полимера – целлюлозы, остающегося в большом количестве в растительных остатках. Отличия кишечных бактериальных комплексов хищников от фитофагов и сапрофагов – в относительно большей специализации на разложении легкодоступных азотсодержащих полимеров (казеине и ДНК) по сравнению с крахмалом и ксиланом – легкодоступными растительными полимерами. Предложены формулы для классификации кишечных сообществ – два параметра, позволяющих различить кишечные бактериальные комплексы трех трофических групп животных: $P_1 = -Y_{\text{целлюлоза}}$ и $P_2 = Y_{\text{ДНК}} + Y_{\text{казеин}} - Y_{\text{крахмал}} - Y_{\text{ксилан}}$.

Работа была поддержана грантом МГУ им. М.В. Ломоносова для поддержки ведущих научных школ МГУ «Депозитарий живых систем Московского университета» в рамках Программы развития МГУ, а также в рамках темы госзадания № 115122210098-2 «Роль геохимической деятельности почвенных микроорганизмов в поддержании стабильности наземных экосистем».

Комиссия IV

АГРОХИМИЯ И ПЛОДОРОДИЕ ПОЧВ

Председатель – акад. РАН В.Г. Сычев

УДК 631.445.4:631.412(571.13)

**СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ
АГРОЧЕРНОЗЕМОВ КВАЗИГЛЕЕВЫХ ОМСКОГО ПРИИРТЫШЬЯ
В УСЛОВИЯХ ДЛИТЕЛЬНЫХ АГРОГЕННЫХ ВОЗДЕЙСТВИЙ**

Аксенова Ю.В., Азаренко Ю.А.

Омский государственный аграрный университет, Омск

E-mail: axsenovajulia@gmail.com

Исследования проводили с целью установления влияния длительного сельскохозяйственного использования почвы в пашне на показатели ее химических и физико-химических свойств.

Объект исследований – агрочернозем квазиглеевый маломощный сильногумусированный тяжелосуглинистый, расположенный на территории опытного стационара «АНЦ Омский». Почва использовалась более 30 лет в зернотравяном севообороте с чередованием культур в 2018 г.: пар–озимая пшеница–яровая пшеница–люцерна четвертого года пользования–яровая пшеница–овес. Схема опыта включала следующие варианты:

1. Контроль (без применения средств химизации);
2. Солома (в количестве, соответствующем урожаю возделываемых культур);
3. Солома + минеральные удобрения в дозах N10P17 на 1 га площади севооборота;
4. Солома + минеральные удобрения в дозах N15P23 на 1 га площади севооборота;

Органические удобрения в виде навоза и соломы вносили до 2009 г., с 2014 г. во всех вариантах опыта оставляли растительные остатки возделываемых культур, из минеральных удобрений применяли аммофос и аммиачную селитру.

В условиях зернотравяного севооборота содержание гумуса в вариантах опыта в слое 0-20 см почвы колебалось от 6.09 до 7.20%, достигая максимальной величины при совместном внесении соломы и минеральных удобрений в дозе N10P17 на 1 га площади севооборота. В слое почвы 20-40 см его количество было ниже и находилось в диапазоне от 5.52 до 6.72%. Такое варьирование гумуса в подпахотном слое характерно для почв черноземного ряда Омской области и связано с языковатой нижней границей гумусового слоя.

Почва характеризуется высокой и средней обеспеченностью лабильными гумусовыми веществами (ЛГВ). В вариантах без применения удобрений их количество достигало максимальной величины (8047-9271 мг/кг) под яровой пшеницей, возделываемой после люцерны, овсом, чистым паром и яровой пшеницей. Совместное применение соломы и минеральных удобрений в дозе N10P17 на 1 га площади севооборота повышало в составе органического вещества группу лабильных веществ до 9210-10 819 мг/кг. С одной стороны, обогащение почвы лабильными компонентами связано с распашкой люцерны и последующим разложением поступившего свежего растительного материала или органических остатков предшествующей культуры. С другой стороны, в условиях пара при отсутствии пополнения запасов свежего органического вещества может наблюдаться ослабление прочности связи гумусовых кислот с минеральной частью почвы и усиление их подвижности. Под люцерной четвертого года пользования, где не проводили заделку пожнивных и корневых остатков в почву, количество ЛГВ составило 4172-8194 мг/кг. Наименьшее содержание (6272-6950 мг/кг) веществ этой группы было отмечено в почве под озимой пшеницей.

Реакция среды во всех вариантах опыта в слое почвы 0-20 см была близкая к нейтральной и нейтральной, варьируя в пределах 6.0-6.9. В слое 20-40 см pH находился в диапазоне от 6.1 до 7.7. Переход в щелочной интервал связан с наличием карбонатов в подпахотном слое почвы на отдельных вариантах опыта.

Существенных различий по составу и содержанию обменно-поглощенных катионов в вариантах опыта не было выявлено. В почвенно-поглощающем комплексе от 26.7 до 33.8 ммоль/100 г почвы занимал обменный кальций, количество магния варьировало по вариантам от 5.2 до 12.9 ммоль/100 г почвы, натрия – от 0.32 до 0.97 ммоль/100 г.

Длительное использование почвы в системе зернотравяного севооборота при соблюдении зональной агротехники, применение в качестве органических удобрений соломы и минеральных удобрений стабилизировало содержание гумуса, его лабильных компонентов и обменного кальция на высоком уровне.

УДК 631.86:631.445.4(571.13)

ВЛИЯНИЕ ОРГАНИЧЕСКОГО УДОБРЕНИЯ НА ПОКАЗАТЕЛИ ПЛОДОРОДИЯ АГРОЧЕРНОЗЕМОВ ЮЖНОЙ ЛЕСОСТЕПИ ОМСКОГО ПРИИРТЫШЬЯ

Алексеева Ж.Л.

Омский государственный аграрный университет им. П.А. Столыпина, Омск
E-mail: zhl.alekseeva1631@omgau.org

В современных условиях сельского хозяйства важнейшей задачей является сохранение почвенного плодородия. Одним из способов решения данной проблемы является применение органических удобрений. В связи с недостаточной степенью изученности воздействия свиного навоза на свойства почв, целью наших исследований являлось установление влияния его твердой фракции на показатели плодородия агрочерноземов, являющихся основными пахотными почвами Омского Прииртышья.

Исследования проводили в 2016-2018 гг. в полевых опытах на опытном поле Омского ГАУ. Объектом исследований являлся агрочернозем квазиглееватый среднепахотный среднесуглинистый. Навоз вносили в почву в дозах от 20 до 60 т/га.

Одним из важнейших диагностических показателей плодородия является гумусное состояние почвы. Исходное содержание гумуса в агрочерноземе было низкое – 2.0%, что связано с эрозийными процессами плоскостного смыва. Применение навоза в год действия способствовало увеличению содержания гумуса и его запасов в почве от 7.5% при дозе 20 т/га и до 33.5% в варианте с дозой 60 т/га. В первый год последействия удобрения положительное влияние на содержание гумуса отмечалось в варианте с максимальной дозой, где оно составило 2.64% при содержании на контроле 2.06%. Во второй год последействия статистически достоверных различий в содержании гумуса и его запасов между вариантами не наблюдалось.

Воздействие твердой фракции навоза вызвало определенные изменения в качественном составе гумуса. В вариантах с органическим удобрением наблюдалось увеличение содержания углерода ГК, среди которых доля свободных кислот возрастала на 73-97% по сравнению с контролем и составила 14.6% от общего содержания углерода. Так же отмечалось увеличение соотношения $C_{гк}/C_{фк}$ с 1.64 до 2.15-2.18 и изменение типа гумуса. В первый год последействия твердой фракции навоза сохранялось более высокое содержание углерода в почве и лабильной фракции ГК1, которая играет важную роль в питании растений.

Изучение состава обменно-поглощенных катионов показало, что почва контрольного варианта имела небольшую величину суммы обменных катионов (18.2 ммоль/100 г при низком содержании обменного кальция). Это связано с низким содержанием гумуса и среднесуглинистым гранулометрическим составом. Применение свиного навоза не вызвало существенных изменений содержания обменно-поглощенных катионов. Однако была отмечена тенденция к увеличению их суммы на 10.4-17.0% по отношению к контролю. Использование органического удобрения не вызвало существенных изменений величины рН водной суспензии. Реакция среды в пахотном слое агрочернозема в исследуемых вариантах изменялась от слабокислой до близкой к нейтральной. Даже в год внесения твердой фракции (рН 8.0) не было отмечено подщелачивание почвы.

Навоз оказывал неустойчивое влияние на показатели структуры почвы: структурно-агрегатный состав, количество агрономически ценных агрегатов, коэффициенты структурности. В то же время доза навоза 60 т/га привела к существенному увеличению доли водопрочных агрегатов (на 67%), однако водоустойчивость структуры оставалась неудовлетворительной. Положительное влияние на количество устойчивых к воздействию воды агрегатов сохранилось в годы последствия только в варианте 60 т/га. Для улучшения структурного состояния почвы необходимо систематическое применение органических удобрений.

Таким образом, проведенные исследования свидетельствуют о положительном влиянии твердой фракции свиного навоза на показатели плодородия агрочернозема.

УДК 631.416.1:631.416.2:631.445.5:631.8 (571.54)

ДИНАМИКА ИЗМЕНЕНИЯ АЗОТНОГО И ФОСФАТНОГО СОСТОЯНИЯ КАШТАНОВЫХ ПОЧВ ПРИ ДЛИТЕЛЬНОМ ПРИМЕНЕНИИ РАЗЛИЧНЫХ СИСТЕМ УДОБРЕНИЙ

Билтуев А.С., Уланов А.К., Васильев С.В.
Бурятский НИИ сельского хозяйства, Улан-Удэ
E-mail: burnish@inbox.ru

Азотный и фосфатный фонд каштановых почв изучался на основе проведения длительного агрохимического опыта, заложенного в центральной сухостепи Бурятии. Содержание общего азота в 0-30-сантиметровом слое исходной почвы составляло 900 мг/кг, общего фосфора – 170 мг/100 г. Изучение фракционного состава почвенного азота проводилось методом двухступенчатой экстракции кислотой

по Ф.К. Воробьеву в модификации Э.И. Шконде и И.Е. Королевой, группового состава минеральных фосфатов почвы – по методу Чанга и Джексона в модификации Гинзбург-Лебедевой. Динамика изменений содержания общего азота при длительном применении удобрений (49 лет) имела разнонаправленную тенденцию. Снижение $N_{\text{общ.}}$ от исходного состояния наблюдалось на контрольном варианте и при применении N40P40K40. Внесение 20 т навоза и органоминерального удобрения (10 т навоза + N50P25K60) привело к стабилизации $N_{\text{общ.}}$ на исходном уровне, а внесение 40 т навоза сопровождалось его повышением. В сравнении с контролем внесение минеральных удобрений повысило подвижность азота почвы, в большей степени минеральной фракции на 28%. При внесении навоза увеличилось содержание минеральных форм и потенциального резерва азотного питания – трудногидролизуемой фракции, и в меньшей степени ближайшего резерва минерализации – легкогидролизуемой фракции, меньшее увеличение отмечалось по негидролизуемой фракции. Органоминеральная система увеличила содержание минеральных форм и легкогидролизуемой фракции почвенного азота.

Содержание общего фосфора на контроле снизилось относительно исходного на 11%. Внесение фосфорных удобрений в составе полного минерального удобрения N40P40K40 позволило снизить темпы снижения общего фосфора до 4%. Сохранение исходного содержания валового фосфора происходило на варианте с применением 20 т/га навоза в паровое поле. Повышение этого показателя наступило при увеличении дозы органических удобрений до 40 т/га и внесении 10 т навоза + N50P25K60 соответственно на 10 и 9%. Наряду с этим произошли изменения и в составе минеральных фосфатов почвы.

Фосфорные удобрения в составе полного удобрения N40P40K40 позволили повысить относительно контроля содержание минерального фосфора в основном за счет увеличения первых трех фракций соответственно на 150, 15 и 38%, что в сумме составило 6.3 мг/100 г. При этом наименее подвижная V фракция возросла на сопоставимую величину – 5 мг/100 г. Систематическое внесение органических удобрений (20-40 т/га навоза) повысило суммарное содержание минеральных фосфатов на 20.0 и 27.5 мг/100 г относительно контроля. При этом суммарное содержание наиболее доступных I и II фракций повысилось соответственно на 59 и 122%, меньший рост V фракции – на 28-30%, возрастание содержания фосфатов полуторных окислов алюминия и железа не выявлено. Совместное внесение 10 т навоза + N50P25K60 позволило получить эффект, сопоставимый с внесением 40 т/га навоза, и сравняться с целинной почвой. Однако распределение фосфора по фракциям было несколько иным. В отличие от органической системы (40 т/га навоза) возросло содержание четвертой (Fe-P) фракции, а содержание I и II фракций было сопо-

ставимым. В сравнении с контрольным вариантом наблюдался рост содержания первых трех фракций, но наиболее существенно возросло количество I и II фракций.

УДК 631.4

ФОСФАТНОЕ СОСТОЯНИЕ ЧЕРНОЗЕМА ОБЫКНОВЕННОГО ПРИ РАЗЛИЧНЫХ СПОСОБАХ ОСНОВНОЙ ОБРАБОТКИ

Бирюкова О.А.¹, Каменев Р.А.², Кучменко Е.В.¹, Медведева А.М.¹

¹ Южный федеральный университет, Ростов-на-Дону

E-mail: oabirukova@sfedu.ru

² Донской государственный аграрный университет, Персиановский

Фосфор – один из основных элементов плодородия почв. Запасы фосфора в почвах, их распределение по профилю и доступность растениям определяются его содержанием в материнских породах, характером почвообразовательного процесса и уровнем антропогенного воздействия, в том числе и интенсивностью основной обработки.

Объект исследования – чернозем обыкновенный карбонатный мощный тяжелосуглинистый на лессовидном суглинке. С 2013 по 2018 г. в производственных посевах озимой пшеницы были заложены полнопрофильные разрезы: шесть при использовании нулевой обработки (No-till); шесть – при минимальной (глубина 10-12 см); три – при традиционной (вспашка на 25-27 см) и четыре разреза – на целинном участке. Содержание валового фосфора определяли рентгенофлуоресцентным методом, подвижных форм фосфора – по Мачигину, фракционный состав минеральных фосфатов – по Гинзбург и Лебедевой.

Установлено, что чернозем обыкновенный характеризуется высокими потенциальными возможностями в отношении обеспечения растений фосфором. Максимальное содержание валовых форм фосфатов выявлено в органогенных горизонтах почвы целинного участка (0.21%), а минимальное – при вспашке (0.15%), что свидетельствует о снижении потенциальных запасов фосфора при интенсификации основной обработки почвы без сбалансированного применения удобрений. Многолетнее использование минимальной и нулевой технологий позволяет стабилизировать потенциальные запасы фосфатов в гумусовых горизонтах почвы. Наибольшее накопление валовых фосфатов наблюдается в слое 0-10 см (0.18-0.19%) без существенных изменений в нижерасположенных слоях.

Подвижные формы фосфатов сосредоточены в верхних биологически активных слоях почвы, с глубиной их содержание уменьшается с увеличением количества карбонатов, снижающих их общую раствори-

мость. Содержание подвижных фосфатов в нижних горизонтах почвы при нулевой обработке меньше, чем при использовании отвальной вспашки. Это, вероятно, связано с изменением интенсивности биогенных процессов, обусловленных неравномерным распределением растительных остатков в корнеобитаемом слое при минимизации основной обработки. Чернозем целинного участка в весенний период характеризуется средней обеспеченностью подвижным фосфором, при использовании отвальной вспашки – повышенной. Вероятно, процесс минерализации фосфорорганических соединений усиливается при вспашке в большей мере, чем при ресурсосберегающих обработках почвы. С использованием нулевой обработки содержание подвижного фосфора также увеличилось, но степень обеспеченности была средней.

Содержание основных форм минеральных соединений фосфора в черноземе обыкновенном определяется его генетическими особенностями. Фракции минеральных фосфатов располагаются в следующий возрастающий ряд: Fe-P < Al-P < Ca-PI < Ca-PII < Ca-PIII.

Способы основной обработки почвы оказывают существенное влияние на процессы трансформации труднодоступных форм фосфатов в легкодоступные для растений. Возделывание сельскохозяйственных культур по традиционной технологии обусловило повышение суммы минеральных фосфатов в гумусовом горизонте чернозема обыкновенного на 31.0 мг/100 г по сравнению с целинной почвой, при этом увеличивается подвижность фосфатов кальция в основном за счет фракции Ca-PII. Содержание Al-P и Fe-P практически не изменялось. С использованием ресурсосберегающих технологий, как минимальной, так и нулевой, увеличилось содержание в почве минеральных фосфатов всех фракций. В большей степени это касалось фосфатов полуторных оксидов – Al-P и Fe-P, их количество выросло в 1.7 и 3.1 раза соответственно.

Накопление легкодоступных для растений фосфатов в черноземе обыкновенном карбонатном зависит от содержания гумуса ($r = 0.61$), обменных кальция и магния ($r = 0.57$).

Исследование выполнено при государственной поддержке ведущей научной школы Российской Федерации (НШ-2511.2020.11).

УДК 631.82

**ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ
ПОЛИГИДРОКСИЛИРОВАННОГО ФУЛЛЕРЕНА C_{60}
ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ УСТОЙЧИВОСТИ РАСТЕНИЙ
К ДЕФИЦИТУ ЖЕЛЕЗА**

Битюцкий Н.П., Якконен К.Л., Лукина К.А.

Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург
E-mail: bityutskii@mail.ru

Железо (Fe) – необходимый для роста и развития растений микро-элемент с многочисленными функциями в ключевых метаболических процессах. Оно широко распространено в земной коре, однако в карбонатных и известкованных почвах содержится в малодоступной для растений форме, что ограничивает их рост и продуктивность. Разработка новых подходов к оптимизации питания растений Fe и обогащению этим микроэлементом продукции растениеводства – глобальная проблема, на решение которой направлены усилия многих исследовательских лабораторий мира. Фуллерены – аллотропическая форма углерода с уникальными свойствами его ядра, что обусловило применение этих наноструктур в различных областях науки и техники. Потенциал фуллерена для использования в биологии и сельском хозяйстве связан с высокой химической активностью его молекулы, благодаря которой фуллерены могут присоединять различные радикалы, проявлять антиоксидантную активность, проникать через клеточные мембраны и модулировать транспорт ионов. Однако к настоящему времени перспективы производных фуллеренов в оптимизации питания растений микроэлементами, в частности Fe, не изучены.

Задача настоящей работы – изучить роль полигидроксилированного фуллерена [$C_{60}(OH)_{22-24}$] в оптимизации питания растений огурца (*Cucumis sativus* L.) Fe при корневых и некорневых подкормках. При корневом питании положительное действие фуллеренола на растения огурца регистрировали только в условиях Fe-дефицита, создаваемых исключением из состава питательного раствора двухвалентных форм Fe: Fe(II)-ЭДТА. Добавление фуллеренола в питательный раствор стимулировало ремобилизацию Fe из апопласта корней, что приводило к увеличению концентрации активных форм Fe и хлорофилла в листьях у Fe-дефицитных растений. В случае исключения из состава питательного раствора Fe(III)-источника [Fe(III)-ЭДТА], добавление фуллеренола в зону корней достоверно не изменяло темпы развития симптомов хлороза у растений огурца. При нормальном снабжении растений Fe добавление фуллеренола в питательный раствор также существенно не влияло на рост и минеральное питание растений

огурца. Таким образом, положительное биологическое действие фуллеренола проявлялось в стрессовых условиях Fe-дефицита при прерывании в апопласте корней растений двухвалентных форм Fe. Проанализированы вероятные механизмы действия фуллеренола на ремобилизацию Fe в корнях растений.

При некорневых подкормках привнесение фуллеренола в раствор с сульфатом Fe(II) существенно увеличивало концентрацию активных форм Fe и хлорофилла в обработанных листьях Fe-дефицитных растений огурца. Эффект не обнаруживался при обработке растений растворами фуллеренола без Fe. По-видимому, фуллеренол способен стабилизировать Fe в его биологически активном двухвалентном состоянии, что и стимулировало транспорт этого микроэлемента в листья. Усиление этого процесса возможно также вследствие увеличения под влиянием фуллеренола проницаемости мембран растений. Полученные результаты имеют значение для повышения эффективности некорневых подкормок Fe – широко применяемого способа борьбы с недостатком этого микроэлемента у сельскохозяйственных культур.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 19-016-00003а.

УДК 631.417.4 (571)

КИНЕТИКА МИНЕРАЛИЗАЦИИ МЕТАБОЛИЧЕСКОГО И УСТОЙЧИВОГО ПУЛА ОРГАНИЧЕСКОГО АЗОТА КРИОАРИДНЫХ ПОЧВ АЗИАТСКОЙ РОССИИ

Будажатов Л.В.

Бурятский НИИ сельского хозяйства, Улан-Удэ

E-mail: nitrolu@mail.ru

При повсеместном доминировании в составе азотного фонда почв органического азота (до 98.5%) и выраженном дефиците минеральных форм диагностика минерализуемых доступных соединений азота из лабильных и устойчивых фракций с оценкой не только количественных параметров, но и скоростных характеристик этого процесса представляет несомненную значимость. Последнее обусловлено тем, что при крайне незначительном потенциале минерализации органического азота этих почв различия в кинетических параметрах минерализации устойчивого и лабильного пула органического азота служат наиболее устойчивым критерием в диагностике их азотного статуса при вариативных признаках в отношении почвенных режимов, азотного фонда и активности микробного пула. В аспекте последних поступление азотных удобрений приводит к изменению

целого спектра устойчивых характеристик почвенной системы, в том числе минерализационно-иммобилизационных процессов почвенного азота. Соответственно, приоритетная оценка и обоснование скоростных характеристик минерализации азота органических соединений с диагностикой количественных параметров этого процесса представляет одну из ключевых составляющих цикла азота в системе почва–растение. Результативность многолетних исследований с применением ^{15}N и математического моделирования позволила выстроить устойчивую диагностику процессов минерализации лабильного и устойчивого пула органического азота криоаридных почв по величине кинетических констант (k).

Для основных пахотных почв Восточной Сибири, Прибайкалья и Забайкалья доказаны скоростные различия в отклике почв на кинетику минерализации метаболического или лабильного, а равно устойчивого пула органического азота в отсутствии и с внесением азотных удобрений при общем экспоненциальном характере этого проявления. Константа скорости (k) минерализации лабильных фракций почвенного азота на контроле возрастала по модулю в ряду почв: лугово-черноземная мерзлотная ($k = 0.291 \text{ год}^{-1}$) → серая лесная ($k = 0.344 \text{ год}^{-1}$) → каштановая ($k = 0.355 \text{ год}^{-1}$) → чернозем южный ($k = 0.380 \text{ год}^{-1}$), и в случае внесения азотных удобрений в аналогичном их ряду с различиями в скоростных характеристиках этого явления: лугово-черноземная мерзлотная ($k = 0.053 \text{ год}^{-1}$) → чернозем южный ($k = 0.121 \text{ год}^{-1}$) → серая лесная ($k = 0.148 \text{ год}^{-1}$) = каштановая ($k = 0.148 \text{ год}^{-1}$). Ранжирование скоростных параметров этого явления по устойчивому пулу органического азота данных почв выглядело на контроле в виде: чернозем южный ($k = 0.013 \text{ год}^{-1}$) → лугово-черноземная мерзлотная ($k = 0.016 \text{ год}^{-1}$) → каштановая ($k = 0.023 \text{ год}^{-1}$) → серая лесная ($k = 0.025 \text{ год}^{-1}$). В схожем направлении кинетические характеристики складывались по минерализации устойчивых форм почвенного азота при значительно меньших (по модулю) величинах: чернозем южный ($k = 0.002 \text{ год}^{-1}$) → лугово-черноземная мерзлотная ($k = 0.0009 \text{ год}^{-1}$) → каштановая ($k = 0.008 \text{ год}^{-1}$) → серая лесная ($k = 0.003 \text{ год}^{-1}$). Общий тренд скоростных параметров минерализации органических соединений азота холодных и сухих почв этого региона оказался ниже аналогичных почв европейской части России и Западной Сибири.

В этом представлении диагностика азотминерализующего их потенциала для жестких криоаридных режимов функционирования при крайне низком и их бедном азотном фонде в приложении к процессам минерализации азота метаболического и устойчивого пула этих почв через оценку кинетических констант позволяет оценить подвижность разных по природе азотсодержащих форм и в конечном счете выстроить (био)кинетический цикл и оборот различных азотных пулов в системе почва–растение.

УДК 631.416.1+631.436: 631.48

ВЛИЯНИЕ СТЕПЕНИ ОКУЛЬТУРЕННОСТИ НА ДИНАМИКУ ТЕМПЕРАТУРЫ ПОЧВЫ И СОДЕРЖАНИЕ МИНЕРАЛЬНЫХ ФОРМ АЗОТА В НЕЙ

**Вертебный В.Е., Хомяков Ю.В., Гурова Т.А., Конончук П.Ю.,
Дубовицкая В.И.**

Агрофизический НИИ, Санкт-Петербург
E-mail: himlabafi@yandex.ru

Минеральные соединения азота представлены в почвах аммонийной, нитратной и нитритной формой, их содержание в почве непостоянно и зависит от физических, физико-химических, микробиологических и ферментативных процессов, играющих главную роль в трансформации азотистых соединений почвы. Высвобождающиеся минеральные соединения азота в большом количестве в почве не накапливаются, поскольку поглощаются растениями, микроорганизмами, подвергаются иммобилизации и теряются в процессах нитрификации и денитрификации. Одним из важнейших факторов, влияющих на накопление минеральных форм соединений азота в почве, является ее окультуренность. Почвы высокой степени окультуренности характеризуются более высоким содержанием органического вещества и, как следствие, способны в большей степени аккумулировать минеральный азот. Различия в физико-химических свойствах почв разной степени окультуренности также оказывают влияние на ее теплофизические свойства.

Целью работы являлась оценка динамики температуры и содержания минеральных форм азота в почвах разной степени окультуренности. Объектами исследования являлись почвы средней (СОК) и высокой (ВОК) степени окультуренности. Почва СОК характеризуется следующими параметрами: $pH_{\text{сол.}}$ 5.3, содержание общего углерода 1.53%. Почва ВОК характеризуется $pH_{\text{сол.}}$ 6.4; содержание общего углерода 2.92%. В опыте возделывалась викоовсяная смесь (вика посевная яровая сорта Льговский и овес яровой сорта Боррус). Динамика температуры почвы в течение вегетации носила волнообразный характер. С мая по июль температурный режим в почве был относительно постоянный, температура почвы колебалась в пределах +12.+14 °С, при этом средняя температура воздуха в данный период времени находилась в пределах +15.+20 °С. С середины июля наблюдалось возрастание температуры почвы от +14 до +22 °С, которая сохранялась на уровне +20 °С до конца вегетационного периода. Существенные различия температуры пахотного горизонта отмечены только с середины августа. В целом, в данный период температура

почвы в СОК была на 10% выше, чем в ВОК. Вероятно, это связано с меньшей затененностью и большей разреженностью выращиваемой культуры в течение вегетационного периода на СОК, а также меньшей влажностью, большей плотностью сложения по сравнению с ВОК в течение вегетации. Динамика аммонийного азота в почве во всех вариантах опыта характеризовалась возрастанием его концентрации в начале вегетации и дальнейшим падением к концу. Данная тенденция свидетельствует о преобладании процессов нитрификации над процессами аммонификации. В целом в опыте содержание азота нитратов было выше, чем азота аммония. Концентрация $N-NH_4^+$ в варианте почвы СОК варьировала от 1 до 11 мг/кг и в среднем была в 1.7 раза ниже, чем в варианте с ВОК, в котором содержание обменного аммония варьировало от 4 до 14 мг/кг. Концентрация $N-NO_3^-$ в почве СОК постепенно снижалась к концу вегетационного периода, в то время как в почве ВОК увеличивалась до второй декады июня с дальнейшим снижением к концу вегетации. В течение вегетации концентрация $N-NO_3^-$ в почве СОК варьировала от 3 до 15 мг/кг, а в ВОК – от 6 до 19 мг/кг. Существенные различия между вариантами СОК и ВОК наблюдались в первой декаде июня и в середине июля – начале августа. В эксперименте выявлено, что концентрация азота нитратов в почве ВОК в среднем в 1.5 раза выше, чем в почве СОК.

УДК 631.45

ЗАВИСИМОСТЬ ДИНАМИКИ КИСЛОТНО-ОСНОВНЫХ СВОЙСТВ ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ ПОЧВЫ ОТ ДОЗЫ ИЗВЕСТКОВОГО МЕЛИОРАНТА

Витковская С.Е.

Российский государственный гидрометеорологический университет,
Санкт-Петербург
Агрофизический НИИ, Санкт-Петербург
E-mail: s/vitkovskaya@mail.ru

Эффективность и продолжительность нейтрализующего действия известкового мелиоранта определяются дозой, его элементарным и фракционным составом, почвенно-климатическими условиями. Зависимости время–ответ и доза–ответ, построенные на основе экспериментальных данных, полученных в условиях длительных полевых опытов, позволяют установить закономерности и количественные параметры, характеризующие динамику кислотно-основных свойств известкованных почв.

Влияние возрастающих доз доломитовой муки (ДМ) на динамику кислотно-основных свойств дерново-подзолистой легкосуглинистой почвы изучали в условиях микрополевого опыта, заложенного в

полиэтиленовых сосудах без дна ($S = 1 \text{ м}^2$, ≈ 300 кг почвы на сосуд). Схема опыта: 1) Контроль (Фон: NPK); 2) ДМ 0.2 Нг; 3) ДМ 0.3 Нг; 4) ДМ 0.4 Нг; 5) ДМ 0.5 Нг; 6) ДМ 0.6 Нг; 7) ДМ 0.7 Нг; 8) ДМ 0.8 Нг; 9) ДМ 0.9 Нг; 10) ДМ 1.5 Нг. Доза доломитовой муки по 1 Нг составила 5.54 т/га. Отбор смешанных почвенных проб проводили из каждого сосуда тростевым буром: первый отбор до внесения удобрений и мелиоранта – 22 мая 2012 г., далее – через 63, 359, 414, 713, 841, 1078, 1211, 1452, 1575, 1834 и 2191 сут. после закладки опыта. Чередование опытных культур: 2012 г. – викоовсяная смесь, 2013 г. – рапс, 2014 г. – овощные бобы, 2015 г. – ячмень, 2016 г. – викоовсяная смесь, 2017 г. – кормовые бобы, 2018 г. – пар.

Тесную корреляционную связь между реакцией почвы и дозой мелиоранта наблюдали на протяжении всего срока опыта. Зависимость $\text{pH}_{\text{КСИ}} = f(\text{Доза ДМ})$ характеризовалась по линейной модели коэффициентами корреляции (r) 0.844 и 0.974 на 63 и 2191-е сут. соответственно.

В контрольном варианте в период 0-2191 сут. после закладки опыта pH почвы линейно снижался с 4.65 до 4.2 ($r = -0.839$) со скоростью (b) $1.44 \cdot 10^{-4}$ ед. pH в сутки.

Нейтрализующее действие ДМ в дозе 0.2 Нг продолжалось не более 800 сут., через четыре года почва опыта перешла в категорию «сильнокислая». Нейтрализующее действие мелиоранта в дозах 0.3 и 0.4 Нг превысило 900 сут. На протяжении всего срока наблюдения почва характеризовалась как среднекислая.

При внесении ДМ в дозах 0.5 и 0.6 Нг значение $\text{pH}_{\text{КСИ}}$ почвы не превысило 5.35, через шесть лет почва перешла в категорию «среднекислая» (pH 5.0). В вариантах 7 и 8 почва характеризовалась как слабокислая до 1079 и 1211 сут. соответственно, в последующий период значения pH линейно снижались и через шесть лет достигли 5.2. При увеличении дозы ДМ до 0.9 Нг значение $\text{pH}_{\text{КСИ}}$ находилось на уровне 5.5 более четырех лет, а к 2191-м сут. не превышало 5.2.

При применении ДМ в дозе 1.5 Нг значение $\text{pH}_{\text{КСИ}}$ оставалось на уровне 6.1 до пяти лет, через шесть лет снизилось до 5.8. В интервале доз ДМ 0-1.5 Нг на протяжении всего срока наблюдения установлена тесная корреляционная связь между дозой ДМ и гидролитической кислотностью почвы ($r = -0.955$).

Внесение ДМ в дозах 0.2-1.5 обеспечило увеличение содержания обменных соединений кальция и магния в почве по отношению к контролю не менее чем на четыре года. Линейную зависимость содержания обменных оснований в почве от дозы мелиоранта наблюдали на протяжении всего срока наблюдения. В вариантах 2-10 содержание обменного Ca^{2+} в почве линейно возрастало в период 0-1459 сут. со средней скоростью $8.6 \cdot 10^{-4} \pm 2.3 \cdot 10^{-4}$ 1/2 ммоль/100 г·сут.⁻¹.

УДК 631.46

ПЛОДОРОДИЕ ПОЧВ, ПРИМЕНЕНИЕ УДОБРЕНИЙ И ПРОДУКТИВНОСТЬ ПОЛЕВЫХ КУЛЬТУР – ПРОБЛЕМНЫЕ ВОПРОСЫ СИБИРСКОГО ЗЕМЛЕДЕЛИЯ

Гамзиков Г.П.

Новосибирский аграрный университет, Новосибирск
Почвенный институт им. В.В. Докучаева, Москва
E-mail: gamolgen@rambler.ru

Эффективное производство сельскохозяйственной продукции базируется на активном использовании природных ресурсов (инсоляция, климат, ландшафт, плодородие и др.) и антропогенных факторов (биопотенциал культур, системы земледелия, применение удобрений, инвестиционные вложения, организация производства, техническая энерговооруженность и др.). Темпы развития современного земледелия в Сибири ограничиваются в основном дефицитом элементов питания, зависимостью от погодных условий, низким уровнем освоения достижений аграрной науки и слабой финансовой поддержкой товаропроизводителя государством. Основная часть крестьян (около 90% хозяйств) работает на уровне экстенсивного и ординарного земледелия и получает низкие урожаи зерна – в среднем на уровне 0.9-1.6 т/га. Дефицит элементов питания (около 90%) для создания полноценного урожая растений в связи с игнорированием применения удобрений в течение последних 30 лет – одна из основных причин низкой продуктивности полевых культур. Повышение и стабилизация их урожайности на высоком уровне в регионе – первоочередная задача земледельцев. Исследования аграрной науки и практический опыт освоения ее результатов в опытных и передовых хозяйствах свидетельствуют, что во всех почвенно-климатических зонах региона можно стабильно получать продуктивность зерновых на уровне 2.5-4.0 т/га и выше. Подтверждают это и результаты длительных (50-70-летних) стационарных опытов с удобрениями. Систематическое их применение способствует сохранению и поддержанию органического вещества почв, стабилизируя содержание гумуса, повышая долю лабильных соединений и улучшая качественный его состав. При системном внесении органических и минеральных удобрений за счет прироста корневых и пожнивных остатков, биомассы почвенной биоты заметно возрастает накопление минеральных и органических форм азота. Экзогенный азот при внесении трансформируется в состав минеральных и органических соединений почвы, включая гумус и биомассу микробов. В этой связи значительная часть азота удобрений используется не только первой культурой, но и последующими в по-

следствии. Фосфорные удобрения, как правило, входят в состав всех минеральных фракций почвенных соединений элемента. Высокая их доля остается в наиболее мобильных группах минеральных фосфатов и хорошо доступна для растений в последующем, что способствует оптимизации питания растений и получению более высоких сборов урожая. Длительное систематическое применение калийных туков позволяет сохранять и постепенно поддерживать и даже наращивать запасы калия в почве. При этом соотношение между формами калия сохраняется в соответствии с природным. Систематическое внесение удобрений способствует не только бездефицитному балансу элементов питания, но и лучшему потреблению запасов почвенной влаги и осадков в период вегетации. Применение умеренных норм удобрений позволяет получать высокую продуктивность культур во всех почвенно-климатических зонах региона – выход продукции с 1 га севооборотной площади составляет 2.6-3.6 т/га зерна, при этом на долю прибавки от удобрений приходится 50-60% всего урожая. Внесение 1 кг д.в. удобрения позволяет получить 8-14 кг зерна. Современное состояние земледелия в регионе не дает возможности получать высокие урожаи, поскольку ежегодно вносится лишь 9-10 кг/га д.в. минеральных и 0.6 т/га органических удобрений. Для успешного ведения земледелия и выполнения региональных задач продовольственной программы необходимо вносить при ординарной системе до 30-45 кг/га д.в., по интенсивной системе – до 60-75 кг/га д.в., что позволит повысить урожайность зерна до 16-24 и 22-36 ц/га соответственно. Следовательно, решая перспективы производства зерна, картофеля, кормов и других культур, необходимо в ближайшие годы обеспечить потребности земледелия региона в органических и промышленных удобрениях.

УДК 631.452

РЕГИОНАЛЬНЫЕ ОСОБЕННОСТИ АГРОТЕМНО-СЕРЫХ ПОЧВ СРЕДНЕГО ПОВОЛЖЬЯ

Гаффарова Л.Г., Ахрарова А.С.

Казанский государственный аграрный университет, Казань

E-mail: gaffarovalylya@mail.ru

Современное состояние агрогенных почв вследствие длительного нерационального использования почвенного покрова агроценозов приводит к снижению почвенного плодородия, их разнокачественности. Требуется объективная точная оценка местных природных условий как основа планирования и ведения хозяйственной деятельности.

Для изучения объекта исследования выбрана обособленная территория со сходными факторами почвообразования – привятская полоса Предкамья Республики Татарстан, площадь которой составляет 713.5 тыс. га, из них земли сельскохозяйственного назначения – 484 тыс. га., из них пахотные угодья – 56%. В структуре почвенного покрова преобладают серые (WRB Grey-Luvic PHAEOZEMS), дерново-карбонатные (Rendzin LEPTOSOLS) и экстраэональные дерново-подзолистые почвы (Umbric ALBELUVIOSOLS) преимущественно тяжелого гранулометрического состава.

По материалам почвенного обследования (М 1:10 000) проведена выборка и обработка методом математической статистики почвенных показателей темно-серых тяжелосуглинистых таксонов почв.

Критериями оценки данной выборки служили средняя арифметическая, предельные значения, среднеквадратичное отклонение, ошибка средней арифметической, коэффициент вариации и показатель точности с учетом требований нормального распределения.

Отдельные показатели свойств почв рассматривались с доверительным интервалом типичных значений, характеризующих 50% исследуемой территории с данным интервалом разброса показателей.

Содержание гумуса в агротемно-серой тяжелосуглинистой почве составляет 3.4-7.4% (со средним значением 5.3%) с последующим убыванием в иллювиальном горизонте.

Профильное распределение частиц физической глины (<0.01 мм) и ила (<0.001 мм) соответствует элювиально-иллювиальному типу с более активной илистой фракцией вследствие процесса лессиважа, что подтверждается в значениях коэффициентов вариации.

Колебания суммы поглощенных оснований находятся в пределах от 25.6 до 33.6 ммоль/100 г почвы с максимумом в пахотном горизонте. В зависимости от распределения содержания гумуса, минеральной и органоминеральной коллоидной фракции отдельные значения суммы поглощенных оснований составляют от 19.2 до 48.8 ммоль/100 г почвы.

Гидролитическая кислотность темно-серых лесных почв при имеющемся периодически промывном типе водного режима уменьшается по профилю к почвообразующей породе с максимумом в пахотном и подпахотном горизонтах А1 (А1А2) – 3.6 (2.3) ммоль/100 г почвы. Рассчитанные значения степени насыщенности основаниями почвенно-поглощающего комплекса составляют 90.1% в пахотном горизонте, 92.1% – в подпахотном, что указывает на оптимальный состав емкости поглощения описываемых почв.

Рассмотренные выше закономерности распределения суммы поглощенных оснований и значений гидролитической кислотности сопоставимы с показателями солевой и водной суспензии темно-серых лесных почв. Верхняя часть профиля почв имеет близкую к

нейтральной реакцию среды: рН солевой вытяжки варьирует от 5.6 до 5.8. В горизонте В2 значение рН суспензии возрастает до 6.0, а в почвообразующей породе – до 7.1. Показатели почвенной суспензии относятся к устойчивым свойствам, что подтверждается низкими коэффициентами вариации, которые изменяются в пределах от 9.8 до 20.3%.

Данные статистики морфометрии и почвенных свойств рассмотренного подтипа агротемно-серых почв соответствуют основным закономерностям и характерны современному состоянию в условиях антропогенного воздействия. В условиях интенсивного земледелия статистические параметры дают возможность целенаправленного управления почвенным плодородием в исследуемом регионе.

УДК 633.18 : 631.5

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНОЙ ПО УРОЖАЙНОСТИ ЗЕРНА РИСА ДОЗЫ NPK НА ОСНОВЕ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ДОЗА–ЭФФЕКТ

Глазунов Г.П.¹, Евдокимова М.В.¹, Скаженник М.А.², Чижиков В.Н.²

¹ Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Москва

E-mail: glazng@mail.ru

² Всероссийский НИИ риса, Краснодар

E-mail: sma_49@mail.ru

Обеспечение растущего населения Земли качественным продовольствием в условиях нарастающего дефицита необходимых для этого материальных ресурсов требует разработки новых, более продуктивных и технологичных сортов и технологий их возделывания. Материалы для данной статьи получены в ходе работ по выведению и апробации новых сортов риса и технологий их возделывания. Новые сорта должны отвечать ряду требований, включая высокую урожайность и сохранение качества окружающей природной среды при возделывании риса. Одним из негативных последствий возделывания риса является загрязнение почв и вод в результате избыточного удобрения, причина которого усматривается в отсутствии единого подхода к нахождению оптимальной дозы удобрения. Наиболее надежный, но не единственный, способ ее определения по результатам опытов сводится к построению дозовой зависимости, аппроксимации ее подходящим уравнением и последующему анализу особых точек этого уравнения с целью определения оптимальной концентрации действующего вещества в почве, соответствующей максимуму урожая. Поскольку опытным путем установлено, что и азот, и фосфор, и калий в больших дозах оказывают угнетающее действие на целевые

культуры, оптимальная доза удобрения оказывается привязанной к точке максимума дозовой зависимости. В отсутствие общепринятого уравнения дозовой зависимости при нахождении точки максимума принято подбирать эмпирические уравнения, чаще всего в форме полиномов, наилучшим образом описывающие конкретный набор опытных данных доза–эффект. Точность определения оптимальной дозы при таком подходе сильно зависит от величины шага опробования: чем он меньше, тем больше опытных делянок, тем выше вероятность точного определения оптимальной дозы. Возрастание потребного числа делянок при данном подходе является ограничивающим фактором, который трудно исключить. Решение проблемы видится в опоре на теоретическую зависимость с небольшим числом коэффициентов.

Указанные трудности поиска оптимальной дозы относятся к опытам с одним компонентом, тогда как на практике приходится иметь дело с их комплексом. Поэтому возникает еще одно требование к искомой теоретической дозовой зависимости – ее аргумент должен учитывать все вносимые компоненты.

В связи с этим целью исследования стало экспериментальное обоснование применимости теоретической модели, полученной ранее, в рамках законов сохранения механики, макроскопической химической и биохимической кинетики и представлений сплошной среды с использованием теории подобия и анализа размерности, к посевам риса.

Для достижения этой цели были проведены микрополевые опыты по возделыванию шести сортов риса (Рапан, Визит, Флагман, Станичный, Соната, Атлант) на лугово-черноземной почве в Краснодарском крае РФ на территории ВНИИ риса по общепринятой методике. Аргументами теоретической модели доза–отклик были средние геометрические из начальных концентраций в почве жизненно необходимых химических элементов и элементов, вносимых в виде удобрения, Si, Al, Fe, Ca, Mg, K, Na, P, S, N. В качестве зависимой переменной были значения урожайности зерна риса и показателя NDVI в фазе шести листочков. Подгонку теоретической модели к опытным данным проводили с использованием нелинейного регрессионного анализа по способу наименьших квадратов. В результате показана адекватность теоретической модели сезонной динамике биофизических показателей посевов риса и отклика (урожая) в фазовой плоскости доза–отклик на удобрение, что открывает возможность прогнозирования урожайности с использованием предикторов и точного определения оптимального удобрения по результатам полевых опытов, в том числе при использовании комплекса удобрений.

УДК 631.45

АЛЛЕЛОТОКСИЧНОСТЬ ПОЧВ И ПОИСК СПОСОБОВ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ СТИМУЛЯТОРОВ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ДЛЯ ПРЕДПОСЕВНОЙ ОБРАБОТКИ СЕМЯН ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ

Горепекин И.В., Федотов Г.Н., Федотова М.Ф.

Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Москва

E-mail: decembrist96@yandex.ru

Длительное время исследователи при разработке стимуляторов прорастания семян шли по пути изучения отклика зерновок и их органов на разрабатываемые составы. Для исключения влияния сторонних факторов подобные эксперименты, как правило, проводили на инертных субстратах, вследствие чего роль почвы и содержащихся в ней биологически активных веществ (БАВ) не принимали во внимание. Данные проводимых экспериментов нередко свидетельствовали о положительном эффекте разработанных составов, однако при переходе к условиям реальных почв надежность и воспроизводимость результатов резко снижалась. Мы предположили, что причиной этого является содержание в почвах аллелотоксинов – веществ, замедляющих биохимические процессы в семенах, так как ингибирующее влияние могло снижать положительный эффект от действия веществ-стимуляторов.

Целью работы была разработка стимулятора для предпосевной обработки семян яровой пшеницы, действие которого основано на снижении влияния почвенных аллелотоксинов на начальную стадию развития растений.

Для проверки выдвинутого предположения в качестве сорбентов были выбраны гуматы и глинистые минералы, обладающие широким набором активных центров, отличающиеся дешевизной и выступающие естественными компонентами почв. Анализ литературы показал, что при совместном применении гуматов и глинистых минералов их сорбционная эффективность по отношению к органическим загрязнителям возрастала по сравнению с использованием индивидуальных веществ. Поэтому семена яровой пшеницы шести сортов – Лиза, Агата, Злата, Любава, РИМА, Эстер – были обработаны сорбционным препаратом (СРП) на основе бентонито-гуматовой смеси. Эксперименты проводили на песке и пяти дерново-подзолистых почвах с использованием методики биотестирования, основанной на измерении суммарной длины проростков массива семян.

Полученные результаты свидетельствовали, что применение СРП для ряда сортов значительно ускорило процесс прорастания семян. При этом увеличение уровня аллелотоксичности почв повышало эффективность сорбционной смеси.

Однако положительный эффект от применения СРП наблюдали не для всех изученных сортов яровой пшеницы: для некоторых из них обработка семян препаратом приводила к замедлению прорастания семян. По-видимому, широкий спектр активных сорбционных центров разработанного состава мог ограничивать поступление в семена не только аллелотоксинов, но и БАВ из почв, необходимых для развития семян некоторых сортов пшеницы. Для проверки данного предположения в СРП был введен автолизат пивных дрожжей (АПД), содержащий витамины, пептиды, аминокислоты, липиды и т.д., способные заполнить активные центры бентонито-гуматовой смеси, на которых могли закрепляться стимулирующие БАВ из почв. Проведенные эксперименты показали, что эффективность применения разработанного состава при добавлении в него АПД заметно возросла. Учет влияния аллелотоксичности почв и ограничение сорбции бентонито-гуматовой смесью БАВ за счет введения АПД позволили нивелировать негативные влияния изученных почв на развитие семян.

На следующем этапе исследования в разработанный состав были введены ранее известные вещества-стимуляторы, низкая эффективность и невоспроизводимость результатов действия которых, по-видимому, объяснялась нивелирующим влиянием почвенных аллелотоксинов. Были получены данные при использовании смесей, включающих в свой состав бентонит, гумат и АПД, с добавками растительных гормонов, субстратов дыхательного метаболизма, а также стимуляторов широкого спектра действия, которые показали, что для каждого из них эффективность использования заметно возрастала при применении с разработанным составом.

Таким образом, возникшие представления о механизмах процессов, происходящих при прорастании в почвах обработанных стимуляторами семян, позволили разработать ряд эффективных препаратов-стимуляторов, принцип действия которых основан на действии веществ-стимуляторов при снижении влияния аллелотоксичности почв на начальную стадию развития растений.

УДК 631.8

ВЛИЯНИЕ ШУНГИТА НА ПЛОДОРОДИЕ ПОЧВ И ПРОДУКТИВНОСТЬ РАСТЕНИЙ

Демина Г.И., Сидорова В.А., Юркевич М.Г., Дубровина И.А.
Институт биологии Карельского НЦ РАН, Петрозаводск
E-mail: val.sidorova@gmail.com

Под названием «шунгит» объединяются обычные в Средней Карелии протерозойские сланцы, содержащие варьирующее количество слабо оструктуренного графитообразного углерода. Шунгитовые поро-

ды – уникальное образование. Они необычны по генезису, структуре входящего в их состав углерода и структуре самих пород. Шунгитовый углерод – это окаменевшая древнейшая нефть. В современном состоянии – аморфный, некристаллизирующийся, фуллереноподобный углерод. Свойства шунгитовой породы определяются двумя факторами: свойствами шунгитового углерода и структурой породы, взаимоотношениями углерода и силикатов. Шунгитовый углерод обладает высокой активностью в окислительно-восстановительных процессах, сорбционными и каталитическими свойствами и находится в тесном и очень развитом контакте с силикатами.

В настоящее время в Карелии утилизация порошкообразных отходов от разработки шунгитовых месторождений и дальнейшей переработки минерала является актуальной экологической проблемой. Применение отходов шунгита в сельском хозяйстве является одним из вариантов рационального природопользования в регионе.

Исследовалась динамика изменения почвенных свойств при внесении шунгита и эффективность воздействия шунгита на рост и развитие растений. Был заложен ряд вегетационных и полевых опытов. В качестве углеродсодержащего материала использовался отсев шунгита, получившийся в результате дробления шунгита с месторождений Максово и Зажогоино (Медвежьегорский район, Республика Карелия). Содержание углерода 34%. Исследования проводились для различных доз и фракций шунгита. Также использовалась готовая шунгит-доломитовая (ШД) смесь (смесь отсева немолотого шунгита и доломитовой муки в сочетании 1:1).

Исследования в вегетационных опытах проводились на суглинистой агродерново-подзолистой почве. Полевой опыт был заложен на агробиологической станции Карельского НЦ. Почва – агродерново-подзолистая легкосуглинистая, сформировавшаяся на легкосуглинистой сильно завалуненной морене. Культуры, используемые в вегетационных опытах, – лук сорта Стурон, в полевом опыте – картофель сорта Невский.

Опыты показали, что в целом влияние шунгита на физико-химические свойства почв зависит от его дозы и фракции помола.

В вегетационных опытах рекомендуемая доза внесения шунгита – не менее 10 г/кг почвы при мелкой фракции помола. Выявлено достоверное повышение содержания углерода в почве. В чистом виде добавление шунгита не оказывает значительного влияния на актуальную кислотность почв. В варианте с ШД смесью отмечено снижение уровня кислотности, но при этом увеличение содержания углерода не столь значительно. Внесение шунгита также способствует увеличению содержания калия в почве, но не оказывает значимого влияния на содержание общего азота.

Статистический анализ результатов показал, что внесение шунгитов в почву не приводит к значимому изменению количества листьев, но при высокой дозе (50 г/кг и больше) внесение шунгита в чистом виде приводит к значимому увеличению длины и массы листьев. За счет низкой доли шунгита в ШД смеси эффект от внесения смеси незначителен. Также внесение шунгита в чистом виде приводит к значимому увеличению длины корней. Предположительно это связано с высоким содержанием кремния в шунгите.

В полевых опытах равномерное предпосевное внесение шунгита в почву способствовало более раннему появлению всходов. Наблюдается положительный эффект на урожайность картофеля в случае внесения мелкой (0.5 мм) фракции шунгита в дозе 0.5 кг/м². Равномерное предпосевное внесение шунгита в почву способствовало повышению содержания углерода и калия в почве, но не оказало значимого влияния на содержание общего азота и подвижного фосфора.

Финансовое обеспечение исследований осуществлялось из средств федерального бюджета на выполнение государственного задания Карельского НЦ РАН (0218-2019-0079).

УДК 631.416.9

ПРОСТРАНСТВЕННАЯ ВАРИАБЕЛЬНОСТЬ СОДЕРЖАНИЯ МИКРОЭЛЕМЕНТОВ В СЕМИПОЛЬНОМ ЗЕРНОТРАВЯНОПРОПАШНОМ СЕВООБОРОТЕ

**Дубовицкая В.И., Хомяков Ю.В., Вертебный В.Е., Ткачева А.Ю.,
Гурова Т.А., Конончук П.Ю.**
Агрофизический НИИ, Санкт-Петербург
E-mail: himlabafi@yandex.ru

Важной характеристикой сельскохозяйственного поля является содержание в почве основных макро- и микроэлементов минерального питания, необходимых для нормального роста и развития возделываемых культур. Для получения сведений об агрохимическом состоянии полей проводится почвенное обследование, однако зачастую данные, полученные после его проведения, не учитывают пространственную неоднородность внутри обследуемого контура. Данная неоднородность может быть вызвана рядом факторов, таких как неравномерное внесение агрохимикатов, неоднородность посевного материала, наличие нескольких культур внутри одного контура и т.д.

В связи с этим целью данной работы является оценка пространственной вариабельности содержания микроэлементов в семипольном зернотравянопропашном севообороте. Почвенные образцы были

отобраны в начале мая, по предшественникам, до посева культур. Опытное поле представляет собой развернутый в пространстве семи-польный севооборот.

На каждом поле севооборота был выбран контур 30×60 м = 1800 м², который разбивался на 20 парцелл. Парцелла 1 – сидеральный пар, 2 – отрастание многолетних трав первого года пользования, 3 – ячмень, 4 – рапс, 5 – многолетние травы второго года пользования, 6 – картофель, 7 – отрастание многолетних трав второго года пользования. С каждой парцеллы по диагонали отбирался смешанный образец почвы агрохимическим буром на глубину 20 см. Всего с севооборота было отобрано 140 почвенных образцов для оценки вариабельности содержания в них основных микроэлементов. В почве определяли подвижные соединения кобальта, меди, цинка, железа, марганца. Экстракцию микроэлементов из почвы проводили ацетатно-аммонийным буферным раствором с рН 4.8. В почве опыта выявлено низкое содержание подвижных форм кобальта, меди, цинка; средне-высокий уровень содержания подвижных форм марганца. При этом очень низкий уровень содержания кобальта и меди привел к высокой погрешности измерений, в связи с чем вариабельность содержания данных элементов была высокой и достигала уровня 92.2%, поэтому в работе будет дана оценка по вариабельности содержания цинка, железа и марганца.

В целом по общему контуру, включающему семь парцелл, вариабельность была высокой, коэффициент вариации по цинку составил 40.8%, по железу – 31.4%, по марганцу – 28.4%. Наибольшая вариабельность наблюдалась внутри парцеллы 2 по всем изучаемым элементам, где происходило отрастание многолетних трав первого года пользования. Коэффициент вариации по цинку здесь составил 43.7%, по железу – 35.3%, по марганцу – 35.2%. Стоит отметить высокие коэффициенты вариации по содержанию цинка на парцелле 3 – 74.9% (поле после озимой ржи) и на парцелле 5 – 20.4% (поле после многолетних трав второго года пользования). Выявлена высокая вариабельность по содержанию подвижного железа на парцелле 6 – 21.0% (поле после картофеля). Минимальная вариабельность по содержанию подвижного марганца наблюдалась в парцеллах 5 – 6.1% (поле после многолетних трав второго года пользования) и 6 – 7.2% (поле после картофеля), по содержанию железа – в парцелле 7 – 8.6% (поле, где происходило отрастание многолетних трав второго года пользования). Таким образом, эксперимент показал, что при отборе почвенных образцов с контура, в котором возделываются (или были предшественниками) несколько культур, наблюдается увеличение вариабельности содержания подвижных форм микроэлементов. Наименьшая вариабельность выявлена по содержанию подвижного марганца на контуре, состоящем из семи парцелл, на

которых росли разные предшественники, лишь на одной парцелле вариабельность превысила 20%, при этом вариабельность в среднем по контуру составила 28.4%.

УДК 631.82:631.5:633.11(324):631.445.4

ВЛИЯНИЕ РАЗЛИЧНЫХ СИСТЕМ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ НА УРОЖАЙ И КАЧЕСТВО ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ НА ЧЕРНОЗЁМАХ ОБЫКНОВЕННЫХ СЛАБОГУМУСИРОВАННЫХ СРЕДНЕМОЩНЫХ В УСЛОВИЯХ СТАВРОПОЛЬСКОГО КРАЯ

Егоров В.П., Давыдов В.Е.

Государственный центр агрохимической службы «Ставропольский»,
Михайловск
E-mail: stavhim@mail.ru

Агрохимцентром «Ставропольский» в течение ряда лет проводились исследования влияния различных систем минеральных удобрений на урожай и качество озимой пшеницы.

Полевые опыты проводились на полях СПК «Дубовский» Шпаковского района. Почва опытного поля – чернозем обыкновенный слабогумусированный среднемошный, сорт озимой пшеницы – Алексеев, предшественник – горох.

Содержание органического вещества в пахотном слое 3.6%. Реакция почвенного раствора нейтральная ($pH_{\text{водн.}}$ – 6.9). Обеспеченность почвы подвижным фосфором и обменным калием повышенная. Количество легкоусвояемых форм P_2O_5 в среднем по полю составило 32 мг/кг почвы (по методу Мачигина), калия – 350 мг/кг.

Основное внесение минеральных удобрений, проведение подкормок и другие мероприятия, запланированные по схеме опыта, осуществлены техникой и оборудованием, имеющимися в хозяйстве.

Химические анализы почвы и растений выполнены согласно ГОСТам, принятым в агрохимической службе РФ при массовых исследованиях.

Основная цель работы – выявить влияние действия различных доз удобрений на урожайность, товарное качество и определить их экономическую эффективность в технологии производства зерна озимой пшеницы.

Для сравнения были взяты распространенные у земледельцев края технологии в отношении удобрений: без применения удобрений, используемая технология хозяйства, научно обоснованная доза минеральных удобрений на планируемый урожай и полное минеральное удобрение с компенсацией плодородия почв.

На опыте проведены основные и сопутствующие работы.

Фенологические наблюдения проводились на каждом варианте опыта в течение всей вегетации озимой пшеницы с фиксацией наступления основных фаз развития. В период весеннего возобновления вегетации озимой пшеницы проводилась ранневесенняя почвенная диагностика на содержание нитратного азота и влаги в метровом слое, фосфора и калия в пахотном горизонте.

Содержание азота в метровом слое почвы колебалось от 79 до 132 кг/га.

Образцы растений отбирались в период колошения озимой пшеницы с каждого варианта опыта с целью прогноза качества зерна. Определения N, P и K проводились по методикам, принятым для массовых исследований.

По результатам биометрической оценки установлено, что минеральные удобрения оказывали существенное влияние на густоту стояния растений и их продуктивную кустистость. На контроле (без внесения удобрений) количество продуктивных стеблей составило 506 шт./м².

Самая высокая продуктивная кустистость отмечена на варианте с полным внесением минеральных удобрений – 637 шт./м², а при использовании научно обоснованной дозы с Органомиксом – 597 шт./м².

Полученные результаты показали преимущество использования минеральных удобрений. Максимальная урожайность озимой пшеницы получена от внесения полного минерального удобрения с учетом плодородия почвы и составила 43.8 ц/га, при использовании научно обоснованной дозы минерального удобрения – 41.2 ц/га. Урожайность озимой пшеницы при использовании технологии хозяйства с различными видами сложных минеральных удобрений в качестве припосевного внесения с подкормками составила от 38.3 до 39.4 ц/га.

Максимальная прибавка урожайности отмечена при внесении полного минерального удобрения с учетом плодородия почвы, где она достигла 8.0 ц/га, или 22% от контроля, с применением научно обоснованной дозы (диаммофоска 300 кг/га в ф.в.) совместно с Органомиксом в дозе 0.6 л/га прибавка составила 6.2 ц/га.

При погодных условиях текущего года на контроле содержание клейковины составило 16%, а на вариантах с высоким уровнем внесения минеральных удобрений – 18-21%. Варианты по технологии хозяйства имели промежуточные показатели качества зерна.

УДК 631.41

ИЗМЕНЕНИЕ ФРАКЦИОННОГО СОСТАВА ФОСФОРА ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТЫХ ПОЧВ ПОД ВЛИЯНИЕМ АРБУСКУЛЯРНОЙ МИКОРИЗЫ ГРИБА

Егорова З.Н., Рогова О.Б., Иванов А.Л.
Почвенный институт им. В.В. Докучаева, Москва
E-mail: zoyasolel@gmail.com

Повышение эффективности использования фосфорных удобрений важно для обеспечения устойчивого сельскохозяйственного производства. В мировой и отечественной литературе к настоящему времени накопилось много работ по изучению судьбы фосфора минеральных удобрений и его поведения в почве. Долгое время считалось возможным использование неограниченного количества фосфорных удобрений без ущерба окружающей среде, что сопровождалось их чрезмерным внесением во многих странах мира. Это привело к накоплению фосфорных соединений в почве и закреплению их в форме, недоступной для растений. В связи с этим в настоящее время наблюдается тенденция смещения исследований в сторону нахождения путей рационального использования фосфорных удобрений и образовавшихся запасов соединений фосфора в почве. Применение микробных ресурсов является важной стратегией увеличения биодоступности питательных веществ, в том числе и фосфора. Все большее распространение получает внесение препаратов арбускулярной микоризы грибов (АМГ). Однако вклад АМГ в увеличение содержания биодоступных форм фосфора при разном наборе почвенных свойств и разных дозах внесенных удобрений может давать положительный или отрицательный эффект, что требует рассмотрения в каждом конкретном случае.

В нашей работе мы рассмотрели влияние АМГ на содержание подвижных фосфатов (по Олсену) и фракционный состав фосфорных соединений по методу Олсена и Соммерса при трех типах технологий обработки. Был поставлен вегетационный опыт под яровой пшеницей с отобранными почвенными образцами пахотного горизонта агрогенно измененной дерново-подзолистой почвы многолетнего полевого опыта ФГБНУ «Всероссийский НИИ мелиорированных земель» со следующими вариантами опыта: контроль (экстенсивная технология под яровой пшеницей без удобрений), НРК (базовая технология под яровой пшеницей N45P45K45), 2НРК (интенсивная технология под яровой пшеницей N90P90K90) и использование органического удобрения (базовая технология под картофелем 15 т компоста многоцелевого назначения (КМН) + K90). Каждый вариант опыта проводился с

внесением препарата инокулята АМГ *Rhizophagus irregularis*, а также без внесения инокулята. Уровень валового содержания фосфатов до вегетационного опыта в первых трех вариантах был одинаковым, за исключением варианта опыта с использованием органического удобрения, в котором определено в 1.5 раза большее валовое содержание фосфатов.

Во всех вариантах опыта выявлено уменьшение содержания как подвижных фосфатов в почве при использовании АМГ, так и труднодоступных форм соединений фосфора, кроме варианта с использованием органического удобрения. Это может быть связано с увеличением поглощения фосфора растениями при использовании инокулята и требует дополнительных исследований. Во всех образцах преобладает труднодоступный окклюдированный внутри оксидов и гидроксидов железа фосфор. При интенсивной технологии выявлен наибольший вклад инокулята в перераспределение труднодоступных форм фосфора в доступные для роста и развития растений.

УДК 631.613.1

АНТРОПОГЕННЫЕ ПОЧВЫ ЗЕМЛЕДЕЛЬЧЕСКИХ ТЕРРАС ДАГЕСТАНА

Идрисов И.А.¹, Борисов А.В.², Ельцов М.В.², Пинской В.Н.²

¹ Институт геологии Дагестанского ФИЦ РАН, Махачкала

E-mail: idris_gun@mail.ru

² Институт физико-химических и биологических проблем почвоведения РАН,
Пушино

E-mail: a.v.borisovv@gmail.com

Горы Дагестана – это один из мировых центров террасного земледелия. Площадь земледельческих террас здесь несколько тысяч квадратных километров. Террасы охватывают склоны в диапазоне от 400 до 2400 м.

В течение тысяч лет в регионе развивались различные археологические культуры, но в целом Дагестан можно рассматривать как часть ареала зарождения производящего хозяйства Юго-Западной Азии. Соответственно важной задачей является установление времени появления террас в горах Дагестана.

В различных горных регионах с высокой плотностью населения и тысячелетней практикой его непрерывного обитания появлялся феномен террасного земледелия и к нему приходили народы, стоящие на разных этапах развития. Это позволяет предположить, что террасное земледелие может иметь длительную историю развития и весьма специфично для каждого региона.

Отдельные горные долины и хребты Дагестана к настоящему времени сплошь покрыты покровом земледельческих террас, когда формируются каскады из десятков и сотен террас. Изучение террас показало, что они создавались в различные периоды времени, далее пашня могла забрасываться, потом вновь распахиваться и перестраиваться. Это привело к формированию в насыпях террас погребенных почв, пахотных горизонтов, делювиальных сносов, элементов конструкции. Изучение этих слоев имеет большое значение для реконструкции истории развития природы и общества в регионах террасного земледелия. Для Дагестана период максимального создания террас можно отнести к X-XII вв. В целом можно отметить что в горной зоне большая часть террас сейчас не распахивается и используется в садоводстве, как пастбища и т.д. При этом несколько сотен квадратных километров, начиная с 1990-х гг., интенсивно используется для выращивания овощей (капусты, картофеля). В последние годы бурно развивается сооружение на горных земледельческих террасах теплиц. Земледельческие террасы и сейчас являются основой для жизни нескольких сотен тысяч людей в селах горной зоны Дагестана.

При создании террас решались две основные задачи: получение новой пашни и сохранение пашни от эрозионного смыва.

Анализ рельефа террасированных склонов показал, что при создании террас происходит полное разрушение линейных эрозионных форм, а масштабы эрозии становятся принципиально другими. Соответственно террасы сохраняются сотни и тысячи лет. Перехват поверхностного стока также способствует тому, что атмосферные осадки не стекают вниз по склонам, а сохраняются в пределах террас. Это приводит к тому, что почвы террас (террасоземы) более гумидные, чем фоновые горно-луговые почвы.

Процесс создания террас связан с масштабным перемещением горных пород в насыпи террас. На террасированных склонах в отличие от природных объем мелкозема в несколько раз больше, также существенно больше и мощность почв на террасах. При этом возможны различные варианты соотношения природных почв и разрушенных пород. Однако в большинстве почвы террас сформированы на разрушенных горных породах, большую роль в этом играет приуроченность террас к различным горным породам (известнякам, аргиллитам, песчаникам). Характерной особенностью почв террас является равномерное распределение щебня, образовавшегося при многократной распашке, при этом крупные фрагменты выбирались из террас и складывались рядом.

Поддержание плодородия при этом обеспечивалось непрерывным внесением большого числа бытовых и сельскохозяйственных отходов. Например, погребенные в террасах пахотные слои постоянно содержат большое количество археологических артефактов, имеют

повышенные микробиологические показатели и т.д., однако они отхарактеризуются низким содержанием гумуса и в целом резко отличаются от фоновых почв.

УДК 631.4:528.92.94

ОПТИМИЗАЦИЯ ПРИМЕНЕНИЯ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ НА ОСНОВЕ СОСТАВЛЕНИЯ КАРТ ЗАДАНИЙ ТОЧНОГО ЗЕМЛЕДЕЛИЯ, ПОЛУЧЕННЫХ АНАЛИЗОМ БОЛЬШИХ СПУТНИКОВЫХ ДАННЫХ

Королева П.В.¹, Долинина Е.А.¹, Рухович Д.И.¹, Куляница А.Л.²

¹ Почвенный институт им. В.В. Докучаева, Москва

E-mail: soilmap@yandex.ru

² ООО «Айти Парма», Москва

Основное назначение применения минеральных удобрений – получение урожая. Основное, так как частично минеральные удобрения применяются для ускорения перегнивания соломы и других агротехнических приемов, напрямую на урожайность не влияющих. Расчет доз применения минеральных удобрений ведется из определения рентабельности – отношения стоимости, полученной за счет применения удобрений, сельскохозяйственной продукции к стоимости самих удобрений. Для разных культур и разных почвенно-климатических условий прибавка урожая на килограмм примененных удобрений разная, но в среднем должна превышать 4 кг/кг. Традиционно норма удобрений рассчитывается для сельскохозяйственного поля в целом, которое тем самым для агротехнического прима является однородным. Поскольку однородность поля по отзывчивости урожая на внесение удобрений не подтверждается современными методами учета урожайности (датчиками урожайности на лентах транспортеров комбайнов), то можно предположить, что дифференцированное внесение удобрений с учетом внутрислоевой неоднородности плодородия почв может способствовать оптимизации применения минеральных удобрений.

Дифференцированные замеры урожайности здесь и сейчас отражают следствие действия многих факторов. Возможны пространственные флуктуации проведения агротехнических приемов. Может проследиваться неравномерность применения самих удобрений или неравномерность самого посева. Распределение неравномерности антропогенного воздействия меняется каждый год, и в каждый год неравномерность агротехники может маскировать проявление природных факторов, определяющих плодородие. Именно поэтому карта распределения урожайности конкретного года может не иметь корре-

ляции с реальным перераспределением плодородия почв внутри поля, т.е. карты внутриполевой неоднородности урожайности текущего года еще недостаточно для расчетов оптимизации внесения минеральных удобрений. Необходимо получить карты устойчивой внутриполевой неоднородности плодородия почвенно-земельного покрова.

Карты устойчивой внутриполевой неоднородности можно получить на основе технологий анализа больших данных. Для этого можно использовать архивы данных дистанционного зондирования (ДДЗ) за последние 35 лет. Открытые архивы содержат сотни и тысячи кадров ДДЗ на каждый фрагмент земной поверхности размером 30×30 м. При анализе больших спутниковых данных постулируется, что наиболее характерное состояние сельскохозяйственных угодий за 35 лет является следствием природных факторов, а не флуктуаций антропогенных воздействий. Таким образом, большие данные стабилизируют выделение природных объектов на фоне флуктуаций иных воздействий.

Карты устойчивой внутриполевой неоднородности построены для хозяйствующих субъектов на площади в сотни тысяч гектар в девяти субъектах Российской Федерации. Проведены наземные работы по почвенному картографированию и замерам урожайности. Установлено, что большинство сельскохозяйственных полей неоднородно. Урожай озимой пшеницы в рамках одного поля от одной зоны плодородия к другой может меняться на 15-60%, т.е. при одних и тех же дозах минеральных удобрений в одной части поля можно получить урожай в два раза ниже, чем в другой. Большие данные показывают, что такое распределение урожайности характерно в течение длительного периода времени. Агрохимическое обследование не выявляет различий в содержании питательных элементов, как микро-, так и макро-. Иными словами, агрохимически поля могут быть однородны.

Дальнейшие эксперименты показали, что снижение доз минеральных удобрений в зонах пониженного плодородия не ведет к изменению урожайности сельскохозяйственных культур, но увеличивает эффективность применения минеральных удобрений. В зонах же повышенного плодородия можно увеличить дозы внесения минеральных удобрений, при этом эффективность их применения не падает, а урожайность растет.

Перераспределение внесения минеральных удобрений в рамках точного земледелия по картам внутриполевой неоднородности, полученным на основе анализа больших спутниковых данных, позволяет оптимизировать применение минеральных удобрений.

УДК 631.956:631.48(571.15)

ЭВОЛЮЦИЯ ПЛОДОРОДИЯ АГРОПОЧВ АРИДНЫХ ТЕРРИТОРИЙ ПРИ ИХ ИНТЕНСИВНОМ ИСПОЛЬЗОВАНИИ

Кудрявцев А.Е.¹, Торопова Е.Ю.², Канунников С.В.¹

¹ Алтайский государственный аграрный университет, Барнаул
E-mail: kae5959@mail.ru

² Новосибирский государственный аграрный университет, Новосибирск
E-mail: 79139148962@yandex.ru

Эволюция почвообразовательных процессов – это совокупность факторов, определяющих уровень их развития. Такие факторы, как климат, растительность, гидрология сезонно динамичны и варьируют в определенных интервалах, зачастую являясь основополагающими в формировании современного облика почвы. Почвообразующие породы, геоморфологический облик более статичны и мало изменчивы во времени. При использовании почвенных ресурсов в пашне значимую роль в формировании плодородия и, как следствие, почвообразовательного процесса отводят антропогенному фактору, поскольку природное тело, именуемое почвой, становится ресурсом и предметом труда. В целом антропогенное воздействие по своему содержанию направлено на создание благоприятных режимов, позволяющих сформировать оптимальный уровень эффективного плодородия, что в совокупности с природными условиями в агропочвах определяет современный почвообразовательный процесс. Несмотря на то, что технологические приемы при возделывании той или иной культуры направлены на создание оптимальных условий, способствующих активизации и улучшению эффективного плодородия, нередко наблюдаем интенсивное развитие деградационных процессов.

Наши исследования по оценке эволюции плодородия агропочв аридных территорий проводились в Кулундинской степи, расположенной в границах Алтайского края, которая представляет собой плоскую озерную, озерно-аллювиальную равнину. Сегодня большая часть почвенных ресурсов степной Кулунды используется в земледелии, за исключением котловин с солонцами и солончаками. Почвенный покров, используемый в пашне, состоит из каштановых, темно-каштановых и светло-каштановых, иногда солонцеватых или солончаковых почв. Их потенциальное плодородие характеризуется низким содержанием гумуса (до 3%) с максимальной мощностью гумусового горизонта не более 36 см, средним, легким и супесчаным гранулометрическим составом, нейтральной, слабощелочной реакцией среды. Почти вековое использование этих почвенных ресурсов в пашне повлекло за собой изменения, которые в целом не повлияли

на почвообразовательный процесс, но по тем или иным показателям плодородие существенно трансформировалось. Так, например, мощность гумусового горизонта в среднем достоверно уменьшилась на 9 см, в большей степени деградировали светло-каштановые агропочвы, поскольку их потенциал противостоять явлениям дефляции очень низкий. Это, как правило, супесчаные разновидности с низким содержанием гумуса (около 1.5%), что и определяет проявление более активных деградационных процессов. При интенсивной антропогенной нагрузке существенно трансформируется и такой показатель плодородия, как гумус, который в агропочвах в основном представлен легкогидролизуемой фракцией. Содержание гумуса динамично во времени и в большей степени зависит от применяемой системы земледелия, в среднем в агропочвах аридных территорий Алтая за 30-118-летний промежуток времени оно уменьшилось от 0.13 до 1.22%. Дефляционные процессы провоцируют и трансформацию более стабильного показателя, такого как гранулометрический состав. Установлено, что в большей степени подвержены дефляции пыль средняя, крупная и весь набор песчаных фракций, поскольку наличия илестых и коллоидных частиц недостаточно для процесса агрегации и формирования более крупных агрегатов, недоступных для поднятия и переноса потоком ветра. Выявлено, что сумма поглощенных оснований, подвижные элементы питания в меньшей степени подвержены процессам дефляции, поскольку в их стабильности напрямую участвуют антропогенные факторы, такие как внесение минеральных удобрений. Наряду с дефляцией ярко прослеживаются процессы осланцевания, которые проявляются локально, но наиболее быстрыми темпами, чем изменение рассмотренных выше параметров плодородия. Почвенные выделы, где зафиксирован этот вид деградации, из слабосолонцеватых глубоких с течением времени преобразовались в средне сильно солонцеватые. Установлено, что эволюцию плодородия агропочв определяет избранная система земледелия, для эффективной работы которой необходима организация территории на агроэкологической основе, позволяющая приостановить развитие деградационных процессов и создать оптимальные условия для сохранения и воспроизводства плодородия.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проект № 18-416-220007р_а).

УДК:631.4:631.87

ДИНАМИКА ПЛОДОРОДИЯ МИНЕРАЛЬНЫХ ПОЧВ ПРИ ПРИМЕНЕНИИ БУРЫХ МОРСКИХ ВОДОРОСЛЕЙ

Курбатов А.А., Юркевич М.Г.

Институт биологии Карельского НЦ РАН, Петрозаводск

E-mail: arkadiy1416@gmail.com

Северные территории относятся к зоне рискованного земледелия, отличаются значительными перепадами температур и низким почвенным плодородием. Необходимость повышения почвенного плодородия актуализирует поиск и тестирование мелиорантов, минимизирующих негативное воздействие аграрного производства на окружающую среду. В этом отношении большим потенциалом обладают бурые морские водоросли.

Fucus vesiculosus L. – один из основных промысловых видов морских бурых водорослей. Этот бореально-арктический вид распространен в Атлантическом и Северном Ледовитом океанах и является массовым видом литорали Баренцева и Белого морей. Водоросли хорошо разлагаются, не токсичны, безвредны для человека, животных и птиц, что привело к популярности применения водорослей в органическом земледелии.

Нами были проведены исследования влияния *F. vesiculosus* на почвенное плодородие. В модельном эксперименте *F. vesiculosus* вносили в дерново-подзолистую почву разного гранулометрического состава: супесчаную, суглинистую и глинистую, в дозах 0.5, 2, 5 и 10% от веса почвы.

Исследуемые почвы имеют достаточно высокие агрохимические показатели для почв своего ряда, что характеризует их как средне окультуренные. Опытные почвы в разной степени обеспечены калием: супесчаная – 34.4 мг/кг, суглинистая – 379.7, глинистая – 84.2 мг/кг. Внесение *F. vesiculosus* способствовало существенному повышению обменного калия на супесчаной почве, пропорционально дозе вносимого вещества (46.1-213 мг/кг). На суглинистой почве наблюдалось снижение содержания обменного калия (270.5-472.4 мг/кг). На глинистой почве снижение содержания обменного калия (47.9-79.7 мг/кг) наблюдалось при дозах мелиоранта 0.5-5%, лишь максимальная доза водорослей (10%) несколько увеличивала содержание обменного калия (92.7 мг/кг) по сравнению с контролем.

Глинистая и суглинистая почвы имеют очень высокое содержание подвижных форм фосфора (1226 и 1873 мг/кг), супесчаная почва обладает высоким содержанием подвижных форм фосфора (172 мг/кг). Внесение *F. vesiculosus* снижает содержание подвижных форм

фосфора пропорционально внесенной дозе водорослей, что связано с переводом труднодоступных фосфатов полуторных окислов в более доступные фосфаты кальция и магния. В зависимости от дозы *F. vesiculosus* на супесчаной почве содержание подвижного фосфора составляло 97-150 мг/кг, на среднесуглинистой – 1655-1747, на глинистой – 1075-1226.

Применение *F. vesiculosus* в качестве мелиоранта повышает содержание натрия (супесчаная – 65.1-437.4 мг/кг, суглинистая – 270.5-472.4, глинистая – 96.7-379.5), магния (супесчаная – 22.8-112.3 мг/кг; суглинистая – 253.6-116.2, глинистая – 191.8-249.5) и кальция (супесчаная – 371.4-899.8 мг/кг, суглинистая – 3090.8-2511, глинистая – 671.3-1260.1) в почвах. При этом, если в вариантах с супесчаной и глинистой почвами наибольшее содержание кальция отмечается при повышенной дозе (10%), то на суглинистой именно небольшая доза (0.5%) способствует максимальному накоплению кальция в почве.

Показатели кислотности характеризуют почвы как средне- и слабокислые. При применении водорослей в качестве мелиоранта происходит значительное смещение кислотно-щелочного баланса кислых почв в сторону ощелачивания. Показатели актуальной кислотности (рН Н₂О) возрастают на 0.5-2 единицы. Потенциальная обменная кислотность (рН КСl) изменяется пропорционально актуальной кислотности. Необходимо отметить зависимость изменения показателей кислотности от типа почвы и дозы применения водорослей.

Работа выполнена в рамках государственного задания № 0218-2019-0079.

УДК 631.45:631.8

РЕСУРСОБЕРЕГАЮЩАЯ СИСТЕМА УДОБРЕНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР В КОМПЛЕКСЕ МЕРОПРИЯТИЙ ПО РЕГУЛИРОВАНИЮ ПЛОДОРОДИЯ ПОЧВ

Лапа В.В.

Институт почвоведения и агрохимии, Минск
E-mail: brissagro@gmail.com

Одним из важнейших приемов регулирования агрохимических показателей плодородия почв является система применения удобрений под сельскохозяйственные культуры. Принятая в Республике Беларусь ресурсосберегающая система применения удобрений основана на принципах расчета доз минеральных удобрений балансовым методом с использованием коэффициентов возмещения выноса элементов пи-

тания с планируемой урожайностью сельскохозяйственных культур. Коэффициенты возмещения выноса элементов питания разработаны с учетом биологических особенностей сельскохозяйственных культур, степени кислотности почв и содержания в них гумуса и подвижных форм фосфора и калия. На почвах с содержанием фосфора и калия 200-300 мг/кг почвы коэффициенты возмещения выноса составляют 100%, на почвах содержанием этих элементов менее 200 мг/кг компенсируется 130-150% выноса их с урожаем, а на почвах с содержанием фосфора и калия более 300 мг/кг коэффициенты возмещения выноса составляют 50%. Такой подход к определению оптимальных доз минеральных удобрений позволяет повысить эффективность их использования и уменьшить агрохимическую пестроту почв.

В настоящее время в результате длительного применения минеральных удобрений в объемах, близких к расчетной потребности, в республике сформировался достаточно большой массив (25-30%) высокоплодородных почв с содержанием подвижного фосфора более 250 мг/кг, калия – более 300 мг/кг, оптимизированной реакцией почвенной среды (рН в KCl) более 6.0 и содержанием гумуса более 2.0%. Как показывают результаты исследований, проведенных на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве с содержанием подвижного фосфора и калия по методу Кирсанова более 400 мг/кг, для получения урожайности зерна 8.0-9.0 т/га оптимальные дозы азотных удобрений составляют 150 кг/га д.в., фосфорных – 50 кг/га, калийных – 50 кг/га. При этом обеспечивается высокое содержание в зерне белка, клейковины и незаменимых аминокислот. Общая продуктивность за ротацию севооборота при среднегодовых дозах внесения N80P30K60 составляет 90-100 ц/га к.ед. Важным фактором при использовании таких почв является необходимость поддержания в них бездефицитного или положительного баланса гумуса и высокой биологической активности. По данным наших исследований, при внесении полного минерального удобрения в дозах N120P32K50 активность ферментов, обеспечивающих синтез гумуса, превышает активность ферментов, участвующих в его минерализации. Исключение из системы удобрения одного из элементов питания приводит к усилению активности ферментов, обуславливающих минерализацию гумуса.

Наряду с положительным влиянием на состояние плодородия почв сбалансированное минеральное питание в системе удобрения сельскохозяйственных культур оказывает наиболее существенное влияние на продуктивность сельскохозяйственных культур и окупаемость минеральных удобрений прибавкой урожайности.

Для оптимизации системы удобрения сельскохозяйственных культур разработан новый ассортимент комплексных удобрений со сбалансированным соотношением элементов питания (84 формы) и новые формы жидких хелатных микроудобрений (применение ко-

торых включено в качестве обязательного приема в регламенты возделывания сельскохозяйственных культур.

Основные преимущества новых форм комплексных удобрений заключаются, в первую очередь, в сбалансированности минерального питания растений, которую очень трудно обеспечить при использовании простых, стандартных форм минеральных удобрений, снижении затрат на 65-70% на внесение в почву за счет уменьшения расходов технических средств по полю, более высокой равномерности распределения удобрений по поверхности почвы, что обеспечивает лучшие условия минерального питания растений.

Переход в аграрной отрасли сельского хозяйства на широкомасштабное применение новых форм комплексных минеральных удобрений позволит обеспечить дальнейшее повышение продуктивности сельскохозяйственных культур без увеличения в целом потребности в удобрениях.

УДК 631.452.

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ОРГАНИЧЕСКИХ УДОБРЕНИЙ В ЗЕМЛЕДЕЛИИ РОССИИ

Лукин С.М., Тарасов С.И.

Всероссийский НИИ органических удобрений и торфа –
филиал Верхневолжского федерального аграрного НЦ, Владимир
E-mail: vnion@vtsnet.ru

Строительство крупных животноводческих комплексов в рамках Программы развития сельского хозяйства на 2013-2020 гг. привело к концентрации поголовья животных и птицы и возникновению территорий с избыточным поступлением биогенных веществ в окружающую среду. В настоящее время в хозяйствах страны объем производства бесподстилочного навоза превысил 180 млн. т, в том числе полужидких и жидких навоза и помета соответственно 41.4 и 97.2 млн. т, животноводческих стоков – 41.4 млн. т. Вследствие недостатка земельных угодий плотность поголовья животных в расчете на 1 га пашни на многих свиноводческих комплексах превышает 16 условных голов, птицефабрик – 44 условных голов при экологически безопасном уровне две условных головы на 1 га. Согласно рекомендациям, площадь полей, необходимая для утилизации бесподстилочного навоза, помета, должна составлять при среднегодовой норме N200 – 1.66 млн. га, фактически в 2.5 раза меньше. До 40% выхода навоза в сельскохозяйственных организациях не используется и хранится на прифермских территориях либо размещается на «полях утилизации». Следствием этого является загрязнение грунтовых и поверхностных вод отходами животноводства и птицеводства.

По данным наших исследований, при длительном хранении органических удобрений на грунтовых площадках в слое почвы 0-4 м на 1 га содержалось до 6340 кг минерального азота, в том числе 2500-4500 кг/га нитратного, или в 17-21 раз больше по сравнению с незагрязненной почвой. В грунтовых водах на площадках хранения удобрений содержание нитратного азота превышало содержание его в дренажных водах с поля в два раза, аммиачного азота – в восемь раз, фосфора – в 1172 раза, калия – в 106 раз. На данных земельных участках наблюдается переуплотнение верхних горизонтов почвы, что в сочетании с большим поступлением легкоразлагаемого органического вещества ведет к интенсивному оглеению подпахотных горизонтов почвы и способствует увеличению подвижности тяжелых металлов. Установлено, что внесение избыточного количества бесподстилочного навоза, помета обуславливает засоление почв в результате накопления в ней ионов аммония, хлора, сульфат-ионов, одновалентных катионов. Поступление с навозом избытка фосфатов связывает в почве ионы железа, которые становятся недоступными для растений, избыток калия блокирует усвоение растениями магния. Навоз и другие органические отходы могут быть источниками поступления в почву пестицидов, которые поступают в навоз с кормами, особенно с подстилкой, и дезинфицирующих веществ. Развитие крупных животноводческих предприятий актуализирует необходимость проведения исследований процессов, обуславливающих загрязнение почв при использовании отходов агропромышленного комплекса. Представляет интерес исследование процессов накопления биофильных элементов в высоких концентрациях в почвенном профиле и в глубоких горизонтах почвы, поступление их в грунтовые воды при длительном применении повышенных доз органических удобрений. Необходимо проведение исследований размеров накопления и изменения степени подвижности тяжелых металлов, процессов их транслокации в агроценозах. Слабо изучены процессы «зафосфачивания» почв при использовании высоких доз органических удобрений, влияние высоких концентраций фосфора в почвах на качество грунтовых вод. Необходимо проведение исследований изменений агрофизических свойств почв на полях с интенсивным применением бесподстилочного навоза и помета, а также на площадках для хранения органических отходов; влияния степени уплотнения почв в сочетании с поступлением большого количества свежего органического вещества на развитие глеевых процессов в почвах.

УДК 631.45

ДИНАМИКА СОДЕРЖАНИЯ ГУМУСА ПОЧВ ЗЕМЕЛЬ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ АСТРАХАНСКОЙ ОБЛАСТИ

Маслова Е.А, Яковлева Л.В.

Астраханский государственный университет, Астрахань

E-mail: pro100-ekaterina@mail.ru

Плодородие почвы является важнейшим интегральным показателем ее режимов, обусловленным в значительной степени параметрами и свойствами гумуса. В основе устойчивого функционирования природных экосистем лежат процессы продуцирования, трансформации и транспорта органических веществ. Органическое вещество определяет структуру почвы, в значительной степени формирует ее физико-химические и обменные свойства.

Природно-климатические условия Астраханской области характеризуются жестким дефицитом влаги, бедными и засоленными почвами. Несбалансированное применение минеральных и органических удобрений привело к формированию низкопродуктивных пахотных почв.

Цель исследования – изучение многолетней динамики содержания гумуса пахотных почв Астраханской области по данным агрохимического обследования.

Почвы сельскохозяйственных угодий (71% площади) Астраханской области (АО) представлены в северных районах зональными светло-каштановыми (13.5%), в более южных районах – бурыми полупустынными (36%), в Волго-Ахтубинской пойме, дельте Волги и подстепных ильменях – пойменными аллювиальными и луговыми (32%). Значительная площадь почвенного покрова Астраханской области (18.5%) занята песками полупустынными слабогумусированными. Интразональными почвами являются солонцы и солончаки, которые встречаются среди всех типов почв.

Засушливый климат области и разреженный характер растительности являются главными факторами образования почв. Одной из главных причин низкого плодородия этих почв является повышенная засоленность. Соли, залегающие на глубине, постепенно переносятся к поверхности, в результате чего происходит засоление, скудная растительность не обогащает такие почвы органическими веществами.

Пахотные почвы АО имеют преимущественно слабощелочную реакцию среды ($pH = 7.2-8.1$), что составляет 66% от площади пашни, и 11.4% площади занимают почвы с щелочной реакцией среды ($pH = 8.3-9.0$).

Земли сельскохозяйственного назначения АО по степени обеспеченности гумусом характеризуются очень низким его содержанием. Так, значение средневзвешенного показателя органического вещества в пахотных почвах в настоящее время не превышает 1.4%. Средневзвешенное содержание гумуса за период с 1988 по 2019 г. составило 1.2-1.4%.

Интенсивность обработки почвы, поступление в нее естественной биомассы и органических удобрений значительно влияет на содержание органического вещества. Тенденция развития сельского хозяйства в регионе растет, но применение органических удобрений и сидеральных культур – очень низкое. Анализ применения органических удобрений в период с 1960-х гг. до 2019 г. по данным агрохимического обследования почв сельскохозяйственного назначения позволил выявить следующую закономерность. С середины 1960-х до 1990-х гг. применение органических удобрений возрастало. За период 1966-1970 гг. было внесено 157 тыс. т органических удобрений, за период 1981-1985 гг. применение удобрений возросло до 618.3 тыс. т. Максимум внесения органических удобрений пришелся на период 1986-1990 гг. (719.0 тыс. т), гумус в этот период в среднем по АО составил 1.3%. В период с 1991 по 1995 г. применение органических удобрений резко сократилось и не превышало 270.3 тыс. т, а содержание гумуса снизилось до 1.2%. Самый низкий показатель по внесению органических удобрений пришелся на экономический кризис 2001-2005 гг. (29.6 тыс. т.). За период 2016-2019 гг. было внесено 224.2 тыс. т., содержание гумуса увеличилось и составило 1.4%.

Таким образом, проследивая динамику изменения содержания гумуса, можно сделать следующий вывод: для увеличения положительной динамики содержания гумуса в пахотных почвах АО необходимо вносить около 10 т органических удобрений на 1 га площади.

УДК 631.584.9

ДЕГРАДАЦИЯ ПОЧВ, ВЫЗВАННАЯ НЕСОБЛЮДЕНИЕМ СИСТЕМ СЕВООБОРОТА

Мащенко В.Н.

Дальневосточный федеральный университет, Владивосток
E-mail: 77vasiliy77@gmail.com

Одной из основных проблем использования почвенных ресурсов является отсутствие севооборота. Системы севооборота с чередованием однолетних культур рекомендуются для обогащения почвы органическим веществом. Землепользователи даже не знают об этом, а если и знают, то не хотят применять. Говорится это не о коммерческих организациях, выращивающих продукты питания. Речь идет о зем-

лесобственниках, использующих почву для выращивания урожая в целях потребления своими семьями. Следствием этого является переход к монокультурам. Таким образом происходит отказ от паров (вспаханные поля, оставляемые на одно лето незасеянным) и возделывания культур, позволяющих восстанавливать естественное плодородие земли. В настоящее время все почвоведы озабочены с такими проблемами, как деградация почв и потеря почвенного плодородия. Основной причиной сложившегося положения является отсутствие побудительных стимулов у собственников земли к сохранению почвенного плодородия – в настоящее время в России ведение сельского хозяйства осуществляется в условиях практически полного отсутствия государственного и общественного контроля за качеством сельскохозяйственных угодий, четко установленных экологических ограничений и природоохранных требований к сельхозпроизводителям в отношении сохранения почв. Нарушением севооборота следует считать отступление не от схемы, а от биологических и других принципов плодосмена, влекущих за собой снижение плодородия почвы.

Согласно данным государственного доклада «О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2007 году», около 80% земель сельхозназначения подвержены деградации, особенно эрозии. Почти половина пахотных почв нечерноземной зоны России отличается низким содержанием гумуса (ниже 2%). По данным Г.В. Добровольского (1999 г.), за последние 20 лет площадь деградированных почв увеличилась в 1.6 раза. В результате происходящих процессов за последние 100 лет содержание гумуса сократилось почти на 30%, что представляется катастрофическим явлением для продовольственной безопасности страны.

Рассмотрим некоторые вопросы использования почв в Китае. В отношении химизации почв следует отметить, что на сельскохозяйственной территории Китая преобладают кислые, бедные биогенными элементами почвы. Минеральных удобрений в Китае прежде не производили, покупать дорогостоящие импортные не было возможности. В почву вносилось все, что можно, вплоть до придорожной пыли, которая, как известно, содержит тяжелые металлы. Это не могло не сказаться на состоянии почвенного покрова. Кроме того, почвы на возделываемых в Китае землях практически лишены верхнего, аккумулятивного, горизонта – основного резервуара питательных веществ.

В Китае развивается технологическое земледелие с усиленной химизацией, которое полностью ориентировано на монокультуру. Такой способ использования почвенных ресурсов сковывает и подавляет действие основных факторов почвообразования, приводя к деградации почвы, а главное, отражается на основном свойстве почв – их плодородии.

Таким образом, бессменное возделывание овощных и других культур, принадлежащих к одному и тому же семейству, должно быть исключено, иначе это отрицательно скажется на плодородии и здоровье почвы. Для устранения этой проблемы предлагается решить две задачи. 1) Осуществлять строгий экологический контроль над почвой на государственном уровне. 2) Для рационального использования почвы с одновременным соблюдением норм природоохранного законодательства в обязательном порядке заводить почвенно-экологические паспорта, в которых были бы отражены все параметры состояния почв. Это позволит контролировать соблюдение экологического законодательства и в случае необходимости требовать, чтобы землепользователь принимал оперативные профилактические меры для повышения уровня экологической безопасности используемых участков.

УДК 631.42:631.58/470.57/

АГРОХИМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ПОЧВ В СИСТЕМЕ ТОЧНОГО ЗЕМЛЕДЕЛИЯ

Мирсаяпов Р.Р., Асылбаев И.Г.

Башкирский государственный аграрный университет, Уфа

E-mail: mirsaj@bk.ru

В 2019 г. нами проведено почвенное обследование земель сельскохозяйственного назначения ООО «Казангуловское ОПХ» Давлекановского района Республики Башкортостан.

Целью работы явилось проведение агрохимического обследования земель сельхозпредприятия и составление электронной агрохимической карты полей для внедрения технологий точного земледелия.

В последние годы все больше внимания уделяется агроэкологической обстановке в мире в целом, и Россия – не исключение. Если раньше основным направлением развития агропромышленного комплекса России было повышение урожайности сельскохозяйственных культур, то сегодня во главе угла – качество производимой продукции и экономика.

Применение различных агротехнологий без учета имеющихся параметров плодородия почв приводит к расширению пространственной пестроты агрохимических показателей, в результате нарушается равновесие агроэкосистем. Внедрение технологии точного земледелия (precision agriculture) во многом построено на оценке пространственно-временной неоднородности (пестроты) сельскохозяйственных земель. Одним из перспективных способов повышения эффективности удобрений является их дифференцированное внесение с учетом вну-

трипольной вариабельности почвенного плодородия. Необходимым условием для разработки и освоения технологий дифференцированного применения удобрений и других агрохимических средств является картографирование внутрипольной пестроты почвенного плодородия, что может быть достигнуто путем агрохимического обследования полей по элементарным участкам, позволяющего с допустимой точностью отразить эту неоднородность.

Отбор почвенных образцов для агрохимического анализа проводился на полях, не занятых сельскохозяйственными культурами и предназначенных для посева сахарной свеклы. Образцы отбирались с глубины 0-30 см. Отбор почвенных проб производился механизированным способом с использованием автоматического пробоотборника Wintex, установленного на прицеп самодвижущейся машины Нива-Шевроле. Площадь элементарных участков в зависимости от экспозиции склона и рельефа местности составила от 0.2 до 10 га. С каждого элементарного участка отбиралась смешанная проба весом около 300 г, получаемая из 10-15 индивидуальных проб (уколов). Каждый образец закрепляется GPS-координатами.

Отобранные образцы подвергнуты химическому анализу на содержание подвижного фосфора и обменного калия (по Чирикову, ГОСТ 26204-91), гумуса (по Тюрину, ГОСТ 26212-91), кислотность почвы (ГОСТ 26483-85).

Для достижения поставленной цели и применительно к задачам почвенного картографирования была использована геоинформационная система представляющая собой программно-аппаратный комплекс, основой которого являются цифровые карты с привязанными к ним базами данных.

На поле № 1 площадью 106 га всего отобрано 14 смешанных почвенных образцов. На поле № 2 площадью 90 га всего отобрано девять смешанных почвенных образцов. Средневзвешенный показатель обеспеченности почв гумусом по хозяйству составил 7.87%, что относится к повышенной категории. Средневзвешенный показатель содержания подвижного фосфора составляет 220.2 мг/кг почвы, что соответствует очень высокому классу обеспеченности. Высокие показатели обеспеченности фосфором выявлены в контурах 1-1-3 (700 мг/кг), 10-1-3 (590 мг/кг), 11-1-3 (600 мг/кг), минимальные значения выявлены в контуре 3-1-3 (116 мг/кг) и 8-1-3 (124 мг/кг). Средневзвешенный показатель содержания обменного калия составляет 113.15 мг/кг почвы, что соответствует повышенному классу обеспеченности. Реакция почвенной среды по величине рН ближе к слабощелочной и составляет 7.1-7.3.

Проведенные нами почвенные обследования показывают, что агрохимические показатели плодородия почв могут сильно различаться даже внутри отдельно взятого поля. Поэтому считаем, что в первую

очередь при переходе на систему точного земледелия необходимо провести широкомасштабное почвенное обследование и оцифровку почвенных карт. Агрохимическое обследование почв дает возможность рассчитать потребность в удобрениях и служит научной основой при разработке программы повышения плодородия почв и системы удобрений в хозяйстве на перспективу.

УДК 631.81:635.1

ПЛОДОРОДИЕ ЧЕРНОЗЕМНЫХ ПОЧВ ПРИ ДЛИТЕЛЬНОМ ПРИМЕНЕНИИ УДОБРЕНИЙ

Надежкин С.М.¹, Маркарова М.Ю.¹, Воронкин Е.В.²

¹ Федеральный НЦ овощеводства, пос. ВНИИССОК

² Западно-Сибирская овощная опытная станция, Барнаул

E-mail: nadegs@yandex.ru

Исследования проводились на Западно-Сибирской овощной опытной станции – филиале ФГБНУ ФНЦО (Алтайский край) в открытом грунте в полевом опыте, заложенном в 1942 г., с использованием общепринятых методик проведения полевых опытов. Почва – чернозем выщелоченный среднесуглинистый иловато-пылеватый с реакцией почвенного раствора, близкого к нейтральной.

Схема опыта (количество удобрений, внесенных за ротацию севооборота на 1 га севооборотной пашни): 1. Без удобрений (контроль); 2. N60P90K60; 3. N60K60; 4. P90K60; 5. N90P135K90; 6. Органические удобрения 22 т/га; 7. Органические удобрения 22 т/га + N60P90K60; 8. Последствие удобрений; 9. N60P90.

Баланс почвенных микробиологических процессов отражает устойчивость экосистемы к неблагоприятным факторам и во многом определяют иммунный потенциал овощных культур. В почвах агроценозов разнообразие почвенной микробиоты – это не только индикатор благополучия или неблагополучия почвенных условий, но и фактор, определяющий интенсивность инфекционного фона в севообороте.

В середине вегетации 2018-2019 гг. проведена оценка численности отдельных трофических групп почвенных микроорганизмов и идентифицированы доминирующие по численности патогенные микроорганизмы в почве вариантов многолетнего опыта. Процессы аммонификации в наибольшей степени были выражены в вариантах с органической системой удобрения, а также в варианте с полуторной дозой NPK и PK. Самая низкая концентрация аммонификаторов характерна для почвы контрольного варианта и варианта с последствием удобрения, что, вероятно связано с активностью данной группы и показателями активности гумификации. Они, очевидно, более выражены в тех вариантах, где вносятся органические удобрения и где активно происходит трансформация растительных остатков.

Нитрификационная активность примерно сопоставима по всем вариантам, наибольшая характерна для почвы с полуторным минеральным питанием и минимальная – в варианте без удобрений.

Для варианта с органической системой удобрения характерно незначительное биоразнообразие бактериальных форм, из которых доминируют окрашенные от желтоватого до красного цвета колонии, пигменты, в том числе диффундирующие в агар. При этом практически отсутствуют микромицеты при высеве на среду Чапека, но доминируют над бактериальными формами на среде Эшби.

В варианте с органо-минеральной системой удобрения доминируют мутные белесые колонии с обильным слизиобразованием. Разнообразие скудное. На 12-14-й день проявляется фузариоз, фомоз, альтернариоз. Изначально микромицеты, составляющие не более 0.5% от общей численности на посевах, довольно быстро занимают доминирующее положение.

Результаты наших исследований показали, что экстенсивное использование чернозема выщелоченного в течение 75 лет приводит к снижению содержания гумуса в пахотном (0-20 см) слое почвы более чем на 1.2%. Использование минеральных удобрений в парных сочетаниях (PK, NP, NK) и в виде полного минерального удобрения в одинарной норме (NPK) не оказывало существенного влияния на содержания гумуса.

УДК 631.811:631.813:631.84:631.862.1

РОЛЬ АЗОТА УДОБРЕНИЙ В ПОВЫШЕНИИ ПРОДУКТИВНОСТИ СЕВООБОРОТОВ НА СЕРЫХ ЛЕСНЫХ ПОЧВАХ ВЕРХНЕВОЛЖЬЯ

Окорков В.В., Фенова О.А., Окоркова Л.А.
Верхневолжский федеральный аграрный НЦ, Суздаль
E-mail: okorkovvv@yandex.ru

На серых лесных почвах Верхневолжья азот является лимитирующим урожайность полевых культур элементом питания. В длительном полевом опыте, заложенном в 1991-1993 гг. на серых лесных почвах Верхневолжья сразу после периода интенсивной химизации, установлено, что средняя ежегодная продуктивность восьмипольного зернотравяно-пропашного (1991-2008 гг.) и последующего семипольного зернотравяного севооборотов по степенной или гиперболической зависимостям увеличивалась с ростом среднегодовых запасов нитратного азота в слое 0-40 см почвы в ранние сроки вегетации культур: всходы высеваемых весной культур и отрастание многолетних трав и озимых (первый срок наблюдений). Такие же связи наблюдались

между первым параметром и среднегодовой величиной мобильного фонда азота в те же годы. Он представлял собой сумму запасов нитратного и аммонийного азота в жидкой фазе в слое 0-40 см. Выявлено, что средние запасы нитратного азота в середине вегетации культур по сравнению с первым сроком за 1992-2008 гг. снижались на 49-63%, аммонийного – на 7.5-15.6%. Различия обусловлены полным наличием нитратного азота в жидкой фазе почвы, а аммонийного – частичным. Основываясь на представлениях о близком механизме поглощения нитратного и аммонийного азота из жидкой фазы, за 1992-2008 гг. была рассчитана доля перехода аммонийного азота с поверхности твердой фазы почвы в жидкую (14-25%). В образцах, отобранных в те же годы и проанализированных в 2018-2019 гг., доля перехода аммонийного азота почвы в жидкую фазу (почва:вода 1:1), определенная с помощью ионоселективного электрода на ионы аммония, варьировала от 3.4 до 5.8%. В хранящихся образцах содержание аммонийного азота в почве стало в 1.5-4.8 раз более высоким, чем в проанализированных сразу в год отбора образцах. Различия резко возрастали в остросасушливые годы с пониженными величинами гидротермического коэффициента. Очевидно, в такие годы при интенсивном иссушении почвы происходили ее гидрофобизация и агрегация, анабиоз микроорганизмов. Поэтому воздействие 1 М раствора хлористого калия приводило к коагуляции почвенных коллоидов; в жидкую фазу в основном переходил поверхностно расположенный аммонийный азот. Внутриагрегатные ионы аммония сохранялись в твердой фазе. Хранение образцов вело к восстановлению гидрофильности и внутриагрегатной перестройке, минерализации микробной плазмы. Пересчет степени перехода всего аммонийного азота почвы на поверхностно расположенный аммонийный азот вел к росту этого параметра (кажущаяся доля перехода аммонийного азота почвы в жидкую фазу). Эта величина (7.1-20.6%) в вариантах опыта оказалась близкой к размерам снижения запасов аммонийного азота во второй срок наблюдения по сравнению с первым (7.5-15.6%). Интерпретация полученных данных могла свидетельствовать о том, что в течение вегетационного периода и внутриагрегатные ионы аммония могли переходить в жидкую фазу и участвовать в питании культур азотом. Перешедшие в жидкую фазу вблизи корневых волосков ионы аммония поглощались ими практически полностью.

Высокие размеры аммонийного азота в почве могут вызывать деградацию глинистых минералов с трехслойной кристаллической структурой. Процессы деградации в почве могут замедляться при применении оптимальных доз полного минерального удобрения и при сочетании его с более высокими дозами органических удобрений. В этом случае формируются более прочные микроагрегаты, в которых минеральная часть почвы защищается от разрушения адсорбирован-

ным органическим веществом. Фосфорно-калийные удобрения в сочетании с органическими удобрениями могут усиливать деградацию минеральной части почвы.

УДК 631.82

СОВРЕМЕННЫЕ ПОДХОДЫ К ИЗВЕСТКОВАНИЮ КИСЛЫХ ПОЧВ РОССИИ

Осипов А.И.

Агрофизический НИИ, Санкт-Петербург

E-mail: aosipov2006@mail.ru

Многочисленными исследованиями, проведенными как в нашей стране, так и за рубежом убедительно доказано, что скорость взаимодействия химических мелиорантов с почвой и продолжительность их действия в сильной степени зависит от химических свойств извести и ее гранулометрического состава. Известно, что относительно крупные частицы диаметром от 3 до 10 мм не являются «балластом», как считалось ранее, хотя и взаимодействуют с почвой гораздо медленнее, чем мелкие частицы. Для поддержания относительно постоянного уровня реакции почвенной среды в течение продолжительного времени известковые материалы должны содержать широкий спектр частиц различного размера. К началу третьего тысячелетия из-за резкого снижения государственной поддержки работ по поддержанию почвенного плодородия объемы известкования почв сократились в 30 раз, районные станции химизации фактически перестали существовать, а техника для известкования морально устарела. В сложившейся ситуации было принято решение внедрить в Ленинградской области положительный опыт Республики Татарстан по известкованию кислых почв сыромолотыми известковыми мелиорантами, что позволит снизить стоимость данного мероприятия в два раза, а также использовать при этом новые современные технологии точного земледелия и их информационно-технологическое обеспечение, созданные в Агрофизическом институте. Кроме того, сыромолотая мука грубого помола обладает пролонгированным действием, слабо пылится и в меньшей степени сносится ветром по сравнению с высушенными аналогами, а также меньше вымывается из почвы, не нанося вред окружающей среде.

В 2012 г. на Меньковском филиале АФИ нами был заложен производственный опыт по влиянию доломитовой муки грубого помола на кислотно-основные свойства дерново-подзолистой супесчаной почвы и урожай козлятника восточного. В опыте использовали отсев доломитовой муки тониной помола менее 10 мм в дозах 3.2-6.4 т/га без фона и на фоне 5 т компоста многоцелевого назначения (КМН),

состоящего из куриного помета и верхового торфа в соотношении 1:1, который прошел ускоренную ферментацию при температуре 80 °С в течение семи суток. КМН представлял собой однородную сыпучую массу темно-коричневого цвета влажностью 60-70%, рН КСl колебался в пределах 6.9-7.2. Массовая доля общего азота составляла 1.7%, фосфора (P_2O_5) – 1.5, а калия (K_2O) – 1.8% на абсолютно сухое вещество. Исследования показали, что обменная кислотность почвы за шесть лет проведения опыта существенно уменьшилась на варианте с одинарной дозой доломитовой муки с 4.6 до 5.1 рН, а на варианте с двойной дозой мелиоранта – с 4.6 до 5.6 рН. При внесении доломитовой муки на фоне 5 т КМН показатели величины рН практически не изменились. Известкование доломитовой мукой грубого помола существенно увеличивает урожайность козлятника восточного во все годы проведения опыта. Так, например, в 2017 г. урожайность зеленой массы козлятника на контрольном варианте была 19.8 т/га, а на фоне 5 т КМН – 21.7 т/га. При внесении одинарной дозы мелиоранта урожайность зеленой массы данной культуры увеличилась до 26.0 т/га. Аналогичные данные получены и по фону 5 т КМН. Двойная доза мелиоранта не оказала существенного влияния на урожайность зеленой массы козлятника восточного, величина которого составила 27.1 т/га, однако на фоне 5 т КМН она увеличилась с 26.0 до 29.5 т/га. Полученные результаты подтверждают нашу гипотезу о том, что сыромолотая доломитовая мука тониной помола менее 10 мм может являться эффективным мелиорантом пролонгированного действия.

Работа выполнена в соответствии с соглашением Минобрнауки № 075-15-2019-1939.

УДК 631.86: [631.412: 631.445.24]:

МОНИТОРИНГ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ И ФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ ПОЧВЫ ПРИ ПРИМЕНЕНИИ КУРИНОГО ПОМЕТА В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ЕЁ ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКОГО СОСТАВА

Персикова Т.Ф., Царева М.В.

Белорусская государственная сельскохозяйственная академия, Горки
E-mail: persikova52@rambler.ru

Куриный помет является ценным органическим удобрением с высоким содержанием основных элементов питания и микроэлементов. Степень влияния пометных удобрений на свойства почвы зависит от дозы внесения, культуры, под которую они вносятся, и длительности применения.

Исследования закономерностей изменения свойств дерново-подзолистых почв при использовании куриного помета проводились в 2016-2018 гг. в ОАО «Витебская бройлерная птицефабрика» и на кафедре почвоведения УО БГСХА. ОАО «Витебская бройлерная птицефабрика» – одно из крупнейших в Республке Беларусь предприятий по производству мяса птицы на промышленной основе с общим замкнутым производственным циклом. Общая земельная площадь хозяйства – 25 641 га, в том числе пашни – 17 037 га. поголовье птицы – 2 млн. 889 голов. Выход птичьего помета в год составляет более 120 000 т.

Методы исследований: полевые опыты, лабораторные исследования и анализы, статистические методы исследований.

В курином помете, полученном на Витебской бройлерной птицефабрике и применяемом в опытах в 2016-2018 гг., содержание элементов питания колебалось: общего азота от низкого 6.2 (2016 г.) до высокого 27.1 (2018 г.); подвижного фосфора от низкого 7.0 (2016 г.) до 14.3; калия от 5.8 (2016 г.) до высокого 19.6 (2017 г.); низкое содержание кальция 5.8 (2016 г.) и 10.7 (2018 г.); магния от 5.2 (2016 г.) до высокого 12.60 (2017 г.) кг/т; высокое содержание цинка от 129.4 (2016 г.) до 569.4 (2017 г.); меди от 43.3 (2016 г.) до 99.1 (2017 г.); марганца от 109.7 (2018 г.) до 434.6 (2017 г.); свинца от 4.2 (2016 г.) до 19.7 (2017 г.); кадмия от 0 (2016 г.) до 0.14 (2017 г.).

Применение куриного помета, гранулометрический состав почвы и биологические особенности культур оказывают влияние на физико-химические и физические свойства дерново-подзолистой почвы:

– перед уборкой озимой пшеницы независимо от гранулометрического состава почвы при внесении куриного помета (40 т/га куриный помет на соломенной подстилке перед посевом) снизилась на 1.5-2% степень насыщенности основаниями, на 2-3 мэкв/100 г почвы – сумма обменных оснований, на 1-3% – пористость аэрации;

– перед уборкой кукурузы (80 т/га куриный помет на соломенной подстилке перед посевом) обменная кислотность, независимо от гранулометрического состава почвы, снизилась с pH 6.12 до pH 7.18, увеличилась степень насыщенности основаниями с 86 до 97.3%, плотность почвы – с 1.17 до 1.97 г/см³, пористость аэрации – с 10.2 до 22.3%.

С целью установления последствий куриного помета на урожайность семян ярового рапса (предшественник – озимая пшеница) были заложены опыты на дерново-подзолистой связно-супесчаной и среднесуглинистой почве.

Перед уборкой рапса независимо от гранулометрического состава почвы при минеральной системе удобрения (N150P70K120) с учетом последствий куриного помета возросла степень насыщенности основаниями с 87 до 93%, снизилась обменная кислотность почвы

с рН 5.97 до рН 6.40, гидролитическая кислотность с 1.59 до 0.97 мэкв/100 г почвы. Плотность твердой фазы среднесуглинистой почвы увеличилась с 1.98 до 2.38 г/см³, связно-супесчаной снизилась с 2.10 до 1.96 г/см³, общая пористость снизилась с 48 до 41% на связно-супесчаной и с 46 до 44% – на среднесуглинистой почве.

УДК 631.8

ПРОДУКТИВНОСТЬ КУКУРУЗЫ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ СОВРЕМЕННЫХ АГРОТЕХНОЛОГИЙ

Пропастина Е.П.

Южный федеральный университет, Ростов-на-Дону
E-mail: prokaterina199920@gmail.com

Ключевое значение в сельскохозяйственном производстве принадлежит зерновым культурам, они являются не только основным продуктом питания человека, но и сырьем для многих отраслей промышленности. Так, одной из важнейших сельскохозяйственных культур является кукуруза.

Цель работы – изучить продуктивность кукурузы в течение двух-летнего опыта на черноземе обыкновенном карбонатном в условиях Ростовской области при внесении удобрений. Исследования проведены совместно с Международным институтом питания растений. Опытная культура – кукуруза (*Zea mays*), сорт Пионер П9175 – гибрид нового поколения двойного использования: на зерно и на силос. Почва – чернозем обыкновенный карбонатный. Полевые опыты заложены согласно методике госсортоиспытания сельскохозяйственных культур на территории госсортоучастка «Целинский» Целинского района Ростовской области. Удобрения вносили согласно следующей схеме:

- 1) N30P40 под предпосевную культивацию;
- 2) N9P40 под предпосевную культивацию;
- 3) N85P70K40 + Zn (обработка семян);
- 4) N17P70K40 + Zn (обработка семян).

В качестве минеральных удобрений использовались аммофос и аммиачная селитра, калий хлористый. Стоит отметить, что 3 и 4 варианты включают в себя не только макро- и микроудобрения, но и бактериальные удобрения, поэтому помимо содержания азота и большой концентрации фосфора эти удобрения содержат цинк сернокислый. Общая площадь делянки – 67.2 м², учетная – 42.0 м². Повторность четырехкратная. Предшественник – нут. Математическая обработка полученных результатов путем дисперсионного анализа с использованием ПЭВМ. В условиях 2017 г. урожайность кукурузы в опыте варьировала в пределах от 52.45 ц/га при внесении N9P40 до 61.81 ц/га – в варианте N85P70K40 + Zn. Добавление азота на фосфорном фо-

не (N30P40) не приводит к увеличению урожайности кукурузы. Прибавка урожая была математически не достоверна. Существенное влияние дополнительного внесения азота установлено на фосфорно-калийном фоне N85P70K40 с обработкой семян цинком. Выявлено значительное влияние фосфорных и калийных удобрений на урожайность кукурузы. Прибавка урожая при сравнении вариантов N30P40 и N85P70K40 была максимальной по опыту – 7.18 ц/га, при сравнении вариантов N9P40 и N17P70K40 – 3.87 ц/га. В условиях 2018 г. урожайность кукурузы в опыте варьировала в пределах от 39.88 ц/га при внесении N9P40 до 50.66 ц/га – в варианте N85P70K40, что показывает уменьшение урожайности по сравнению с опытом 2017 г. Существенное влияние дополнительного внесения азота установлено на фосфорно-калийном фоне N85P70K40 с обработкой семян цинком. Выявлено значительное влияние фосфорных и калийных удобрений на урожайность кукурузы. Прибавка урожая при сравнении вариантов N30P40 и N85P70K40 была максимальной по опыту – 5.83 ц/га, при сравнении вариантов N9P40 и N17P70K40 – 4.42 ц/га.

УДК 631.82

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ АЗОТА В ДЛИТЕЛЬНЫХ И КРАТКОСРОЧНЫХ ОПЫТАХ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Романенков В.А.^{1,2}, Беличенко М.В.², Рухович О.В.², Иванова О.И.²

¹ Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Москва

² Всероссийский НИИ агрохимии им. Д.Н. Прянишникова, Москва

E-mail: geosetvniia@gmail.com

В настоящее время существует большая потребность сельскохозяйственного производства в удобрениях. Особенно велика необходимость в источниках азотного питания растений. Для оценки экологической безопасности внесения различных доз азота и повышения эффективности его использования применяют различные способы. Так, эффективность использования азота (NUE) – отношение внесенного азота и вынесенного с урожаем – активно используется в исследованиях многих авторов.

Нами проведено исследование на основе баз данных длительных и краткосрочных опытов. В исследование включены длительные опыты, расположенные в Нечерноземной зоне Российской Федерации, охватывающие ареал распространения дерново-подзолистых почв. Обработано 259 данных вариантов опытов с озимой пшеницей за 12 лет исследований (2005-2016 гг.) с минеральной и органо-минеральной системой удобрения, обеспечивающих ежегодное внесение

от 30 до 500 кг N/га и выносом от 29 до 179 кг N/га. База данных краткосрочных опытов, расположенных в Московской области на дерново-подзолистых почвах, содержит данные по урожайности озимой пшеницы в 231 варианте опыта за период 1972-1989 гг. Результаты были усреднены по дозам удобрений. Данные об урожайности пшеницы, побочной продукции и содержании азота в них пересчитаны в вынос азота с урожаем.

В длительных опытах внесение доз удобрения до 120 кг N/га приводит к некомпенсированному выносу азота из почвы растениями – NUE больше 90%. Внесение с удобрениями более 250 кг N/га создает избыток элемента, который не используется растениями на формирование урожая, а приводит к загрязнению почв и сопредельных территорий – NUE меньше 50%. Органо-минеральная система удобрения не обеспечивала ожидаемый рост урожайности при дозах азота более 250 кг/га. При применении менее 120 кг/га азота неопределенность, создаваемая изменчивостью погодных условий, не позволяет достичь устойчивого управления азотным балансом. В диапазоне доз 120-250 кг/га в минеральной и органо-минеральной системе удобрения длительных опытов обеспечивается оптимальный баланс азота и наиболее полное использование внесенного азота растениями при изменении урожайности в пределах 2.9-7.3 т/га и среднего содержания азота в продукции 2.0%.

Для краткосрочных опытов обнаружены закономерности распределения азота, характерные для современных длительных опытов: в рамки оптимальных значений попадают показатели выноса азота урожаем при внесении азота от 120 до 250 кг/га. Данный диапазон достигался при варьировании урожайности 1.1-5.2 т/га и среднего содержания азота в продукции 2.26%.

Таким образом, на основе баз данных длительных и краткосрочных опытов с удобрениями, расположенных в Нечерноземной зоне Российской Федерации и в Московской области на дерново-подзолистых почвах, проведено исследование эффективности использования азота озимой пшеницей. Установлено, что в диапазоне доз 120-250 кг/га в минеральной и органо-минеральной системе удобрения обеспечивается оптимальный баланс азота и наиболее полное использование внесенного удобрения растениями. Меньшие дозы азота приводят к истощению почвы, большие – к загрязнению агроценозов.

УДК 631.46

ВНУТРИПОЛЬНАЯ ВАРИАБЕЛЬНОСТЬ ОБЕСПЕЧЕННОСТИ ПАХОТНЫХ УГОДИЙ ДОСТУПНЫМИ ЭЛЕМЕНТАМИ ПИТАНИЯ И ПЕРСПЕКТИВЫ ВНЕДРЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЙ ДИФФЕРЕНЦИРОВАННОГО ВНЕСЕНИЯ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ

Смирнова Е.В., Гиниятуллин К.Г.
Казанский федеральный университет, Казань
E-mail: elenavsmirnova@mail.ru

Инновационное развитие сельскохозяйственного производства в будущем связывается с развитием цифровых технологий точного земледелия, которые могут обеспечить качественный прорыв в растениеводстве. Применение технологий точного земледелия позволяет не только повысить эффективность применения минеральных удобрений, но и существенно уменьшает нагрузку на окружающую среду, а также обеспечивает получение более качественной продукции. Одной из предпосылок, определяющих необходимость широкого внедрения систем дифференцированного внесения минеральных удобрений, является широкая внутрипольная вариабельность пахотных угодий по обеспеченности доступными формами элементов питания.

С 2017 г. и по настоящее время коллективом кафедры почвоведения Казанского (Приволжского) федерального университета в ходе выполнения Федеральной целевой программы и грантов было проведено обследование более 25 тыс. га пахотных угодий, расположенных в Сармановском и Заинском районах Республики Татарстан под внедрение систем дифференцированного внесения минеральных удобрений. Районы приурочены к зоне распространения выщелоченных черноземов, но характеризуются различной степенью изрезанности рельефа и, как следствие, различной степенью эродированности почв и пестротой почвенного покрова. Однако, оба региона характеризуются примерно сопоставимой широкой внутрипольной вариабельностью по обеспеченности элементами питания. Содержание гидролизующего азота на обследованных полях в основном характеризуется средней вариабельностью, доступных форм фосфора и калия – средней и сильной. В пределах одного поля, как правило, имеются участки как с низкой обеспеченностью, которые требуют внесения высоких расчетных доз минеральных удобрений, так и с высокой обеспеченностью, когда необходимости применения удобрений нет или практически нет. При традиционных технологиях применения минеральных удобрений, ориентированных на внесение средней дозы НРК, рассчитанной на обеспеченность всего поля, создаются все предпосылки для усиления внутрипольной неоднородности по элементам

питания. Очевидно, что с усилением вариабельности пахотных угодий экономическая эффективность применения удобрений, вносимых в соответствии с традиционными представлениями о системах хозяйствования, будет только снижаться. Вследствие этого применение систем дифференцированного внесения удобрений необходимо рассматривать не только как способ эффективного использования минеральных удобрений, но и как реальную возможность выравнивания полей по обеспеченности элементами питания. Правильное сочетание применения технологий точного и традиционного земледелия может обеспечить получение необходимой эффективности последних за счет снижения внутрипольной вариабельности.

В работе В.Г. Сычева и Р.А. Афанасьева (2016) приводятся данные, что при рациональном применении оборудования и спецтехники для дифференцированного внесения удобрений затраты на их приобретение могут окупиться уже в течение одного года. Другими словами, экономический фактор не является основной причиной, замедляющей внедрение цифровых технологий, а наоборот – их применение имеет необходимую экономическую целесообразность. Одной из причин, останавливающих внедрение систем цифрового земледелия, является отсутствие общепринятых методик и стандартов, обеспечивающих проведение агрохимического обследования почвенного покрова, ориентированных конкретно на дифференцированное внесение удобрений, которые бы учитывали региональные особенности пространственной неоднородности почвенных свойств. Также серьезной проблемой является отсутствие специалистов, обладающих необходимыми компетенциями, позволяющими эффективно применение технологий цифрового земледелия. Необходимо признать, что без решения данных проблем широкое внедрение цифрового земледелия в России может оказаться в ближайшей перспективе весьма трудно реализуемой задачей.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 19-29-05061 мк.

УДК 631.417.2; 631.452;631.559;631.815.2;631.454

АГРОХИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ СТАБИЛИЗАЦИИ ГУМУСОВОГО СОСТОЯНИЯ ПОЧВ

Сычев В.Г., Налиухин А.Н.

Всероссийский НИИ агрохимии им. Д.Н. Прянишникова, Москва
E-mail: info@vniia-pr.ru

В последние два 10-летия в длительных полевых опытах как в России, так и во всем мире делается упор на изучение количественной оценки динамики содержания углерода в почве и разработку методов

для достижения бездефицитного баланса гумуса. Изучение данного вопроса проводится в рамках географической сети опытов с удобрениями, головным координатором которых является Всероссийский научно-исследовательский институт агрохимии им. Д.Н. Прянишникова. В рамках исследований в 21 длительном стационарном опыте, проводимом в рамках геосети России, выявлено, что в Европейской части России продуктивность севооборотов возрастает с севера на юг в ряду почв: дерново-подзолистые < серые лесные < черноземы (выщелоченные, обыкновенные, южные), при этом наибольшая продуктивность севооборотов обеспечивает органо-минеральная система удобрений. В сухостепных условиях Забайкалья урожайность резко падает, наибольшая урожайность достигается при раздельном внесении органических и минеральных удобрений. На юге Дальнего Востока более продуктивными являются лугово-бурые почвы в сравнении с лугово-черноземовидными. В условиях муссонного климата эффективность органо-минеральных систем удобрения равна минеральной. Установлены большие различия в содержании $C_{\text{орг}}$ даже в пределах одного типа почв. Разница в содержании почвенного органического углерода между вариантами «без удобрения» и «навоз+НРК»/«навоз» в восьми опытах была <0.2%, в девяти – 0.2-0.4% и в пяти опытах – более 0.4%, средняя величина составила 0.27%. На дерново-подзолистых, серых лесных и черноземных почвах наибольшая убыль органического вещества отмечалась в контрольном варианте, без применения удобрений. Минеральные удобрения уменьшали потерю $C_{\text{орг}}$ почвами, но полностью их не компенсировали, за исключением серых лесных почв. Органическая и органо-минеральная системы способствовали стабилизации содержания углерода в почвах. При этом лугово-черноземовидные и лугово-бурые почвы наряду с каштановыми являются наименее устойчивыми к дегумификации и нуждаются в обязательном применении удобрений, в первую очередь органических. Выявлены уровни минимального (в вариантах без применения удобрений) и оптимального (при совместном внесении органических и минеральных удобрений) содержания $C_{\text{орг}}$ для каждого типа почв и разновидности по гранулометрическому составу с учетом применяемой системы удобрения.

УДК 631.41:63.811 (571.63)

АГРОХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА АГРОПОЧВ ПРИМОРСКОГО КРАЯ ПРИ ВЫРАЩИВАНИИ СОИ

Трегубова В.Г., Хохлова А.И., Бурдакова Е., Нестерова О.В.
Дальневосточный федеральный университет, Владивосток
E-mail: tregubova.v.g.@dvfu.ru

Соя – важнейшая культура земледелия во многих странах мира. Площадь посевов сои в России составляет 1.4% (1.5 млн. га). В силу климатических условий эта культура возделывается в основном в Дальневосточном регионе. В Приморском крае под сою занято около 20% севооборотных площадей. Почвы, используемые при возделывании сои – подбелы, незначительно – буроземы, находящиеся на конусах выноса мелкосопочника, сформированы те и другие на тяжелых по гранулометрическому составу породах и обладают пониженной фильтрационной способностью, что вызывает переувлажнение в периоды муссонных дождей. Почвы глубоко промерзают и медленно оттаивают весной, что сдерживает активизацию биологических процессов и мобилизацию элементов питания. Резко выраженная смена окислительно-восстановительных процессов, характерная для этих почв, приводит к образованию большого количества железо-марганцевых конкреций, которые энергично поглощают подвижные соединения фосфора. Поскольку большинство почв обладает маломощным гумусовым горизонтом, то необходимо припахивание нижележащего отбеленного горизонта с содержащимися в нем конкрециями.

Исследования показали крайне низкие значения содержания подвижного (доступного) фосфора в почвах. Из обследованных 7.5 тыс. га посевных площадей все 100% имеют низкую и очень низкую обеспеченность фосфором. Значения находятся в интервале 7.15-0.71 мг/100 г почвы. Внесение фосфорсодержащих туков неэффективно, так как большая часть вносимого фосфора фиксируется и становится недоступной из-за высокой кислотности почв. По данным агрохимического обследования, от 70 до 95% почв имеют кислую реакцию среды ($pH_{\text{сол.}}$ от 4.1 до 5.9), тогда как для успешного выращивания сои необходимо создание оптимальной кислотности почвенного раствора для прохождения активной азотфиксации. Оптимальным интервалом pH является 6.0-7.0, соя может расти даже на почвах со слабощелочной реакцией.

Полученные данные по содержанию азота и калия в исследуемых почвах значительно разнятся с рассмотренными выше. Содержание легкогидролизуемого азота в почвах высокое и очень высокое – 68.0-10.4 мг/100 г, калием они также хорошо обеспечены – 20.4-

7.1 мг/100 г, тем не менее отмечается значительная пестрота по содержанию этих элементов минерального питания в пределах отдельных полей, что может вызвать неравномерность созревания культуры и существенно усложнит уборку.

Таким образом, современное состояние почв, используемых под посевы сои, по многим показателям не соответствует физиологическим потребностям этой культуры, что лимитирует получение высоких урожаев. По данным агрохимического обследования, агропочвы (подбелы и буроземы) в Приморском крае характеризуются средним содержанием гумуса (около 67%), кислой реакцией среды (97%), не обеспечены фосфором (100%), содержат достаточное количество подвижного калия и легкогидролизуемого азота. Необходимо кислые почвы, отводимые под посевы сои, известковать, в пахотном слое почвы и желательнее в подпахотном необходимо создать благоприятный режим аэрации для обогащения почвы азотом за счет азотофиксации. При соблюдении этих условий соя на 75-80% удовлетворяет свою потребность в азоте за счет фиксации его из воздуха. Потребность в азотных удобрениях незначительная, в основном это «стартовые» дозы в начале вегетации. Оптимальное содержание подвижного фосфора может быть достигнуто внесением фосфорных удобрений только в предварительно произвесткованные почвы. Внесение калийных удобрений необходимо в дозах для поддержания его бездефицитного баланса.

УДК631.445.4(571.51)

ВЛИЯНИЕ ДЛИТЕЛЬНОГО ПРИМЕНЕНИЯ УДОБРЕНИЙ НА ПЛОДОРОДИЕ ЧЕРНОЗЁМОВ В ПРИЕНИСЕЙСКОЙ СИБИРИ

Трубников Ю.Н., Шпедт А.А.

Красноярский НИИ сельского хозяйства ФИЦ Красноярский НЦ СО РАН,
Красноярск

E-mail: trubnikov124@yandex.ru, shpedtaleksandr@rambler.ru

По урожайности зерновых культур в Сибирском федеральном округе Красноярский край в течение последних 15 лет занимает лидирующее положение. Средний урожай зерновых культур достигает 20-24 ц/га, валовое производство составляет более 2.5 млн. т зерна. Такие объемы производства обеспечиваются агресурсами и интенсификацией производства. Основной земледельческий фонд сельскохозяйственного производства региона представлен черноземами. Они занимают около 50% структуры почвенного покрова пашни, составляющей 2960 тыс. га. Черноземы выщелоченные охватывают территорию, близкую к 1 млн. га (30%), в том числе

в лесостепной зоне около 900 тыс. га. Именно здесь сосредоточено основное сельскохозяйственное производство. В этой связи проблема оптимизации систем удобрений, предусматривающая обязательное изучение влияния длительного их применения на агрохимические свойства черноземов и продуктивность севооборотов, представляется актуальной как с экономических, так и с экологических позиций. Черноземы Приенисейской Сибири обладают хорошими физическими, водно-физическими, физико-химическими и агрохимическими свойствами. Они обладают рядом провинциальных особенностей, которые отличают их от западно-сибирских и, особенно, от европейских аналогов. Исследования проводились на Солянском стационаре, организованном на базе Красноярского НИИСХ в 1969 г. и входящем в состав географической сети опытов с удобрениями. Опыты заложены в трехкратной повторности на комплексе черноземов выщелоченных и обыкновенных Канской лесостепи, входящей в состав Канско-Рыбинского геоморфологического округа. Работы ведутся в шестипольном севообороте: пар-пшеница-ячмень-горохо-овсяная смесь-пшеница-овес. Закладка опытов последовательная на трех полях по двум предшественникам: пар чистый и пар сидеральный.

Установлено, что за период наблюдений содержание гумуса на вариантах без удобрений (контроль) и при ежегодном внесении НРК не изменилось. Систематическое внесение навоза (первая-пятая ротации) также не обеспечило достоверного увеличения гумуса (0.28% при $НСР_{05} = 0.3$). Систематическое применение минеральных удобрений за рассматриваемый период обеспечило достоверное увеличение подвижных фосфатов и калия. Длительное применение навоза определило увеличение пятиокси фосфора ($r = 0.8$), определенного по методам Чирикова и Карпинского-Замятиной, а также улучшило нитрификационную способность почвы ($r = 0.76$). Установлено, что в седьмой и восьмой ротации севооборота наибольшее влияние на урожайность культур и продуктивность севооборотов оказывают азотные удобрения. Внесение P_{20} в рядки также положительно сказалось на величине урожая, особенно это заметно в опытах с пшеницей после парового поля. Это объясняется тем, что первая пшеница по пару, как правило, имеет повышенную обеспеченность подвижными формами азота и в этом случае лимитирующим фактором часто становится фосфорное питание. Последующие культуры севооборота также положительно реагировали на внесение фосфорных удобрений, но в меньшей мере, чем на применение азотных. Оценивая в целом продуктивность севооборотов по выходу зерновых единиц с 1 га севооборотной площади, можно констатировать их количественное равенство. В севообороте с чистым паром в среднем за ротационный период получено 22.5 ц/га з.ед., а по сидеральному пару – 22.0 ц/га з.ед. Вместе с тем можно отметить, что в годы с повышенным

количеством осадков преимущество сидерального пара проявляется в посевах ячменя по пшенице.

Полученный материал позволяет заключить, что длительное применение минеральных и органических удобрений оказывает позитивное влияние на эффективное и потенциальное плодородие черноземов Канской лесостепи и увеличивает продуктивность севооборота на 40-50%.

УДК 631.47

ВЛИЯНИЕ УДОБРЕНИЙ, СПОСОБОВ ОБРАБОТКИ В ПОЛЕВЫХ СЕВООБОРОТАХ НА ПЛОДОРОДИЕ ЧЕРНОЗЁМОВ, РОСТ ПРОДУКТИВНОСТИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР И ЭКОЛОГИЮ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ В ЮГО-ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ ЦЧЗ

Тютюнов С.И., Соловиченко В.Д.

Белгородский Федеральный аграрный НЦ РАН, Белгород

E-mail: Laboratoria.Plodorodya@yandex.ru

В Белгородском научном центре в 1987 г. заложен стационарный полевой опыт по теме «Разработать научные основы воспроизводства плодородия черноземов в специализированных севооборотах при разных способах обработки почвы и внесения удобрений в юго-западной части ЦЧЗ».

Почва – чернозем типичный среднemocный малогумусный тяжелосуглинистый на лессовидном суглинке с содержанием в пахотном слое 5.1-5.6% гумуса, 48-57 мг подвижного фосфора, 92-112 мг/кг обменного калия, рН солевой вытяжки 5.8-6.4, гидролитической кислотности 2.1-2.6 мг·экв/100 г и суммы поглощенных оснований 38-42 мг·экв/100 г.

В опыте три пятипольных севооборота (зернотравянопропашной, зернопропашной и зернопаропропашной) имеют разную насыщенность в структуре посевных площадей пропашными культурами (соответственно 20.40 и 80%), три способа обработки почвы – вспашка, безотвальная и минимальная.

Удобрения вносятся в зависимости от биологических особенностей культур: минеральные от 50 до 180 кг д.в./га на фоне 8-16 т навоза на 1 га севооборотной площади.

По завершении пяти ротаций севооборотов (25 лет) в зернотравянопропашном севообороте наблюдается положительный баланс гумуса в почве, содержание его увеличилось до 0.86-1.1% и при совместном внесении минеральных и органических удобрений, а в пропашных севооборотах содержание гумуса снизилось на вариантах опыта без внесения удобрений и с внесением только минеральных удобрений.

Внесение 8 т/га навоза крупного рогатого скота стабилизирует содержание гумуса в почве.

В зернотравянопропашном севообороте по сравнению с пропашными содержание нитратного азота в почве больше на 25-35%, чему способствует симбиотическая деятельность бобовых трав. В целом, внесение удобрений повышает содержание азота в 2-2.5 раза. Существенных различий в содержании азота в почве по способам обработки почв не наблюдается.

Внесение удобрений резко повышает содержание подвижного фосфора в пахотном слое почвы: от органических – на 40-60%, минеральных – 103-240%, органо-минеральных – до 210-275%, содержание обменного калия соответственно на 10-18, 15-25 и 52-63%.

Зернотравянопропашной севооборот способствовал снижению кислотности: на вариантах без внесения минеральных удобрений на 20-25%, а с их внесением лишь на 10-13%.

В пропашных севооборотах гидролитическая кислотность с внесением минеральных удобрений увеличилась на 25-40%. Внесение в почву навоза 8 т/га севооборотной площади стабилизирует кислотность, а 16 т/га навоза снижает ее на 0.8-1.01 мг·экв/100 г.

Улучшаются агрофизические свойства почвы: коэффициент структурности при органо-минеральной системе удобрений повысился до 3.6-4.9 ед. и с большей величиной при минимальной обработке почвы. С внесением органических удобрений происходит разуплотнение почвы на 0.15-0.28 г/см³. На фоне роста плодородия почв повышается и продуктивность культур, достигая при благоприятных погодных условиях 6-8 т/га зерна озимой пшеницы, а корнеплодов сахарной свеклы – 50-70 т/га.

Полевой опыт проводится без нарушения экологических условий окружающей среды.

УДК 632.954

О ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТРОИЦКОЙ СОЛИ В КАЧЕСТВЕ ГЕРБИЦИДА

Ульянова О.А., Кураченко Н.Л., Власенко О.А.

Красноярский государственный аграрный университет, Красноярск
E-mail: kora64@mail.ru

В Сибирском регионе выявлено около 300 видов сорных растений, 50 из них наиболее широко распространены и вредоносны. Среди них – овсюг, щирца запрокинутая, марь белая, гречиха татарская, гречишка вьюнковая, горец развесистый и др. В настоящее время известно 462 резистентных биотипа. Зарегистрировано 86 культур

гербицидоустойчивых сорняков в 66 странах. Проблема резистентности сорной растительности имеет общемировое значение. Характер и уровень ее проявления связаны с биологическими особенностями растений и свойствами гербицидов. В связи с этим необходимо практиковать смену ассортимента гербицидов, отличающихся по механизму действия. Поиск природных соединений, обладающих гербицидной активностью и изучение их механизмов действия является актуальным и направлен на создание новых видов гербицидов. В качестве таковых предлагается использовать природные рассолы местного Троицкого месторождения, территориально расположенного в Красноярском крае. Хлорид натрия является эффективным гербицидом и применялся нашими предками для борьбы с сорняками еще в древности, однако он обладает выраженным негативным действием на почву. Известно, что хлор, содержащийся в поваренной соли, вытесняет ионы кальция в почвенный раствор, который промывается в нижние слои почвы и теряется безвозвратно.

В настоящее время проводятся эксперименты с целью исследовать механизм действия природных рассолов с гербицидной активностью на почву и сорные растения. Достижение поставленной цели основывается на решении многих задач: провести биологическое тестирование природного рассола различного разведения на проростках и всходах культурных растений; оценить фитотоксичность и относительную летальную дозу препаратов с различной концентрацией исходного вещества; оценить влияние природного гербицида различного разведения на гибель сорняков и резистентность; исследовать процесс осаждения препаратов с использованием распылителей и его миграцию в почву; показать зависимость действия природного гербицида на сорную растительность от внешних факторов (температура и влажность воздуха); исследовать влияние природных рассолов с гербицидной активностью на агрофизические, химические, физико-химические и биологические свойства почвы и их динамику; сформировать экологический подход к применению природных неорганических веществ за счет снижения химической нагрузки на окружающую среду.

Результаты исследований химического состава показали, что неочищенные природные рассолы в своем составе содержат в г/л: натрий – 77.07, магний – 0.49, железо – 36.79, кальций – 2.56, калий – 2.36, хлориды – 131, сульфаты – 1.51, а также микроэлементы в мг/л: медь – 0, 63, хром – 0.51, свинец – 2.94, кадмий – 0.35, никель – 2.40, марганец – 4.21, цинк – 1.56, кобальт – 2.62. Очищение природных рассолов приводит к снижению количества железа в 11 раз, однако количество других элементов (натрия, магния, кальция, кобальта) увеличивается в среднем в 1.2 раза. Отметим, что в большей степени увеличивается концентрация свинца – в 1.7 раза, а кадмия и

никеля – в 1.3 раза. Содержание сульфатов не изменяется даже при очистке рассолов. Исходя из химического состава, данный гербицид предлагается для использования вне земель сельскохозяйственного назначения (откосы дорог, земли промышленных предприятий, активно зарастающие сорняками).

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 20-416-242903 р_ Енисейская Сибирь.

УДК 631.46

ДИНАМИКА ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПЛОДОРОДИЯ ПОЧВ АСТРАХАНСКОЙ ОБЛАСТИ

Уталиев А.А.

Астраханский государственный университет, Астрахань
E-mail: ars.utaliev94@gmail.com

Общие критерии природной устойчивости ландшафта – это высокая организованность, интенсивное функционирование и сбалансированность функций геосистем, включая биологическую продуктивность и возобновимость растительного покрова. Эти качества определяются оптимальным соотношением тепла и влаги и выражаются развитостью почвенного покрова, а в конечном итоге и плодородием почв. В настоящее время при антропогенном воздействии на почвы происходит уничтожение естественного растительного покрова, систематическое перемешивание верхнего слоя почвы, изменение физико-химических и биологических свойств почв.

Цель работы – изучение основных агрохимических показателей плодородия почв Астраханской области (АО). В работе использованы материалы сплошного агрохимического обследования пахотных почв в процессе длительного сельскохозяйственного использования. Почвы исследуемой территории представлены в северных районах области зональными светло-каштановыми (13.5%), в более южных районах – бурыми полупустынными (36%), в Волго-Ахтубинской пойме, дельте Волги и подстепных ильменях – пойменными аллювиальными и луговыми (32%). Значительная площадь почвенного покрова АО (18.5%) занята песками полупустынными слабогумусированными.

Анализы почвенных образцов выполнены по апробированным методикам, в образцах определяли рН водной вытяжки в соответствии с ГОСТ 26423-85; содержание подвижных форм фосфора и калия – по методу Мачигина в модификации ЦИНАО по ГОСТ 26205-91; содержание органического вещества – по методу Тюрина в модификации ЦИНАО по ГОСТ 26213-91.

По степени обеспеченности органическим веществом почвы характеризуются очень низким его содержанием. Так, значение средневзвешенного показателя органического вещества для 82.3% обследованной площади за все периоды обследований не превышало 1.3-1.4%. Низкое содержание органического вещества можно связать с особенностью зональных типов почв. Объемы внесения органических удобрений в почвы области имели место до 1990-х г., затем их применение резко сократилось. Обеспеченность почв подвижным фосфором можно охарактеризовать как высокую. Доля земель с высоким и очень высоким содержанием фосфора увеличилась до 1992 г., на тот период времени средневзвешенный показатель подвижного фосфора составлял 65.1 мг/кг почвы. Указанный период характеризовался высоким уровнем внесения фосфорных удобрений. В последующих циклах агрохимического обследования почв средневзвешенный показатель содержания фосфора в пахотных землях практически оставался неизменным и на данный момент составляет 44.7 мг/кг. Динамика изменения обеспеченности почв обменным калием схожа с динамикой изменения подвижного фосфора, с начала момента проведения агрохимического обследования (1992 г.) средневзвешенное содержание возрастало от 269.4 до 289.4 мг/кг. На данный период времени в почвах произошло повышение средневзвешенного содержания калия, которое достигло своего максимума – 311.2 мг/кг. Значительное повышение обменного калия в почвах можно объяснить не только увеличением объема вносимых калийных удобрений, но и возможным притоком водорастворимых солей из нижних подпочвенных слоев в верхние горизонты при изменении системы полива на пахотных почвах и культурооборота. Зональные почвы области и почвы дельты Волги обладают, согласно результатам агрохимического обследования, слабощелочной, щелочной и нейтральной реакцией сред.

В целом, состояние плодородия почв Астраханской области по агрохимическим показателям в настоящее время можно считать удовлетворительным, поэтому основным направлением расширенного воспроизводства плодородия почв наряду с поддержанием агрохимических показателей следует считать значительное улучшение водно-физических свойств и биологизацию процессов в почве и агроценозах.

УДК 631.452

ВЛИЯНИЕ ФАКТОРОВ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ НА УРОЖАЙНОСТЬ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ В УСЛОВИЯХ БОГАРЫ ЮЖНОГО МУГАНА

Фейзуллаев Г.М., Рзаев М.Я.
НИИ земледелия, Баку
E-mail: aze.ecosoil@gmail.com

Эффективное землепользование имеет первостепенное значение при относительно небольшом количестве сельскохозяйственных земель и большом количестве сельскохозяйственных производителей в стране. Таким образом, обработка почвы играет важную роль в выращивании сельскохозяйственных продуктов, ибо основной целью возделывания является сохранение влаги в почве и создание баланса питательных веществ для обеспечения растений питательными элементами. Выбор обработки почвы зависит от гранулометрических и агрофизических свойств почвы, а также от факторов окружающей среды.

Основная задача современного сельского хозяйства – разработка новых энергосберегающих технологий возделывания. Увеличение затрат на электроэнергию и других производственных затрат приводит к сокращению общего объема производства, что создает потребность в минимальной обработке почвы и применении экономичных технологий. В республике был проведен ряд исследований для изучения данной проблемы.

Во время трехфакторных (2×3×3) полевых исследований, проводимых на Джалилабадской Зональной опытной станции НИИ земледелия, была изучена обработка почвы и условия питания для озимой пшеницы после различных предшественников. Факторами послужили: предшественники – горох и озимая пшеница, обработка почвы – традиционная (глубина пахотного слоя 20-22 см), двукратная обработка на глубине 8-10 см и разовая обработка на той же глубине тяжелой дисковой бороной, условия питания – без удобрений, N60P40 + 15 т навоза и N90P60K40.

Согласно двухлетним данным (2018-2019 гг.), высокий урожай по возделываниям после предшественника пшеницы был зафиксирован на фоне N60P40 + 15 т навоза. Так, урожайность при традиционном возделывании составила 35.5 ц/га, при двукратной обработке на глубине 8-10 см – 39.5 ц/га, при разовой обработке на той же глубине – 37.5 ц/га. Эти показатели после предшественника гороха составили 39.6, 44.1 и 41.4 ц/га соответственно.

На основании результатов исследования за 2018-2019 гг. было установлено, что самая высокая урожайность наблюдалась после предшественника гороха на фоне N60P40 + 15 т навоза при двукратной обработке на глубине 8-10 см и составила 44.1 ц/га.

УДК 633.491

РОЛЬ НЕТРАДИЦИОННЫХ ОРГАНИЧЕСКИХ УДОБРЕНИЙ В ПОВЫШЕНИИ УРОЖАЙНОСТИ КАРТОФЕЛЯ

Хуснетдинова Т.И., Балабко П.Н., Черкашина Н.Ф., Батурина Л.К.

Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Москва

E-mail: tamara_iul@mail.ru; balabkopetr@mail.ru; nonachka41@yandex.ru

В настоящее время накоплен обширный материал в специальной литературе по применению гуминовых удобрений в картофелеводстве в качестве некорневого способа внесения, при котором растения получают питательные вещества через листья и стебли при опрыскивании. Большое значение некорневая подкормка имеет в критические периоды развития картофеля (начало клубнеобразования и накопление урожая), а также когда рост растений замедляется в результате различных стрессов (засуха, дожди, перепады температуры). Выявлено, что гуминовые вещества, содержащиеся в жидких органических удобрениях, обладают стимулирующим и адаптогенным действием. Реакция растений на данные удобрения определяется как особенностями культуры, так и внешними условиями. Исследования Л.А. Христовой показали, что даже в условиях засухи слабо реагирующие на гуминовые удобрения фасоль, подсолнечник могут дать прибавку урожайности. Характеристика приспособленности растений к условиям среды выражается адаптивным потенциалом. Степень адаптивности сорта зависит от его приспособленности, а также от специфики экологических условий, создаваемых в агроценозе. Среди факторов, сдерживающих рост урожайности картофеля, выделяются недостаточный объем применяемых органических удобрений, а также метеорологические условия, такие как количество выпавших осадков и температура воздуха в течение вегетационного периода. По данным А.Г. Лорха, наиболее благоприятными условиями для выращивания картофеля располагают территории с величиной гидротермического коэффициента увлажнения Селянинова (ГТК) 1.30-1.60.

Целью исследований было выявить влияние некорневой подкормки нетрадиционным органическим удобрением БИОУД-1 на урожайность и определить адаптивный потенциал сортов картофеля на дерново-подзолистой среднесуглинистой хорошо окультуренной почве в засушливые годы.

Исследование проводили в Солнечногорском районе Московской области на территории УОПЭЦ МГУ в 2010, 2011 и 2014 гг. Изучали три сорта картофеля – Удача, Брянский деликатес и Сантэ. Для анализа адаптивного потенциала сортов по показателю «урожайность» пользовались методикой Л.А. Животкова, З.А. Морозовой, Л.И.

Секутаевой. По среднесортовой урожайности года можно получить дополнительную информацию о ценности конкретных сортов, а также более объективно оценить роль факторов среды и применяемого препарата в формировании урожайности картофеля.

В наших исследованиях 2010 г. характеризовался засушливым с ГТК 0.85, а 2011 и 2014 гг. – как недостаточно влажные и теплые с ГТК 1.04-1.05. Установлено, что урожайность картофеля в условиях Московской области в сильной степени зависела от применяемого препарата и климатических условий вегетационного периода. В засушливом 2010 г. наибольшей средней урожайностью отличался сорт Удача на варианте с применением БИОУД-1. Его урожайность составила 24.7 т/га (контроль – 22.7 т/га) с коэффициентом адаптивности (КА) 1.08. Следует отметить, что похожие результаты были получены в условиях жаркого вегетационного периода 2011 и 2014 гг.: жидкое органическое удобрение было более эффективным и давало максимальную прибавку урожайности у сорта Брянский деликатес. Урожайность данного сорта на варианте с применением БИОУД-1 составила 52.2 и 43.1 т/га с КА = 1.19 и 1.11 соответственно по сравнению с контролем 43.5 и 42.1 т/га с КА 0.99 и 1.07. Средний коэффициент адаптивности сорта Брянский деликатес на варианте с применением БИОУД-1 за три года составил 1.11 (на контроле 1.02). Проведенные исследования показали, что в условиях неустойчивого увлажнения на севере-западе Московской области самым адаптивным с высокой и стабильной урожайностью оказался сорт Брянский деликатес, что указывает на высокий потенциал его продуктивности при изменяющихся условиях внешней среды.

УДК 631.8:633.1(571.1/5)

ПОСТРОЕНИЕ РАЦИОНАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ УДОБРЕНИЯ ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ ЯРОВЫХ ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР ПО ИНТЕНСИВНЫМ ТЕХНОЛОГИЯМ В СИБИРИ

Шарков И.Н.

Сибирский НИИ земледелия и химизации сельского хозяйства
Сибирского ФИЦ агробиотехнологий РАН, Новосибирск
E-mail: humus3@yandex.ru

В Сибири выращиваются преимущественно яровые зерновые культуры, причем в структуре посевов пшеница, ячмень и овес занимают около 90% площади, а доля озимых (ржи и пшеницы) не превышает 2%. Система удобрения должна предусматривать определение доз и видов удобрений, а также сроков и способов их внесения в почву. Наиболее сложным является определение оптимальной до-

зы – минимально необходимого количества удобрения под культуру, обеспечивающего получение запланированного урожая. При использовании интенсивной технологии, ориентированной на получение максимальной урожайности культуры, оптимальная доза также будет и максимальной для данных почвенных и других условий.

Специфика удобрения яровых зерновых в условиях короткого вегетационного периода Сибири заключается в том, что наибольшую прибавку урожайности обычно получают при внесении удобрений в полной дозе до или во время посева культуры. Подкормки растений удобрениями в период вегетации чаще всего не обеспечивают дополнительного сбора зерна в сравнении с их единовременным внесением в почву. Основная сложность в определении оптимальных доз удобрений заключается в отсутствии в мае, на момент сева зерновых, точного прогноза погодных условий в июне-июле, которые, как известно, в наибольшей степени (на 50-70%) определяют урожайность зерновых. Вследствие этого ошибки в определении урожайности зерновых и, соответственно, оптимальных доз удобрений могут достигать 200% и более. В предлагаемом подходе оптимальные дозы удобрений рассчитываются для интенсивной технологии, которая, как отмечалось, ориентирована на получение максимальной урожайности культуры.

При дефиците средств на приобретение удобрений хозяйство может ограничиться применением малоинтенсивных технологий, уменьшив дозы до минимально обоснованного уровня с таким расчетом, чтобы удобрить возможно большую площадь посевов. В отличие от интенсивной, задача малоинтенсивной технологии заключается в получении не максимальной урожайности культуры, а наибольшей окупаемости удобрений прибавкой урожая. Оптимальные дозы для интенсивных технологий могут определяться как расчетным способом, так и на основе использования результатов полевых опытов. Расчетный способ заключается в том, что по уровню проявления нерегулируемого лимитирующего урожайности фактора вегетационные периоды делят на три типа: очень неблагоприятные, неблагоприятные и умеренно благоприятные. Далее для каждого типа определяют возможную максимальную урожайность культуры и оптимальные дозы удобрений для ее получения, разумеется, если необходимо, при использовании пестицидов и других средств химизации.

Наконец, с учетом вероятной встречаемости данных типов вегетационного периода рассчитывают средневзвешенные значения максимальной урожайности культуры и доз удобрений. По нашему мнению, при отсутствии точного прогноза погоды эти средневзвешенные дозы будут наиболее близкими к оптимальным при выращивании культуры по интенсивной технологии. Для Сибири, где 70–80% пашни размещено в лесостепной зоне и основным лимитирующим фактором урожайности зерновых является влага, эта схема может

быть реализована путем ранжирования вегетационных периодов на остро засушливые, засушливые и умеренно увлажненные на основе количества осадков или гидротермического коэффициента Селянинова за июнь-июль. Средневзвешенная доза удобрений для интенсивной технологии возделывания культуры рассчитывается на основе оптимальных доз для каждого из этих типов увлажнения вегетационного периода и их вероятной встречаемости по годам. Следует подчеркнуть, что задача заключается не только в оперативном определении оптимальных доз удобрений под культуры, возделываемые по интенсивным технологиям, но и обосновании разумного соотношения цен между зерном, с одной стороны, удобрениями и пестицидами – с другой, чтобы интенсификация агротехнологий была экономически целесообразной.

УДК:631.4

ВЛИЯНИЕ ЛИГНОСУЛЬФАТА НАТРИЯ НА ПОЧВЕННОЕ ПЛОДОРОДИЕ

Юркевич М.Г., Курбатов А.А., Иконен Е.Н.

Институт биологии Карельского НЦ РАН, Петрозаводск

E-mail: svirinka@mail.ru

В зоне рискованного земледелия решение задачи повышения производительности сельского хозяйства наряду с другими мерами может быть связано с поиском новых приемов и способов повышения эффективности использования почв, в том числе и созданием искусственно улучшенных почв, что позволит существенно расширить базу сельскохозяйственного производства в северных районах страны, где в связи со сложными климатическими условиями естественное восстановление плодородного слоя происходит 10-летиями.

Создание высокопродуктивных искусственно улучшенных почв и снижение объемов различных видов отходов целлюлозно-бумажной промышленности будет способствовать развитию высокопродуктивного, экологически чистого сельского хозяйства.

Северные регионы РФ являются основными площадками размещения предприятий целлюлозно-бумажной промышленности (ЦБК), одним из основных видов отходов данного производства является лигносульфат натрия. В его состав входит лигнин древесины, полисахариды, неотмытые после гидролиза моносахара, минеральные и органические кислоты, зольные элементы и некоторые другие соединения. Наиболее целесообразно использовать лигносульфат в виде компостов с минеральными удобрениями. В этом случае используются сорбционные свойства лигнина: он удерживает минеральные компоненты, предохраняя от быстрого вымывания атмосферными осадками, и создает условия для их постепенного усвоения растениями.

В модельном эксперименте лигносульфанат натрия вносили в дерново-подзолистую почву разного гранулометрического состава: супесчаную, суглинистую и глинистую в дозе 1, 2,5, 5 и 10% от веса почвы. Исследуемые почвы имеют достаточно высокие агрохимические показатели для почв своего ряда, что характеризует их как средние окультуренные.

Внесение лигносульфаната в модельную почву независимо от дозы способствовало увеличению содержания азота с 0.03 до 0.15%. Опытные почвы в разной степени обеспечены калием, наиболее высокое содержание калия отмечено на дерново-подзолистой глинистой почве (276.4 мг/кг), наиболее низкое – на дерново-подзолистой супесчаной (121.2 мг/кг). Применение лигносульфаната способствовало существенному повышению этого важнейшего элемента на среднесуглинистой почве (от 237.6 до 431, 6 мг/кг), пропорционально дозе вносимого вещества. На глинистой почве внесение лигносульфаната снижало содержание калия более чем в два раза (до 77.6-87.3 мг/кг).

По содержанию обменных катионов почвы сильно различаются, что обусловлено различиями в гранулометрическом составе. Содержание натрия изначально варьировало от 16.6 мг/кг на песчаной почве до 58.9 мг/кг на глинистой, кальция – от 74.3 мг/кг на песчаной, 709.5 мг/кг на глинистой и 767.9 мг/кг на суглинистой, магния – от 2.8 мг/кг на песчаной, 42.5 мг/кг среднесуглинистой и 206.2 мг/кг глинистой почвах. Применение лигносульфаната независимо от дозы внесения способствует существенному повышению содержания всех обменных катионов в три-пять раз пропорционально вносимой дозе независимо от гранулометрического состава. Таким образом, внесение в почву лигносульфаната натрия влияло на содержание обменных катионов независимо от их доступности в почве.

Работа выполнена в рамках гранта РФФИ № 19-29-05174/19.

Комиссия V

ГЕНЕЗИС, ГЕОГРАФИЯ И КЛАССИФИКАЦИЯ ПОЧВ

Председатель – д.г.н. С.В. Горячкин

УДК 631.48

**СВЯЗИ ПОЧВ И ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА
С ФАКТОРАМИ ПОЧВООБРАЗОВАНИЯ В ЮЖНОЙ ТАЙГЕ
(ПОДМОСКОВЬЕ, ПРИОКСКО-ТЕРРАСНЫЙ ЗАПОВЕДНИК)**

Асаинова Ж.С., Иванов И.В.

Институт физико-химических и биологических проблем почвоведения РАН
ФИЦ «Пушкинский научный центр биологических исследований РАН»,
Пушино

E-mail: acou17@rambler.ru, ivanov-v-28@mail.ru.

Приокско-террасный заповедник (ПТЗ) расположен на юге Московской области на ступенчатом склоне от Москворецко-Окской моренной равнины окского оледенения к долине р. Ока. На протяжении 8 км от северной границы заповедника до р. Ока сменяются: 1) глинистая моренная равнина на высотах 175-190 м; 2) песчаная лимно-флювиогляциальная равнина московского оледенения, 150-175 м; 3) песчаная аллювиально-флювиогляциальная в прошлом приокская зандровая равнина московского времени, ныне IV и III террасы долины р. Ока, 130-150 м; 5) песчаные аллювиальные I и II террасы долины р. Ока валдайского времени, 115-130 м; 6) суглинистая пойма р. Ока, 105-115 м голоценового возраста. Фундаментом территории служат известняки и доломиты нижнего и среднего отделов каменноугольной системы. Они залегают в основном на глубинах 2-6 м от современной поверхности, реже – на глубинах 0-2 и 6-40 м. Поверхность заповедника пересекают с севера на юг три малые реки третьего-четвертого порядка – притоки р. Ока (реки Сушка, Пониковка, Таденка) и с востока на запад – р. Павлов ручей (приток р. Сушка). Доходят до поймы Оки еще пять ложбин второго порядка. Все перечисленные реки и ложбины имеют большое количество притоков, сочетание которых образует огромное число площадок.

Они становятся каркасом элементарных почвенных контуров различных размеров, форм (ровных, наклонных, выпуклых, вогнутых, изометрических, вытянутых и др.). Они определяют направление и формы стока. Большое влияние на разнообразие условий почвообразования оказывает древесная растительность (приветольные повышения, междуствольные понижения, ветровальные понижения и повышения, влияние крон на затенение, изменения химического состава атмосферных осадков). В заповеднике велико разнообразие древесных пород и их ассоциаций. Лесом покрыто 98% территории, основные породы – ель европейская (5%), сосна обыкновенная (40%), береза (37%), осина (10%), дуб, липа, ольха (по 1-2%). Преобладают зрелые древостои возрастом от 80 до 140 лет. 12 относительно крупных участков с возрастом древостоя в 140-200 лет занимают до 15% площади.

Разнообразие почвенного покрова выражено распространением следующих почв (классификация 2004 г.). Отдельные крупные контуры по элементам мезорельефа образуют преобладающие в них почвы: подзолистые, дерново-подзолы, дерново-подбуры оподзоленные, дерново-подбуры типичные, дерново-подбуры бледно окрашенные («боровые пески»), аллювиальные дерновые, аллювиальные слаборазвитые, торфяные почвы и торфяники. К элементам микрорельефа в заповеднике приурочены почвы: глеевые торфянистые и перегнойные в блюдцеобразных понижениях и ложбинах первого порядка, дерново-карбонатные на крутых перегибах рельефа, дерново-карбонатные кольматированные карстовых воронок, глеевые почвы мезоложбин второго порядка, глееземы ложбин третьего порядка, аллювиальные почвы долин ручьев и малых речек (долин четвертого порядка). Распространение подзолистых почв и дерново-подзолов приурочено к выпуклым участкам широких водоразделов с высотами 170-190 и 167-170 м и выпуклым участкам межбалочных водоразделов с наклоном поверхности от 163 до 170 м. Можно предположить, что условия формирования дерново-подзолов заключаются в контрасте умеренного переувлажнения в сочетании с оттоком влаги. На водоразделах с дерново-подзолами встречаются часто понижения с глеевыми торфянистыми и перегнойными почвами.

Вторая широко распространенная в заповеднике группа почв – дерново-подбуры типичные. Они занимают все остальные пониженные места той же лимно-флювиогляциальной и аллювиально-флювиогляциальной равнин. Среди них практически не встречаются понижения с торфянистыми и глеевыми почвами.

УДК 631.4

ГЕНЕТИЧЕСКИЕ И ДИАГНОСТИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ГУМУСОВОГО ПРОФИЛЯ КРИОАРИДНЫХ ПОЧВ

**Бронникова М.А.¹, Конопляникова Ю.В.¹, Герасимова М.И.², Ефимов О.Е.³,
Зазовская Э.П.¹, Гуркова Е.А.⁴**

¹ Институт географии РАН, Москва

E-mail: bronnikova@igras.ru

² Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Москва

E-mail: maria.i.gerasimova@gmail.com

³ РГАУ – МСХА им. К.А. Тимирязева, Москва

E-mail: efimowoe@gmail.com

⁴ Институт почвоведения и агрохимии СО РАН, Новосибирск

E-mail: sollygeohennet@mail.ru

Криоаридные почвы азиатских ультраконтинентальных сухих степей были обособлены на уровне типа от каштановых почв менее континентальных и более теплых европейских степей работами И.А. Волковинцера в 70-е гг. XX в. Тип криоаридных почв введен в «Классификацию и диагностику почв России» (2004), где он оказался отделен от каштановых почв на уровне отдела. Диагностика типа разрабатывалась для классификации в условиях недостаточной обеспеченности фактическим материалом, отвечающим требованиям современной классификационной системы. Проведенные исследования в существенной мере восполнили этот недостаток: для более глубокого понимания морфогенеза криоаридных почв и уточнения их диагностики получен материал по морфологии и свойствам 29 профилей на Алтае, в Туве, Забайкалье, Якутии и Монголии. В докладе мы сосредоточимся на морфогенетических особенностях гумусового профиля этих почв и, в частности, их криогумусового горизонта: на уточнении его диагностических характеристик, а также на обосновании новых подтипов, связанных с особенностями органического профиля.

Проведенные исследования в целом подтвердили описанные в работах Волковинцера и, позже, в классификации почв особенности гумусового профиля криоаридных почв. Показано, что основная масса органического вещества в криоаридных почвах сосредоточена в сравнительно маломощном, но более богатом гумусом и слабее оструктуренном по сравнению с горизонтом А₁ каштановых почв криогумусовом горизонте, имеющем красноватые тона. Красноватый оттенок, характерный для горизонтов А₁К, не такой яркий, как приведено в диагностике: их окраска темно-бурая, красновато-бурая 10 YR 3(4)/3. Свообразие и диагностически значимая черта криогумусовых горизонтов, которой раньше не уделялось должного значения, –

обилие в их составе мелкого, слаборазложённого корневого детрита, рассеянного по всему горизонту и определяющего многие его физические и химические свойства, в частности, плохую смачиваемость, рыхлость и слабую макроструктурность. Высокое содержание детрита было подтверждено аналитически: фракция выделяемого с помощью тяжелой жидкости плотностью 1.8 г/см^3 легкоразлагаемого органического вещества (ЛОВ) составляет 2-5%, что существенно превосходит показатели в каштановых почвах европейской России (в среднем 0.7%). Высокое содержание ЛОВ свидетельствует о том, что мелкий слаборазложённый детрит, который практически невозможно отобрать при подготовке почв к анализу, составляет в криогумусовых горизонтах существенную долю (от 0.7 до 8%) органического углерода, полученного при анализе методом Тюринана.

Выявлено, что несмотря на сравнительно слабую макроструктурность криогумусовых горизонтов, в них хорошо развита микроструктура, сочетающая в себе мелкие гранулярные копрогенные агрегаты (несмотря на крайне низкую современную численность почвенных беспозвоночных – структурообразователей) и более крупные – ооидные, криогенные.

В криоаридных почвах со сравнительно более высокой влагообеспеченностью и более сомкнутым растительным покровом верхние 3-7 см гумусового горизонта хорошо задернованы, в наиболее аридных разностях, развитых под опустыненными степями с низким проективным покрытием, дерновый горизонт не формируется, но в верхней части горизонта АК развита корка, как правило не дифференцированная на корковый и подкорковый подгоризонты.

Среди криоаридных почв часто встречаются разности с гумусовыми, реже – железисто-гумусовыми кутанами на щебне. Было показано, что по крайней мере часть гумуса таких кутан имеет иллювиальную природу. В некоторых криоаридных почвах (Монголия, Якутия) была на микроуровне показана высокая подвижность гумусовой, глинисто-гумусовой плазмы: обильные пленки на зернах скелета в горизонте АК. Криоаридные почвы с гумусовыми кутанами предложено выделить в подтип иллювиально-гумусовых. Наличие гумусовых кутан отражает фазу гумидизации, устойчиво датированную в высокогорьях Алтая по радиоуглероду гумуса 3-4 тыс. лет назад. Еще один ранее не выделявшийся широко распространенный подтип криоаридных почв содержит скопления сухоотторфованного корневого детрита в срединных горизонтах. Этот подтип можно называть внутрипочвенно-губогумусированным (или сухоотторфованным).

Работа выполнена при финансовой поддержке грантов РФФИ № 17-04-01526, 20-04-00142.

УДК 631.42

АНАЛИЗ ЗАПАСОВ УГЛЕРОДА В ГОРОДСКИХ ПОЧВАХ РАЗЛИЧНЫХ КЛИМАТИЧЕСКИХ ЗОН ЕВРОПЕЙСКОЙ РОССИИ

**Васенев В.И.¹, Долгих А.В.², Иващенко К.В.^{1,3}, Слукловская М.В.^{1,4},
Корнейкова М.В.^{1,4}, Ромзайкина О.Н.¹, Саржанов Д.А.¹, Горбов С.Н.⁵**

¹ Российский университет дружбы народов, Москва

E-mail: vaseniyov@mail.ru

² Институт географии РАН, Москва

E-mail: an.dolgikh@gmail.com

³ Институт физико-химических и биологических проблем почвоведения РАН,
Пушино

E-mail: ivashchenko.kv@gmail.com

⁴ Кольский НЦ РАН, Апатиты

E-mail: korneykova.maria@mail.ru

⁵ Южный федеральный университет, Ростов-на-Дону

E-mail: gorbv@mail.ru

Урбанизация и климатические изменения – доминирующие тенденции трансформации окружающей среды, оказывающие значительное и все более возрастающее воздействие на жизнь и благосостояние населения. Оба процесса тесно взаимосвязаны, поэтому изучение функционирования урбоэкосистем и их компонентов с учетом региональных мезоклиматических особенностей и глобальных климатических изменений является одной из приоритетных задач устойчивого развития городов настоящего и будущего.

Городские почвы – ключевой компонент урбоэкосистем. Устойчивое развитие урбоэкосистем подразумевает рациональное использование почвенного ресурса за счет минимизации потерь и наиболее эффективного использования его функций в условиях современного города. Накопление углерода – важная функция почв, широко изученная для естественных и агроэкосистем, но до сих пор малоизвестная для городских территорий. В то же время принципиальные отличия городских почв от естественных по условиям образования и функционирования предполагают возникновение новых факторов и механизмов накопления углерода в почвах урбоэкосистем. На данный момент представления о зональных закономерностях запасов углерода городских и техногенных почв основано на сравнении результатов отдельных локальных исследований или на глобальных моделях и обзорах, что сопряжено с высокой степенью неопределенности и не позволяет выявить факторы и механизмы накопления углерода, а также спрогнозировать их возможные отклики на климатические изменения.

Исследование запасов углерода городских почв особенно актуально для европейской России, для которой характерны как высокий уровень урбанизации, так и разнообразие климатических условий.

В рамках данного исследования изучены городские и техногенные почвы в зональном ряду: лесотундра (Мурманск)–северная тайга (Апатиты)–южная тайга (Москва)–широколиственные леса (Пушино)–лесостепь (Курск)–степь (Ростов-на-Дону). Для каждой зоны изучены почвы селитебных территорий, наиболее представительных для города, что позволило снизить внутреннее разнообразие и повысить сопоставимость результатов. Для уточнения расчетов запасов углерода в почве исследуемых городов дана оценка площадей запечатанных территорий различных категорий (здания/дороги) на основании данных дистанционного зондирования и открытых источников (Open Street Maps).

Полевые исследования включали отбор пространственно дифференцированных проб (40-50 для каждого города) с дальнейшим анализом запасов органического и неорганического углерода, а также углерода микробной биомассы. Запасы углерода в городских почвах сопоставлены с данными, полученными для зональных почв фоновых территорий. Изучение эффекта теплового острова для каждого города и сопоставление сезонной динамики температуры почвы и воздуха в зональном ряду проведено с помощью использования автономных датчиков мониторинга температуры iButton на городской и фоновой территориях с частотой наблюдений один раз в три часа. В результате исследований получены следующие основные результаты: 1) отмечено закономерное увеличение температур воздуха и поверхности почвы в зональном ряду от Мурманска до Ростова-на-Дону при превышении средних температур в городских почвах по сравнению с фоном на 1-3 °C; 2) запасы углерода в слое 0-10 см во всех городах были близки, в то время как для более глубоких слоев (10-50 см) отмечено закономерное увеличение запасов органического, неорганического и микробного углерода с севера на юг.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 19-29-05187.

УДК 631.48

РАЗНООБРАЗИЕ ТОРФЯНЫХ ПОЧВ СРЕДНЕРУССКОЙ ВОЗВЫШЕННОСТИ

Волкова Е.М.

Тулский государственный университет, Тула
E-mail: convallaria@mail.ru

Торфообразовательный процесс является обязательным компонентом функционирования болотных экосистем. Состав и структура торфяных отложений болот Среднерусской возвышенности изучены на примере 170 скважин (колонок) и более 3000 образцов торфа. Результаты ботанического анализа позволили выявить на болотах

региона 38 видов торфа. Наиболее разнообразны низинные торфа (27 видов – 71%). Они являются доминирующими по встречаемости и роли в формировании торфяных залежей (81.6%). Наиболее распространенными среди всего выявленного разнообразия являются травяной (11.4%), травяно-сфагновый (10.5%) и тростниковый (10.4%) виды торфа. Переходные торфа представлены восемью видами (21%), их доля в залежах составляет 14.9%. Основное разнообразие переходных торфов связано с генезисом террасных и водораздельных болот, в результате чего изменяется характер водно-минерального питания. Верховые торфа представлены всего тремя видами (8%), их встречаемость в залежах наиболее низкая – 3.5%. Формирование верховых торфов связано с переходом болот на атмосферное питание и потому эти торфа чаще встречаются на болотных массивах, подстилаемых задровыми и моренными отложениями, реже – вне таковых. Таким образом, разнообразие и распространение разных видов и типов торфов коррелирует с геолого-гидрологическими условиями территории.

В процессе развития болот происходит напластование торфов и формирование торфяных залежей. Торфяные залежи болот Среднерусской возвышенности различны по структуре и составу, что свидетельствует о своеобразии экологических условий в процессе их развития. На основании этого разработана динамическая классификация торфяных залежей, учитывающая представленность разных торфов на их профиле.

В основу классификации положены классические подходы к выделению типов торфяных залежей. Эти типы в зависимости от состава слагающих торфов относили к гомотрофным и гетеротрофным (группа типов), гомогенным или гетерогенным (класс типов) залежам. В гетеротрофных залежах указывали наличие торфов других типов (в сравнении с основным, по которому выделяли тип залежи), что отражает не только особенности возникновения, но и перспективы развития болот.

Класс гомогенных типов залежей включает только гомотрофные низинные типы, которые формируются в стабильных условиях водно-минерального питания. Такие залежи образованы одним видом торфа и встречаются на болотах разных геоморфологических уровней: чаще на пойменных и балочных болотах, реже – на мелкозалежных террасных и водораздельных болотах, включая «молодые» сплавины.

Гетерогенные гомотрофные залежи представлены низинным и переходным типами, при этом гомотрофные низинные залежи образованы разными видами торфа. Они имеют широкое распространение на болотах и являются доминирующими не только на пойменных и балочных болотах, но и на водораздельных карстово-суффозионных болотах, характеризующихся стабильным гидрологическим режимом. Гомотрофные переходные залежи образованы разными переходными торфами и встречаются редко на болотах речных долин.

Класс гетерогенных типов включает большую группу типов гетеротрофных залежей, при этом залежи низинного типа могут иметь в своем составе переходные и верховые торфа, что обнаружено для террасных и водораздельных болот на разных подстилающих породах. Переходные типы залежей могут характеризоваться наличием низинных торфов в придонных горизонтах и/или перекрываться верховыми торфами небольшой мощности (до 50 см). Увеличение мощности верховых торфов наряду с наличием переходных и низинных торфов является признаком смешанного типа залежи. Такие переходные и смешанные залежи свойственны болотам на зандровых и моренных отложениях речных террас и склонов водоразделов. На водоразделах вне таких отложений встречаются единично.

Разработанная классификация торфяных залежей болот Среднерусской возвышенности является основой для изучения их генезиса и типологии.

УДК 631.4

КЛАССИФИКАЦИЯ ПОЧВ РОССИИ (2016-2020)

Герасимова М.И., Хитров Н.Б.

Почвенный институт им. В.В. Докучаева, Москва

E-mail: maria.i.gerasimova@gmail.com, Nikolay khitrov@gmail.com

Использование обоих вариантов классификации почв России (2004/2008) расширяется: в научных публикациях, лекционных курсах университетов, диссертациях, почвенных картах, атласах. В частности, в формат новой классификации переводится содержание Почвенной карты РФ М 1:2.5 млн. Эта работа оказывается полезной и для совершенствования таксономических единиц классификации, поскольку уточнение содержания карты основывается на материалах, накопившихся за 30 лет с момента ее издания и интерпретируемых в принципах классификации почв России. Кроме того, определенный прогресс в представлениях о криогенных, слитизированных, органо-аккумулятивных и городских почвах позволил ввести в легенду как дополнительные почвы, так и уточняющие характеристики почв, имеющих на карте. На отработку отдельных элементов классификации некоторое влияние оказало участие в работе по Международной почвенной классификации – WRB и ее применению в России.

Существенные дополнения в классификацию были внесены за период до съезда в Белгороде, они были представлены в соответствующем докладе и касаются в основном диагностических горизонтов и генетических признаков. К последним относятся особенно многочисленные предложения, поскольку использование признаков не

сдерживается формальными правилами (вариант 2008 г.) и признаки отражают региональные черты почв; например, новый признак «темнокутанный» типичен для сибирских текстурно-дифференцированных почв в отличие от европейского «глинисто-иллювирированного».

Развитие «признакового», т.е. подтипового аспекта классификации имеет, безусловно, положительное значение, обеспечивая подробную информацию о почве, но создает много простых и/или сложных подтипов, выделяемых по разным критериям внутри типов и имеющих разный «вес». Например, подтипы как переходные образования между типами или выделяемые по определенным устойчивым свойствам, не вызывают сомнений. С другой стороны, некоторые частные или неустойчивые признаки, такие как тиксотропный, постпирогенный, по своей сути соответствуют более низкому таксономическому уровню, чем подтип. Исходя из целесообразности сохранить максимум диагностической информации, не нарушая сложившихся представлений о содержании таксонов, предлагается рассматривать часть признаков как критерии выделения рода. Уменьшение количества подтиповых признаков позволит упорядочить и упростить классифицирование почвы.

В основной версии классификации 2004 г. роды выделяются по наличию карбонатов, гипса и химико-аналитическим характеристикам почв, в «Полевом определителе» 2008 г. род отсутствует. Предложение дополнить категорию рода группами признаков, выделяемых по разным показателям, не вызвало возражений. Предлагается не привязывать род к вышестоящим уровням и выделять группы родов по следующим критериям: временные или эфемерные признаки (дернинные, постпирогенные, реградированные, постагрогенные, тиксотропные), детали генетических признаков, например, некриогенных турбаций (зоо-, фито-, дендро-турбированные) или окраски почвообразующих пород (литохромные: темноцветные, красноцветные), варианты состава, цвета кутан и горизонтов их накопления, детали видов агрогенных воздействий (плантажированные, глубокопахотные), возможны варианты локализации в профиле (квази) оглеения, слитизированности, засоленности. В полевой диагностике возможны трудности определения статуса генетических горизонтов, если их несколько в профиле; предлагается относить к диагностическим хорошо выраженные и/или верхние горизонты, остальные считать основанием для выделения подтипов. Для сложных подтипов целесообразно установить следующий порядок перечисления подтиповых признаков в названии почвы: «процессные» природные по степени их выраженности, турбационные, породные, антропогенные.

Таким образом, настоящий момент можно рассматривать как время перехода от периода верификации системы и сбора дополнительной информации, ориентированной на учет разнообразия почвен-

ных свойств и почв («не потерять»), к контролю и частичному переосмотру правил классифицирования почв («упорядочить»), не меняя принципов классификации с целью создания ее следующей версии.

УДК 631.4

КЛАССИФИКАЦИЯ ПОЧВ С МНОГОЛЕТНЕЙ МЕРЗЛОТОЙ: ПРОБЛЕМЫ И РЕШЕНИЯ

Горячкин С.В.¹, Бадмаев Н.Б.², Десяткин Р.В.³

¹Институт географии РАН, Москва

E-mail: goryachkin@igras.ru

²Институт общей и экспериментальной биологии СО РАН, Улан-Удэ

E-mail: nima_b@mail.ru

³Институт биологических проблем криосферы СО РАН, Якутск

E-mail: rvdes@ibpc.ysn.ru

Почвы с многолетней мерзлотой в международных классификационных системах мира выделяются на очень высоких уровнях (на первом – Гелисоли и остальные почвы мира в Таксономии почв США, на четвертом – Гистосоли, Антросоли, Техносоли, Криосоли и остальные почвы в WRB). О.В. Макеев предлагал выделять мерзлотные и промерзающие почвы в классификации, но реализованы эти предложения были в региональных классификациях, например, Якутии и Бурятии, и то на уровне дополнительных характеристик (например, солонцы луговые мерзлотные). В действующей классификации почв России (по Полевому определителю почв) в отделе криогенных почв (криоземов) есть только три типа криоземов, а в других отделах – подтипы мерзлотный (с льдистой мерзлотой <1 м) и криотурбированный с признаком @ (с наличием «мерзлотных нарушений, проявляющихся в изгибах горизонтов, иногда в форме вихревого рисунка минеральной массы, а также присутствием фрагментов погребенных органогенных горизонтов, которые не препятствуют диагностике исходного типа почв; диагностирует одноименный подтип в почвах с близким залеганием многолетней или сезонной мерзлоты»). При такой диагностике целый ряд почв ультраконтинентальных областей с глубиной протаивания более 1 и 2 м, но с ярко выраженным воздействием мерзлоты на профиль почв не попадает не только в криогенный отдел, но и в подтипы мерзлотный и криотурбированный. Кроме того, имеющаяся диагностика не охватывает адекватно многие почвы Высокой Арктики России.

Нами предлагается: 1) ввести в дополнение к криогенному горизонту CR криотурбированный горизонт @, отличающийся от криогенного по цвету, составу и консистенции, и к нему признак о, которому отвечал бы подтип органо-минеральный; 2) расширить

отдел криогенных почв, включив новый тип криотурбоземов с формулой профиля O-@-C@-T-C с подтипом органо-минеральным – O-@o-C@-T-C; 3) расширить понимание подтипа «мерзлотный», частично приравняв его к международным стандартам (криосолям/гелиосолям), т.е. почвы с мерзлотой в пределах 1 м и почвы с мерзлотой в пределах 2 м при наличии криотурбаций, а также включить в него почвы с мерзлотой >1, но <2 м без криотурбаций и с мерзлотой >2 м с проявлением криогенных процессов и смыкающейся мерзлотой; 4) ввести виды подтипа «мерзлотный» высоко-, средне- и глубокомерзлотные для почв с мерзлотой соответственно <1, 2 м и глубже 2 м; 5) ввести признаки и подтипы надмерзлотно-ретинизированный \perp_{hi} , надмерзлотно-глееватый \perp_g , надмерзлотно-засоленный \perp_s , надмерзлотно-окарбоначенный \perp_{ml} , в том числе и для глубокомерзлотных почв, если эти признаки находятся в пределах почвенного профиля; 6) ввести признак (не только для мерзлотных почв) окси-гидроморфизма ox_{\approx} для постоянно или преимущественно переувлажненных в течение вегетационного периода неглеевых почв и соответствующий оксигидроморфный подтип (важен для арктических гидроморфных почв); 7) уточнить диагностику для горизонта CR «Горизонт залегает . непосредственно над мерзлым грунтом», добавив «. если не подстилается щебнистым или галечниковым прослоем»; 8) согласиться с предложением Губина и Лупачева ввести тип криоземов надмерзлотно-органо-аккумулятивных с диагностическим горизонтом CRO; 9) для того, чтобы избежать путаницы и правильно диагностировать российские почвы по международным системам, всегда обозначать присутствие мерзлоты в пределах 1 м и в пределах 2 м при наличии криотурбаций, указывая название подтипа «мерзлотный» (например, псаммозем высокомерзлотный, глеезем криотурбированный среднемерзлотный).

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ – проекты № 19-29-05250, 19-29-05151, 18-05-60279.

УДК 631.4

ПРОБЛЕМЫ КЛАССИФИКАЦИИ ПОЧВ ПОВЕРЕЖИЙ АРКТИЧЕСКИХ МОРЕЙ

Губин С.В.

Институт физико-химических и биологических проблем почвоведения РАН,
Пушино
E-mail: gubin.stas@mail.ru

Активно развивающееся хозяйственное использование российской Арктики, включая транспортные функции морей, требует срочного получения знаний о наиболее экологически уязвимых ее

районах – прибрежной и береговой зонах, формирующихся здесь почвах. До настоящего времени почвы побережий арктических морей России, практически не изучены, не разработаны вопросы их классификации. Последнее препятствует систематизации и обобщению получаемых о них знаний.

В отечественных почвенных классификациях заливаемые приливно-нагонными водами почвы низких морских побережий отнесены к отделу аллювиальных или слаборазвитых. Анализ литературных материалов по строению, свойствам этих почв в гумидных районах, зарубежные и наши исследования их в Арктике в условиях близкого залегания многолетней мерзлоты показали, что их классификационное положение должно быть изменено. Вслед за рядом ранее высказанных предложений считаем, что формирующиеся на низких морских побережьях под влиянием морских приливов и нагонов почвы, занимающие территории маршей и ваттов, должны быть объединены в створе синлитогенных почв в самостоятельный отдел маршевых почв. Под определением «маршевые» понимается не только подход с эколого-генетических позиций, но и с позиций современной субстантивно-генетической классификации. В ней по отношению к почвам, формирующимся в условиях паводков и привноса материала, уже допущено использование определения «аллювиальные почвы» с выделением их в ранге отдела. Маршевые почвы арктического побережья являются мерзлотными (мощность сезонно-талого слоя менее 1 м). На типовом уровне они могут быть разделены по происхождению органогенного горизонта и с учетом степени разложения в них органического материала (автохтонный торфянистый, серогумусовый (дерновый) или аллохтонно-торфянистый – состоящий из наноса растительного детрита). Диагностическое значение в маршевых почвах имеет степень засоления профилей, состав и распределение в них солей, ведущих к формированию специфических горизонтов – солончаковато-сульфидных, надмерзлотных горизонтов высокой степени засоления, находящихся летом в талом состоянии при их отрицательных температурах, признаки криотурбаций и ряд других морфологических признаков.

С продвижением в глубь суши, ослаблении влияния приливно-нагонных явлений, признаки, характерные для маршевых почв, постепенно ослабевают и почвы приобретают облик, близкий к зональным тундровым, местами с признаками слабого засоления. На их формирование, свойства, морфологию в арктической зоне значительное влияние оказывает комплекс мерзлотных процессов.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ № 19-04-00125а.

УДК 631.44

ПОЧВЫ ОПЫТНОГО ПОЛЯ КАБАНЬОЛО, УГАНДА В МИРОВЫХ И РОССИЙСКИХ КЛАССИФИКАЦИЯХ

Денисова Е.Э., Красильников П.В.

Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Москва

E-mail: Denisova.Elizavet@gmail.com

Уганда – сельскохозяйственная страна с огромным постоянно растущим населением и огромными же проблемами по обеспечению продовольствием этого населения. Для решения этой проблемы требуется комплекс действий, в частности, адаптация современных эффективных систем земледелия к локальным агроклиматическим и почвенным условия Уганды. Для удобства поиска и применения рекомендаций разных стран с аналогичными почвами была проведена работа по корреляции крупнейших классификационных систем.

Исследование проводилось в сельскохозяйственном научно-исследовательском институте УниверситетаMakerере в Кабаньоло в декабре 2019 г. Институт расположен в пространственных координатах 0°27'60" с.ш., 32°36'24" в.д. на высоте от 1250 до 1320 м над ур.м. Место исследования находится в административных границах региона Нангабо, округа Вакисо, примерно в 14 км к северу от Кампалы, столицы Уганды. Кабаньоло является частью бассейна оз. Виктория, где среднегодовое количество осадков составляет 1218 мм, а периоды без дождя длятся с июня по июль и с декабря по февраль. Среднегодовая температура составляет 21.5 °С. Уганда относится к области субэкваториального климата. Геоморфологически данная местность располагается на Восточно-Африканском плато между двумя рукавами Восточно-Африканской рифтовой системы. Материнские породы места исследования неоднородны, преобладают продукты выветривания и коллювий из кварцитов, гнейсов. На склонах распространены коллювий, обогащенный латеритовым гравием.

Разрез был заложен в автоморфной позиции на склоне первой надпойменной террасы восточной экспозиции с уклоном около 2°. Почва распаханна для культивации бобов. Профиль глубиной 0.9 м тяжелосуглинистый по всей глубине, с пахотным горизонтом мощностью 20 см, во всех горизонтах преобладают красные тона в окраске от 2.5YR3/3 до 2.5YR4/6. Уплотненное сложение с максимальной плотностью на уровне 50-70 см. Кислотность, измеренная потенциометрически, незначительно варьирует, значения рН снижаются с 5.5 до 4.9 вниз по профилю. В пахотном горизонте отмечено присутствие мелких углей, что позволяет предположить использование подсечного земледелия. Серые пятна глея в срединных горизонтах

указывают на периодический застой влаги в срединных горизонтах, который также подтверждается мелкими марганцевыми конкрециями в этих же горизонтах.

По Классификации и диагностике почв СССР наиболее близок архетип краснозема окультуренного как сформированного на латеритной коре выветривания. В Классификации и диагностике почв России и Полевом определителе почв России корректный аналог для корреляции отсутствует ввиду отсутствия подобных почв на территории России. В соответствии с французской классификацией Référentiel Pédologique, это NITOSOL cultivé. По Мировой реферативной базе почвенных ресурсов (WRB) – Ochric Stagnic Nitisol; именно эта классификация позволяет наиболее корректно отобразить особенности профиля для данной почвы. В рамках американской Soil Taxonomy название почв на уровне большой группы – Typic Paleudults.

УДК 631.4

**ВОЗРАСТ, СВОЙСТВА ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА
И ЭМИССИЯ УГЛЕРОДА В ПОЧВАХ И СОЛОИДАХ
СУПРАГЛЯЦИАЛЬНЫХ И ПЕРИГЛЯЦИАЛЬНЫХ СИСТЕМ
БЫСТРООТСТУПАЮЩИХ ЛЕДНИКОВ
(НА ПРИМЕРЕ АРХИПЕЛАГА ШПИЦБЕРГЕН)**

**Зазовская Э.П.¹, Мергелов Н.С.¹, Карелин Д.В.¹, Шишков В. А.¹,
Осокин Н.И.¹, Турчинская С.М.¹, Почикалов А.В.^{1,2}, Холодов В.А.³,
Фарходов Ю.Р.³, Горячкин С.В.¹**

¹ Институт географии РАН, Москва

E-mail: zaszovsk@gmail.com

² РГАУ – МСХА им. К.А. Тимирязева, Москва

³ Почвенный институт им. В.В. Докучаева, Москва

В настоящее время в условиях резких климатических изменений наблюдается быстрое сокращение ледников в Арктике и на территории, освободившейся от льда, начинаются процессы почвообразования. На ледниках и многолетних снежниках происходит аккумуляция тонкодисперсного органико-минерального материала, который представляет собой сложно организованную систему из мелкозема ближних и дальних источников, микроорганизмов и продуктов их трансформации, а также включающий пирогенный углерод и поллютанты – криокониты. Криокониты на ледниках не только ускоряют абляцию, но и являются центром аккумуляции биогенных элементов и источником биоразнообразия, что существенно для функционирования как супрагляциальных, так перегляциальных систем. При отступлении ледников скопления вытаявшего криоконитового материала становятся «горячими точками» для почвообразования.

Нами были исследованы и описаны солоиды и почвы, формирующиеся в супрагляциальных и перегляциальных системах двух ледников архипелага Шпицберген – Альдегонда (77°98' с.ш., 14°11' в.д.) и Бертель (78°41' с.ш., 16°17' в.д.). Ледник Альдегонда за последние 100 лет отступил более чем на 2 км (фото, картографические источники, инструментальные наблюдения), ледник Бертель за последние 35 лет отступил на расстояние около 1 км (архивные данные, инструментальные наблюдения).

Объектами нашего исследования стал следующий набор супрагляциальных солоидов – криокониты, формирующиеся на леднике, мелкозем многолетних и однолетних снежников, а также объекты в перигляциальной зоне – почвы, формирующиеся на криоконитовом материале на разновозрастных моренах, почвы, сформированные на морских террасах, которые не подвергались (по крайней мере в течение последних 6000-10 000 лет) воздействию ледников, и, соответственно, мала вероятность присутствия в этих почвах углерода «криоконитового» происхождения. Был применен набор современных инструментальных методов: радиоуглеродное AMS датирование по общему углероду и углероду денситометрических и гранулометрических фракций, определение содержания углерода, азота из изотопного состава с использованием CHNS-анализатора, сопряженного с IRMS, ¹³C-ЯМР, ГХ-МС. Выполнены морфологические исследования на микро- и субмикроуровнях и проведены наблюдения за эмиссией CO₂.

Полученные результаты позволяют сделать вывод, что свойства органического вещества (ОВ) почвенных солоидов, формирующихся в супрагляциальных системах, заметно отличаются от свойств ОВ почв, сформированных без «участия ледника». Для почв, сформированных в перигляциальной зоне исследованных ледников, значимым источником ОВ является криоконитовый материал. Судя по полученному радиоуглеродному возрасту (от 600 до 10 000 ¹⁴C BP), в том числе для разных морфологических типов криоконитов (единичные скопления, крупные скопления и т.п.), он в основном складывается из привнесенного древнего углерода и в меньшей степени – из свежего органического вещества, синтезированного микробными автотрофами *in situ*. Также в цикл включается углерод, депонированный ледником в течение длительного периода. Ледник при таянии делится своим пулом углерода с наземными экосистемами. Эмиссия CO₂ в супрагляциальных системах сопоставима с эмиссией для почв, сформированных на молодых моренах в перигляциальных зонах. Таким образом, супрагляциальные почвоподобные тела являются поставщиком материала, в первую очередь ОВ в перигляциальную зону, и служат триггером первичного почвообразования на освободившихся от льда поверхностях.

УДК 631.445.12

ТОРФЯНЫЕ ПОЧВЫ, ГЕНЕЗИС, КЛАССИФИКАЦИЯ

Инишева Л.И.¹, Головченко А.В.², Шайдак Л.В.³

¹Томский государственный педагогический университет, Томск
E-mail: inisheva@mail.ru

²Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Москва
E-mail: golovchenko.alla@gmail.com

³Институт сельского хозяйства и лесных исследований ПАН, Познань, Польша
E-mail: szajlech@man.poznan.pl

Торфяные почвы на 50-95% состоят из органических веществ, чрезвычайно переувлажнены и занимают почти 25% территории России. За годы исследований накоплен большой фактический материал по торфяным болотам, доказана их огромная биосферная роль, однако место торфяных почв в почвоведении так и остается не определенным. Поэтому целью данной статьи ставится привлечение внимания ученых к дальнейшему их изучению.

В понятие торфяная почва включается весь торфяной профиль и верхние горизонты древней минеральной почвы. Органическая и минеральная части торфяных почв – субстантивно-функциональная система, представляющая собой генетически единый почвенный профиль с фиксированной в нем историей их развития. Древняя почва, подвергшаяся заболачиванию, выполняет роль почвообразующей породы по отношению к формирующейся на ней торфяной почве и в дальнейшем между ними сохраняется тесная генетическая связь.

Рассмотрим формирование торфяного профиля с позиций перемещения веществ в профиле почв (почвообразовательный процесс). Считается, что миграционный поток к почвообразующим породам в торфяных почвах выражен очень слабо в силу большой водоудерживающей способности и слабой фильтрации почв. Это, пожалуй, справедливо для достаточно ровной поверхности, но болотный рельеф – неоднородный, в результате происходит внутриболотный переток гравитационных вод и образуются автономные, транзитные и трансаккумулятивные геохимические микрорландшафты. Инситные инфильтрационные процессы проникают вглубь породы и обрабатывают ее на месте, *in situ*, без существенного перемещения основной массы породы и новообразованных продуктов экзогенеза. Но в минеральных почвах эти процессы под действием силы гравитации направлены вниз, а торфяные почвы в силу аккумулятивного направления торфообразования развиваются вверх. Таким образом, например, происходит внутриболотный переток воды вниз и вверх по профилю торфяных болот.

Таким образом, торфяная почва – субаквальная, инситная система со знаком минус (направлена вверх). Минеральная древняя почва составляет биолитосферный этаж, сформированный в условиях переувлажнения, верхняя часть которого, как правило, оглеена и служит почвообразующей породой для нарастающего вверх профиля торфяных почв с образовавшейся уже зоной функционирования (зона, охваченная потоками вещества и энергии). Это подтверждается тем, что процессы преобразования ОВ во всем торфяном профиле не прекращаются. Результатом функционирования является торфяная почва, свойства которой определяются ботаническим составом торфов, слагающих ее профиль. Торфяная почва делится на слои, мощность которых определяется однородностью ботанического состава торфов. Наличие биологической активности по всему профилю торфяных почв подтверждено нашими исследованиями. Гипотезой быстрого завершения торфообразования в верхнем биологически активном слое торфяного профиля невозможно объяснить возрастание содержания гуминовых кислот, увеличение степени их обуглероженности, существующий синтез битумов при углублении в торфяную залежь.

Все слои профиля торфяных почв, в определенное время прошедшие стадию болотного почвообразования, содержат микроорганизмы и питательные вещества биогенного происхождения. Надо полагать, что существующие понятия о торфяной почве как о деятельном слое торфяной залежи соответствующим образом отразились в современной классификации этих почв, и так как эта тема достойна отдельного обсуждения, здесь наметим только пути дальнейшей работы в этом направлении. Торфяные почвы состоят из растительных остатков и, соответственно, подходить к их исследованию и классификации следует с ботанических позиций.

УДК 631.48

СПЕЦИФИКА СТРОЕНИЯ И СВОЙСТВ ПОЧВ ОСУШЕННЫХ КОТЛОВИН ТЕРМОКАРСТОВЫХ ОЗЕР В БОЛЬШЕЗЕМЕЛЬСКОЙ ТУНДРЕ

Каверин Д.А., Денева С.В., Пастухов А.В.

Институт биологии ФИЦ Коми НЦ УрО РАН, Сыктывкар
E-mail: dkav@mail.ru

Исследованы особенности строения и свойства почв, сформировавшихся в контурах котловин искусственно осушенного с торфо-минеральными и естественно осушенного озера с минеральными отложениями. Котловины находятся в подзоне южной тундры в условиях преимущественно сплошного распространения многолетнемерзлых

пород (ММП) в бассейне р. Большая Роговая (Большеземельская тундра). Обе котловины локализованы на слабодренированной водо-раздельной террасе в 2 км друг от друга.

Специфика строения и свойств почв осушенных озерных котловин обусловлена составом почвообразующих пород, характером растительных сукцессий, особенностями геоморфологических и криогенных процессов, длительностью периода развития почвенно-растительного покрова. На развитие почв искусственно осушенной котловины оказала влияние агрогенная обработка почв при ее использовании в качестве сенокосных угодий. Наличие мощного торфяного слоя (50-90 см) обусловило активное развитие криогенных процессов и формирование ММП, обусловивших значительную дифференциацию почвенно-растительного покрова. В условиях интенсивного криогенного пучения и поднятия поверхности почв при агградации ММП сформировались плоские торфяные бугры. На буграх под кустарничково-моховой растительностью развивались торфоземы минерально-торфяные постагрогенные. Часть поверхности торфяных бугров была охвачена процессами снеговой абразии, здесь на оголенных торфяных пятнах формируются торфоземы деструктивные постагрогенные с характерным поверхностным криотурбированным горизонтом. Для торфоземов торфяных бугров характерна кислая реакция ($pH_{KCL} = 4.4 \pm 0.4$), степень насыщенности основаниями $47 \pm 15\%$, содержание органического углерода $16 \pm 4\%$, соотношение $C/N = 16 \pm 2$, величина потери при прокаливании $- 50 \pm 30\%$. На большей части котловины искусственно осушенного озера агградация ММП привела к частичному поднятию поверхности и дренажу почв. Эти площади заняты тундровыми луговинами на торфоземах мерзлотных перегнойно- и минерально-торфяных постагрогенных. Торфоземы тундровых луговин характеризуются травянисто-моховым неразложившимся очесом, залегающем на горизонтах, сложенных заиленным хорошо разложившимся торфом. По физико-химическим свойствам эти торфоземы отличаются от таковых торфяных бугров более высоким содержанием органического углерода ($21 \pm 6\%$) и соотношением C/N (18 ± 1). Пониженные участки, где произошло оттаивание ММП в результате усиления снегонакопления и развития заболачивания, покрыты заболоченными лугами и ивняками на перегнойно-глеевых иловато-перегнойных постагрогенных почвах. Эти почвы сложены сильно заиленными горизонтами хорошо разложившегося торфа, по физико-химическим свойствам мало отличаясь от торфоземов. Аллювиальные гумусовые глеевые стратифицированные постагрогенные почвы сформировались в условиях отсутствия ММП вдоль образовавшегося в котловине водотока под ивняково-травянистыми сообществами. Минеральные горизонты почв характеризуются выраженной слоистостью, низким содержанием углерода (≤ 0.2), высокой

степенью насыщенности основаниями (>80%), низкой величиной потерь при прокаливании (1%).

Значительная заболоченность естественно осушенной котловины с минеральными донными отложениями и развитие крупнокустарниковой растительности не благоприятствуют широкому развитию ММП, которые локализованы в глинистых почвогрунтах дренированных участков. В этих условиях под кустарничково-мохово-лишайниковой растительностью и тундровыми луговинами формируются торфяно-глееземы мерзлотные. В заболоченной котловине наиболее широко распространены торфяно-глееземы сезоннопромерзающие, формирующиеся под заболоченными хвощево-сабельниковыми ассоциациями и крупноивняковой растительностью. На дренированных песчаных буграх, где торфообразование и оглеение выражены слабее, под кустарничково-лишайниковой растительностью сформировались слабодифференцированные глееватые почвы. Почвы естественно осушенной котловины кислые ($\text{pH}_{\text{KCL}} = 4.0 \pm 0.5$), минеральные горизонты торфяно-глееземов характеризуются повышенным содержанием органического углерода ($6 \pm 1\%$).

Таким образом, две дренированные котловины термокарстовых озер, сформировавшиеся в пределах одного урочища, характеризуются контрастными различиями в строении и свойствах почв. Это обусловлено спецификой почвообразования при дифференциации почвообразующих пород, развития геоморфологических, криогенных и сукцессионных процессов.

УДК 631.48

МОРФОЛОГИЯ, МИНЕРАЛОГИЯ И ГЕОХИМИЯ ТЕРМОЗЕМОВ ДОЛИНЫ ГЕЙЗЕРОВ (КРОНОЦКИЙ ЗАПОВЕДНИК)

**Казинский М.Т.¹, Лебедева М.П.², Крупская В.В.^{1,3}, Закусин С.В.^{1,3},
Завадская А.В.⁴, Семенов И.Н.¹**

¹ Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Москва
E-mail: semenkov@geogr.msu.ru

² Почвенный институт им. В.В. Докучаева, Москва
E-mail: m_verba@mail.ru

³ Институт геологии рудных месторождений, петрографии, минералогии
и геохимии РАН, Москва
E-mail: krupskaya@ruclay.com

⁴ Кроноцкий государственный заповедник, Елизово
E-mail: anya.zavadskaya@gmail.com

На левом берегу долины р. Гейзерной (Камчатка) исследованы изменения морфологических, химических и минералогических свойств почв в пределах катены длиной 30 м с 18 почвенными разрезами (65

проб) по мере усиления воздействия подогретых сернокислых вод. Почвы разделены на четыре группы:

1. Фоновые слабокислые высокогумусные вулканические слоисто-охристые почвы (Eutrosilic Silandic Andosols (Arenic)) смектит-плагиоклазового состава (с температурой 11-30 °С на глубине до 50 см) на моногенном пирокластическом материале под крупнотравно-разнотравными луговыми сообществами с фрагментами каменноберезняков (формации *Betuleta ermanii*, *Saliceta udensis*, *Alneta kamtschaticae*);

2. Слабокислые среднегумусные вулканические слоисто-охристые гидротермально измененные супесчаные почвы (Eutrosilic Aluandic Andosols (Loamic, Natric) полевошпат-кварц-плагиоклаз-смектитового состава с температурой 25-55 °С на гетерогенном гидротермально измененном супесчано-легкосуглинистом пирокластическом материале под разнотравно-крупнотравными луговыми сообществами;

3. Кислые малогумусные вулканические термоземы дерновые и слаборазвитые супесчаные с укороченным профилем на гидротермально измененном глинистом пирокластическом материале (Eutrosilic Gleyic Aluandic Andosols (Loamic, Reductic, Protosalic, Hyperthionic) каолинит-смектитового состава с температурой 40-100 °С под микроразнообразными сообществами (группировки *Agrostis geminata* и фрагменты формации *Fimbristyleta ochotensis*, моховые сообщества);

4. Кислые малогумусные короткопрофильные засоленные корковые вулканические термоземы глинистые (Gleyic Aluandic Andosols (Clayic, Reductic, Salic, Hyperthionic) каолинитового состава, прогретые до 80-100 °С, на гидротермальных глинах под моховыми сообществами или биогенными пленками из термофильных водорослей преимущественно из *Cyanidium caldarium*.

От более холодных почв к горячим уменьшается величина pH, содержание углерода органических веществ, крупного, среднего и мелкого песка, а также оксалаторастворимых Al и Si, появляется сульфатно-натриевое засоление и увеличивается доля илистой, мелкой и среднепылевой фракций. Поступление разогретых эндогенных флюидов увеличило содержание Al, As, переходных металлов (Co, Cr, Cu, Fe, Pb, Ti, V), каолинита, анатаза, пирита, гематита и бемита и уменьшило – Ca, K, Mg, Mn, Si, смектита, калиевых полевых шпатов, плагиоклазов и цеолита.

Ярко окрашенный в красный, белый и желтый цвет (су)глинистый термометаморфический горизонт каолинитового состава с температурой более 50 °С можно рассматривать в качестве диагностического при выделении эндотемпературных почв, подверженных воздействию кислых сульфатных вод.

Полевые работы, минералогический и элементный анализы выполнены в рамках проекта РФФИ № 15-04-03818, интерпретация

результатов XRD выполнена в рамках базовой темы ИГЕМ РАН № 0136-2018-0024 с использованием оборудования Центра коллективного пользования № 131564486 «Рентгеновская дифракция». Микро-томографический и хроматографический анализы и определение подвижных соединений, а также интерпретация полученных результатов выполнены в рамках проекта РФФ № 17-77-20072.

Авторы благодарны М.А. Лебедеву за приготовление микрошлифов, С.А. Гараниной – за дифрактометрическую съемку, Т.Г. Суховой и Е.А. Шахпендерян – за подготовку ацетатно-аммонийной и оксалатно-аммонийной вытяжек, Л.В. Добрыдневой – за хроматографическое определение катионно-анионного состава водной вытяжки, В.К. Карандашеву – за атомно-эмиссионное определение содержания Al, Fe и Si в оксалатной вытяжке.

УДК 631.445.4

ФОРМИРОВАНИЕ ЦИФРОВОГО РЕЕСТРА ПОЧВЕННЫХ РЕСУРСОВ РОСТОВСКОЙ ОБЛАСТИ

**Кайдалова Н.В., Литвинов Ю.А., Безуглова О.С., Назаренко О.Г.,
Цвылев Е.М., Морозов И.В., Сухарев А.А., Меженков А.А.**
Государственный центр агрохимической службы «Ростовский»
E-mail: topsoilRostov@yandex.ru

Одним из актуальных направлений современного почвоведения является применение информационных технологий в процессе сбора, обработки и последующего анализа разнородной почвенно-географической информации. Важной задачей является разработка национального стандарта обмена почвенной информацией, позволяющего унифицировать сбор, обработку и обмен архивными и актуальными данными почвенного и агрохимического обследования.

В настоящий момент накоплен большой объем картографических данных о почвенном покрове Ростовской области, который представлен материалами почвенного обследования НИИ ЮжГИПРОЗем. Подавляющее количество материалов относится к третьему и четвертому турам обследования области, проходившим в период с 1955 по 1994 г. и охватывающим порядка 850 хозяйств бывшего СССР (колхозы, совхозы, сортоиспытательные участки, подсобные хозяйства и т.д.). Создание цифрового реестра позволяет провести инвентаризацию имеющихся в материалах почвенных обследований, наименований почв и выполнить последующую оцифровку картографических данных и сопутствующей природно-почвенной информации.

Семантическая часть материалов почвенного обследования обычно не структурирована и хранится в легенде почвенной карты или материалах почвенного очерка в виде наименования почвенного выдела в соответствии с классификацией 1977 г. с использованием авторских, местных и производственных наименований.

Для решения задач составления цифрового реестра почв наименования почвенных выделов были собраны в алфавитно-цифровые таблицы, включающие в себя «название почв» (наименование почвы от типа до вида включительно), гранулометрический состав и почвообразующие породы. В работе были использовано более 600 почвенных карт М 1:10 000–1:100 000, списки почв Ростовской области, составленные НИИ ЮжГИПРОзем в 1988 и 2006 гг., а также технические отчеты и ведомости почвенных обследований.

Для собранных наименований почв был проведен семантический анализ с последующей дизагрегацией наименований на таксономические единицы, основной целью которой является подготовка почвенных данных для задач их машинной обработки.

Дизагрегированные наименования, входящие в цифровой реестр, представлены почвенными таксонами, почвенными признаками, свойствами, особенностями процесса почвообразования, местными условиями почвообразования, степенью антропогенной преобразованности. Исходя из особенностей почвенного покрова региона были выделены информационно значимые группы: тип почв, подтип почв, род почв, гранулометрический состав, мощность гумусовых горизонтов, содержание гумуса, глубина залегания легкорастворимых солей, степень засоления, солонцеватость, каменистость, водная и ветровая эрозия, почвообразующие и подстилающие породы.

Для решения задач гармонизации наименований были составлены корреляционные таблицы, насчитывающие 153 наименования на уровне типа, подтипа и рода почв. Составленные таблицы позволяют исключить неоднозначность и спорность наименований на разном таксономическом уровне, а также выполнить корреляцию между местными, авторскими, сокращенными наименованиями и наименованиями по классификации почв 1977 г. Результатом проведенной работы является цифровой реестр почв Ростовской области, унифицированный список-классификатор и корреляционные таблицы, позволяющие стандартизировать сбор почвенной информации на региональном уровне.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 15-04-03564.

УДК 631.46

СЕРОГУМУСОВЫЕ ПОЧВЫ ЮГО-ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ ОСТРОВА ЗАПАДНЫЙ ШПИЦБЕРГЕН: МОРФОЛОГО-ГЕНЕТИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА

Кашулина Г.М., Литвинова Т.И., Коробейникова Н.М.

Полярно-альпийский ботанический сад-институт Кольского НЦ РАН, Апатиты
E-mail: galina.kashulina@gmail.com

Доклад основан на данных изучения нескольких десятков разрезов, обследованных сотрудниками лаборатории почвоведения Полярно-альпийского ботанического сада-института на юго-западном побережье о-ва Западный Шпицберген с 2004 по 2016 г.

Формирование почв в этой части Шпицбергена обусловлено специфическим сочетанием следующих факторов: высоким широтным положением (около 78° с.ш.); влиянием теплого течения Гольфстрим и теплых и влажных воздушных масс из Атлантики; относительно глубоким залеганием вечной мерзлоты (0.8-2 м); своеобразным низкогорным рельефом в сочетании с протяженными морскими террасами; значительно варьирующим в пространстве литологическим и гранулометрическим составом (от рыхлого песка до тяжелого суглинка) почвообразующего материала различного генезиса (элюво-делювий, солифлюкционный материал, морена и морские четвертичные отложения). Большинство обследованных почв формируется на кислых породах с высоким содержанием Si и экстремально низким содержанием Ca, Mg и Mn. Еще одной особенностью территории является выпадение большого количества пыли из атмосферы из-за высокой доли на поверхности оголенных грунтов и пород.

В этих условиях под низко продуктивными мохово-лишайниковыми и кустарничковыми растительными ассоциациями с участием травянистых растений (проективное покрытие от 5 до 40%) независимо от типа почвообразующего материала формируются специфические серогумусовые почвы со следующим набором горизонтов: O(AO)-AYao-AYaoC-C. В лабораторных условиях в образцах основных генетических горизонтов были определены следующие показатели: гранулометрический состав, валовой состав, содержание $C_{орг.}$, $N_{орг.}$ и групповой и фракционный состав органического вещества, а также физико-химические свойства.

На поверхности почвы из остатков мхов и листьев кустаничковых формируется подстилочно-торфянистый горизонт O, мощность которого варьирует от 1 до 6 см. Степень разложения растительных остатков увеличивается с глубиной. При небольшой мощности и большом количестве минеральной примеси верхний горизонт индексируется как

грубогумусовый АО. Содержание $C_{\text{орг}}$ в верхнем горизонте варьирует от 15 до 37%. В нем всегда присутствуют много минеральных частиц (поступают с запыленными растительными остатками, выпадают из атмосферы и поступают с поверхностным стоком).

Вся минеральная часть профиля характеризуется относительно высокой гумусированностью и глубоким проникновением корней. Минеральная часть профиля слабо дифференцирована и имеет коричневато-темно-серую окраску.

Кроме корней травянистых растений большую роль в формировании гумуса здесь играют корни кустарничков. Они хуже разлагаются и образуют сгустки слаборазложившихся остатков корней, которые и придают окраске минеральной части профиля коричневатый оттенок. Для всей минеральной части профиля характерно морозное растрескивание и выталкивание камней на поверхность, что вместе с большим количеством камней и растрескиванием разрыхляет почву и способствует ее хорошей аэрации.

Наиболее высокое содержание органического вещества ($C_{\text{орг}}$ 2-12%) и корней растений приходится на верхнюю часть. Этот горизонт диагностируется как грубогумусовый серогумусовый АУао из-за участия слаборазложившихся корней кустарничков в образовании гумуса. Мощность этого горизонта составляет 2-8 см. Для него характерна зернистая структура.

При содержании $C_{\text{орг}}$ ниже 2% горизонт диагностируется как переходный АУаоС. Ощутимые (1-2%) содержания $C_{\text{орг}}$ прослеживаются до глубин 40-90 см.

Высокая гумусированность минеральной части профиля здесь не может быть объяснена заторможенностью разложения растительных остатков. Полевые эксперименты выявили довольно высокую скорость разложения растительных остатков овса и листьев ивki, сравнимую с лесной зоной на континенте.

По валовому составу минеральная часть профиля не дифференцирована. Распределение химических элементов по профилю определяются сменой гранулометрического состава, которая иногда достигает пяти градаций.

Из-за наличия подстильно-торфянистого горизонта и грубогумуса в серогумусовом горизонте диагностический горизонт индексируется как грубогумусовый серогумусовый АУао, а почва, соответственно, как грубогумусовая серогумусовая.

631.445 (572)

РАЗНООБРАЗИЕ ПОЧВ И СПЕЦИФИКА ПОЧВООБРАЗОВАНИЯ НА ТЕРРИТОРИИ ЮЖНОГО ПРЕДБАЙКАЛЬЯ

Козлова А.А.

Иркутский государственный университет, Иркутск

E-mail: allak2008@mail.ru

Южное Предбайкалье – уникальный регион Евразии, находится в глубине Евразийского континента и занимает юго-восточную часть Среднесибирского плоскогорья южной окраины Сибирской докембрийской платформы в пределах координат 52-54° с.ш., 102-105° в.д. Территория включает Иркутско-Черемховскую равнину и южную часть Предбайкальской впадины, представляющие собой краевые прогибы Сибирской платформы, а также Приольхонское плато – тектонический блок, зажатый между Прибайкальским хребтом и Байкальской впадиной. Своеобразие механизмов местной циркуляции воздуха, связанной с проявлением вертикальной поясности, котловинным эффектом и аридно-теневого зональности, определяет особенности развития, состав и структуру ландшафтов и почв.

Общая ориентация макросклонов хребтов на запад (северо-запад) и на восток (юго-восток), господствующий западный перенос воздушных масс высвечивают роль экспозиционного фактора: на северных склонах осадков выпадает больше, чем на южных. Подтаежные ландшафты, представленные сосновыми и лиственнично-сосновыми бруснично-травяными лесами, занимают вершины водоразделов и верхние части склонов, лесостепные с сосново-березовыми разнотравными лесами располагаются в средней и нижней части склонов. Нижнюю ступень вертикальной поясности представляют острова степей широких речных террас, смещенную к подножию пологого южного склона Лено-Ангарского плато и Приморского хребта в Приольхонье. Сложное геологическое строение, разновозрастность и разнообразие коренных пород (юрские, кембрийские, протерозойские, переслаиваемые четвертичными отложениями), состав и степень выветрелости почвообразующих пород являются одним из факторов дифференциации почвенного покрова и обуславливают самобытность характера почвообразования.

С палеогеографической точки зрения Южное Предбайкалье представляет собой ареал контактов тайги и степи. Смещения их зональных границ сопровождались расширением и сокращением ледниковых покровов. Это нашло свое отражение в разной скорости изменения растительного и почвенного покрова, большой инерционности последнего. Региональной спецификой является низкий

энергетический уровень почвообразования. Небольшие различия в теплообеспеченности между генетически далекими почвами обуславливают их территориальное соседство. В почвенном покрове региона присутствуют почвы, развитые в условиях подтайги, распространенные на вершинах водоразделов; лесостепи, расположенных в средних и нижних частях склонов; а также степи, занимающие террасы рек. Экспозиция склонов оказала заметное влияние на пространственное распределение почв. Наветренные северо-западные склоны, принимающие большее количество осадков, заняты дерново-подзолистыми, дерново-буро-подзолистыми, серыми типичными почвами, черноземами глинисто-иллювиальными. Подветренные менее увлажненные юго-восточные склоны – буроземами оподзоленными, серыми метаморфическими, черноземами дисперсно-карбонатными, каштановыми почвами. Особенность литологического состава почвообразующих пород, представленных ниже- и верхнекембрийскими отложениями, способствуют формированию самобытных почв – буроземов типичных и буроземов темных остаточно-карбонатных (дерново-карбонатных почв).

Региональной особенностью исследуемых почв является длительное нахождение их в мерзлом состоянии, что способствует уменьшению химического стока, снижению растворимости многих элементов, обогащению их легко- и труднорастворимыми солями; является причиной слабокислой, нейтральной или слабощелочной реакции среды, повышенного содержания гумуса, обменных оснований, заторможенности процессов выветривания и почвообразования, снижения биологической активности почв, разложения органического вещества.

УДК 631.44

ПОЧВЕННЫЙ ПОКРОВ РЕСПУБЛИКИ КОМИ НА НОВОЙ ЦИФРОВОЙ КАРТЕ В СИСТЕМЕ КЛАССИФИКАЦИИ ПОЧВ РОССИИ

**Конюшков Д.Е.¹, Ананко Т.В.¹, Герасимова М.И.^{1,2}, Савицкая Н.В.¹,
Жангуров Е.В.³, Лаптева Е.М.³**

¹ Почвенный институт им. В.В. Докучаева, Москва
E-mail: dkonyushkov@yandex.ru

² Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Москва

³ Институт биологии ФИЦ Коми НЦ УрО РАН, Сыктывкар

Почвенный институт им. В.В. Докучаева ведет работу по созданию новой цифровой модели почвенного покрова России на основе базовой информации Почвенной карты РСФСР М 1 : 2.5 млн. (1988), цифровых моделей рельефа и климата, материалов дистанционного зондирования, тематических карт и сведений о почвах, полученных

за последние 10-летия. Концептуальной основой новой карты является субстантивно-генетическая классификация почв России (2004, 2008), отражающая в единой системе естественные и антропогенно преобразованные почвы, диагностируемые по набору горизонтов и признаков.

На первом этапе проводится обновление содержания карты 1988 г.: по каждому контуру определяется классификационное положение выделенных почв на основе их детальной морфологической и физико-химической диагностики, выявляемой «формулы профиля». База данных к оцифрованному варианту карты дополняется сведениями о наличии агропочв, агроземов, урбопочв, техногенных поверхностных образований. Таким образом, содержание карты существенно обновляется без изменения ее контурной части. Анализируется информация базовой карты, ее программы (1972), обобщающей монографии (2001), региональных публикаций последних лет.

На втором этапе методами цифровой почвенной картографии создается новая топографически точная модель почвенного покрова с разрешением 500 м/пиксел, подлежащая проверке и возможной коррекции с участием экспертов.

Конечный итог работы – новая цифровая почвенная карта России, отражающая многообразие почв страны в идеологии субстантивно-генетической классификации почв России.

В докладе обсуждаются результаты первой части работы для Республики Коми (416 774 км²), охватывающей широкий зональный (от границы средней/южной тайги до типичной тундры) спектр равнинных и горных почв, формирующихся на разнообразных породах – моренных слабо завалуненных суглинках, песчаных отложениях террас и зандровых полей, покровных бескарбонатных суглинках, контрастных и неконтрастных по гранулометрическому составу двучленах. На Приполярном Урале распространен щебнистый элюво-дельювий преимущественно кислых пород (кварцитов, кристаллических сланцев, песчаников); на Тимане и западном склоне Урала имеются выходы карбонатных пород. В типичной тундре широко развита вечная мерзлота, в южной тундре и лесотундре она имеет островное распространение. На карте 1988 г. – 865 почвенных контуров, включающих информацию о 33 выделах легенды (25 почв, восемь типов почвенных комплексов). На новой карте количество выделов легенды для естественных почв увеличилось до 50 (40 почв, 10 типов почвенных комплексов). Новые решения для тундровой зоны – выделение в южной части глееземов криометаморфических иллювиально-железистых, в том числе оподзоленных, вместо тундровых поверхностно-глеевых дифференцированных почв (на среднесуглинистых отложениях); сокращение ареала бугорковых комплексов с перегнойно-глеевыми тундровыми почвами (заменены на глееземы типичные); исключение

тундровых глеевых торфянистых и торфяных почв из комплексов с подбурами (заменены на подбуры типичные и торфяно-подбуры бугорков); представление почв пятен в тундровых комплексах преимущественно как глееземов криоабразированных или псаммоземов (в комплексах с подбурами на легких породах). В список подбуров добавлены подбуры оподзоленные и подбуры надмерзлотно-глееватые и глеевые. Дифференцированы обширные ареалы северотаежных глееподзолистых почв: в зависимости от пород на новой карте они представлены глееподзолистыми (на суглинках), глееподзолистыми с микропрофилем подзола (на контрастных двучленах), подзолами и подбурами (на выходах плотных пород), светлоземами иллювиально-железистыми (на неконтрастных двучленах). Усложнился состав почвенных контуров: во многие контуры добавлены дополнительные почвы (или комплексы) для лучшего отражения местных условий. В частности, это касается пойменных почв: на базовой карте они отражены только двумя выделами (пойменные кислые и пойменные заболоченные). На новой карте список расширен: аллювиальные гумусовые, торфяно-глеевые, перегнойно-глеевые, агрогумусовые перегнойно-глеевые, слоисто-аллювиальные гумусовые, псаммоземы. Работа над окончательным списком почв продолжается.

УДК 631.4

ПОЧВЫ АРКТИЧЕСКИХ ПОБЕРЕЖИЙ И ОСТРОВОВ АРХАНГЕЛЬСКОЙ ОБЛАСТИ

Любова С.В.

Северный (Арктический) федеральный университет им. М.В. Ломоносова,
Архангельск

E-mail: s.lyubova@narfu.ru

Арктика – это заповедная территория, природа ее чрезвычайно уязвима к воздействию человека, которое может привести к необратимым экологическим процессам. Почвенный покров высоких широт Северного полушария до сих пор подробно не изучен. Он отражает основные процессы, происходящие на арктических территориях, поэтому изучение и мониторинг этого природного объекта является важным направлением развития Арктики. Почвенный покров арктических территорий разнообразен и уникален.

Остров Матвеев площадью 40 км² находится на юго-востоке Баренцева моря. Образование почв на нем происходило под действием процессов глееобразования, торфообразования, криогенеза. В результате криогенеза сформировался полигонально-бугорковый рельеф острова. В результате мерзлотных пучений сформировался почвенный покров из комплексов бугристых болот с торфяно-глееземами, торфяными

деструктивными почвами бугров и торфяными эутрофными почвами междубугорных трещин. Свойства исследованного глеезема торфяного мерзлотного изменяются в зависимости от происхождения горизонтов. Органические горизонты Т характеризуются высоким содержанием органического вещества, кислотными свойствами, высокой емкостью поглощения и ненасыщенностью обменными основаниями (Са, Mg, К и т.д.). Свойства глеевого горизонта G отличаются от торфяных горизонтов, реакция близкая к нейтральной, значение гидролитической кислотности 10.12 мг-экв на 100 г почвы, емкость катионного обмена средняя, что связано с песчаным гранулометрическим составом.

Остров Вайгач находится на границе Баренцева и Карского морей, площадь его 3.4 тыс. км², максимальная высота около 157 м. На острове заложен геоморфологический (гипсометрический) профиль. Изменение строения почвенного профиля в пределах гипсометрического профиля склона холма происходило в условиях избыточного увлажнения под воздействием различных почвообразовательных процессов. В верхней части склона формировались почвы, относящиеся к типу перегнойные, имеющие строение почвенного профиля Н-С. Перегнойный горизонт Н с окраской от темно-коричневого до черного, мажущийся, мощностью от 10-15 до 20-30 см, постепенно переходит в почвообразующую породу. Перегнойные почвы характеризуются высоким содержанием органического вещества – более 25%. Почвообразующая порода щебнистая или грубо-песчаная мелкоземистая. Для профиля характерно переувлажнение без признаков оглеения. Реакция почв по профилю от кислой до нейтральной. Дифференциация профиля по валовому и гранулометрическому составу отсутствует. Почвообразование перегнойных почв верхней части склона протекает в условиях поверхностного увлажнения, сочетающегося с хорошим внутрипрофильным дренажом. Почвообразующими породами служат щебнисто-мелкоземистые элюво-делювии плотных пород. Эти почвы часто приурочены к вогнутым участкам крутых склонов в местах выклинивания грунтовых вод. В средней части склона в полугидроморфных условиях на суглинисто-глинистых отложениях сформировались глееземы, имеющие строение почвенного профиля О-Н-G-CG. Глееземы характеризуются достаточно мощными органогенными горизонтами: подстилками оторфованными, грубогумусными или перегнойными. В профиле минеральные горизонты имели сизую окраску, связанную с процессами оглеения, восстановлением оксидов железа. Криогенное ожелезнение выражено в виде ржавых прослоек на сизом фоне в глеевых и глееватых горизонтах исследуемых почвенных профилей.

У подножья склона образовались перегнойно-глеевые почвы с профилем Н-G-CG с достаточно мощным (20 см) темноокрашенным мажущимся перегнойным горизонтом. Горизонт отличается мрамор-

ной окраской и творожистой структурой. Реакция среды в верхних горизонтах слабокислая, почвенный поглощающий комплекс насыщен основаниями, но карбонаты отсутствуют в профиле. Однако в верхней части холма отмечалось вскипание от соляной кислоты в нижних горизонтах. На примере гипсометрического профиля, заложённого на Югорском п-ове, возможно проследить закономерности изменения почвенного покрова и его пестроту в среднеарктической тундре.

УДК 631.48

СОСТАВ ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА ГОРОДА МОСКВЫ

Мартыненко И.А., Прокофьева Т.В.

Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Москва
E-mail: martynenko.irina@gmail.com

Известно, что ведущий фактор почвообразования в городских условиях – антропогенный. На сегодняшний день естественный почвенный покров большей части крупных городов фактически уничтожен. Так, в Москве только около 30% территории внутри МКАД не запечатано зданиями, строениями и дорожными покрытиями, а с учетом Новой Москвы – около 55% территории города занято почвами и почвоподобными телами. При этом спектр природных почв города связан с биоклиматическими условиями и спецификой геолого-геоморфологических условий территории. Высокое разнообразие почв города определяется также характером антропогенного воздействия (собственно городского, сельскохозяйственного и/или техногенного), что приводит к формированию наряду с природными зональными и интразональными почвами агропочв и агроземов, урбопочв и урбо-стратоземов, технопочв и техноземов. Поэтому изучение почвенного покрова г. Москвы базировалось на основе детального почвенного картографирования как особо охраняемых природных территорий (ООПТ) города, так и в различной степени нарушенных участков других функциональных зон города. В итоге было обследовано более 8 тыс. га ООПТ, территория кампуса МГУ, включая Ботанический сад на Проспекте Мира, парк музея Л.Н. Толстого в Хамовниках, сквер на Болотной площади, Перовский сквер, селитебная зона в различных частях города на разных геоморфологических позициях, в том числе вблизи ООПТ. Были изучены физико-химические свойства почв, уточнено классификационное положение, выявлены закономерности структуры почвенного покрова. На основе полученных данных составлена разномасштабная карта почвенного покрова города. Участки ООПТ картировались в крупном и детальном масштабах, остальная

территория – в среднем масштабе. В итоге была обновлена почвенная карта г. Москвы М 1:200 000; разработана более дробная легенда, базирующаяся на новых классификационных подходах к систематике городских почв. С целью анализа изменения типа землепользования городской территории и выявления наиболее глубоко трансформированных участков с мощными урбиковыми горизонтами и наименее измененных с природными ненарушенными почвами при картографировании широко использовались исторические картографические материалы среднего и крупного масштаба XVIII-XX вв.

В результате крупномасштабного картографирования ООПТ г. Москвы было выявлено более 40 (согласно КиДПР 2004 г.) природных и агротрансформированных почвенных типов, среди которых наиболее распространены дерново-подзолистые, ржавоземы, серогумусовые (дерновые) и аллювиальные почвы.

Расчет площадей почв показал, что антропогенно измененные почвы средней степени трансформации с урбо- и техногоризонтами мощностью менее 40 см составляют 41% общей площади города (без водных объектов).

Сильно трансформированные почвы (урбостратоземы и техноземы) на техногенных почвообразующих породах с антропогенными горизонтами мощностью более 40 см составляют 48.5% общей площади.

Анализ среднемасштабной почвенной карты выявил следующее: почвенный покров центральной части Москвы (в пределах Третьего транспортного кольца) является наиболее однородным, преобладают мощные урбостратоземы и различные техноземы; почвенный покров периферийной части города демонстрирует наличие различных переходных разностей между местными природными почвами и различными городскими почвами (так называемый «экотонный эффект»). Увеличивается доля агротрансформированных почв, связанная с включением в городскую черту бывших сельскохозяйственных угодий при расширении городских границ.

Имеющий место экотонный эффект наиболее высок в периферийной зоне городских лесов и природных парков за счет высокой неоднородности природных почв этих территорий и разнообразия антропогенных воздействий, приводящих к появлению целого ряда почв различной степени трансформации.

Работа проведена при поддержке грантов РФФИ № 15-04-04702 – полевое обследование, № 19-04-01298 – анализ картографической информации.

УДК 631.48

К ВОПРОСУ О ГЕНЕЗИСЕ КАРБОНАТНЫХ НОВООБРАЗОВАНИЙ СТЕПНЫХ И СУХОСТЕПНЫХ ПОЧВ

Минаева Е.Н., Морозов И.В.

Южный федеральный университет, Ростов-на-Дону

E-mail: eminaeva@sfedu.ru, migovad@sfedu.ru

Карбонатные новообразования имеют первостепенное значение для правильной диагностики процессов и режимов, систематики и классификации почв различного генезиса. Их формирование – вопрос неоднозначный, так как на него влияет множество условий и факторов. Но несмотря на это главенствующая роль принадлежит воде.

Цель исследования – определить влияние многолетней динамики атмосферных осадков на формирование карбонатного горизонта.

Для определения средней многолетней глубины промачивания профиля исследуемых почв и расчета частоты встречаемости наиболее распространенной глубины промачивания использовали открытые источники информации.

Исследования вели на черноземах обыкновенных карбонатных, черноземах южных, темно-каштановых, каштановых и светло-каштановых почвах Ростовской области. Полнопрофильные разрезы закладывали на водораздельных пространствах. В статистическую выборку также были включены литературные данные, эродированные и почвы склонов исключены из выборки.

Рассчитаны средние многолетние глубины промачивания, выведены средние максимумы и предельные максимальные значения за 33-летний период наблюдений. При анализе морфологических показателей почвенных разрезов из открытых источников обнаружили совпадения данных среднего многолетнего промачивания на 93% благодаря наличию сведений о верхних границах карбонатных аккумуляций «белоглазки». Нижние границы неизвестны из-за отсутствия информации как в отчетах, так и в связи с тем, что этой информации мало в публикациях. Но наши расчеты средних максимальных значений глубин промачивания позволяют получить приближенные к реальным значениям нижние границы глубины залегания «белоглазки», находящиеся на данный момент в стадии формирования.

Для проверки данных было заложено 12 разрезов в пяти административных районах. Было зафиксировано совпадение данных среднего многолетнего промачивания для Азовского и Аксайского районов с реальными результатами морфологических описаний на 94%. В Аксайском районе было обнаружено совпадение значений нижней границы (белоглазки) и среднего максимума глубины про-

мачивания на 98%, в Азовском районе на 84%. Причем превышение предельных значений максимумов дает нам основание предполагать реликтовое происхождение той части горизонта «белоглазки», которую в настоящее время атмосферные осадки не достигают. В Октябрьском районе верхние границы совпали на 90%, а нижние на 98%. В Зерноградском районе по одному разрезу значения совпали на 77%. В Ремонтненском районе было заложено четыре разреза, в которых были обнаружены совпадения верхних границ на 96%, а нижних на 95%.

Следовательно, многолетняя динамика атмосферных осадков может служить диагностическим показателем как верхних границ формирования горизонта «белоглазки», так и нижних. Причем средние максимумы позволяют отделить современный горизонт «белоглазки» от реликтового, что дает основания для решения важных вопросов теоретического почвоведения: о характере карбонатного горизонта и о нижней границе почвенного профиля.

Исследование выполнено при государственной поддержке ведущей научной школы Российской Федерации (НШ-2511.2020.11) и гранта РФФИ № 16-04-00592.

УДК 631.48(470.325)

ЛИТОЛОГО-ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ КАК ФАКТОР НЕОДНОРОДНОСТИ ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА ОХРАНЯЕМЫХ ТЕРРИТОРИЙ

Новых Л.Л., Волошенко И.В., Новых Е.А.

Белгородский государственный национальный
исследовательский университет, Белгород
E-mail: novykh@bsu.edu.ru

В работе рассмотрено формирование почв в разных геоэкологических условиях на территории памятников природы «Соломинская дубрава» (Белгородский район, долина р. Северский Донец) и «Лисья гора» (Валуйский район, долина р. Оскол). Общими особенностями участков является их расположение в подзоне типичной лесостепи, разнообразие почвообразующих пород (мел, лессовидные суглинки и глины, делювиальные отложения) и господство надпойменно-террасового и склонового типов местности, что сопровождается выходом коренных меловых пород на поверхность.

Литолого-геоморфологические особенности приводят к отличию участков от зональных условий лесостепи: в почвенном покрове наряду с зональными серыми лесными почвами представлены дерново-карбонатные и дерново-намытые почвы.

Наибольшую площадь занимают зональные темно-серые лесные почвы. Их морфологической особенностью для ряда разрезов является отсутствие в профиле почвообразующей породы и непосредственное размещение на подстилающей породе, т.е. наличие палевой окраски в серых лесных почвах в горизонтах, переходных к породе (BC), указывает на то, что почвы развивались не на мелу, а на лессовидной глине или суглинке, которые подстилаются мелом. По мере развития почвообразовательного процесса на некоторых участках весь слой почвообразующей породы был преобразован почвообразованием, поэтому в настоящее время горизонт BC_{ca} залегает на подстилающей породе D. В зависимости от степени смывости почвы мощность профиля составляет от 57 до 105 см.

Дерново-карбонатные почвы развиваются при близком залегании карбонатных пород на маломощном элювии мела. В связи с этим горизонт BC непосредственно переходит в горизонт D. Это подстилающая порода, представленная сильно щелнистыми продуктами выветривания известняковых пород. Почвы вскипают с поверхности, что препятствует развитию процессов оподзоливания.

Дерново-намытые почвы – это сложный в классификационном понимании объект: они давно фигурируют в классификации почв Белгородской области, но по традиционной классификации относятся не к почвам, а к переотложенным и искусственно аккумулятивным почвогрунтам. В субстантивно-генетической классификации почв России их рассматривают в отделе литоземов. Дерново-намытые почвы формируются в нижних частях склонов и на днищах балок, где происходит переотложение материала вследствие процессов эрозионного смыва.

В литературе отмечается, что за 11-13 тыс. лет в лесной зоне карбонатные вкрапления морены были растворены в толще до 1 м. Предположим, что в темно-серой лесной почве карбонатные литоморфы растворились. Однако эти участки по увлажнению принципиально не отличаются от тех, где развиты дерново-карбонатные почвы. В связи с этим следует полагать, что отмеченный факт обусловлен тем, что дерново-карбонатные почвы развиваются непосредственно на элювии мела, а темно-серые лесные – на лессовидных породах, подстилаемых мелом. Меньшая карбонатность и большая рыхлость почвообразующей породы в условиях промывного водного режима способствовали более интенсивному выносу карбонатов и проявлению процесса оподзоливания, что и приводит к формированию темно-серой лесной почвы.

Оба участка являются перспективными с точки зрения «красно-книжности» их почвенного покрова. Более 1/3 участка «Лисья гора» занято перегнойно-карбонатной почвой под пологом широколиственного леса, которая входит в Красную книгу почв России и развита на элювии и щебне мела и мелоподобного мергеля верхнего отдела

меловой системы. Перегнойно-карбонатные почвы представляют интерес как представители исчезающих почв. Несмытые разности темно-серой лесной почвы являются зональными эталонами.

Авторы «Красной книги почв Белгородской области» включили в нее и дерново-намытые почвы в качестве местных эталонов. Считаю, что этот вопрос требует дальнейшего изучения и обоснования.

УДК 631.48

ПОЧВЫ ДРЕВНИХ КОР ВЫВЕТРИВАНИЯ ЗАУРАЛЬСКОГО ПЕНЕПЛЕНА

Поляков Д.Г.¹, Рябуха А.Г.¹, Ковда И.В.²

¹Институт степи УрО РАН, Оренбург

E-mail: electropismo@yandex.ru, annaryabukha@yandex.ru

²Почвенный институт им. В.В. Докучаева, Москва

E-mail: ikovda@mail.ru

Одной из особенностей Зауральского пенеплена является наличие выходов древней коры выветривания (ДКВ) магматических и метаморфических пород. Они приурочены к возвышенным равнинам с глубоким уровнем грунтовых вод, характеризуются спокойным слабоволнистым рельефом. Глины ДКВ в основном каолинитового, реже гидрослюдистого-каолинитового или монтмориллонитового состава. Окраска верхних горизонтов пестрая, связывается с реликтовым оглеением. Характерно вторичное засоление верхней части профиля с выраженным максимумом в пределах верхнего метрового слоя. Типична поверхностная щебнистость. В качестве щебня могут выступать обломки горных пород, железо-марганцевых кор или конкреции ДКВ. Вследствие высокого засоления и бедности субстрата на ДКВ формируются в основном солончаки и солонцы, встречаются также небольшие ареалы засоленных почв, близких к зональному типу почвообразования. В автоморфных условиях формируются в основном солонцы светлые со строением профиля $SEL-BSN-BCA_{s,cs}^{ca,s}$. Мощность солонцово-элювиального горизонта SEL колеблется в пределах от 1 до 30 см, составляя в среднем 5-10 см, pH – от слабокислого до слабощелочного. Выраженного горизонта AJ не образуется даже при большой мощности SEL . Солонцовый горизонт BSN мощностью 10-15 см отличается хорошо выраженной столбчатой структурой, переходящей книзу в ореховатые отделенности. BSN хрупкий вне зависимости от содержания поглощенного натрия, которое может составлять от 1.5 до 55%. В верхней части $BCA_{s,cs}$ отмечается появление дисперсных форм карбонатов и водорастворимых солей, в средней и нижней частях – их оформленные скопления. Степень и тип засоления варьирует в широких пределах. В автоморфных условиях также формируются солончаки литогенные. Они приурочены

ны к вершинам и склонам небольших увалов, поверхность которых практически свободна от растительности, обильно покрыта щебнем и обломками конкреций, что придает им вид каменистой пустыни. Почвенная масса содержит 3-5% водорастворимых солей хлоридно-натриевого, реже сульфатно-хлоридно-натриевого состава.

Солончаки также приурочены к ландшафтам с микрорельефом, представленным серией узких задернованных ложбинообразных понижений глубиной 15-25 см, замыкающихся в многоугольники диаметром 5-6 м, имеющих в центре бугор, практически лишенный растительного покрова, диаметром около 1 м и высотой до 0.5 м, где они входят в состав почвенных комплексов. В микропонижениях формируется солонец-солончак. На микроповышениях образуются изолированные ареалы солончаков криоэпигейных, их особенностью является выраженная криогенная структура вследствие сезонного образования сегрегационного льда. Иногда на ДКВ формируются карбонатные, остаточные-солонцеватые, безнатриевые или выщелоченные от солей и карбонатов почвы. Они имеют морфологически сходные с SEL и BSN горизонты и характерную для солонцов дифференциацию профиля по илу. Проведенное исследование показывает, что почвы, развитые на ДКВ Зауралья, несут комплекс признаков, сформированных в иных палеогеографических условиях: следы тропического выветривания, оглеения, переотложения выветрившегося материала в мелких минерализованных бассейнах и плейстоценовых криохронов. Возможно, такая сохранность палеоинформации связана с низким почвообразовательным потенциалом засоленных продуктов тропического выветривания в условиях засушливого климата степной зоны.

Работа подготовлена по теме НИР Института степи УрО РАН № ГР АААА-А17-117012610022-5, гранту РФФИ № 20-05-00556А. Участие И.В. Ковда осуществлялось в рамках выполнения темы НИР Почвенного института им. В.В. Докучаева.

УДК 631.48

РАЗНООБРАЗИЕ ПОЧВ ГОРОДА МОСКВЫ КАК ОТРАЖЕНИЕ ОСНОВНЫХ НАПРАВЛЕНИЙ ЭВОЛЮЦИИ ГОРОДСКИХ ПОЧВ

Прокофьева Т.В.

Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Москва
E-mail: tatianaprokofieva@yandex.ru

Согласно ранее предложенной системе введения специфических почв городских экосистем в Классификацию почв России, на территории г. Москвы формируется значительное разнообразие почв.

В результате многолетних исследований почв г. Москвы выявлены основные генетические группы почв города, это природные почвы, сохранившиеся на особо охраняемых природных территориях; урбо-почвы – природные почвы с антропогенными горизонтами малой мощности <40-50 см; синлитогенные почвы (растут вверх за счет накопления городского педоседимента, мощность которого >40 см) – урбостратоземы и стратоземы; постлитогенные молодые или слаборазвитые почвы на техногенных грунтах с диагностическими гумусово- или органо-аккумулятивными горизонтами; запечатанные почвы и грунты; рекультивированные почвоподобные тела (техноземы), недавно сконструированные на местах строительных и земляных работ.

Свойства антропогенных диагностических горизонтов и слоев городских почв отражают особенности как городской экологической геохимии, так и основных трендов педогенеза:

- основной диагностический горизонт «урбик» имеет синлитогенную природу; периодические наслоения слоев техногенного грунта также поддерживают синлитогенный тренд почвообразования;

- формирующиеся на городских строительных грунтах и в условиях существенной аэральной пылевой нагрузки городские почвы Москвы карбонатные или, по крайней мере, имеют высокую степень насыщенности основаниями;

- в силу молодости городских почв основными процессами в городской среде являются процессы трансформации органических остатков и накопления гумуса, который имеет более гуматный характер, что в целом соответствует высокой насыщенности основаниями городских почв и более высокому климатическому потенциалу внутри городского теплового острова (по сравнению с окрестностями);

- тенденции к окультуриванию городских почв и большое количество загрязнителей разной природы обуславливают накопление С, Р, К, Na, S, тяжелых металлов и некоторых других элементов в городских почвах разного генезиса.

Экотонные эффекты при переходе от территорий парков к городской застройке и при переходе от исторических территорий к новозастроенным увеличивают разнообразие почвенных профилей, которые состоят как из антропогенных, так и из природных горизонтов. Различные слаборазвитые, дерновые почвы и техноземы, а также слабо трансформированные природные почвы представляют ранние стадии специфического городского почвообразования. Урбостратозем является архетипической почвой для экосистем поселений и главным результатом эволюции, устойчивым в городской среде. Из пяти выделенных частных эволюционных рядов почвообразования в г. Москве четыре имеют своим конечным результатом урбостратозем. Влияние природного почвенно-породного фона на свойства почв

уменьшается в эволюционных рядах городского почвообразования, но не утрачивается, так как сохраняются общий автоморфный или гидроморфный характер почвообразования и природная минеральная матрица. Городские почвы внутри ландшафтно-геоморфологических районов имеют схожую минеральную (почвенно-породную) основу.

Единство минеральной основы в пределах геолого-геоморфологических районов, единство направления в трансформации геохимии городского ландшафта и единство биоклиматических условий на территории отдельного города позволяет нам говорить о генетической связи между почвами города и единых генетически обусловленных закономерностях эволюции городских почв.

УДК 631.4

ПАРАДОКСЫ ТЕОРИИ И ПРАКТИКИ КЛАССИФИКАЦИИ ПОЧВ

Рожков В.А.

Почвенный институт им. В.В. Докучаева, Москва

E-mail: rva39@mail.ru

Существующие классификации почв отражают опыт, знания и пристрастия ограниченных коллективов авторов. Однако известно, что даже «всеобъемлющий опыт и гениальность на практике заменяются традицией и шаблоном», а «в науке, как в политике или экономике, большую опасность представляют идеи, пережившие эпоху своей полезности». Предотвратить такую опасность возможно с использованием новых методологических подходов, достижений других, и не только смежных, дисциплин, в которых уже могут существовать приемы решения задач, применимых в нашей науке.

Отсутствие общепринятых классификаций почв в стране и в Миров, очевидно, связано с целым рядом следующих основных парадоксальных причин.

Парадокс № 1. Во всех учебниках Почвоведения к классификациям предъявляются сразу два или даже больше, иногда противоречивых возможностей отражения: генезиса, плодородия, перспектив эволюции, экономических показателей и пр. В одну классификацию это вложить нельзя. Не учитывается двойственность понятия классификации (таксономия–мерономия), определяющая методы их построения, анализа и использования.

Парадокс № 2. Все существующие почвенные классификации от Н.М. Сибирцева (1898) до нашей «новой» Классификации почв России (2008), также Soil Taxonomy (Ключи к таксономии почв, 1997) и WRB представляют собой скорее произвольные схемы, списки почв по

природным зонам, сериям, комбинациям факторов и/или почвенных признаков. Для накопленного опыта численной классификации почв это только исходный материал для построения классификации. Методы многомерной статистики и кластер-анализа позволяют решить эти задачи, т.е. формализовать все этапы их построения.

Парадокс № 3: Индексы генетических горизонтов считаются выразителями генетической сущности классификации, однако их явно недостаточно для такой роли, т.к. они в такой же степени, как и почвы, обладают изомерией своих признаков. Горизонт А1 есть во всех почвах по определению, но он далеко не повторим по свойствам даже у одного типа почвы. Это касается и других горизонтов. Преимущество процессных кодов над профильными отмечалось в работе И.П. Герасимова (1976).

Парадокс № 4: Используется выражение «качество классификации», но при этом не приводятся четких количественных критериев качества построенных классификаций между собой, хотя такие критерии разработаны в науке и широко используются в технике, в том числе и в почвоведении.

Парадокс 5: Корреляция классификаций почв по существу проводится по названиям почв и отдельным, не составляющим систему признакам, хотя в статистике известны методы сравнения таблиц и классификаций.

Парадокс № 6: На низком уровне формализация всех этапов решений, отсутствие количественных показателей информативности признаков, критериев качества разделения таксонов и способов распознавания новых почв при наличии большого количества публикаций по теории и приложениям методов численной классификации в технике, информатике, биологии в том числе и в почвоведении в монографиях и многочисленных статьях и на учебных курсах, однако внедрение математических методов идет очень медленно.

Таким образом в создании почвенных не используются необходимые положения научной концепции классификаций: показателей сходства-различий почв, оценок информативности признаков, критериев качества и сравнения классификаций, формальных правил распознавания новых почв и др. Поэтому упоминаемые списки почв следует рассматривать как исходный материал для создания настоящих классификаций. Такие списки совершенно необходимы для представления о реальном разнообразии почвенных профилей и учета мнений разных ученых и практиков, определения почвенных признаков для последующего формирования требуемых атрибутов формализованных классификаций. Пакет прикладных программ анализа данных и создания цифровых классификаций почв входит в специальные сайты Почвенного института.

УДК 631.48

ПОЧВЕННЫЙ ПОКРОВ РЕЛИКТОВЫХ ПЯТЕН МЕДАЛЬОНОВ СТЕПНОЙ ЗОНЫ: ГЕНЕЗИС, МОРФОЛОГИЯ, ПРОБЛЕМА КЛАССИФИКАЦИИ

Рябуха А.Г.¹, Поляков Д.Г.¹, Ковда И.В.²

¹ Институт степи УрО РАН, Оренбург

E-mail: annaryabukha@yandex.ru, electropismo@yandex.ru

² Почвенный институт им. В.В. Докучаева, Москва

E-mail: ikovda@mail.ru

В пределах степной зоны Оренбургской области обнаружены ландшафты с выраженным полигонально-пятнистым микрорельефом. Они отчетливо выделяются за счет задернованных микропонижений, замыкающихся в многоугольники диаметром 5-6 м, и расположены в центре многоугольников (полигонов) пятен выпуклой формы свободных от растительности. Полигонально-пятнистый микрорельеф отмечается в условиях близкого залегания верхнемеловых отложений Подуральского плато и Общего Сырта, представленных мелом, а также на древних корах выветривания Зауральского пенеплена, представленных каолинитовыми и монтмориллонитовыми глинами. Независимо от указанных почвообразующих (подстилающих) пород объекты имеют сходное морфологическое строение. Вскрытая в траншеях почвенная масса имеет неоднородное строение. В пределах микропонижений и микросклонов выделяются клиновидные структуры с языковатой нижней границей, имеющей вид тонких извилистых хвостов или хвостов с бахромчатым окончанием. Они хорошо выделяются на общем фоне за счет более темного цвета и отсутствия криотекстуры на макроуровне. Основной объем занимает турбированная масса с выраженной криотекстурой.

Характерной особенностью микроповышений являются наклонные жилы-интрузии почвообразующей породы, достигающие поверхности и образующие «бугры». Интрузии имеют более массивную криотекстуру по сравнению с вмещающей массой. Интрузии и клиновидные структуры имеют резкие границы с вмещающей толщей. Почвы значительно отличаются по элементам микрорельефа. Почвы по псевдоморфозам полигонально-жильных льдов во многом наследуют их строение и свойства. Они имеют современный светлогумусовый горизонт А_J, постепенно переходящий в плотную слабоструктурную гумусированную массу горизонта. В пределах микроповышений формируются солончаки криометаморфические.

Анализ морфологического строения вскрытой толщи позволил сформулировать палеокриогенную гипотезу происхождения данных ландшафтов и почв. Наличие микропонижений с клиновидными структурами, характеризующимися четкой боковой и нижней грани-

цей, и контакт с почвообразующей породой в виде затеков позволяет предположить, что почвы клиновидных структур сформировались по псевдоморфозам полигонально-жильных льдов, заполненных затем материалом верхних, более гумусированных горизонтов при вытравивании льда. Микрорповышения и интрузии сформировались путем прорыва сезонно-талого слоя через сезонно-мерзлый на поверхность почвы в процессе пятнообразования, вызванного промерзанием в условиях закрытой системы. В настоящее время микрорельеф сохраняется в основном вследствие наличия дополнительного грунтового увлажнения, обеспечивающего засоление и локальное (дифференцированное) мерзлотное пучение вследствие образования сегрегационного льда. Хорошо выраженные мерзлотные признаки в почвах степной зоны, развитых по псевдоморфам полигонально-жильных льдов и реликтовых пятен медальонов, ставят вопрос их классификационной принадлежности. Ранее полигонально-пятнистые ландшафты степной зоны рассматривались как результат современных криогенных процессов или набухания-усадки грунтов.

Проведенное исследование показало высокую ценность данных объектов, являющихся научной базой исследования палеомерзлоты и плейстоценово-голоценовой эволюции почв.

Работа подготовлена по теме НИР Института степи УрО РАН № ГР АААА-А17-117012610022-5; РФФИ № 20-05-00556А, 18-05-00688А. Участие И.В. Ковда осуществлялось в рамках выполнения темы НИР Почвенного института им. В.В. Докучаева.

УДК 631.415+631.48

ДИАГНОСТИКА ОСОБЕННОСТЕЙ ПОЧВ ОТДЕЛА АЛЬФЕГУМУСОВЫЕ ПО КИСЛОТНОМУ СЛЕДУ (ХРЕБЕТ БАСЕГИ)

Сайранова П.Ш.

Пермский государственный аграрно-технологический университет
им. акад. Д.Н. Прянишникова, Пермь
E-mail: s7p51996@yandex.ru

В мировом почвоведении возрастает интерес к географии, генезису и классификации почв, что требует обновления знаний о почвах и почвенном покрове многих регионов, и в том числе малоизученных в почвенном отношении. Почвы тундровой зоны представляют интерес с точки зрения их уникальности. Площадь горной тундры в границах Пермского края занимает более 200 тыс. га и не изучена. С появлением нового метода интерпретации кислотных свойств (кислотный след в поле кислотности) стало актуальным изучение с новых

позиций кислотности в альфегумусовых почвах. Для любой почвы может быть построена индивидуальная двухмерная горизонтграмма (V-диаграммы), совокупно описывающая изменение pH солевой и водной вытяжек и степени насыщенности основаниями (Vгк) в поле кислотности по горизонтам профиля.

Цель исследований – изучить кислотный след в поле кислотности почв отдела альфегумусовые. Исследования проводили на Среднем Урале в Государственном заповеднике «Басеги», где расположен хребет Басеги. Использовали классификацию почв России. В условиях хребта на горе Северный Басег в горной тундре на восточном склоне обнаружены почвы отдела альфегумусовые на высоте 800-942 м над ур.м. с различными генетическими признаками, которые обуславливают подтиповую принадлежность почв: грубогумусированность (ao), оглеение (g). Изучаемые профили альфегумусовых почв заложены на высоте больше 900 м (ельник нагорный с участками кустарничковой тундры) – подбур иллювиально-гумусовый (мощность профиля 30 см); 850-900 м (еловое криволесье с можжевельником и вкраплением тундры) – подзол глееватый (мощность 60 см); 800-850 м (еловое криволесье кустарничковое) – дерново-подбур иллювиально-гумусовый на серогумусовой почве (63 см).

Значения Vгк в почвах очень низкие, что создает условия для образования кислого грубого гумуса. Кислотность почв (pH водной и солевой вытяжек) отдела альфегумусовые варьирует в диапазоне сильнокислых значений (менее 3.5 ед.), а степень насыщенности основаниями не превышает 30%. Соответственно, горизонтграммы почв расположены в левой верхней части поля кислотности, что может быть особенностью данных почв. Кроме того, стоит отметить, что в подбурях кривые в поле кислотности более-менее спрямленные, особенно в подбуре на высоте 942 м. Извилистый характер верхней и нижней ветвей горизонтграмм в подзоле глееватом и дерново-подбуре иллювиально-гумусовом на серогумусовой почве (высота ниже 900 м) может указывать на сложный профиль, формирующийся на крутых склонах, и на разновозрастность горизонтов профиля. Кривые pH водной и солевой вытяжек почти параллельны в поле кислотности почв и более всего в подзоле глееватом, т.е. pH солевой и водной вытяжек изменяются синхронно. Только в подбуре иллювиально-гумусовом на серогумусовой почве в нижнем горизонте направления кривых изменяются в сторону снижения pH и повышения насыщенности основаниями. Это указывает на кислотно-основной барьер, на границу раздела современной и погребенной почвы, а также на изменение экологических условий при формировании почвы.

Таким образом, кислотный след можно использовать для диагностики почв и выявления их особенностей при формировании.

V-диаграммы кислотных свойств почв отражают индивидуальные особенности почв.
УДК 631.445.9

ТИПОВЫЕ ОСОБЕННОСТИ МАЛОМОЩНЫХ ПОЧВ НА СРЕДНЕМ УРАЛЕ

Самофалова И.А.

Пермский государственный аграрно-технологический университет, Пермь
E-mail: samofalovairaida@mail.ru

В классификации почв России выделяют разряды по мелкоземистой толще: слаборазвитые 30-50 см, среднеразвитые 50-80 см, глубокоразвитые 80-120 см, мощные >120 см. Почвы с мощностью мелкоземистой толщи менее 30 см относят к отделу литоземов, а со слаборазвитым органомогенным или гумусовым горизонтом на плотной породе мощностью 5 см – к отделу слаборазвитых почв. Таким образом, к маломощным можно отнести почвы с профилем менее 80 см. Известно, что одной из особенностей горных почв является небольшая мощность профиля.

Цель исследования – изучить типовые особенности маломощных почв на Среднем Урале. Почвенные разрезы заложены (52 шт.) с высоты 940 до 345 м в пределах хребта Басеги (Государственный заповедник «Басеги»). Диагностика почв проведена по субстантивно-профильной классификации почв России. При морфологическом описании профилей почв диагностированы горизонты различного происхождения (W, O, AY, AO, BHF, E, G) и определены почвы отделов: литоземы, органо-аккумулятивные, слаборазвитые, альфегумусовые, глееземы.

Установлена некоторая приуроченность типов почв к высотно-растительным условиям. Так, литоземы с грубогумусовыми, перегнойными и сухо-торфяными горизонтами формируются в горной тундре (>850 м над ур.м), а с гумусовыми горизонтами (AY) – в горно-лесном поясе и в подгольцовом поясе вблизи курумников на крутых участках склонов. Органо-аккумулятивные почвы с хорошо выраженным гумусовым профилем образуются в основном под травянистыми растительными сообществами на высоте 650-750 м над ур.м., что соответствует подгольцовому поясу. Фрагментарно можно обнаружить органо-аккумулятивные почвы с грубогумусированным поверхностным горизонтом в горной тундре, где мощность мелкоземистой толщи превышает 30 см. Почвы отдела альфегумусовые имеют хорошо дифференцированный профиль и представлены разными типами подбуров (диагностический горизонт BHF) и подзолов (диагностический горизонт E, BHF). Подбуры приурочены к высотам 800-940 м над

ур.м. (горная тундра), подзолы формируются в основном в криволесье (740-850 м над ур.м.) и в переходной зоне между криволесьем и горной тундрой. Мощность профилей варьирует в пределах 20-40 см.

Грубогумусированные глеевые почвы формируются в переходных экотонах: горная тайга-парковый лес и луговые поляны-горная тундра на слабонаклоненных поверхностях, где собираются поверхностный и внутрпочвенный стоки воды с верхних крутых склонов.

Почвы с гумусово-слаборазвитым или торфянисто-подстилочным горизонтом (петроземы) чаще встречаются в тундре и между гольцами, а также в горной тайге на обломках пород.

Анализ морфологии и строения профиля почв показал, что диагностические горизонты имеют различную мощность. Информационно-логический анализ между мощностью профиля и типом почв показал тесную связь с высокой общей информативностью ($T = 1.26$) и высоким коэффициентом передачи каналов связи ($K = 0.63$). Установлена наиболее специфичная мощность профиля для литоземов – менее 20 см. Для органо-аккумулятивных почв характерно формирование профиля мощностью 35-50 см. Подбуры формируются мощностью 41-50 см. Подзолы, формирующиеся на крутых склонах, имеют мощность 20-30 см. Более развитым профилем характеризуются глеевые почвы – 50-70 см, что является их специфичным состоянием.

Итак, к маломощным почвам Среднего Урала кроме литоземов и петроземов можно отнести органо-аккумулятивные, альфегумусовые, глеевые почвы. Степень развития мощности профиля почв зависит от проявления профилеобразующих процессов в высотных климатогенных условий и может быть диагностическим показателем.

УДК 631.46

ЦИФРОВОЕ КРУПНОМАСШТАБНОЕ ПОЧВЕННОЕ КАРТОГРАФИРОВАНИЕ В МЕТОДОЛОГИИ СТРУКТУРЫ ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА (НА ПРИМЕРЕ ПАШНИ ПРОХОРОВСКОГО РАЙОНА БЕЛГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ)

Смирнова М.А.^{1,2}, Жидкин А.П.^{1,2}, Лозбенев Н.И.^{1,2}, Заздравных Е.А.³

¹ Почвенный институт им. В.В. Докучаева, Москва

E-mail: summerija@yandex.ru

² Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Москва

E-mail: gidkin@mail.ru

³ Центр агрохимической службы «Белгородский», Белгород

E-mail: genn-86@yandex.ru

Работа направлена на разработку подходов и крупномасштабное картографирование особенностей структуры почвенного покрова с выделением эрозийных и водно-миграционных почвенных комбинаций

(ПК), указанием их компонентного состава и долевого участия почв для каждой ячейки сетки размером 20×20 м пашни Прохоровского района Белгородской области (70 000 га). Исходными данными для построения карты ПК являлись описания почв в 639 точках, цифровая модель рельефа с разрешением 20×20 м, традиционная почвенная карта пашни Прохоровского района М 1 : 25 000. Создание карты ПК проводилось на основе использования двух независимых цифровых моделей, одна из которых была направлена на картографирование ПК родов почв (модель почвенно-ландшафтных связей), вторая – ПК разной степени эродированности почв (на основе модели WaTEM/SEDEM). Последняя модель была использована для определения локализации эрозионных структур почвенного покрова. Входными параметрами модели являлись эрозионный потенциал дождевых осадков, показатель противозэрозионной устойчивости почв, фактор длины и крутизны склона, эрозионный индекс возделываемых культур в среднемноголетнем севообороте и рельеф. На основании сопоставления расчетных темпов смыва по WaTEM/SEDEM и степени эродированности почв в точках опробования была построена карта ПК разной степени смытости почв. В пределах Прохоровского района ПК с высокой долей средне- и сильноэродированных почв (более 50% от площади ареала) формируются на участках пахотных склонов с повышенной крутизной и занимают 12 000 га.

Модель почвенно-ландшафтных связей была получена методом линейного дискриминантного анализа с пошаговым отбором. В качестве факторов, обуславливающих пространственную дифференциацию родов почв, были выявлены значение перераспределенного слоя осадков (рассчитаны по модели SIMWE), превышение над базисом эрозии, крутизна склонов, превышение в окрестности 4000 м. Высокая степень детерминации положения почв от величины значений перераспределенного слоя осадков свидетельствует о высокой роли водно-миграционных процессов в формировании пространственной структуры почвенного покрова.

Результатирующая цифровая карта ПК составлена методом наложения контуров с карт долевого участия родов почв и почв разной степени смытости в каждом пикселе.

Преобладающими ПК в районе (около 75% от общей площади) являются пятнистости ЧтЧв и ЧвЧт водно-миграционного генезиса с долей средне- и сильносмытых почв менее 0.1; наименьшие площади приходятся на комбинации ЧокЧтк. Чок и Чтк появляются в составе ПК на участках с высокой долей эродированных почв; при этом Чок формируются исключительно на участках с преобладанием средне- и сильноэродированных почв в компонентном составе комбинаций.

Карта ПК отражает современные представления о характере почвенного покрова лесостепи Среднерусской возвышенности; вдоль склонов последовательно происходит смена ПК: ЧвЧт на ЧтЧв, затем на ЧтЧвЧтк и ЧткЧтЧв, сопровождаемая увеличением доли эродированных почв. Локально встречаются ареалы ЛЧопЧв. В областях распространения засоленных почвообразующих пород по направлению от водоразделов к склонам мы наблюдаем переход от ЧвснЧтсн к ЧтснЧвсн с увеличением доли эродированных почв в составе почвенного покрова. На крутых склонах в ареалах эродированных ЧткЧтЧв локально встречаются ЧокЧтк.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ, проект № 18-35-20011.

УДК 631.4

ФОРМИРОВАНИЕ СТРУКТУРЫ ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА В ТЕХНОГЕННЫХ ЛАНДШАФТАХ (НА ПРИМЕРЕ ГОРЛОВСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ АНТРАЦИТА. НОВОСИБИРСКАЯ ОБЛАСТЬ)

Соколова Н.А.

Институт почвоведения и агрохимии СО РАН, Новосибирск
E-mail: nsokolova@issa-siberia.ru

В настоящее время на территории Новосибирской области группой компаний «Сибирский антрацит» ведется открытая добыча угля, объемы которой увеличиваются с каждым годом. Соответственно, возрастают площади, занятые отходами добычи – углевмещающими вскрышными породами. Долгое время эти территории представляют собой техногенные пустыни, поскольку рекультивация таких объектов ограничивается выравниванием поверхности. Карьерно-отвальные комплексы оставлены под самозаращение, поэтому на их поверхности формируются регенерационные фитоценозы, последовательно проходящие стадии эволюции от пионерных до замкнутых сообществ.

При этом особенности формирования рельефа техногенных ландшафтов оказывают свое влияние на протекание процессов гипергенеза. На участках отсыпки, где проводится планировка (выравнивание) поверхности, вследствие действия тяжелой техники происходит переуплотнение верхнего слоя пород. Следовательно, склоновые процессы на таких участках отсутствуют, а основными процессами преобразования субстрата являются постепенное разуплотнение в силу разрушения каменистых пород и вертикальный перенос тонких частиц в нижележащие слои. При этом сохраняется

мозаичность, связанная с хаотичностью чередования в пространстве вскрышных пород (аргиллитов, алевролитов, песчаников), продукты выветривания которых отличаются по своим свойствам. На таких участках растительные группировки развиваются в соответствии со стадиями первичной сукцессии от пионерных рудеральных до сложных и замкнутых сообществ. Первыми заселяются местообитания с наиболее пригодными для высшей растительности эдафическими условиями, поэтому мозаичность присуща не только растительности, но и почвенному покрову спланированных площадок. Здесь формируются мозаики с различным соотношением инициальных, органо-аккумулятивных и дерновых эмбриоземов.

На участках отсыпки плотных пород, где выравнивание поверхности не производится, преобладают склоновые процессы переноса и перераспределения тонких частиц в локальные понижения микро-рельефа. Кроме того, отсутствие переуплотнения и накопление мелкозема в локальных понижениях способствуют поселению древесной растительности и накоплению здесь подстилки. В связи с этим формируются сочетания мозаики-мозаики молодых почв, отличающихся не только по физическим свойствам (грансостав, плотность), но и по наличию органогенного горизонта: инициальных и органо-аккумулятивных эмбриоземов.

На участках отсыпки глинистыми мел-палеогеновыми породами выравнивание поверхности не производится, однако рыхлые субстраты нивелируются под воздействием поверхностных вод и ветра. Уже в первый год после окончания отсыпки здесь поселяется травянистая растительность. Стадии сукцессии быстрее сменяют друг друга по сравнению с участками отсыпки плотных пород, и к 15-летнему возрасту складывается замкнутый бобово-злаковый фитоценоз, под которым развиваются дерновые эмбриоземы. Однако дальнейшая эволюция молодых почв в гумусово-аккумулятивные тормозится минеральными особенностями субстрата, в котором преобладает каолинит.

Таким образом, на формирование структуры почвенного покрова в техногенных ландшафтах влияют несколько факторов. Направленность процессов гипергенеза определяется способом формирования неорельефа, а скорость преобразования субстрата – особенностями пород, идущих в отвалы.

УДК 631.4

ОЦЕНКА И ПРОГНОЗ АНТРОПОГЕННЫХ ИЗМЕНЕНИЙ СТРУКТУРЫ ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА

Сухачева Е.Ю., Апарин Б.Ф.

Центральный музей почвоведения им. В.В. Докучаева, Санкт-Петербург

E-mail: Lenasoil@mail.ru

Трансформацию и развитие почвенного покрова (ПП) в результате антропогенного воздействия можно рассматривать как современный этап его многовековой эволюции. Особенностью современного этапа является почти повсеместное изменение ПП в широком диапазоне: от незначительного изменения компонентного состава и отклонения показателей сложности и контрастности до уничтожения почв и целых фрагментов ПП и создания на их месте принципиально новых форм организации почвенного пространства, не имеющих аналогов в природной среде. Трансформируя почвы, межкомпонентные связи и естественные факторы дифференциации ПП, человек либо меняет параметры структуры почвенного покрова (СПП) при сохранении тренда развития, либо открывает новую ветвь эволюции СПП. Большое число техногенных видов воздействия обуславливает многовариантность форм трансформации СПП. Принимая во внимание масштабы и темпы антропогенного воздействия, проблема оценки изменений СПП приобретает на современном этапе особое значение. Без ее решения невозможно обеспечить достоверный прогноз изменения экосистемных функций ПП.

На территории Ленинградской области – крупного агропромышленного региона – было выделено 12 групп антропогенно измененных СПП и четыре группы антропогенных СПП. Характер и степень преобразования СПП определяются видами хозяйственной деятельности, при которых только в отдельных случаях учитываются сложившиеся межкомпонентные связи и структуроформирующие процессы.

Для антропогенных изменений характерен быстрый скачкообразный переход СПП из равновесного климаксного состояния, в котором они находились длительное время, в несбалансированное, часто крайне неустойчивое. В результате СПП как целостно функционирующая система после «мгновенного» (в масштабах многовековой эволюции) изменения оказывается в диссонансе с факторами, под воздействием которых она сформировалась. Деятельность человека в регионе прямо или косвенно затронула не только почвы, но и сложившиеся в течение сотен и тысяч лет межкомпонентные генетические связи, определяющие сущность СПП. При ослаблении или усилении связей между компонентами в той или иной степени изменяются параметри-

ческие характеристики СПП (форма, границы, контрастность, состав, сложность). Разрыв связей приводит к полной внутриландшафтной перестройке СПП. СПП перестает функционировать как система, разбиваясь на отдельные ареалы почв или несвязанные между собой почвенные комбинации. Это является причиной нарушения целостности и устойчивого функционирования геосистем, поскольку в СПП замыкаются звенья биологического круговорота веществ и формируются геохимические потоки.

Антропогенно измененные СПП неравномерно распределены в пространстве. Некоторые типы встречаются во всех ландшафтах области, другие строго приурочены к определенным природным условиям. Магистральные типы СПП пересекают все ландшафты, противопожарно-лесные достаточно жестко «привязаны» к сухим сосновым лесам на вершинах и склонах камов, озовых гряд и побережью Финского залива. Основные площади агромелиоративных СПП находятся на моренных и озерно-ледниковых равнинах, а агроурбанизированные СПП расположены вокруг городов, не имея при этом какой-либо ландшафтной привязки.

В результате распашки в области более чем на треть сократилась площадь подбуров, подзолов и дерново-подзолистых почв. При проведении осушительной мелиорации на сельскохозяйственных угодьях и в лесных массивах в десятки раз уменьшилась площадь подзолов глеевых и дерново (торфяно)-подзолистых глеевых почв. На площади более 1500 км² торфяные почвы верховых болот преобразованы при торфоразработках и их последующей рекультивации. Кардинальные изменения в СПП произошли на территории населенных пунктов, садоводств, карьеров и вдоль авто- и железнодорожных магистралей. Для таких территорий характерна дискретность СПП, а в его компонентном составе преобладают антропогенные или значительно преобразованные деятельностью человека почвы, большую площадь занимают непочвенные образования.

При сохранении трендов и темпов антропогенного воздействия будет увеличиваться дискретность СПП и площадь антропогенно трансформированных, антропогенных почв и непочвенных образований. Это приведет к существенному изменению экологических функций СПП и уменьшению доли биологически эффективно функционирующей поверхности.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 19-04-01184-А.

УДК 631.4

ТОПОГРАФИЧЕСКИЙ РЯД ПОЧВ ДОЛИН МАЛЫХ РЕК КАЛИНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ

Уманский А.С.

Калининградский государственный технический университет, Калининград
E-mail: anton.umanskiy@kgtu.ru

Бассейны малых рек Калининградской области испытывают интенсивное антропогенное воздействие, связанное как с сельским хозяйством, так и со строительством и рекреационным использованием. Наиболее остро нагрузка на речные бассейны проявляется в западной части региона, где отмечается наибольшая плотность населения. Объектом исследования является бассейн р. Гурьевки, правого притока р. Преголи, в границах которого в течение последних 15 лет наблюдается увеличение площади населенных пунктов.

Полевые исследования проводились в 2016-2019 гг. на восьми ключевых участках, пять из которых – «Прибрежное», «Верхнегурьевский пруд», «Новый-1», «Гурьевск-1», «Новый-2» – были заложены в долине реки. Участки «Новый-1» и «Верхнегурьевский пруд» охватывают верхнюю надпойменную террасу, участок «Прибрежное» – пойму р. Гурьевки. Участки же «Гурьевск-1» и «Новый-2» представляют собой полигоны-трансекты, позволяющие изучить топографический ряд почв от элювиальных до трансаквальных фаций ландшафта. Данные участки различаются характером растительности: участки «Гурьевск-1» и «Новый-1» заложены под лесными фитоценозами с преобладанием граба обыкновенного, клена остролистного, вяза шершавого, липы обыкновенной, дуба черешчатого, а участки «Верхнегурьевский пруд» и «Новый-2» представляют собой луговые злаково-разнотравные и разнотравно-злаковые сообщества (доминанты — золотарник канадский, ежа сборная, вейник наземный, пижма обыкновенная).

Автономные позиции рельефа на исследованной территории представлены преимущественно бурыми лесными глееватыми почвами среднесуглинистого (реже легкосуглинистого) гранулометрического состава, сформировавшихся на моренных суглинках. Глубина залегания глеевых пятен колеблется от 30-37 (горизонт B2g) до 68-78 см (горизонт Cg). Реакция среды гумусовых горизонтов почв ключевых участков, заложенных под широколиственными фитоценозами, слабокислая (рН = 5.12-5.42), однако в нижних горизонтах отмечается нейтральная и слабощелочная реакция среды, связанная с присутствием в почвообразующих породах карбонатов. На трансэлювиальных элементах рельефа отмечены как бурые лесные

легко- и среднесуглинистые почвы на моренных суглинках, так и дерново-подзолистая иллювиально-железистая глееватая супесчаная почва на двучленных отложениях (обнаружена на ключевом участке «Новый-2» под разнотравно-злаковым лугом с преобладанием ежи сборной, лисохвоста и полныи обыкновенной), причем для бурых лесных почв отмечена пестрота химических свойств – в пределах одной катены под широколиственным лесом встречались как карбонатные, так и бескарбонатные суглинки со слабокислой реакцией среды ($\text{pH} = 5.04\text{-}5.37$). В бурых лесных почвах залежей отмечается повышенная плотность сложения ($1.32\text{-}1.41 \text{ г/см}^3$).

К трансаккумулятивным фациям нижних третей склонов приурочены бурые лесные глееватые легко- и среднесуглинистые почвы, сменяющиеся дерново-грунтово-глеевыми среднесуглинистыми. Реакция среды в бурых лесных почвах трансаккумулятивных фаций различна – могут встречаться почвы с близкой к нейтральной и даже нейтральной реакцией среды (по всей видимости обусловленной как пестротой почвообразующих пород, связанной с наличием или отсутствием в них карбонатов, так и с накоплением карбонатов, выносимых из геохимически сопряженных почв) и среднекислой ($\text{pH} = 4.90$). Дерново-глеевые почвы имеют в верхних горизонтах слабокислую реакцию среды ($\text{pH} = 5.20\text{-}5.27$), в глеевых горизонтах – среднекислую ($\text{pH} = 4.52$).

Почвы поймы р. Гурьевки изучены недостаточно, однако имеющиеся данные позволяют судить о наличии в почвенном покрове дерново-глеевых (на кратковременно затопливаемых участках) и иллювиально-болотных почв, имеющих кислую реакцию среды.

Таким образом, топографический ряд почв долины р. Гурьевки имеет следующий вид: бурые лесные глееватые–(дерново-подзолистые иллювиально-железистые)–бурые лесные глееватые–дерново-глеевые–аллювиальные болотные.

УДК 631.4

БАЗИС ЭРОЗИИ – БАЗИС ДИАГНОСТИКИ И ОЦЕНКИ ГЕНЕТИЧЕСКИХ ОСОБЕННОСТЕЙ СТРУКТУРЫ ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА

Устинов М.Т.

Институт почвоведения и агрохимии СО РАН, Новосибирск

E-mail: m.ustinov@ngs.ru

Диагностика и оценка генетических особенностей структуры почвенного покрова, являющейся геосистемой наивысшего уровня сложности, требует наличие ландшафтных критериев. Таким интегральным критерием является базис эрозии – высотная отметка,

определяющая нижний предел врезания русла реки или озера (урез воды). Абсолютный базис эрозии – уровень океана. Местный базис эрозии (региональный, локальный) есть промежуточный уровень, длительно сохраняющий гипсометрическую высоту и определяющий глубину эрозии.

Еще в 1883 г. в своем выдающемся научном труде «Русский чернозем» В.В. Докучаев отметил связь почв с рельефом и абсолютной высотой местности. Базис эрозии закономерно участвует в модели развития ландшафта во времени, в циклах эрозии – эволюции рельефа, сопряженного с развитием почвенного покрова, в понятии «катена». Учет положения базиса эрозии относительно водораздельной линии водосборного бассейна позволяет оценить естественную дренированность территории через степень вертикальной расчлененности рельефа; обусловить глубину залегания уровня грунтовых вод и выявить тип природно-мелиоративных режимов (гидроморфный, полугидроморфный, полуавтоморфный, автоморфный); прогнозировать возможные сценарии (экологический риск) антропогенной деятельности на территории геосистем (эродированность земель, вероятность подъема уровня грунтовых вод, подтопление, возможность проявления вторичного засоления и заболачивания, сложность мелиоративного освоения и корректировки плодородия земель).

Рассмотренный метод диагностики и оценки генетических особенностей структуры почвенного покрова с помощью базиса эрозии наиболее эффективен при однородном составе пород зоны аэрации, а также перспективен при отсутствии детальных исследований (гидрологических, инженерно-геологических, почвенно-мелиоративных, ландшафтно-экологических) для конкретных территорий. При сложной стратиграфо-литологической структуре зоны аэрации необходимо использовать метод трансект-катен. Также надо учитывать, что природным зонам характерны свои базисы эрозии: Барабинская равнина – до 10 м, Причановская равнина – до 20 м, Приобская возвышенная равнина – до 150 м. Ранжирование (дифференцирование) относительной высоты базиса эрозии в катене водосборного бассейна определяет местоположение почв в ландшафте, позволяющее выявить эволюционные особенности структуры почвенного покрова.

УДК 631.4

ГЕОГРАФИЧЕСКОЕ РАСПРОСТРАНЕНИЕ ВЕРТИСОЛЕЙ И ВЕРТИКОВЫХ ПОЧВ В РОССИИ

Хитров Н.Б., Калинина Н.В., Рухович Д.И.
Почвенный институт им. В.В. Докучаева, Москва
E-mail: khitrovn@gmail.com

Глинистые набухающие почвы, имеющие признаки слито(верти)-генеза, встречаются на европейской части России в лесостепной, степной, сухостепной и полупустынной зонах, являясь одним из характерных компонентов почвенного покрова. По классификации почв России эти почвы относятся к типам темных слитых, темных слитых квазиглеевых и их агротипам, подтипам слитизированных и родам глубокослитизированных разных типов почв: черноземов, каштановых, солонцов, солодей, гумусово-квазиглеевых и др. По международной классификации почв WRB-2014 это почвы реферативной почвенной группы (ППГ) Vertisols и реферативные почвенные единицы с квалификаторами Vertic, Protovertic, Bathyvertic в разных ППГ: Chernozems, Phaeozems, Kastanozems, Solonetz, Stagnosols и др. Эти почвы встречаются как мелкими ареалами, суммарная доля которых в почвенных комбинациях варьирует от 0.5 до 5-10%, до крупных ареалов, составляющих фоновый почвенный покров целых административных районов. Географическое распространение указанных почв обсуждается на основе составленной электронной карты на платформе Q-GIS с четырьмя тематическими слоями, включающей 255 контуров. Впервые получены оценки площади распространения почв с признаками слито(верти)генеза в профиле и отдельно слитоземов (Vertisols), слитизированных (Vertic) и глубокослитизированных (Bathyvertic) почв как в целом на европейской части России, так и по основным физико-географическим регионам отдельно.

По характеру участия глинистых набухающих почв в почвенном покрове и размеру их ареалов нами выделено три группы регионов: 1) вертисоли и вертиковые почвы создают фоновый почвенный покров – общая доля почв с признаками слито(верти)генеза >50% от площади контура; 2) в фоновый почвенный покров мозаично вкраплены крупные (100-800 га) ареалы глинистых набухающих почв – общая доля от 10 до 50%; 3) среди фоновых суглинистых почв встречаются мелкие (<10 га) ареалы глинистых набухающих почв – общая доля <10%. Почвенные комбинации с участием глинистых набухающих почв представлены пятнистостями, сочетаниями, комплексами, мозаиками в зависимости от доли участия этих почв и особенностей сочетания факторов почвообразования в конкретном ландшафте.

Особо обсуждается география, оценка площади ареалов почв с микрорельефом гильгай. Возникновение деформации поверхности почвы в результате циклов набухания-усадки и боковых сдвиговых смещений блоков почвы относительно друг друга при увлажнении-высыхании почв сопровождается дифференциацией почвенного покрова. В зависимости от сочетания условий почвообразования выделено 12 вариантов гильгайных почвенных комбинаций.

Еще один аспект – география солонцов слитизированных в России – почв, сочетающих в одном профиле столбчатый солонцовый горизонт в верхней части и вертикальный горизонт с поверхностями скольжениями и клиновидной структурой в средней или нижней части.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ, проекты № 06-04-08323, 08-04-01195, 11-04-00710, 13-04-10174, 14-04-01694, 17-04-00555.

УДК 631.46

ПОЧВЕННОЕ РАЗНООБРАЗИЕ ЮЖНЫХ ОСТРОВОВ КУРИЛЬСКОЙ ГРЯДЫ

Хохлов С.Ф.

Почвенный институт им. В. В. Докучаева, Москва

E-mail: khohlov2000@mail.ru

Два крупных острова Уруп и Итуруп находятся в южной части Курильской гряды. Итуруп является самым крупным островом Курильской гряды, его площадь составляет 3174.7 км², о-ва Уруп – 1427.6 км².

Климат островов можно охарактеризовать как влажный океанический с существенным различием микроклимата в охотоморской и тихоокеанской частях. На охотоморском побережье острова меньше туманов, поэтому количество ясных и теплых дней в году выше, чем на тихоокеанском побережье. В целом лето на островах влажное и прохладное. Сумма активных температур на о-ве Уруп, который расположен севернее, составляет 700 °С, а на о-ве Итуруп — 1350 °С. Зимы на островах значительно мягче, чем на континенте, и характеризуются частыми снегопадами и оттепелями.

Средняя многолетняя годовая температура на о-ве Уруп +2.2 °С, а на о-ве Итуруп составляет +4.9 °С.

Растительность о-ва Уруп представлена обычными видами – береза, ольха кустарниковая, заросли бамбучника и кедрового стланика. При этом флора северной и южной оконечностей острова существенно отличается. При движении с севера на юг тундровая растительность

активно вытесняется умеренной. Высокая крапива, зонтичные растения и бамбучник местами образуют труднопроходимые густые заросли.

Большая часть территории о-ва Итуруп покрыта хвойными лесами из ели и пихты, в центральной части произрастает лиственница. На юге острова встречаются широколиственные породы, а также несколько видов деревянистых лиан. Развиты заросли бамбучника, из-за которых леса и склоны гор зачастую непроходимы. На севере острова, который отличается более суровым климатом, произрастают кедровый стланик, ольха кустарниковая, различные виды кустарниковых ив и берез.

Почвообразующей породой являются пирокластические отложения разного гранулометрического состава и физико-химических свойств.

Для большинства почв характерна слоистость и полигенетичность профилей, состоящих из двух и более элементарных профилей, в каждом из которых выделяются органогенный горизонт и слои слабо трансформированных вулканических пеплов. Часто погребенные почвы или органогенные горизонты разграничены прослоями пирокластических отложений. Профили, которые состоят из чередующихся почвенных и пепловых горизонтов, называются почвенно-пирокластическим чехлом (ППЧ).

Пространственное изменение ППЧ закономерно прослеживается от конуса вулкана к его периферии. Чем дальше от кратера вулкана, тем тоньше фракция пирокластического материала и менее мощные слои отложений в ППЧ.

В зоне влияния определенного вулкана в ППЧ сохраняется запись об эруптивной деятельности в виде пирокластических отложений, на которых в периоды покоя формировались почвы. Почвы формируются в разные стадии активности вулканизма, отличаются строением ППЧ, свойствами вулканических отложений и степенью выветренности.

В целом на южных островах Курильской гряды под древесной, кустарниковой, разнотравной и высокотравной растительностью формируется поверхностный гумусовый горизонт, под тундровой кустарничковой растительностью – грубогумусовый и мелкоторфяный горизонты.

Максимально мощные и сложные профили ППЧ сформированы на ступенчато-аккумулятивных морских равнинах и склонах, а также на аккумулятивно-денудационных равнинах и плато с останцами низкогогорного рельефа. В этих профилях среди прочего определяются два погребенных темногоумусовых горизонта, которые, скорее всего, сформированы в иных климатических условиях. На о-ве Уруп эти погребенные гумусовые горизонты меньшей мощности и запасами гумуса.

Наименее мощные, с простым профилем почвы по типу А–С распространены в пределах вулканических конусов и горных хребтов слившихся вулканов.

В настоящее время диагностика и систематика вулканических почв недостаточно полно разработана и некоторые почвы не нашли отражения в классификации почв России.

УДК 631.44

ПРОБЛЕМЫ КЛАССИФИКАЦИИ ПОЧВ ЦЕНТРАЛЬНОГО ПРЕДКАВКАЗЬЯ В «СТАРОЙ» И «НОВОЙ» РЕДАКЦИЯХ

Цховребов В.С., Новиков А.А., Фаизова В.И., Калугин Д.В., Лысенко В.Я.
Ставропольский государственный аграрный университет, Ставрополь
E-mail: tshovrebov@mail.ru

Классификация почв – одна из самых главных проблем практического и генетического почвоведения. С научной точки зрения таксономия почв дает ответы на многие вопросы, связанные с интерпретацией состава, свойств почв и их географического распространения. С практической стороны невозможно производить мониторинг плодородия не имея ясной, простой и общедоступной классификации, которая была бы понятна не только ученым-почвоведом, но и практикам, особенно занятым в сфере агрономической деятельности. К тому же таксономия почв лежит в основе агропроизводственной группировки и используется при бонитировке почв.

В Ставропольском крае, который часто именуется как Центральное Предкавказье, наибольшее распространение получили черноземы, каштановые почвы, солонцы (черноземные и каштановые) и солончаки. В существующей и утвержденной классификации 1977 г. имеются некоторые недостатки применительно к нашим почвам. Так, например, черноземы обыкновенные, которые занимают наибольший удельный вес (19.8% от площади всех почв) при разделении на роды могут быть солонцеватыми, глубокосолонцеватыми или остаточнo-солонцеватыми. В основе такого деления лежит содержание обменного натрия в почвенно-поглощающем комплексе (ППК). На наш взгляд нецелесообразно использовать данный показатель в классификации слитых почв такого рода. Очень часто солонцевые почвы, разделенные лесополосой и образованные на одной и той же породе, имеют сходные показатели состава и свойств, но получают разные названия. К примеру, почвы, содержащие в иллювиальном горизонте 20.1% обменного натрия от суммы оснований, классифицируются как солонцы. Рядом расположенные почвы в составе

ППК имеют 19.8% изучаемого показателя и классифицируются как черноземы солонцеватые (солонцевато-слитые). Целесообразно было бы объединить эти почвы в тип слитоземы с распределением их по подтиповому и родовому признакам.

Также каштановые почвы имеют довольно спорное разделение на роды, такие как выщелоченные, солонцеватые, промытые. Дело в том, что выщелачивание имеет совершенно разную генетическую основу в черноземах и каштановых почвах. В черноземах это, как правило, результат биологического выветривания и выноса карбонатов за пределы почвенного профиля. В каштановых почвах это часто простое вымывание карбонатов на почвах легкого гранулометрического состава. В случае с солонцеватыми почвами проблема идентична черноземам. Классификация их на промытые вызывает сомнения, так как они имеют тот же генезис, что и выщелоченные.

Но более непонятна и менее совершенна в практическом применении классификация 2004-2008 гг. Здесь вместо пяти почвенных подтипов черноземов появилось множество отделов и подтипов. К черноземным почвам отнесены темно-каштановы почвы. В стволе постлитогенных появились непонятные отделы светлосезмов, метаморфических, агроземов впрочем, как и других почв. Как в понятии горизонтов почв можно объединить текстурный, глеевый и солонцовый с солончаковым? Такая же ситуация с солончаками, которые разбили на собственно солончаки и остальные.

Главный практический вопрос – как соединить обе классификации при работах по обследованию почв сельскохозяйственных предприятий в разные периоды. В условиях региона существовала государственная программа мониторинга почвенного покрова, интерес к которому вновь возвращается. Почвоведы пользовались и пользуются классификацией 1977 г. Возникает вопрос о целесообразности новой таксономии. Утверждается, что она приближена к европейской и мировой классификациям. Почему русская школа почвоведения, имея родоначальником науки В.В. Докучаева, основанная великими нашими почвоведями, должна подражать иностранным школам? Таким образом, нам надо опираться на «старую» классификацию, которую, несомненно, надо постоянно модернизировать.

УДК 631.4

ТРАНСФОРМАЦИЯ ПРИЗНАКОВ АВТОМОРФНЫХ ЧЕРНОЗЕМОВ В АГРОЛЕСОМЕЛИОРАТИВНОМ ЛАНДШАФТЕ

Чендев Ю.Г.¹, Геннадиев А.Н.², Лукин С.В.¹, Соэр Т.Д.³

¹ Белгородский государственный университет, Белгород
E-mail: Chendev@bsu.edu.ru, serg.lukin2010@yandex.ru

² Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Москва
E-mail: alexagenna@mail.ru

³ Национальная лаборатория сельского хозяйства и окружающей среды
департамента сельского хозяйства США, Эймс
E-mail: tom.sauer@usda.gov

На территории Среднерусской возвышенности России и северо-востока Великих равнин США изучены автоморфные черноземы и моллисоли в зонах влияния полезащитных 50-60-летних лесополос из лиственных пород деревьев. Общими для лесостепной зоны Северных материков являются углерододепонирующая функция лесополос и их участие в формировании органического вещества почв. Выявлена линейная зависимость между изменением мощности гумусового профиля почв (сумма гор. А1, А1В, ВА1) под искусственными лесопосадками по сравнению с целинными почвами и гидротермическим коэффициентом исследуемых регионов. Приращение мощности гумусоаккумулятивной части профиля в почвах под лесополосами на каждые 10 см происходит при увеличении величины гидротермического коэффициента Селянинова на 0.15. В пространстве лесостепи центра Восточной Европы от границы со степью это соответствует продвижению в северо-западном направлении на расстояние 50-100 км (в среднем 75). По результатам исследования черноземов под 55-60-летними лесополосами на четырех российских ключевых участках средняя годовая скорость накопления в них запасов углерода органического вещества (слой 0-100 см) находилась в пределах 0.6-1.5 т/га, причем пополнение запасов отмечалось не только в верхних слоях почв, но также до глубины 1 м, что говорит о заметном вкладе отмирающих корней деревьев в гумусоаккумулятивный процесс. За период произрастания лесополос сформировались пространственные различия в свойствах почв под лесополосами и на прилегающих пашнях.

Выявлена общая закономерность усиления гумусоаккумулятивного процесса в осевых частях лесополос, что проявляется в пространственных трендах изменения запасов $C_{орг.}$ почв по направлению от пашен и периферийных участков лесополос к их центральным частям. Более детальное исследование почв на примере дубовой лесополосы в ареале чернозема выщелоченного на территории Белгородской области показало, что в почвах лесополосы по сравнению

с окружающими пространствами до глубины 180-200 см заметно снижена плотность сложения. В почвах под лесополосой протекает процесс текстурной дифференциации профиля по содержанию и запасам ила и мелкой пыли (частиц менее 0.005 мм). Вынос данных фракций наблюдался в слое 0-50 см, а их накопление происходило в слое 50-130 см. За 50 лет произрастания лесополосы коэффициент текстурной дифференциации профиля составил 1.2. против 1.0 на пашнях до посадки лесополосы. Пахотные почвы, прилегающие к лесополосе, содержат меньше карбонатов, чем почвы под лесополосой (в слое 0-200 см вынос карбонатов в почвах пашни в среднем составил 57 т/га, а в слое 0-300 см – 84 т/га). В почвах под лесополосой обнаружена начальная стадия аккумуляции легкорастворимых солей по тенденции накопления в слое 200-400 см натрия и магния в составе солевой вытяжки почв. Влияние изученной лесополосы на свойства почв прилегающих пашен прослеживается на расстоянии до 50-60 м от ее краев. При этом явные отличия по количественным показателям отмечаются для запасов ила в слое 0-20 см почв и неявные (на уровне тенденций) – по пространственным изменениям значений pH и суммы обменных оснований.

Таким образом, биогеоценозы лесополос характеризуются своей структурной организацией и своеобразием развития во времени. Лесополосы оказывают влияние на направленность и интенсивность почвообразовательного процесса как внутри лесонасаждений, так и на участках прилегающих пахотных угодий.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда (проект № 19-17-00056).

УДК 631.472

ПОЧВЫ ЗЕЙСКОГО ЗАПОВЕДНИКА

Шевчук Е.А.

Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург
E-mail: zhekadalong@gmail.com

Современные знания о почвах и внутрипочвенных процессах юга Дальнего Востока России в большинстве своем были получены и систематизированы во второй половине XX в. и касаются наиболее населенной части региона (Приморье и юг Хабаровского края). На основании этой информации зональным процессом в почвах горных и таежных ландшафтов Дальнего Востока было признано буроземообразование. Однако, для труднодоступных территорий, а также территорий, подверженных длительному сезонному промерзанию и формированию многолетней мерзлоты, эти данные разрознены, а

иногда и вовсе отсутствуют, что не позволяет однозначно выделить особенности почвообразовательных процессов для данных территорий.

Исследования проводились в 2019 г. на территории Зейского государственного природного заповедника. Основной целью было изучить морфологические особенности почв гольцовых и таежных ландшафтов восточной части хребта Тукурингра.

Гольцовые ландшафты представлены примитивными почвами типа петроземов и торфяными почвами с подстилкой многолетней мерзлотой, залегающей непосредственно на породе и представляющей минеральную массу творожистой структуры со следами контактного оглеения, сцементированную льдом. При вскрытии мерзлотного слоя практически сразу наблюдается сильная тиксотропность.

В зоне перехода от гольцовой тундры к таежным ландшафтам формируются почвы, где совмещаются признаки двух различных почвенных профилей – торфяно-перегнойной почвы и бурозема. Верхняя часть исследованного профиля представлена торфяным горизонтом мощностью около 15 см, под которым залегают перегнойный горизонт мощностью 35-40 см. Внутри перегнойной части имеются минеральные слои серого цвета. Образование этих слоев связано со склоновым положением исследуемых почв. Под перегнойным горизонтом залегают бурая минеральная толща, характеризующаяся доминированием охристых тонов, сильной каменистостью, хорошей оструктуренностью (ореховато-зернистая структура). На поверхности гравия и камней присутствуют аллохтонные пленки охристого цвета, равномерно покрывающие поверхность. Ниже по профилю начинают доминировать более темно-бурые тона окраски, наблюдается утяжеление гранулометрического состава и снижение степени каменистости, увеличивается влажность минеральной массы, встречаются мерзлотные прослойки мощностью 5-7 см. На основании визуальной диагностики данная бурая толща отнесена к структурно-метаморфическому горизонту с криометаморфическими процессами в нижней части профиля, а сама почва – к специфической форме ранее не описанных в литературе буроземов.

Почвы таежных ландшафтов, сформированные на склонах южной экспозиции, характеризуются наличием хорошего дренажа, сильной каменистостью и отсутствием выраженных мерзлотных и глеевых процессов. В описываемых почвах выделяется гумусово-аккумулятивный горизонт. В средней части профиля наблюдаются процессы метаморфизации минеральной массы (оглинение и бренификация). Данные почвы были диагностированы как буроземы типичные.

На нижних частях северных склонов хребта Тукурингра формирование почв происходит на делювиальных отложениях, в которых четко диагностируются процессы мерзлотного характера (формирование ледяных линз и прожилок). Почвы характеризуются наличием

торфяного горизонта, в некоторых разрезах обнаружены признаки оподзоливания. Минеральная масса сильно камениста, преобладают серые и серо-бурые тона окраски. На контакте мерзлоты с минеральной массой видны следы оглеения. При мезоморфологическом описании на нижней части камней и валунов обнаружены ржаво-бурые аллохтонные пленки гидроксидов железа. По-видимому, их формирование связано с переотложением железа под влиянием процессов промерзания и оттаивания в мерзлотных слоях.

Почвы Зейского заповедника характеризуются большим разнообразием процессов, протекающих в них. Наиболее широко распространенными и малоизученными для данного региона являются процессы криометаморфизации и криопедотурбации минеральной массы. Также диагностированы процессы буроземо- и глееобразования.

УДК 631.4

СТРУКТУРА ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЧАСТИ ОСТРОВА КОЛГУЕВ, БАРЕНЦЕВО МОРЕ

Шматова А.Г.

Институт географии РАН, Москва

E-mail: a.shmatova@yandex.ru

В структуре почвенного покрова тундр большую роль играют комплексы. Однако до сих пор очень слабо изучено место комплексов в составе структур более высокого уровня организации.

В настоящей работе рассмотрен небольшой участок размером 1 км² в центральной части о-ва Колгуев при впадении р. Амбарной в р. Песчанка. В целом этот участок имеет плоский рельеф, с востока и с запада он ограничен долинами рек, которые обеспечивают лучший дренаж бровок. На рассматриваемой территории очень близко залегают слоистые морские отложения, которые могут выходить на поверхность там, где размывы вышележащие субстраты, представленные валунными суглинками и песками предположительно ледникового происхождения.

Была проведена съемка с квадрокоптера изучаемой территории и выполнены почвенные и ботанические описания. На основе этих данных была построена ландшафтная карта, затем почвенная и карта типов микроструктур почвенного покрова ключевого участка. Анализ составленных карт совместно с цифровыми моделями рельефа позволил выяснить основные закономерности строения почвенного покрова на микро- и мезоуровне.

На легких отложениях в автоморфных дренированных позициях формируются подбуры оподзоленные, в разной степени криотурби-

рованные. Если эта форма рельефа достаточно возвышенная, то на наиболее высокой части присутствует ташет псаммоземов оподзоленных и открытых песков, частично обусловленных перевыпасом оленей. Примечательно, что там, где присутствуют подбурь, развита полигональная сеть трещин, более ярко выраженная ниже по рельефу и переходящая в бугорки, а выше она практически отсутствует под псаммоземами. Однако, заложенный в нижней части небольшого песчаного холма разрез через трещину глубиной 20 см показал, что строение почвы в разных позициях меняется незначительно. Таким образом, можно говорить о регулярно-циклическом типе элементарного почвенного ареала. При переходе к более гидроморфным условиям под крупнобугорковатым микрорельефом на супесчаных отложениях формируется комплекс торфяно-глееземов деструктивных (мерзлотных) и глееземов криогенно-ожелезненных. В наиболее увлажненных местах формируются торфяно-глееземы. Иногда тут присутствуют мерзлотные торфяные бугры.

На суглинистых отложениях в автоморфных позициях без дополнительного притока влаги под слабоволнистым микрорельефом формируются глееземы криотурбированные потечно-гумусовые мерзлотные. На пространствах, на которых снежный покров зимой тоньше (так как сдувается в прилежащие ложбины), формируются комплексы вышеуказанных глееземов и почв пятен. По мере увеличения увлажнения микрорельеф становится более бугорковатым, появляются мочажины с деградированным торфяно-подстилочным горизонтом. Еще большее увлажнение, связанное с плоским рельефом, приводит к формированию комплексов плоскобугристых болот с торфяно-глееземами под мочажинами и торфяно-глееземами деструктивными мерзлотными под буграми.

Если же ниже по рельефу ложбина впадает в эрозионный врез и дренируется им, то здесь присутствуют торфяно-глееземы криоэтаморфические. Микрорельеф может быть выровненным, а может быть волнистым, но по нашим данным, строение почвы будет одинаковым, т.е. элементарные почвенные ареалы будут однородными или спорадически-пятнистыми.

Таким образом, были описаны ряды почв на песках и суглинках и в обоих случаях при движении вниз по рельефу идет чередование типов микроструктур почвенного покрова: комплексов/ташетов и элементарных почвенных ареалов. Более сложное строение при этом наблюдается в более экстремальных по какому-либо фактору условиях: резкие циклы промерзания, переувлажнение.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ № 18-05-60279.

Подкомиссия
КАРТОГРАФИЯ ПОЧВ

Председатель – академик РАН И.Ю. Савин

УДК 631.42

**К ВОПРОСУ О ФОРМИРОВАНИИ
ПОЧВЕННО-ГЕОГРАФИЧЕСКОЙ БАЗЫ ДАННЫХ
НА ПРИМЕРЕ ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКОГО СОСТАВА**

**Болдырева В.Э., Безуглова О.С., Литвинов Ю.А., Пшеничная А.А.,
Шкуропадская К.В., Морозов И.В.**

Южный федеральный университет, Ростов-на-Дону

E-mail: maskow@mail.ru

Современное почвоведение невозможно представить без использования информационных технологий, включающих внедрение новых перспективных и высокоинформативных методов исследования, сбор, хранение и обработку вновь получаемой и накопленной информации, применение высоко функционального оборудования.

Создание единой почвенно-географической базы данных России (ПГБД) стало важным этапом на пути формирования единого международного почвенно-информационного пространства. Однако первичная пространственная и атрибутивная информация, подгружаемая в базу, является достаточно разнородной, так как существуют отличия по масштабу, хронологии получения, источнику информации, как следствие, может возникать определенное количество неточностей и погрешностей. Существует комплекс приемов для решения этих проблем, которые могут быть связаны не только с условиями хранения данных, но и с методикой их получения и составления.

Этот аспект рассмотрен нами на примере гранулометрического состава. Был исследован гранулометрический состав черноземов обыкновенных карбонатных с использованием следующих методов: метода пипетки (МП), метода лазерной дифракции (МЛД), ареометрического метода (АМ). Пробоподготовку образцов к анализу проводили для МП и МЛД в соответствии с классическим методом пипетки с

пирофосфатной подготовкой почвы к анализу, а для АМ – по ГОСТ 12536-2014.

Полученные результаты показали, что исследуемые черноземы обыкновенные карбонатные по гранулометрическому составу, согласно Классификации механических элементов почв и почвообразующих пород Н.А. Качинского, в зависимости от применяемых методов анализа могут быть отнесены к различным разновидностям. Так, при использовании МП данные почвы характеризуются как суглинки тяжелые пылевато-иловатые, по результатам АМ по ГОСТ 12536-2014 – как суглинки средние крупнопылеватые, МЛД – как глины легкие пылеватые.

Различия в результатах, полученных МП и АМ, объясняются различными способами пробоподготовки, в том числе недостаточным объемом диспергатора для анализируемой навески почвы во втором случае. Различия же между результатами МП и МЛД при идентичной пробоподготовке объясняются принципиально разными подходами к способу количественного учета элементарных почвенных частиц (ЭПЧ), лежащим в основе рассматриваемых методов. Между АМ и МЛД общим являлся лишь объект исследования, т.е. анализируемые почвенные образцы. Таким образом, фактически получаемое исследователем содержание фракций и групп ЭПЧ определяется методом исследования.

При внесении атрибутивной информации первичные данные о составе и свойствах почвы (в нашем случае – гранулометрический состав) подгружаются в базу отдельно с учетом времени, места, способа их получения и других сведений. Следовательно, одна и та же почва, один и тот же индивидуальный почвенный образец в базе данных будет охарактеризован различным гранулометрическим составом.

В настоящее время ведется работа над решением проблемы сопоставимости данных, возможности их стандартизации для обмена как внутри отечественного научного сообщества, так и при международном взаимодействии. Исследуется возможность разработки методов согласования и обобщения данных, например, гранулометрического анализа, полученных в разных странах с учетом традиций различных школ почвоведения. В перспективе предстоит работа по преодолению сложившихся разногласий в области методологии и практики исследований.

В рамках работ по развитию проекта ПГБД РФ происходит создание национального стандарта обмена почвенной информацией, учитывающего все многообразие показателей, единиц измерения и методов, распространенных на территории РФ и стран бывшего Советского Союза. ПГБД РФ позволяет аккумулировать разнородные результаты исследований, выполненные в различное время и с использованием

разных методов, и применять их для решения прикладных задач оценки, мониторинга и управления земельными ресурсами страны.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 15-04-03564.

УДК 631.4

СВЯЗЬ СПЕКТРАЛЬНОЙ ОТРАЖАТЕЛЬНОЙ СПОСОБНОСТИ ПОВЕРХНОСТИ ПОЧВ С СОДЕРЖАНИЕМ АЗОТА В ПАХОТНОМ ГОРИЗОНТЕ

**Виндекер Г.В.^{1,2}, Савин И.Ю.¹, Прудникова Е.Ю.¹, Шишконокова Е.А.¹,
Грубина П.Г.¹, Шарычев Д.В.¹**

¹ Почвенный институт им. В.В. Докучаева, Москва
E-mail: info@esoil.ru

² Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Москва
E-mail: soil.msu@mail.ru

В докладе рассматриваются возможности детектирования содержания азота в поверхностном горизонте пахотных почв с помощью методов дистанционного зондирования. Важная роль, которую играет азот в жизни растений, а следовательно, и содержание азота в почве обуславливают актуальность исследования. Доступные для растений формы азота обладают высокой подвижностью и пространственной вариабельностью в пределах одного поля, таким образом, своевременное получение наиболее точной и актуальной информации о содержании азота в пахотном горизонте необходимо для внесения удобрений при традиционных системах земледелия, а также при использовании точных систем земледелия.

Целью данного исследования является поиск связей между содержанием подвижных форм азота в поверхностном горизонте пахотных почв и спектральным отражением почвенного покрова в видимом и ближнем инфракрасном диапазоне.

Объектами исследования являются три тестовых участка с пахотными почвами: дерново-подзолистая почва (Московская область), серая лесная почва и чернозем выщелоченный (Тульская область). Полевое определение азота, измерения спектров, а также отбор образцов проводились ежемесячно на каждом из трех участков в период весна-осень 2019 г. Затем были выполнены лабораторные исследования отобранных образцов (рН, содержание гумуса, обменных оснований, подвижного фосфора, обменного калия и натрия, органического углерода и азота).

Полученные данные анализировались в программе R-Studio с целью построения модели, отражающей связь между определенным

участком спектра и измеренным содержанием азота, а также создания карт содержания азота для исследуемых участков.

Результаты позволили установить связь между содержанием азота и спектральным отражением почвенного покрова, на основе которой можно дистанционно детектировать содержание азота в поверхностном горизонте с использованием спутниковых данных и результатов съемки с беспилотных летательных аппаратов. Однако, применение созданных моделей справедливо для локальных участков, для каждого из которых необходимо создание собственной модели с целью дальнейшего использования без выезда в поле.

УДК 631.47:528.942(470.54-751.2)

ХАРАКТЕРИСТИКА ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА НИЗКОГОРИЙ СРЕДНЕГО УРАЛА НА ОСНОВЕ ПОЧВЕННОГО КАРТИРОВАНИЯ М 1 : 25 000

Гафуров Ф.Г.^{1,2}, Коркина И.Н.¹

¹Институт экологии растений и животных УрО РАН, Екатеринбург
E-mail: filared.gafurov@yandex.ru, korkina@ipae.uran.ru

²Висимский государственный природный биосферный заповедник, Кировград

Исследованием почв и почвенного покрова низкогорий Среднего Урала занимались различные коллективы почвоведов нашей страны. Наибольшее количество работ связано с изучением генезиса и свойств зональных горных почв, однако состав и структура почвенного покрова низкогорных ландшафтов Среднего Урала и закономерности их распространения были изучены недостаточно. Причиной этого было отсутствие детальных почвенных съемок этих территорий, представленных горными системами, речными долинами, а также холмистыми и увалистыми ландшафтами. Такая возможность появилась в 2017-2019 гг., когда была проведена инвентаризация почв и составлена почвенная карта М 1 : 25 000 части Висимского государственного биосферного заповедника на площади 20 000 га.

В результате проведенных нами полевых исследований выявлено, что различные участки территории заповедника имеют разновозрастную и неодинаковую геоморфологию, характеризуются различным комплексом факторов почвообразования и, соответственно, своеобразием почв и почвенного покрова. Установлено наличие четырех таких участков, которые в ландшафтной классификации могли быть определены как типы местностей, а в рамках почвенно-географического районирования – как почвенные районы.

Для территории заповедника характерны две поверхности выравнивания: позднемезозойская (средняя юра–нижний олигоцен) на

высоте 500-650 м над ур.м. и среднекайнозойская (средний и верхний олигоцен) на высоте 350-400 м над ур.м.

В восточной части заповедника в низкогорных условиях преобладают буроземы, а в остальной части, характеризующейся холмисто-увалистым рельефом, – дерново-подзолистые почвы. Для структуры почвенного покрова низкогорья Среднего Урала типичны сочетания-мозаики горных буроземов с горными дерново-подзолистыми почвами. При этом буроземы и редко буроземы оподзоленные встречаются ближе к вершинам или на вершинах гор на среднеюрских и нижнеолигоценых поверхностях, высланных в основном элювием. Дерново-подзолистые почвы сформировались на среднекайнозойских (средний и верхний олигоцен) поверхностях выравнивания на древней коре выветривания и элюво-делювиальных отложениях.

Характерной особенностью почвенного покрова долинного комплекса р. Сулем – самой крупной реки на территории заповедника – являются многочисленные небольшие болотные массивы на зарастающих старицах и притеррасных понижениях поймы. На этих элементах рельефа сформировались низинные болотные торфяные, торфяно-глеевые и торфянисто-глеевые почвы. Минеральные почвы на прирусловье представлены аллювиальными дерновыми (серогумусовыми) глеевыми почвами, на центральной пойме – в большей части комбинациями аллювиальных дерновых глеевых почв с низинными болотными торфянисто-глеевыми почвами.

Выположенные борта долин и надпойменные террасы, постепенно переходящие в шлейфы склонов водоразделов, заняты комбинациями дерново-подзолистых в различной степени оглеенных почв с низинными болотными торфянисто-глеевыми почвами. Для выположенных водоразделов и на их пологих склонах северной части заповедника характерно распространение сочетаний дерново-слабоподзолистых автоморфных и дерново-подзолистых полугидроморфных почв. Покатые склоны заняты дерново-средне- и сильноподзолистыми почвами.

В пределах центральной части заповедника, сложной сильно выположенными на плакорах и слабопокатыми по склонам вытянутыми увалами, почвенный покров представлен дерново-слабоподзолистыми почвами в сочетании с дерново-подзолистыми в различной степени оглеенными. Дерново-сильноподзолистые почвы занимают покатые и сильнопокатые склоны увалов в западной части заповедника. Пологие шлейфы склонов, переходящие в выположенные борта долин рек, а также пологовытянутые водоразделы и выположенные террасы на склонах заняты дерново-слабоподзолистыми почвами. К покатым средним участкам склонов приурочены дерново-среднеподзолистые почвы.

Всего на территории заповедника встречаются почвы восьми отделов и не менее 14 типов (в соответствии с «Классификацией почв России», 2004 г.).

УДК 631.4

СИСТЕМА СТАНДАРТОВ ЦИФРОВЫХ ПРЕДСТАВЛЕНИЙ ПОЧВЕННЫХ ОПИСАНИЙ

Голозубов О.М.¹, Колесникова В.М.¹, Чернова О.В.²

¹Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Москва
E-mail: oleggolozubov@gmail.com

²Институт проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова РАН, Москва
E-mail: ovcher@mail.ru

Цифровые стандарты представления и обмена почвенными данными необходимы для совместимости данных при ведении мониторинга на федеральном и международном уровне. Современные международные стандарты почвенных описаний (ISO 28258, SoilML проекта INSPIRE в Евросоюзе) представлены в виде гипертекстовых форматов (XML), что обеспечивает их встраивание с помощью перекрестных ссылок в общую систему почвенных стандартов – лабораторных методов, объектов обследования и т.п., а также связь со стандартами описания водных, метеорологических и геологических ресурсов. Системность стандартов также проявляется в иерархичности реляционных таблиц метаданных, наличии программной поддержки возможностей их расширения, а также стандартизации библиотек обработки почвенных данных, включая ввод, модификацию и разработку приложений.

За несколько лет, прошедших после публикации в «Едином государственном реестре почвенных ресурсов России» (2013) цифровой модели описания почвенных данных как прототипа отечественного стандарта, была расширена семантическая модель с учетом распределенной сети обмена почвенной информацией, разработаны соответствующие программные комплексы. Разработан, опробован и защищен авторским свидетельством многоязычный программный комплекс SOIL_ML_MultyL, предназначенный для создания структурированного описания почв, использующегося как для исследовательских целей, так и в сельскохозяйственном мониторинге.

База метаданных (БМ) создана на основе типовой объектной модели, содержит список показателей основных свойств почв, методов их определения и единиц измерений. Возможности SOIL_ML_MultyL позволяют расширить перечень объектов и показателей, а также настраивать структуру описания почвенного объекта в соответствии со специализацией исследований. «Многоязычность» программы позволяет объединить усилия специалистов разных стран для обеспечения гармонизации с международными стандартами в области почвоведения. Комплекс входит в состав Информационной Системы Почвенно-Географической Базы Данных России (ИС ПГБД РФ).

База метаданных содержит:

- перечень показателей (indicators) почвенных свойств, включая перечень географически определенных объектов почвенного описания;
- перечень методов (methods) извлечения, определения, значений и единиц измерения почвенных свойств вместе с их кратким описанием;
- перечень типов данных (data types), с помощью которых могут быть описаны свойства почвенного объекта;
- перечень тематических разделов (pages), объединяющих большие группы почвенных свойств, относящихся к определенной области знаний;
- перечень тематических подразделов (partitions), группирующих сходные почвенные свойства внутри одного раздела;
- перечень наименований «специализаций» пользователя, для которых можно задать специализированный сокращенный перечень показателей, ориентированный на конкретную задачу.

БМ содержит объектную модель как часть перечня показателей (Indicators). Сюда входят обычные для международных стандартов объекты (профиль, горизонт, слой, образец и т.п.), а также принятые в мониторинге объекты: смешанный образец, полигон и т.п. Основное назначение базы метаданных – поддержание единого справочника, обеспечение соответствия терминов, определений и стандартов на международном уровне. Назначением БМ также является формирование иерархически структурированных схем описания почвенных данных, т.е. стандартов, в рамках которых может осуществляться обмен почвенными данными.

В ИС ПГБД РФ реализованы функциональные возможности программного комплекса SOIL_ML_MultyL как для работы в автономном режиме, так и в виде веб-интерфейса для обеспечения технологического цикла ввода, модификации и анализа данных почвенных обследований из различных источников.

Программный комплекс SOIL_ML_MultyL рассчитан в первую очередь для применения в государствах, объединенных советской школой почвоведения, реализован в «открытом коде», свободно распространяется, настраивается на национальные языки и региональные особенности почвенных описаний.

УДК 631.4

**СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ДЕТЕКТИРОВАНИЯ
СВОЙСТВ ПАХОТНОГО ГОРИЗОНТА ПОЧВ
ПО ДАННЫМ ОТРАЖАТЕЛЬНОЙ СПОСОБНОСТИ
ИХ ПОВЕРХНОСТИ В ВИДИМОМ И ИНФРАКРАСНОМ
ДИАПАЗОНАХ СПЕКТРА**

**Грубина П.Г., Савин И.Ю., Вернюк Ю. И., Прудникова Е.Ю., Шарычев Д.В.,
Щепотьев В.Н.**

Почвенный институт им. В.В. Докучаева, Москва
E-mail: info@esoil.ru

Большая трудоемкость работ по агрохимическому и почвенному обследованию и достаточно сильная изменчивость параметров плодородия почв (NPK, pH, содержание гумуса) приводят к тому, что получить оперативно подобные данные для больших территорий практически невозможно и очень затратно. В данной работе рассматривается анализ возможности использования результатов съемки видимого и инфракрасного диапазона спектра для детектирования параметров плодородия почв на примере ключевого участка на пахотной серой лесной почве. Объектом исследования является почвенный покров тестового поля «Жежелъна», расположенного в Ясногорском районе Тульской области. Площадь поля составляет около 90 га. Рельеф территории исследований широковолнистый. Представлен равниной с преобладающими высотами 250 м, наиболее высокие точки – 320 м. На поле преобладают серые лесные пахотные почвы.

Полевые исследования проходили в августе и сентябре 2018 г. после уборки урожая. Всего было заложено 25 точек опробования. В лаборатории были выполнены следующие анализы: определение содержания гумуса, определение pH почвы, обменные основания по Шолленбергеру (Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , Na^+), P_2O_5 подвижный (по Кирсанову), $\text{K}_2\text{O}_{\text{обм.}}$ (по Масловой), общий азот по стандартным методикам. Одновременно с отбором образцов проводилась съемка свежепроборонованной открытой поверхности почвы с высоты 150-180 см в пятикратной повторности с использованием тепловизора FLIR VUE 512, работающего в ИК диапазоне 7.5-13.5 мкм. Также параллельно происходило измерение спектральной отражательной способности (SOC) почв с высоты 15-20 см в пятикратной повторности с использованием спектрометра HandHeld-2 (ASD, USA), определяющего отражательные свойства почв в диапазоне 350-1050 нм. В программном обеспечении R было проведено построение моделей линейной регрессии на основе данных съемки открытой поверхности пашни. Было установлено, что существует корреляция между химическими свой-

ствами почвы (содержание оксида калия, гумуса, азота, рН почвы) и данными видимого диапазона съемки. С данными инфракрасного диапазона съемки имеется корреляция со следующими свойствами почвы (содержание гумуса, оксида кальция и магния). Регрессионные уравнения были использованы для построения карт отдельных свойств почв в ГИС. В дальнейшем найденные закономерности могут служить основой для дистанционного построения автоматизированных алгоритмов дешифрирования свойств почв, определяющих плодородие серых лесных почв данного района по изображениям открытой поверхности пашни по данным ДДЗ.

УДК 631.4

ОБНОВЛЕНИЕ МЕЛКОМАСШТАБНОЙ ПОЧВЕННОЙ КАРТЫ С ПОМОЩЬЮ МЕТОДА ПОСТРОЕНИЯ ГЛОБАЛЬНО-ОПТИМАЛЬНОГО ДЕРЕВА КЛАССИФИКАЦИИ

Жоголев А.В.

Почвенный институт им. В.В. Докучаева, Москва

E-mail: zhogolev_av@esoil.ru

Многие мелкомасштабные почвенные карты были построены несколько 10-летий назад и нуждаются в обновлении. В последние годы появились новые возможности по обновлению почвенных карт на основе подходов цифровой почвенной картографии. Направление цифровой почвенной картографии использует методы статистического и геостатистического моделирования, а также современные спутниковые данные для почвенного картографирования. Один из подходов состоит в построении статистической модели почвенного картографирования на основе обновляемой почвенной карты путем наложения на карты спутниковых данных, отражающих факторы почвообразования. Такую модель можно составлять в виде дерева принятия решения и затем проводить ее экспертную корректировку. Как правило, при цифровом почвенном картографировании используется пиксельный принцип генерализации почвенной карты.

В настоящем исследовании проводилась апробация предложенного нами подхода к цифровому обновлению мелкомасштабных почвенных карт на основе метода построения глобально-оптимального дерева классификации на примере ключевого участка в Республике Коми.

Область исследования располагалась в природных зонах тайги и тундры. Наиболее распространенные почвы области исследования в соответствии с Классификацией почв 2004 г. – подзолистые, глееземы, криоземы и торфяные. Размер области исследования: 200×90 км.

Для области исследования проводилось обновление почвенной карты РСФСР М 1 : 2 500 000, построенной под руководством В.М. Фридланда в 1988 г. По почвенной карте РСФСР была построена обучающая точечная выборка с шагом 2.5 км с информацией о почвах. Полученная обучающая выборка накладывалась на различные пространственные данные о факторах почвообразования. Для получения пространственной информации о факторах почвообразования использовались цифровая модель местности GMTED2010 с пространственным разрешением 30 м и климатические данные CHELSA с пространственным разрешением 1 км. На основе модели рельефа были построены карты высот, уклонов, направлений стока, экспозиций и взвешенных с учетом уклонов расстояний до рек. Среди климатических данных была выбрана среднегодовая температура поверхности почв. Все данные были приведены к единому пространственному разрешению 500 м, в котором проводилось моделирование. Для моделирования использовался метод эволюционного построения глобально-оптимального дерева классификации и регрессии (EVTREE). В результате были построены модели связей почв с факторами почвообразования в виде деревьев принятия решений для каждой почвы и соответствующие им карты наличия почв в пикселях с размером 500×500 м. Полученные модели поддаются экспертному анализу и корректировке. Проверка по независимой тестовой выборке показала, что средняя точность моделей составила 70%, что отражает хорошую самосогласованность моделей.

Предложенный подход можно использовать для получения по архивным мелкомасштабным почвенным картам статистических моделей связей почв с факторами почвообразования, поддающихся экспертному анализу и корректировке, и построения на их основе цифровых почвенных карт с пиксельной генерализацией. Для области исследования в Республике Коми была построена почвенная карта встречаемости почв с пространственным разрешением 500 м.

УДК 631.471

ДИАГНОСТИКА ОПУСТЫНИВАНИЯ АРИДНЫХ И СУБАРИДНЫХ ЛАНДШАФТОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГИС-ТЕХНОЛОГИЙ

Жумбей А.И.

Южный федеральный университет, Ростов-на-Дону
E-mail: lamar96@yandex.ru

Существует множество причин деградации сухих ландшафтов. Но в конечном итоге деградационные процессы в таких условиях проявляются снижением биологической активности: уменьшается плотность

растительного покрова, укорачивается период вегетации, изменяется видовой состав растений в сторону более устойчивых к засухам или трансформации химического состава почв видов, уменьшается количество растительной биомассы. Все эти проявления обуславливаются изменениями на нескольких уровнях: смена температурного режима, изменение водного режима и нарушение стоков, изменение химического состава почв.

Использование NDVI для оценки состояния растительности и отслеживания динамики ее состояния – перспективный и действенный метод. Однако существует целый ряд индексов, учитывающих параметры, влияющие в процессе космической съемки на получаемые изображения. Преломление в слоях атмосферы, облачность, отражающая способность поверхностных слоев почв и грунтов – основные факторы искажения данных космической съемки. Индекс SAVI (Soil adjusted vegetation index) был предложен Huete & Liu (1994). Его назначение – снижение влияния шума от поверхности почвы, создаваемого цветом, т.е. отражаемым спектром видимого излучения, почвенной влагой и т.д. Другой индекс, учитывающий шум от атмосферных явлений в зоне ведения съемки поверхности, таких как аэрозоли, – ARVI (atmospherically resistant vegetation index). Индекс содержания пигмента SIPI (structure intensitive pigment index) – один из наиболее важных индексов для мониторинга опустынивания и сельскохозяйственных угодий, потому что он показывает напрямую соотношение каротиноидов и хлорофилла на основе отражения инфракрасного излучения и поглощения волн красного и синего спектров видимого излучения. Он позволяет видеть соотношение живых и мертвых растений, которые в клетках имеют предсказуемое соотношение каротиноидов и хлорофилла.

Использование данных индексов позволило нам получить сведения о ежегодных циклах растительности за последние пять лет на территории шести районов юго-востока Ростовской области суммарной площадью 23 553,75 км². Согласно средним годовым данным ФГБУ «ВНИИГМИ-МЦД», по количеству атмосферных осадков наиболее обеспеченными этим источником влаги являются ландшафты Зимовниковского и Дубовского районов. Первичный визуальный анализ показал, что активность растений сохраняется дольше именно в этих районах. Но стоит также обратить внимание на разницу в гидрологии ландшафтов исследуемых районов: более изрезанные речной сетью территории лучше обеспечены влагой и, соответственно, растения дольше находятся в стадии активной вегетации после окончания наиболее обеспеченных атмосферными осадками месяцев (май и июнь). Для объективной оценки сезонных и годовых изменений активности растений необходимо однозначно разделять получаемые данные между естественным течением текущего цикла изменения

климата и реальным отрицательным воздействием, ведущем к опустыниванию. В ходе анализа были выявлены единичные отклонения метеорологических параметров, приведшие, соответственно, к единичным возрастаниям активности и продолжительности вегетационного периода растений. Сопоставление числовых значений NDVI с учетом мешающих факторов с данными метеорологических архивов дало возможность получить сведения о тенденциях зависимости состояния растительности на протяжении вегетационного периода от сложившихся в конкретный год условий.

Результаты позволяют наблюдать ежегодную динамику состояния растительности в зависимости от водного режима, температуры, последствий неблагоприятных условий. Распознавание крупных циклических изменений биомассы растений от поступательного ее снижения – основная задача для исследуемого региона, поскольку, хотя темпы аридизации невысокие, но их мониторинг имеет прогностическое значение.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 16-04-00592.

УДК 631.4

МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЙ ПОДХОД К ИЗУЧЕНИЮ ВРЕМЕННОЙ ДИНАМИКИ ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА

Калиев М.И.

Астраханский государственный университет, Астрахань

E-mail: kaliev_muslim@mail.ru

Последние достижения компьютерных технологий и совершенствование программного обеспечения картографической направленности улучшает качество и скорость проведения почвенных исследований. Современные ГИС-технологии, используемые при изучении временной динамики почвенного покрова, позволяют более детально анализировать состояние почвенного плодородия и ее деградации. Возможность создания карт с детальным описанием характеристик почв позволяет оперативно принимать решения о проведении необходимых профилактических мероприятий. Почвенная карта остается основным научным документом, на базе которого возможно осуществление оценки земельных фондов, а также разработка системы практических мероприятий, направленных на повышение плодородия почв. Методы цифровой почвенной картографии позволяют описать связи «почва»–«факторы почвообразования и индикаторы» в виде автоматизированных алгоритмов и проследить динамику изменения.

Основная цель исследований – разработать методологический подход изучения временной динамики почвенного покрова на территории землепользования муниципального образования Покровский сельсовет Ахтубинского района Астраханской области в комплексе исследований ранних годов и современности.

Объектом исследования являлась территория землепользования муниципального образования Покровский сельсовет Ахтубинского района, имеющая абсолютную отметку высот от 5 до –15 м. Данная территория – зона перехода через нулевую горизонталь, для Астраханской области является объектом, где можно наблюдать смену разных типов ландшафтов: Баскунчакский ландшафт сменяется Волго-Уральским ландшафтом. Наблюдается смена генетических типов рельефа, происходит переход от верхнехвалынской морской аккумулятивной равнины к современной эоловой равнине. Наиболее ярко данная трансформация ландшафтов проявляется в изменениях почвы и растительности. В почвенном покрове происходит смена гранулометрического состава почвообразующих пород – суглинки сменяются на супеси и пески. В растительном покрове наблюдается обеднение видового состава и уменьшение показателей биопродуктивности. Изменения касаются уровня залегания грунтовых вод и типа их засоления. Границы древнего природного экотона не являются резкими и растянуты на несколько десятков километров.

В целом произведенные работы можно сгруппировать в следующие основные этапы: предварительное дешифрирование космоснимков, выборка результатов полевых исследований, анализы картографических материалов, окончательное дешифрирование и составление карт.

В качестве одного из основных методов полевых исследований был выбран метод ландшафтного профилирования. По данным предварительного дешифрирования космоснимков были выбраны основные ключевые участки в пределах объекта исследования. Прежде всего выбирались территории с минимальной антропогенной преобразованностью – целинные участки, а также залежные земли.

Используя ГИС методы наложения административных границ МО Покровский сельсовет на почвенно-географическую основу, была получена почвенная карта с современной привязкой к местности.

Почвенная основа сформирована по результатам почвенного обследования колхоза «Имени 15-летия ВЛКСМ» Ахтубинского района в 1986 г. и была предоставлена филиалом Росземпроекта.

В рамках работы апробирована модель совмещения ранних почвенных карт (1980-х гг.) с современными топо-основами с учетом геоинформационной привязки. Полученная основа может быть использована для дальнейшей корректировки современных вновь формируемых почвенных карт и изучения динамики почвенного покрова.

УДК 631.4:528.92.94

ИЗУЧЕНИЕ СТРУКТУРЫ ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА НА ОСНОВЕ КАРТ УСТОЙЧИВОЙ ВНУТРИПОЛЕВОЙ НЕОДНОРОДНОСТИ ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА, ПОЛУЧЕННЫХ АНАЛИЗОМ БОЛЬШИХ СПУТНИКОВЫХ ДАННЫХ

Калинина Н.В.¹, Королева П.В.¹, Рухович Д.И.¹, Куляница А.Л.²

¹ Почвенный институт им. В.В. Докучаева, Москва

E-mail: ka-nv@yandex.ru

² ООО «Айти Парма», Москва

Структура почвенного покрова – один из самых сложных объектов для изучения. Традиционные почвенные карты выполнялись М 1 : 10 000 и 1 : 25 000 для нужд сельского хозяйства и вскрытия структуры почвенного покрова местами были недостаточны. Более крупномасштабные изыскания велись уже только на ключевых участках М 1 : 5000–1 : 2000. Трудоемкость работ при этом резко возрастает. Соотношение почвенных разностей, вскрытых на ключевых участках, экстраполировалось на почвенные карты М 1 : 10 000 и 1 : 25 000, которые создавались на всю сельскохозяйственную зону России (СССР).

До определенного уровня интенсификации сельского хозяйства детальность почвенной картографии М 1 : 10 000 и 1 : 25 000 была достаточна, а для понимания структуры почвенного покрова приходилось довольствоваться небольшим количеством ключей. В настоящее время технологии точного земледелия позволяют учитывать внутриполевою неоднородность почвенного покрова с дискретностью в первые десятки метров. Для этих целей точности традиционных почвенных карт оказалось недостаточно. Внутриполевая неоднородность для нужд точного земледелия определяется методами анализа больших данных. Одной из разновидностей анализа больших данных является анализ больших массивов данных дистанционного зондирования (ДДЗ) за 35 последних лет. В анализ вовлекаются сотни и тысячи ДДЗ на каждое сельскохозяйственное поле. На основе многолетних рядов ДДЗ строятся карты устойчивой внутриполевою неоднородности плодородия почв. По этим картам составляются карты задания на агрохимические и агротехнические приемы, которые повышают валовые сборы при сохранении затрат на сельскохозяйственное производство. Замеры урожайности по зонам плодородия карт внутриполевою неоднородности подтверждают правильность дифференциации каждого сельскохозяйственного поля на основе больших данных. Дробность дифференциации превосходит детальность традиционных почвенных карт М 1 : 10 000.

Построение карт устойчивой внутриполевою неоднородности происходит автоматическими методами и не требует наземной кали-

бровки. Но эти карты являются по сути картами среднесноголетнего (35 лет) состояния культивируемой растительности. Плодородие постулируется как важнейшее свойство почв, но не единственное. Возникает вопрос о возможности использования карт внутриполевой неоднородности, полученных анализом больших спутниковых данных, для нужд почвенной картографии.

Прежде всего отметим, что карты устойчивой внутриполевой неоднородности и традиционные почвенные карты крупных масштабов имеют разный рисунок. Корреляция между контурами традиционной почвенной карты и урожайностью сельскохозяйственных культур в разы ниже, чем для карт внутриполевой неоднородности. В связи с этим правомерно использовать еще один подход в анализе больших данных – движение за данными. В настоящем случае это означает, что почвовед при наземном обследовании исследует причины формирования зон устойчивой внутриполевой неоднородности, которые формируются до начала полевых работ.

Полевые исследования показали, что для пахотных земель использование карт устойчивой внутриполевой неоднородности позволяет вскрыть структуру почвенного покрова по детальности на уровне ключевых участков, но со значительно более точным нанесением границ почвенных разностей. Более того, часть зон плодородия потребовала расширения легенд традиционных почвенных карт на исследуемые территории для более полного описания структуры почвенного покрова. Комбинация методов движения за данными в сочетании с анализом больших спутниковых данных дает почвоведу-картографу новый метод изучения структуры почвенного покрова на больших площадях.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (грант № 18-07-00872).

УДК 631.42 (450.57)

РЕТРОСПЕКТИВНЫЙ МОНИТОРИНГ ОСНОВНЫХ СВОЙСТВ ПЛОДРОДИЯ ПОЧВ НА ЗЕМЛЯХ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ

**Киселева А.А., Хасанов А.Н., Асылбаев И.Г., Рафиков Б.В., Лукманов Р.А.,
Галимов Р.Р.**

Башкирский государственный аграрный университет, Уфа
E-mail: kiseleva.anna93@yandex.ru

Почва и почвенный покров были сформированы в процессе длительного времени в результате влияния геологических и гидрологических условий, климата, растительности, рельефа, животного ми-

ра, возраста территории и хозяйственной деятельности человека. Антропогенное воздействие на окружающую среду во второй половине XX в. резко усилило деградационные процессы в почве. В настоящее время они достигли катастрофических показателей, резко снизилось содержание органического вещества почвы и питательных элементов, уменьшился гумусовый горизонт, ухудшились агрохимические и агрофизические свойства.

Повышение и сохранение плодородия почв сельскохозяйственного назначения сегодня становятся актуальными задачами, связанными с обеспечением продовольственной безопасности РФ. Ретроспективный мониторинг предполагает установление тенденции и темпов его изменений при длительном сельскохозяйственном использовании. Он позволяет своевременно выявить изменение состояния земель, оценить их, дать прогноз и выработать рекомендации по устранению и предупреждению последствий негативных событий.

Объектом исследования являлся почвенный покров южной лесостепи Республики Башкортостан в границах Уфимского района, который находится в центральной части республики между слияниями рек Белая, Уфа, Дема, Урашак, общая площадь района составляет 159.9 тыс. га. Район характеризуется сложным геоморфологическим устройством территории землепользования и многообразием природно-экологических факторов.

Для проведения ретроспективного мониторинга основных агрохимических свойств почв анализировались результаты обследования за период с 1982 г. (Башкирским филиалом «ВолгоНИИгипрозем») по 2016 г. (ФГБОУ ВО Башкирским ГАУ). Выбор и место взятия образцов определяли согласно предыдущим данным обследования в том же почвенном ареале, где закладывались разрезы согласно сохранившимся привязкам и аналитической характеристике. Определение органического вещества в почвах проводили методом Тюрина в модификации ЦИНАО (ГОСТ 26213-91). Определение содержания в почвах подвижных соединений фосфора и калия проводили по методу Чирикова в модификации ЦИНАО (ГОСТ 26204-91), pH – солевой вытяжки – потенциометрическим методом (ГОСТ 26483-85).

В результате почвенного обследования выявлено формирование сложной структуры почвенного покрова с многочисленными разновидностями почв, характеризующимися большим разнообразием и отличительными особенностями свойств, определяющих их плодородие.

За 34-летний период сельскохозяйственного использования почв существенного снижения мощности гумусово-аккумулятивных горизонтов не произошло, но во всех почвах выявилась тенденция к их уменьшению. Почвы в той или иной степени были подвержены водной и ветровой эрозии, при которой прежде всего теряются наиболее мелкие фракции. Это подтверждается достоверным снижением

гумусированности всех почв, потери гумуса в зависимости от подтипа варьировали от 22 до 15%.

Длительное сельскохозяйственное использование почв Уфимского района способствовало также небольшому, но достоверному (при $p \leq 0.05$) подкислению реакции среды, выраженному -0.5 ед. рН. Обеспеченность почв района подвижным фосфором в 1982 году была «средней» и несмотря на небольшое снижение его содержание к настоящему времени осталось в этой категории. Содержание обменного калия во всех подтипах почв увеличилось в среднем на 32 мг/кг, но степень обеспеченности сохранилась на уровне «средней». В результате ретроспективного мониторинга определено, что наибольшим деградационным процессам подвергся основной показатель плодородия почв – гумус. Составленные картосхемы содержания гумуса 1982 и 2016 гг. позволяют определить участки, наиболее подверженные процессам дегумификации.

Проведенная комплексная оценка изменения влияния основных свойств почв за длительный период сельскохозяйственного использования является основой для определения степени деградации почв и внедрения мер по предотвращению негативных почвенных процессов.

УДК 631.81;631.454

МОНИТОРИНГ СОСТОЯНИЯ ПОЧВ И ВОЗДЕЛЫВАЕМЫХ КУЛЬТУР В РЕГИОНАЛЬНОЙ СЕТИ ТЕСТОВЫХ ПОЛИГОНОВ

Комаров А.А., Суханов П.А.

Агрофизический НИИ, Санкт-Петербург

Мониторинг плодородия почв земель сельскохозяйственного назначения осуществлялся в региональной сети тестовых полигонов, охватывающих всю территорию Ленинградской области. В течение вегетационных сезонов 2008-2019 гг. на каждом из 12 полигонов были заложены по четыре элементарных участка, каждый площадью около 10 га. На каждом полигоне ежегодно отбирались по четыре пробы почв из пахотного горизонта по элементарным участкам, четыре пробы растений и три пробы воды (дождевой, грунтовой и из водоема). Во всех отобранных пробах выполнялись лабораторные исследования по широкому перечню агрохимических, агрофизических и агроэкологических показателей. На основании наблюдений за состоянием агроэкосистем производилась оценка изменений этих показателей во времени и пространстве. Кроме наземных наблюдений в тех же координатах по каждому полигону оценивались данные дистанционного зондирования Земли (ДДЗ). Таким образом

формируется база данных по широкому перечню оцениваемых показателей, которая постоянно пополняется на протяжении более 10 лет. Сопряженный анализ наземных и ДДЗ наблюдений, а также методы геостатистики позволили провести оценку применяемых систем распознавания образов и выбрать наиболее информативные из них. Так, вместо применяемых ранее космических платформ с использованием Вега-ресурса Института космических исследований, в условиях вегетационных сезонов 2018-2019 гг. применялся ресурс LAND viewer на EOS platform. Этот ресурс позволяет в открытом доступе не только в динамике оценивать соответствующие шкалы вегетационного индекса, но и детализировать зоны неоднородности внутри каждого поля, проводить кластеризацию полей и составлять временные ряды по вегетационным индексам.

Характеризуя изменение плодородия почв на тестовых полигонах, можно отметить изменение отдельных параметров в сторону деградации: увеличение кислотности почв, уменьшение содержания кальция, калия и магния и некоторых микроэлементов. Вместе с тем на отдельных полигонах отмечено выраженное агрогенное структурирование пахотных почв. Оно обусловлено грамотной хозяйственной деятельностью предприятий в системе севооборотов, мелиорацией, своевременным внесением органических удобрений и известкованием. Оценка состояния почв и прогноз изменения отдельных параметров плодородия почв по полигонам представлялись в упрощенном виде линейной функцией (в некоторых случаях полиномиальной или логарифмической). Средневзвешенные показатели по каждой из оцениваемых характеристик формировались по годам исследований.

Постоянный мониторинг состояния почв и возделываемых культур в региональной сети тестовых полигонов позволяет своевременно выявлять деградационные процессы, происходящие в агроэкосистемах. Затем от наблюдений и оценки можно перейти к управляющим действиям по предупреждению и устранению выявленных негативных процессов. Так, на основании проводимых наблюдений каждый год для каждого полигона сельхозтоваропроизводителям даются необходимые рекомендации по внедрению экологически безопасных технологических приемов в земледелии. Поэтому руководители сельхозпредприятий заинтересованы в получении оперативной информации о состоянии почв и выращиваемых культур, что позволяет им оптимизировать технологии их возделывания, существенно сократить затраты. Таким образом, тестовые полигоны и собранная на них информация могут служить не только «ключами» для дешифровки ДДЗ, но и выступать действенным инструментом оценки состояния агроэкосистем, рационального использования почв и управления биопродукционным процессом.

УДК 521.7:631.41

ЦИФРОВОЕ КАРТОГРАФИРОВАНИЕ ЛЕСОМЕЛИОРИРОВАННЫХ КАШТАНОВЫХ ПОЧВ

Кошелев А.В.

ФНЦ агроэкологии РАН, Волгоград

E-mail: alexkosh@mail.ru

Практикой агролесомелиоративного почвоведения установлено, что под воздействием лесных полос происходит трансформация зональных типов почв в лесомелиорированные подтипы. Современный уровень развития геоинформационных технологий и данных дистанционного зондирования позволяет осуществлять цифровое картографирование почв с высокой точностью и достоверностью. Однако, несмотря на развитие цифровой почвенной картографии, вопрос цифрового картографирования лесомелиорированных почв является слабо изученным.

Цель наших исследований состояла в проведении цифрового картографирования лесомелиорированных почв с использованием геоинформационного моделирования и полевого эталонирования.

Объектом исследования являлись лесомелиорированные почвы в агролесоландшафте тестового полигона «Качалино» Иловлинского района Волгоградской области. Территория тестового полигона относится к Иловлинско-Волжскому пологоволнистому овражно-балочному ландшафтному району. Зональные почвы полигона представлены различными каштановыми маломощными разностями, сформированными на средних и легких суглинках. Площадь полигона составляет 3950 га. Полезащитные лесные полосы на полигоне создавались с 1985 по 1992 г. Общая их площадь составляет 91.9 га. Полевые исследования проводились на трех тестовых участках, два из которых представляли собой двухрядную лесную полосу, состоящую из вяза приземистого, ажурной конструкции, имеющих среднюю высоту деревьев 6.5 м, возраст 23 года, а третий участок – открытое необлесенное поле (контроль). Межполосные пространства были необработаны и заняты сорной растительностью и рожью «падалицей». На территории тестового участка получили распространение почвенные разности тяжело- и среднесуглинистого гранулометрического состава. Согласно методике В.М. Кретина (2009), в сухостепных условиях при изучении мелиоративного влияния лесных полос анализируется слой 0-100 см. На тестовом участке было пробурено семь скважин: в лесной полосе и на расстоянии 5Н, 10Н и 20Н с наветренной и наветренной сторон для изучения изменений почвенных показателей. Почвенные образцы отбирались через каждые 20 см в трехкратной

повторности. В результате исследований было установлено, что почвенный профиль под лесной полосой имеет горизонт А0 (лесная подстилка), мощность гумусового горизонта (А+В1) выше на 8-10 см в отличие от почвенных профилей на межполосных клетках и открытом поле (контроль). Под лесной полосой карбонатные включения начинают появляться с глубины 60 см, а в зонах 5Н, 10Н, 20Н они четко диагностируются на 15-18 см выше по профилю. По результатам камеральной обработки материалов была составлена цифровая карта контуров лесомелиорированных почв, исходя из положения, что лесомелиорированные почвы располагаются под лесными полосами и на прилегающих сельхозугодиях на расстоянии до 4-10Н от насаждений в зависимости от подтипа почвы. Контуров лесомелиорированных почв проводили от лесных полос с заветренной и наветренной сторон на равном расстоянии 65 м по всему периметру. Цифровое картографирование осуществлялось с помощью пакетов программ MapInfo и Global Mapper с использованием данных радарной съемки SRTM3, на основе которых была составлена цифровая модель рельефа. Согласно Классификации почв России (2004 г.), почвы тестового полигона относятся к текстурно-карбонатным солонцеватым агроземам. В связи с этим предлагается назвать почвы под лесными полосами лесомелиорированные текстурно-карбонатные солонцеватые агроземы. Таким образом, полученные материалы станут основой для дальнейших исследований по разработке методики цифрового картографирования лесомелиорированных почв, а также являются первым опытом в развитии данного направления.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ и Администрации Волгоградской области в рамках научного проекта № 18-44-340003 р_а «Геоинформационный анализ изменения состояния почвенного покрова под влиянием лесомелиорации в агролесоландшафтах Волгоградской области: эколого-мелиоративное значение».

УДК 631.4

БАЗА ДАННЫХ ВЕРОЯТНОСТНО-СТАТИСТИЧЕСКИХ И ИНФОРМАЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК СВОЙСТВ ПОЧВ ЮГА ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

Михеева И.В.

Институт почвоведения и агрохимии СО РАН, Новосибирск

E-mail: mikheeva@issa-siberia.ru

В почвоведении известно, что свойства почвы определяются факторами почвообразования, однако крупномасштабные и детальные почвенные исследования показывают, что даже в гомогенных

объектах, таких как элементарные почвенные ареалы, почвы характеризуются существенной вариабельностью выраженности свойств в пространстве. На любом уровне организации почв и почвенного покрова можно выделить три категории варьирования свойств почв: флуктуации, вариабельность и неоднородность. Изучение характера, количественная оценка и математическое моделирование пространственной и временной изменчивости почвенных свойств является одной из актуальных задач как теоретического, фундаментального, так и прикладного почвоведения. Для решения этих задач необходимо использовать как картографические, так и атрибутивные информационные почвенные данные.

Изменения почв во времени и пространстве происходят неодинаково в разных условиях, что вызывает необходимость теоретического изучения, а также количественного отражения в информационных базах данных. Теоретической базой для этого служат понятия основных диагностических показателей (ОДП) почвенных процессов, почвенно-генетического фазового пространства (Козловский), процесса-механизма и процесса-результата, почва-момент и почва-память (Таргульян, Соколов). Дивергенция ОДП рассматривается нами как процесс-результат.

В качестве методологической основы для изучения и оценки почвенной вариабельности нами предложена концепция вероятностного детерминизма. Понятие вероятностный детерминизм основано на закономерном характере функций вероятностных распределений количественной выраженности свойств систем и используется в методологии в разных областях науки.

Наши исследования показали, что трансформация и эволюция почв под влиянием естественных и антропогенных процессов даже за короткое время приводит к изменению вероятностной структуры значений почвенных свойств. Поэтому необходимо определять вероятностно-статистические эталоны состояния почв, особенно тех, которые в большей степени используются как ресурс сельскохозяйственного производства. Для характеристики состояния и оценки изменений состояния почв нами предлагается использовать вероятностно-статистические распределения и информационные индикаторы свойств почв. Эти системные характеристики эволюции открытых сложных систем позволяют делать корректное сравнение с системными характеристиками других естественных и искусственных систем на земле и других планетах, тем самым расширяют использование почвенных данных.

Территорией тематического исследования является юго-западная и северная части Кулундинской степи и центральная и восточная части Прииртышского увала. Почвы преимущественно каштановые и черноземы южные. По материалам крупномасштабных почвенных

обследований в различные моменты времени созданы базы данных по свойствам этих почв. На основе этих данных созданы базы данных вероятностно-статистических распределений и информационных характеристик (информационных энтропии и дивергенции) почвенных свойств в генетических горизонтах почв. На основе этих показателей проведен математический анализ изменений состояния почв в 1960-1990 гг. под влиянием земледельческого использования, а также изменений климата. Эта информация имеет большое значение как статистический эталон состояния почв на определенный момент времени и является базой для достоверной количественной оценки произошедших в прошлом и будущих изменений почв.

УДК 631.47

ДИСТАНЦИОННАЯ ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ОТКРЫТОЙ ПОВЕРХНОСТИ ПАХОТНЫХ ПОЧВ

Прудникова Е.Ю., Савин И.Ю.

Почвенный институт им. В.В. Докучаева, Москва

E-mail: prudnikova_eyu@esoil.ru

В докладе рассматривается методика дистанционной оценки состояния открытой поверхности пахотных почв и приводятся результаты ее апробирования в поле.

Необходимость подобной методики обусловлена динамичностью открытой поверхности пахотных почв, которая испытывает чередующееся воздействие сельскохозяйственных операций и природных факторов. Среди последних наибольшее значение имеют атмосферные осадки, которые вызывают разрушение поверхностных агрегатов, что приводит к перераспределению гранулометрических фракций поверхностного слоя и изменению его вещественного состава. При этом на поверхности пахотного горизонта формируется структурная корка, наличие которой снижает водопроницаемость почвы и, соответственно, усиливает поверхностный сток, что приводит к деградации пахотных почв. Использование дистанционных данных для оценки состояния поверхности пахотных почв позволит оперативно детектировать наличие физической корки и принимать своевременные меры для предотвращения негативных последствий.

Более того, динамичность открытой поверхности пахотных почв на сегодняшний день является мешающим фактором при использовании оптических данных дистанционного зондирования для оценки и мониторинга свойств пахотного горизонта почв. Особенность оптического диапазона в том, что из-за малых длин волн (нм, мм) он предоставляет информацию только об оптически активном по-

верхностном слое, толщина которого измеряется в микрометрах. Соответственно, измеряемая спектральная отражательная способность поверхности пахотных почв содержит информацию не о свойствах всего пахотного горизонта, а лишь о свойствах очень тонкого поверхностного слоя. При этом насколько эта поверхность на разных стадиях трансформации (ее спектральные характеристики, регистрируемые оптическими дистанционными данными) является представительной и дает информацию о свойствах пахотного горизонта, пока не ясно. Методика дистанционной оценки состояния открытой поверхности пахотных почв позволит учесть ее состояние при разработке моделей, описывающих связь между спектральной отражательной способностью поверхности и свойствами пахотного горизонта и обеспечит воспроизводимость и стабильность таких моделей.

УДК 631.4

ТРЕНДЫ СОВРЕМЕННОЙ ПОЧВЕННОЙ КАРТОГРАФИИ

Савин И.Ю.

Почвенный институт им. В.В. Докучаева, Москва

E-mail: savin_iyu@esoil.ru

Рассмотрены тенденции развития методов картографирования почв и выделены основные проблемы. Установлено, что в настоящий момент уже закончен переход от создания бумажных почвенных карт к цифровым почвенно-географическим базам данных. В качестве основного метода на всех уровнях обобщения выступает цифровое картографирование почв и их свойств. Подходы цифровой почвенной картографии, как и традиционная почвенная картография, базируются на идеях В.В. Докучаева о связи почв с факторами почвообразования, но в процессе картографирования задействуются новые достижения математической статистики и математического моделирования. Этим достигается большая объективность и воспроизводимость создаваемых цифровых карт по сравнению с традиционными. При этом сохраняются все нерешенные проблемы почвенной картографии, связанные с недостатком полевых данных, масштабом, классификацией почв, отражением пространственных микронеоднородностей, картографированием отдельных свойств почв. Частично эти проблемы могут быть решены на основе данных дистанционного зондирования. При использовании почвенно-географической информации для оценки качества почвенных ресурсов применение дистанционных методов выглядит более предпочтительным по сравнению с методами цифровой почвенной картографии.

УДК 631.4

СОЗДАНИЕ ПОЧВЕННО-ГЕОГРАФИЧЕСКОЙ БАЗЫ ДАННЫХ РЕСПУБЛИКИ ТЫВА

Самбуу А.Д., Чупикова С.А.

Тувинский институт комплексного освоения природных ресурсов СО РАН,
Кызыл
E-mail: sambuu@mail.ru

При решении задач землепользования актуальна проблема сбора, обработки и хранения информации, что может быть реализовано инструментальными средствами современных геоинформационных систем (ГИС). Технология анализа, переработки и хранения информации в ГИС требует определенной формы систематизации описаний в виде специфической базы данных, под которой подразумевается составление электронных карт, создание и ведение атрибутивной информации, содержащей сведения о типе, подтипе почв и др., площади, основных свойствах почв, использовании земель, потенциальной урожайности каждого почвенного выдела и т.п. Эта информация может быть представлена в текстовой и табличной форме, что позволяет оперативно отслеживать все происходящие на территории землепользования изменения. База данных является основой для дальнейшего анализа и создания новой преобразованной информации.

В программной среде ArcGIS 9.3 создана электронная почвенная карта Республики Тыва. Работа выполнена с использованием картографического и геоинформационного методов. Программные возможности ГИС позволяют работать с растровыми изображениями, создавать тематические слои, составлять и редактировать векторные слои и атрибутивную информацию к ним на основе базовой почвенной карты и ее легенды. При выполнении работы использовался бумажный вариант опубликованной «Почвенной карты Тувинской автономной республики» (М 1 : 1 000 000) 1962 г. издания Почвенного института им. В.В. Докучаева, составленной В.А. Носиным. В начале работы проводилось сканирование исходной бумажной основы с помощью планшетного сканера, преобразование растрового изображения в графические форматы *.bmp, *.jpg.

Привязка растрового изображения выполнялась по точкам с известными географическими координатами. Электронная почвенная карта позволяет варьировать масштаб, преобразовывать контуры, комбинировать наборы условных знаков и цветовую гамму. На электронной карте имеется возможность подключать дополнительные слои (гидрографическая сеть, характеристика рельефа, карты ландшафта, растительности и пр.), что позволяет создавать абсолютно новые карты в Туве: почвенно-эрозионные, ландшафтно-геохимиче-

ские, почвенно-геоботанические. Созданная геоинформационная база данных содержит 580 полигональных объектов, она легко может пополняться новой информацией, например, различными свойствами почв, отображенных на карте, что позволит повысить информативность и может служить основой для мониторинга.

В дальнейшем созданный слой электронной почвенной карты необходимо актуализировать в соответствии с существующими ситуациями на местности. Решению этой проблемы может способствовать внедрение современных методов почвенной съемки, основанных на дистанционном зондировании (аэрокосмическая съемка) и/или создание статистических и математических моделей условий формирования почв (ГИС-технологии). Так, применение современных ГИС вместе с результатами топографической съемки местности позволяет смоделировать анализируемую поверхность. Накладывая на подобные модели результаты полевых исследований небольших ключевых участков почвенного покрова и используя сравнительно-географический анализ, можно создавать достаточно точные почвенные карты.

Исследования выполнены при финансовой поддержке гранта РФФИ № 19-29-05208 мк «Эколого-экономическая оценка деградации сельскохозяйственных земель Республики Тыва».

УДК 631.481

ЗАСОЛЕННЫЕ ПОЧВЫ ЗАУРАЛЬСКОЙ СТЕПНОЙ ЗОНЫ РЕСПУБЛИКИ БАШКОРТОСТАН

Сулейманов А.Р.

Уфимский Институт биологии УФИЦ РАН, Уфа
E-mail: filpip@yandex.ru

В обобщающей монографии «Засоленные почвы России» показано, что засоленные почвы являются объектом исследований во многих странах мира. Засоленные почвы имеют широкое распространение и вызывают интерес со стороны генезиса их образования и протекания почвообразовательных процессов. Проявление процессов засоления, являясь динамичным показателем, оказывает большое влияние на экологическое состояние земель. Большинство из этих земель используются для выращивания сельскохозяйственной продукции, в связи с чем существует постоянная угроза вторичного засоления земель, используемых в орошаемом земледелии. По данным Продовольственной и сельскохозяйственной организации Объединенных Наций, засоление почв, вызванное деятельностью человека, наносит вред примерно 760 000 км² земли по всему миру и оказывает существенное влияние на ухудшение социально-экономических условий проживания населения сельских районов.

По данным представленной выше монографии в Республике Башкортостан засоленные и солонцовые почвы имеют очень небольшое распространение – 0.9% площади сельскохозяйственных угодий, на долю собственно засоленных почв приходится 25.9 тыс. га площади сельскохозяйственных угодий, солонцово-засоленных – 30.8 тыс. га. Однако, следует отметить, что наибольшее распространение засоленные почвы получили в районах, где преобладает сельскохозяйственная отрасль производства – Хайбуллинском, Баймакском и Абзелиловском. Согласно физико-географическому районированию, эти районы находятся в области Зауральского пепелена (степная провинция). Данная территория характеризуется континентальным засушливым климатом. Годовое количество осадков составляет примерно 300-400 мм, на лето приходится около 200 мм. Повторяемость засух составляет 20-30%. Естественная растительность в своем большинстве уничтожена в результате распашки и сохранилась только на отдельных участках. Она представлена ковыльно-разнотравными, ковыльно-типчаковыми и типчаково-полюнными степными сообществами. Преобладающая часть пепелена сложена породами девонской системы, местами перекрытыми четвертичными отложениями. Морские трансгрессии юрского и третичного периода способствовали их засолению. Почвенный покров представлен серыми лесными почвами, черноземами южными, обыкновенными и солонцеватыми, а также солонцами и солончаками. Среди засоленных почв также встречаются луговые и лугово-болотные почвы, солончаки луговые, засоленные и солонцовые аллювиальные почвы. Эти почвы представлены хлоридным, хлоридно-сульфатным и сульфатным типом засоления.

В последнее время отмечается тенденция изменения климатических условий на данной территории: среднегодовая температура повысилась на 1 °С, зимы стали более теплыми и малоснежными, участились засухи. На фоне интенсивного использования почв в сельском хозяйстве, а именно обработки почв традиционной системой вспашки с оборотом пласта, происходит интенсивное испарение почвенной влаги и подтягивание водорастворимых солей к дневной поверхности, что приводит к увеличению площади засоленных почв. Одним из эффективных способов мониторинга засоленных почв являются данные дистанционного зондирования Земли с использованием космических снимков и их обработкой в специализированных пакетах компьютерных программ. Использование этой методики позволяет наиболее точно оценивать динамику изменения площади засоленных почв, оценивать биологическую продуктивность и разрабатывать методы по минимизации их отрицательного воздействия на сельскохозяйственные культуры.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 19-34-90001.

УДК 631.4:004(470.57)

**ОЦИФРОВКА И КОРРЕКТИРОВКА
ЭЛЕКТРОННЫХ ПОЧВЕННЫХ КАРТ
ЗЕМЕЛЬ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ
НА ТЕРРИТОРИИ МУНИЦИПАЛЬНЫХ ОБРАЗОВАНИЙ
РЕСПУБЛИКИ БАШКОРТОСТАН**

**Хабиров И.К., Асылбаев И.Г., Хасанов А.Н., Рафиков Б.В., Лукманов Р.А.,
Хасанов М.Р.**

Башкирский государственный аграрный университет, Уфа
E-mail: ilkhabirov@mail.ru

Главным компонентом агроландшафта, без сомнения, является почва, которая в результате человеческой деятельности претерпевает серьезные изменения. При вовлечение почв в сельскохозяйственный оборот кардинально меняется почвообразовательный процесс, что приводит к значимым изменениям их плодородия. Необходимо признать тот факт, что в зависимости от антропогенной нагрузки и культуры земледелия свойства, приобретаемые почвами, становятся непредсказуемыми. Только благодаря системному мониторингу, охватывающему целые регионы страны, возможно регулирование плодородия и охрана почв от деградации. С появлением цифровых технологий решить проблему сохранения земель сельскохозяйственного назначения стало заметно проще, однако для этого необходим ряд мер по созданию почвенных цифровых карт и агрохимических картограмм.

Почвенные обследования, проводимые на территории Российской Федерации, датируются 1980-1990 гг., а составленные почвенные карты в границах колхозов и совхозов требуют корректировки в связи с новыми установленными территориями землепользования в границах муниципальных образований. Существующие почвенные карты, составленные более 30 лет назад, стремительно теряют свою значимость и репрезентативность ввиду активного сельскохозяйственного использования земель.

Учитывая основные тенденции деградационных процессов, актуализацию информации о современном состоянии почвенного покрова, в Республике Башкортостан с 2016 г. реализуется программа выполнения работ по почвенному обследованию, оцифровке и корректировке электронных почвенных карт, формирования экспликаций почвенных разновидностей и угодий земельных участков сельскохозяйственного назначения на территории муниципальных образований. Комплекс работ по этой программе производится АО «Волгониигипрозем» совместно с сотрудниками Башкирского ГАУ.

Целью работы является получение достоверной информации о качественном состоянии почвенного покрова земель сельскохозяйственного назначения и составление актуальной почвенной карты в электронном виде.

Полевые почвенные исследования были проведены согласно «Общесоюзной инструкции по почвенным обследованиям и составлению крупномасштабных почвенных карт землепользований» методом закладки разрезов в пунктах с заранее заданными координатами. Картирование исследуемой территории производилось с помощью программных продуктов MapInfo и ГИС ИнГео.

Общая площадь земель Республики Башкортостан составляет 14.3 млн. га, из них 7.3 млн. га занимают земли сельскохозяйственного назначения, в том числе 3.7 млн. га – пашни. Почвы Башкортостана природой наделены высоким плодородным потенциалом: около 60% территории республики – черноземы, на них расположено 70% пашни. По административному делению в состав республики входят 54 муниципальных образования, в настоящий момент работы проведены на территории 32 районов.

В ходе почвенного обследования в границах муниципальных образований было заложено более 12 000 разрезов для отбора почвенных образцов по всем генетическим горизонтам, отправлено на агрохимические анализы более 40 000 образцов.

По полученным материалам полевого почвенного обследования и результатов лабораторных исследований производится корректировка и оцифровка почвенных карт.

Оцифрованная и скорректированная почвенная карта позволяет установить структуру земель сельскохозяйственного назначения, а также определить типовое распространение почв на всей территории землепользования. Полученная информация о достоверном состоянии почвенного покрова в дальнейшем может использоваться при кадастровой оценке земель сельскохозяйственного назначения, налогообложении, при уточнении бонитета почв, для ведения учета и мониторинга состояния земельных ресурсов, организации рационального использования и охраны земель, в том числе и для целей повышения их плодородия.

УДК 631.4

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА ДАННЫХ ГЕОРАДАРНОГО ПРОФИЛИРОВАНИЯ АЛЛЮВИАЛЬНЫХ И ЧЕРНОЗЕМНЫХ ПОЧВ ЛЕСНОЙ ЗОНЫ ТУЛЬСКОЙ ОБЛАСТИ

Шарычев Д.В., Воронин А.Я., Щепотьев В.Н.
Почвенный институт им. В.В. Докучаева, Москва
E-mail: info@esoil.ru

В работе рассматриваются возможности установления зависимостей данных георадарного профилирования, проводимого георадаром «Лоза-В», с традиционными параметрами почвенного обследования для оценки и мониторинга состояния почвенного покрова территории исследуемого поля. Возможные области применения георадара обширны – строительство, археология, геология и др. Подобных исследований в почвоведении становится все больше с каждым годом. Препятствующей причиной распространения георадарных технологий в почвоведении является отсутствие методов верификации диагностических параметров почвенных тел.

Цель работы – разработка технологии интерпретации данных георадарного профилирования почв изучаемого объекта, характеризующихся наличием в почвенном профиле смены гранулометрического состава (двучленные отложения) и сравнительная оценка данных.

Объектом исследования в данной работе являются почвы и почвенный покров на опытном поле Почвенного института им. В.В. Докучаева близ с. Жежельна Ясногорского района Тульской области.

Полученные данные полевого георадарного профилирования анализировались в программе «Крот», статистическая обработка данных изменения амплитуды отраженного импульса временных рядов точек георадиолокационного профилирования территории поля – в пакете «Excel». Результат работы позволил проводить сравнительную оценку данных георадарного профилирования аллювиальных и черноземных почв лесной зоны Тульской области.

Подкомиссия

ПО ЛЕСНОМУ ПОЧВОВЕДЕНИЮ

Председатель – чл.-корр. РАН Н.В. Лукина

УДК 631.48

**ПРОЦЕССЫ ТРАНСФОРМАЦИИ И ПЕРЕДВИЖЕНИЯ
МИНЕРАЛЬНОГО И ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА
В ЛЕСНЫХ ПОЧВАХ ЮГА МОСКОВСКОЙ ОБЛАСТИ**

**Агаджанова Н.В.¹, Голованов Д.Л.¹, Головлева Ю.А.¹, Сорокин А.С.¹,
Сидорова В.А.², Красильников П.В.¹**

¹Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Москва
E-mail: nel.agadzhanova@soil.msu.ru

²Институт биологии Карельского НЦ РАН, Петрозаводск

В настоящее время от почвоведения требуется не только описательная характеристика почвенного покрова, но и прогноз и мониторинг свойств и состояния почв, а также рекомендации по потенциальному использованию почвенных ресурсов и оценки рисков их деградации. Для решения подобных задач может потребоваться количественное моделирование, основанное на понимании механизмов дифференциации почвенного покрова, в частности, с использованием концепции элементарных почвообразующих процессов (ЭПП). Процессы приводят к изменениям в морфологии и свойствах почв, которые могут быть диагностическими для тех или иных ЭПП, т.е. возможен выбор индикаторов, их наличия и интенсивности. Однако механизмы многих ЭПП до сих пор остаются дискуссионными, что делает выбор индикаторов сложной задачей.

Целью настоящей работы является диагностика педогенетических процессов, связанных с трансформацией и передвижением минерального и органического вещества, на основе детального морфогенетического анализа текстурно-дифференцированных почв ключевого участка в Московской области и поиск индикаторов, выходящих за рамки диагностических признаков в почвенных классификациях.

Исследуемый участок расположен близ с. Сосновка Озерского района Московской области в северной части Среднерусской возвышенности на правом берегу р. Ока. Климат умеренно-континентальный, средняя температура июля 18.5 °С, января –10.5 °С, среднегодовое количество осадков 506 мм. Территория представляет собой слабо-волнистую эрозионную равнину, где коренные породы девонского, карбонового, юрского и мелового возраста перекрыты четвертичными осадками Днепровской морены и покровными суглинками. Участок относится к зоне широколиственных лесов, но на настоящий момент значительную часть занимают пашни, растительный покров представлен мелколиственными лесами и рощами с преобладанием липы и березы. Почвенный покров представлен дерново-подзолистыми и серыми почвами, в части из которых наблюдаются вторые гумусовые горизонты (ВГГ).

Значения рН почв находятся в слабокислом диапазоне. В минералогическом составе илистой фракции преобладает смешаннослойный иллит-сметтит. Гранулометрический состав – пылевато-суглинистый. Наблюдается элювиально-иллювиальный тип распределения железа (Джексон – 0.24% в АУ; 0.63% Вt(hh); Тамм – 0.21% в АУ и 0.42% в ВЕL).

На генезис второго гумусового горизонта существует несколько точек зрения. Первая гипотеза рассматривает ВГГ как результат иллювиирования гумусовых кислот. Согласно другой, получившей наибольшее распространение, горизонт – это реликт темногоумусовой стадии образования. Считается, что формирование ВГГ происходило во вторую половину бореального–середины атлантического периода голоцена, когда было активно образование и накопление гумуса. Затем при смене условий на более влажные и холодные произошло усиление элювиальных процессов и ослабление интенсивности гумусообразования.

Современные почвы региона представляют собой результат действия разнонаправленных процессов: на смену гумусонакоплению приходят более интенсивные процессы выщелачивания и лессиважа с более сильным потенциалом климата и биоты. Эволюция направлена в сторону стирания профиля предыдущих этапов развития и образования нового профиля.

На данном этапе прослеживается промежуточная стадия: в профилях почв диагностируется ВГГ как остаток темногоумусовой стадии почвообразования, стертой не полностью, но при этом типичного профиля серой или дерново-подзолистой почвы не наблюдается.

Работа выполнена при поддержке гранта ФЦП «Управление депопированием атмосферного углерода пахотными почвами России», уникальный идентификатор RFMEFI61617X0105.

УДК 631.42

РОЛЬ НАПОЧВЕННОГО ПОКРОВА И ПОДСТИЛКИ В ФОРМИРОВАНИИ ГИДРОТЕРМИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ КРИОГЕННЫХ ПОЧВ ПОСЛЕ ПОЖАРОВ

Безкоровайна И.Н., Шабалина О.М., Кастерин Г.И.

Сибирский федеральный университет, Красноярск

E-mail: ibezkorovaynaya@sfu-kras.ru

В лесах Сибири ежегодно возникает от 4.5 до 27 тыс. пожаров, которые охватывают площадь от 3.5 до 18 млн. га. Данные последних лет подтверждают тренд повышения активности пожаров и горимости лесов Центральной Сибири.

Лесные пожары рассматриваются как мощный и активно действующий экологический фактор современного почвообразования, оказывающий сложное и многоплановое влияние на различные экосистемные процессы, такие как эрозия, вынос органического вещества, растительные сукцессии. Выгорание напочвенного покрова и подстилки приводит к увеличению инсоляции и снижению альбедо поверхности, что сказывается на амплитуде колебаний температуры в верхней части почвы. В то же время пирогенное воздействие повышает аэрацию почвы, способствует развитию окислительных процессов и активизации биологической активности в нижележащих минеральных слоях почвы.

Исследования проводятся в зоне сплошного распространения мерзлоты на территории Центральной Эвенкии в лиственничниках (*Larix gmelinii*) северной тайги, сформированных на подбурях средне- и тяжелосуглинистых. Пробные площади представлены гарями разного возраста – 1-4 года и 24-25 лет. Пожары были высокоинтенсивные с полной гибелью древостоя. Лиственничники более старшего послепожарного возраста рассматриваются как условно ненарушенные и являются контрольными участками.

Возможные послепожарные изменения почвенных гидротермических условий на глубине деятельного слоя в течение вегетационного периода зависят от микрорельефа, инсоляции, мощности мохово-лишайникового слоя и послепожарного возраста. В исследуемых сообществах мощность деятельного слоя в почвах контрольных лиственничников изменяется от 40 до 80 см, в почвах гарей – от 65 до 170 см.

Анализ многолетней динамики температуры и влажности верхних биологически активных слоев криогенных почв показал, что в первые годы после пожара пирогенная трансформация напочвенного покрова и подстилок способствует более быстрому промерзанию поч-

вы в зимний период, а в летний период за счет снижения альbedo поверхности происходит увеличение средних температур на 3-5 °С. На свежих гарях динамика гидротермических условий верхних слоев почвы имеет более резкие колебания в сравнении с лиственничниками более старшего послепожарного возраста (>25 лет).

Получена тесная зависимость гидротермических параметров верхнего минерального слоя почвы от мощности мохово-лишайникового яруса и подстилки. Показано, что восстановление допожарных гидротермических условий криогенных почв в лиственничниках северной тайги происходит крайне медленно и зависит от формирования напочвенного покрова и подстилки.

Работа проводилась при финансовой поддержке гранта РФФИ № 16-04-00796А.

УДК 631.4

ИЗМЕНЕНИЯ СВОЙСТВ ПОЧВ ХВОЙНЫХ ЛЕСОВ В УСЛОВИЯХ ДЕЙСТВИЯ АНТРОПОГЕННЫХ ФАКТОРОВ

Буторин А.А., Немков П.С., Грехова И.В.

Государственный аграрный университет Северного Зауралья, Тюмень
E-mail: mari92149@gmail.com

При подготовке вырубок для искусственного лесовосстановления производят нарезку борозд. При мощности 2-5 см гумусово-элювиальный горизонт полностью находится в отваливаемом пласте. При закладке лесопитомника после удаления пней участок полностью распахивают. Агротехнические приемы обработки почв приводят к изменению их свойств. Изучение таких почв позволяет оценить их агроэкологическое состояние.

Цель исследований: проведение мониторинга агрогенно преобразованных почв в северной и южной частях Тюменской области.

В таежной зоне объектом исследований была выбрана вырубка елово-соснового леса с примесью березы урочища Междуреченское Леушинского участкового лесничества Ханты-Мансийского автономного округа – Югры, подготовленная для посадки сосны кедровой сибирской. Почва – дерново-слабоподзолистая.

Образцы почвы отбирали в дне борозды, в отвале, за отвалом (место посадки саженцев кедра) и в лесу. В слое почвы 0-20 см в лесу солевая вытяжка имела кислую реакцию – 2.3 ед. рН, гидролитическая кислотность составляла 6.3 мг-экв./100 г почвы. Содержание гумуса в лесу и посадке было в пределах 1.7-1.8%, в борозде – 1.1-1.4%, отвале – 1.9-2.1%. Во всех точках отбора азот в аммонийной форме находился в виде следов. На дне борозды содержание нитратного

азота было самое низкое –29-34 мг/кг, в лесу – 34-35, посадке – 54-56, отвале – 65-70 мг/кг.

В лесостепной зоне объектом исследований послужил новый участок лесопитомника ЗАО «Загрос» Заводоуковского района, разработанный для выращивания посадочного материала сосны обыкновенной и ели сибирской. Почва – дерново-подзолистая.

Образцы почвы отбирали в лесу и лесопитомнике в междурядьях посадок сосны и ели. После вспашки изменялась обменная кислотность почвы, величина pH увеличивалась на 0.5 в слое почвы 0-20 см и на 0.7 в слое 20-40 см по сравнению со значением до вспашки. Особенно резкие различия по кислотности почвы между лесом и питомником наблюдались через год после вспашки. На третий год показатель обменной кислотности почвы леса выше, чем в почве питомника. Гидролитическая кислотность почвы после распашки уменьшилась в 4.2 раза в слое 0-20 см и в 3.6 раза в слое 20-40 см. В последующие годы различий в величине данного показателя в почве участка лесопитомника по сравнению с почвой леса не наблюдалось. Содержание гумуса в лесу в слое 0-20 см – 1.9%, 20-40 см – 0.4%. После распашки различие в содержании гумуса в этих слоях уменьшилось: 0-20 см – 1.0%, 20-40 см – 0.6%.

В северной и южной частях Тюменской области при проведении посадок саженцев и выращивании посадочного материала отмечаются изменения свойств почв хвойных лесов, так как нарушается расположение горизонтов почвенного профиля. При распашке дерново-подзолистой почвы начальный этап сопровождается увеличением минерализации легкоразлагаемых компонентов почвенного органического вещества, усиливаются процессы трансформации минералогического состава илстой части почвы и вымывания продуктов разложения органического вещества.

УДК 630*182.21+630*114.351

ИЗМЕНЕНИЕ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ АНТРОПОГЕННО НАРУШЕННЫХ ПОЧВ, ИМЕЮЩИХ РАЗЛИЧНУЮ ЛИТОЛОГИЧЕСКУЮ ОСНОВУ

Вдовиченко В.А.

Карельский НЦ РАН, Петрозаводск
E-mail: veronikavdovichenko@gmail.com

Актуальность исследовательской работы обусловлена решением задачи, направленной на выявление закономерностей изменения почвенных свойств под влиянием антропогенных факторов. Одним из наиболее деструктивных антропогенных факторов, оказывающих существенное влияние на структуру и породный состав таежных лесов,

является промышленная заготовка древесины. В результате интенсивного лесопользования на значительных территориях наблюдается замещение коренных лесов производными. Смена растительного покрова на вырубках сопровождается изменением направленности и скорости процессов трансформации как отдельных почвенных свойств, так и почвенного покрова в целом. В связи с этим необходимо проведение сопряженных исследований леса и почвы, направленных на выявление взаимосвязей между лесовосстановительными и почвообразовательными процессами, протекающими в различных экологических условиях.

Для реализации поставленных целей были подобраны два хронологических ряда, представленные начальными стадиями лесовозобновления после проведения рубок древостоев. Объектами исследования послужили ненарушенные сосняки черничные 120-летнего возраста, вырубки текущего года, а также производные древостои, формирующиеся на местах проведения рубок сосновых древостоев трех- и восьмилетней давности. Почвы первого ряда представлены подзолами иллювиально-железистыми, формирующимися на флювиогляциальных песках, второго – подбурами, формирующимися на глинистых сланцах.

В ходе исследования установлено, что в результате проведения лесозаготовительных работ происходит нарушение морфологического строения лесных подстилок, при этом более значительные нарушения присущи органогенным горизонтам подбуров. Изменение морфологического строения лесных подстилок в ходе послерубочных сукцессий протекает различно: на подзолах мощность органогенных горизонтов постепенно снижается с увеличением периода после проведения лесозаготовительных работ, на подбурах – по истечении трехлетнего периода снижается до минимальных показателей, затем постепенно возрастает. Воздействие лесозаготовительной техники при проведении сплошных рубок оказывает существенное влияние и на физические свойства почв. На вырубках наблюдается значительное уплотнение горизонтов корнеобитаемого слоя почв, снижается пористость, уменьшается аэрация и водопроницаемость. При этом воздействие лесозаготовительной техники в большей степени отражается на свойствах подзолов иллювиально-железистых, в то время как варьирование физических свойств подбуров относительно фоновых участков незначительно.

Для ненарушенных почв первого хронологического ряда характерно иллювиальное распределение органического вещества вниз по почвенному профилю, основное его содержание приурочено к лесной подстилке. С увеличением периода после проведения рубок древостоев происходит постепенное обогащение минеральных горизонтов органическим веществом, что приводит к увеличению степени насыщенности основаниями и снижению почвенной кислотности.

В первые три года после проведения рубок древостоев содержание органического вещества в лесных подстилках и органоминеральных горизонтах снижается за счет интенсивной гумификации и минерализации органического материала. При этом наблюдается увеличение насыщенности органиогенного горизонта обменными основаниями, что связано с мощностью и составом лесной подстилки. При достижении восьмилетнего возраста древостоев содержание органического вещества в данных горизонтах несколько возрастает относительно вырубок трехлетней давности за счет увеличения количества опада, поступающего на поверхность почвы, и его качественного состава. Что касается минеральных горизонтов, то на всех этапах лесовозобновления значительного обогащения не происходит. Показатели кислотности лесных подстилок, органоминеральных и минеральных горизонтов с увеличением давности рубок постепенно снижаются.

Финансовое обеспечение исследований осуществлялось из средств федерального бюджета на выполнение государственного задания ФИЦ Карельского НЦ РАН.

УДК 631.4

ОЦЕНКА КЛАССИФИКАЦИОННОГО, СУБСТАНТИВНОГО И ФУНКЦИОНАЛЬНОГО ПЕДРАЗНООБРАЗИЯ СЕРЫХ ЛЕСНЫХ ПОЧВ ЮГА МОСКОВСКОЙ ОБЛАСТИ НА ОСНОВЕ ДЕТАЛЬНОГО КАРТОГРАФИРОВАНИЯ

**Голованов Д.Л.¹, Сорокин А.С.¹, Красильников П.В.¹, Агаджанова Н.В.¹,
Головлева Ю.А.¹, Сидорова В.А.²**

¹ Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Москва
E-mail: dm_golovanov@mail.ru

² Институт биологии Карельского НЦ РАН, Петрозаводск

Для изучения и характеристики педоразнообразия почвенного покрова серых лесных почв был выбран ключевой участок, удовлетворяющий следующим условиям: 1) экотонное положение на границе дерново-подзолистых и серых лесных почв, обеспечивающее максимальное почвенное разнообразие; 2) достаточно высокая степень изученности объекта; 3) участок, не вовлеченный в сельскохозяйственное использование; 4) относительно сохранившиеся широколиственные леса или однородный контур мелколиственных лесов с широколиственным напочвенным покровом – широколиственные леса на стадии восстановления; 5) отсутствие окон разновозрастных вырубок и посадок хвойных лесов на месте лиственных; 6) приводораздельное положение участка. Большинству из этих требований удовлетворял ключевой участок «Сосновка», так называемый Озерский стационар Почвенного

института им. В.В. Докучаева. Ранее здесь изучалась неоднородность почвенного покрова преимущественно сельскохозяйственных угодий. Пестроте и контрастности почвенного покрова залесенных участков уделялось меньше внимания.

Объект исследования расположен к югу от р. Ока на северных склонах Среднерусской возвышенности в Заокской физико-географической провинции, которая входит в подзону широколиственных лесов и орошается притоками Оки – Осетром и др.

По предварительным данным полевого обследования почвы района исследования представлены дерново-подзолистыми, дерново-подзолистыми со вторым гумусовым горизонтом, серыми лесными, серыми лесными со вторым гумусовым горизонтом и темно-серыми лесными со вторым гумусовым горизонтом. Все почвы данного ландшафта относятся к отделу текстурно-дифференцированных. На территории полигона доминируют серые и темно-серые лесные почвы со вторым гумусовым горизонтом (ВГГ).

Существуют диаметрально противоположные гипотезы происхождения ВГГ: 1) актуалистическая, которая рассматривает ВГГ как результат иллювиирования гумусовых кислот на границе элювиально-иллювиальной толщ и 2) историко-эволюционная, согласно которой ВГГ являются реликтом более раннего темногомусового этапа почвообразования в голоцене. Последняя гипотеза получила наибольшее распространение и была аргументирована серией радиоуглеродных дат ВГГ, среди которых наиболее древние лежат в пределах 7-6 тыс. лет назад.

В соответствии с теорией Макеева (2012) почвы с ВГГ относятся к поверхностным палеопочвам, так как их формирование происходило в иных климатических условиях, свидетельством чего являются многочисленные реликтовые признаки.

В работе использовался широкий спектр методов исследования. Почвенные разрезы закладывались по случайно-регулярной сетке с шагом около 100 м на площади около 1 км². Всего заложено 93 разреза. Привязка почвенных разрезов осуществлялась с использованием навигатора Garmin. Детальное описание проводилось для опорных почвенных разрезов, в остальных разрезах замерялись мощности почвенных горизонтов, определялся цвет по шкале Манселла, отбирались образцы на влажность и объемный вес (плотность), общие анализы. Для выявления размеров элементарных почвенных ареалов (ЭПА) серых лесных почв с ВГГ вокруг двух опорных разрезов с контрастными почвами (дерново-подзолистыми и серыми лесными с ВГГ), расположенными на расстоянии 100 м друг от друга, были заложены дополнительные разрезы по сетке с шагом 25-35 м. Это позволило создать детальную почвенную карту с отображением ЭПА и оценить генетическое разнообразие почвенного покрова (ПП).

Погоризонтные и послонные карты содержания и запасов гумуса стали базой для оценки субстантивного разнообразия ПП.

Вокруг каждого почвенного разреза определялась плотность сложения – сопротивление пенетрации – с использованием пенетрологера фирмы Eikelkamp. Этот показатель наряду с влажностью и объемным весом послужил основой для выявления функционального разнообразия.

УДК 631.481

ФОРМИРОВАНИЕ ИКРЯНОЙ СТРУКТУРЫ В ТАЕЖНЫХ СУГЛИНИСТЫХ ПОЧВАХ НА ТЕРРАСАХ КРУПНЫХ РЕК ЗАПАДНОЙ И ВОСТОЧНОЙ СИБИРИ

**Головлева Ю.А.¹, Коркина Е.А.², Филлипов Н.В.³, Десяткин Р.В.³,
Красильников П.В.¹**

¹Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Москва
E-mail: Julango85@gmail.com

²Нижневартковский государственный университет, Нижневартковск

³Институт биологических проблем криолитозоны СО РАН, Якутск

Специфические слабодифференцированные почвы: в Западной Сибири – криометаморфические, в Восточной – палевые, расположенные на террасах крупных рек в зоне средней тайги, характеризуются наличием округлых агрегатов в срединных горизонтах, наблюдаемых в ходе микроморфологического исследования. При полевом описании в криометаморфических почвах они проявляются как икряная или творожистая структура, которой в палевых почвах не наблюдается. Данная работа выполнена с целью уточнения процессов почвообразования, приводящих к формированию специфической структуры в таежных суглинистых почвах Сибири.

Суглинистые почвы изучались на участках, расположенных на Северо-Сосьвинской возвышенности, Аганском Увале, Юганско-Ларьеганской возвышенной террасе и Приленском плато. Климат территории континентальный, изменяющийся от умеренного к резкому. В Западной Сибири среднегодовая температура составляет –4.–2 °С, средняя температура января –20 °С, июня 18 °С, годовое количество осадков – 580 мм. Почвообразующими породами являются эоловые отложения. В Восточной Сибири среднегодовая температура –10.2 °С, средняя температура января –38.6 °С, июля 19.5 °С, годовое количество осадков – 238 мм. В качестве почвообразующих пород выделяются суглинки, супеси, пески древнеаллювиального генезиса. Районы исследования относятся к зоне вечной мерзлоты: островного типа для Западной Сибири и сплошного типа для Восточной.

Для криометаморфических почв характерны буроватый цвет, средне- и тяжелосуглинистый гранулометрический состав, уплотненность, глинистые и глинисто-гумусовые кутаны, икряная структура в иллювиальном горизонте, переходящая в шлировую; во влажном состоянии – липкость и проявление тиксотропных свойств. Для палевых – бледно-желтый цвет, более легкий гранулометрический состав, глинисто-гумусовые и карбонатные кутаны, шлировая структура, часто сцементированная льдом в нижней части профиля.

Согласно классификации WRB, криометаморфические почвы были отнесены к реферативной группе Cambisols, палевые – к Cryosols.

Состав обменных катионов влияет на свойства почв, в частности, на способность к пептизации и агрегированию. Так, катион Na^+ имеет мощный диффузный слой, что приводит к смещению частиц друг относительно друга под влиянием механических сил или с током просачивающейся воды и, следовательно, пептизации тонкодисперсной части почв. У катионов Ca^{2+} и Al^{3+} , напротив, слабый диффузный слой: частицы находятся в связанном состоянии, в результате повышается степень агрегированности и водопрочности. В изучаемых почвах Западной Сибири высокое содержание Ca^{2+} и Al^{3+} , в Центральной Якутии – Ca^{2+} и Na^+ .

Влияние обменных катионов на илистую фракцию приводит к возможности формирования икряной структуры в условиях криогенеза: как наличия многолетнемерзлых пород, так и циклов промерзания-протаивания за счет сезонного действия холода.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 19-29-05259 «Посткриогенный педогенез Западно-Сибирской равнины».

УДК 579.222.4+551.312.2

СТРУКТУРА И ОСОБЕННОСТИ МИКРОБНЫХ СООБЩЕСТВ ПОЧВ ЛЕСОБОЛОТНЫХ ЭКОСИСТЕМ СРЕДНЕЙ СИБИРИ (КРАСНОЯРСКИЙ КРАЙ)

Гродницкая И.Д.¹, Пашкеева О.Э.¹, Дымов А.А.²

¹ Институт леса им. В.Н. Сукачева СО РАН, Красноярск
E-mail: igrod@ksc.krasn.ru

² Институт биологии ФИЦ Коми НЦ УРО РАН, Сыктывкар
E-mail: aadymov@gmail.com

Изучены микробиологические особенности верховых олиготрофных болот и заболоченных сосняков, расположенных в северной части междуречья Сым-Дубчес (среднетаежная подзона Приенисейской Сибири). Исследования проведены в районе научной обсерватории Института леса им. В.Н. Сукачева СО РАН – «Станции высотной мачты ЗОТТО» (пос. Зотино, Красноярский край).

Объектами послужили участки (Уч.) болотных массивов в окрестностях мачты Зотто, максимально приближенные к постпирогенным соснякам: Уч. 1 – сосново-кустарничково-сфагновое грядово-мочажинное болото, олиготрофная окрайка аапа болота; Уч. 2 – сосново-кустарничково-сфагновый; Уч. 3 – верховое, сосново-кустарничково-сфагновое болото; Уч. 4 – сосняк заболоченный, «высокий ярям» (гарь 2013 г.). В почвах всех участков на различной глубине обнаружены признаки пожаров (пирогенные слои). Изотопный состав углерода определен методом проточной масс-спектрометрии на элементном анализаторе Flash EA 1112. Микробиологическую активность торфяных почв определяли методом субстрат-индуцированного дыхания с помощью респирометрических показателей (базального дыхания, микробной биомассы – МБ, метаболического коэффициента – QR). Установлено, что верхние горизонты торфяников сложены в основном из сфагновых мхов, что способствует наличию кислой среды (рН 3.9-4.9) и низкой скорости разложения. Для торфяных горизонтов исследуемых почв характерна низкая степень насыщенности основаниями со значениями, не превышающими 10%, за исключением почвы Уч. 2 (14-16%). В составе почвенного поглощающего комплекса преобладают катионы кальция и магния при незначительной доле обменных форм натрия и калия.

На исследуемых участках отмечены отличия в содержании изотопов углерода. В составе почвенного органического вещества торфяных почв Уч. 1 содержание $\delta^{13}\text{C}$ составляет от -26.7 до -27.8‰ . Для Уч. 3 характерны близкие значения, однако на глубине 140-180 см наблюдается возрастание $\delta^{13}\text{C}$ до -24.1 – -25.3‰ несмотря на близкий ботанический состав торфов. В составе С верхнего пирогенного горизонта Уч. 4, пройденного пожаром шесть лет назад, выявлено наибольшее среди верхних генетических горизонтов содержание $\delta^{13}\text{C}$ (-26.7‰). Вертикальное распределение микроорганизмов на исследованных участках зависело от рН и ботанического состава торфа. В процессе разложения организмы принимают участие в основном ацидофильные олиготрофные бактерии. Все участки характеризуются низкой микробиологической активностью, на что указывают значения МБ. На Уч. 1 и 3 максимальные значения МБ приурочены к аэробной зоне (0-20 см) (77 и 131 мкг С/г почвы), однако в нижней части профилей (180-200 см – Уч. 1 и 240-250 см – Уч. 2) отмечено большее содержание МБ (45 и 41 мкг С/г почвы), чем в середине. Микробное дыхание соответствовало их МБ – максимальные значения отмечены в слое 0-20 см (4.3 и 5.4 мкг С-СО₂/ (г ч). На Уч. 2 и 4 содержание МБ различалось: максимальные значения отмечены в верхних горизонтах, минимальные – в самых нижних. На Уч. 4 слой 0-1 см (пух) выделялся наибольшим значением МБ (1746 мкг С/г почвы), в слое 47-60 см также повышено ее содержание (605 мкг С) из-за присутствия железа

и, вероятно, активности железоредуцирующих микроорганизмов. Микробное дыхание в почве всех участков существенно снижалось с глубиной профиля, указывая на ограничение деятельности гетеротрофов и переход на другие механизмы разложения органики. Значения QR, коэффициента удельного микробного дыхания, в аэробной зоне всех участков превышали таковые анаэробной в 2.2-3 (Уч. 1 и 3) и 1.6-2.9 раза (Уч. 2 и 4). Колебания значений этого коэффициента указывают на неравномерную деструкцию органики на разных глубинах торфяников, что в целом характерно для таких почв.

Исследования выполнены при финансовой поддержке РФФИ № 19-29-05111мк.

УДК 631.4

ЛЕСНЫЕ ПОЧВЫ КАК БИОКОСНЫЕ СИСТЕМЫ В УСЛОВИЯХ ТИПИЧНОЙ ЛЕСОСТЕПИ

Девятова Т.А., Алаева Л.А., Негрובה Е.А.

Воронежский государственный университет, Воронеж

E-mail: liliya-250477@yandex.ru

В настоящее время особый научный интерес вызывают проблемы сохранения, защиты и восстановления лесов. Географическое положение Воронежской области на стыке лесостепной и степной природных зон предопределило крайне неравномерное распределение лесопокрытой площади. Наиболее благоприятные условия для произрастания дубрав складываются в лесостепной части области. Здесь сформированы достаточно устойчивые островные лесные формации на плакорах – дубравы, носящие зональный характер. В них состав растительности представлен такими древесными породами, как дуб (*Quercus robur* L.), клен (*Acer platanoides* L.), липа (*Tilia cordata*). В травянистом покрове – копытень (*Asarum europaeum*), звездчатка (*Stellaria media*), осока (*Carex pilosa*), сныть (*Aegopydium podagraria*), купена (*Polygonatum odoratum*). На лесовидных суглинках и глинах формируются темно-серые и серые суглинистые почвы. Генетический профиль почв состоит из горизонтов O 1-2 см, AU 0-30 см, AUe 30-50 см, BEL 50-100 см, BT_с 100-120 см, C_с 120 см и глубже.

Почвы, согласно учению о биосфере В.И. Вернадского, относятся к биокосным системам, т.е. сформировались в результате преобразования косного вещества живыми организмами. Лесные почвы проходят сложный путь генезиса под древесной растительностью, что находит отражение в морфологическом строении серых лесных почв. Основой косного вещества являются почвообразующие породы – покровные суглинки, которые залегают на поверхности моренных отложений,

а также могут подстилаться флювиогляциальными и древнеаллювиальными отложениями. К ним относятся все лессовидные отложения, обычно малой мощности. Они имеют палевую, желто-палевую окраску, слоистое сложение, тонкую пористость. Гранулометрический состав – пылеватые суглинки и пылеватые супеси. Главная фракция – крупнопылеватая (0.05-0.01 мм). Ее содержание может достигать 35%. Содержание песчаных фракций (>0.05 мм) составляет около 20%, суммарное количество пылеватых и глинистых фракций 75-77%. Количество илистой фракции колеблется от 10 до 35%.

«Био»-составляющая серых лесных почв как биокосных систем включает органогенные горизонты (лесная подстилка, дерновый горизонт, гумус органогенных горизонтов) и совокупность всей почвенной фауны, обитающей в них.

Лесная подстилка в серых лесных почвах относится к типу «мор», мощностью до 3 см. В лесных почвах это основной источник поступления органических соединений в почву, поэтому от ее мощности и скорости разложения зависит гумусовый потенциал данных почв. Дерновый горизонт густо переплетен корнями травянистой растительности, может достигать 12-15 см. Он служит транзитным горизонтом между лесной подстилкой и гумусовым горизонтом, выполняет протекторную функцию, особенно в условиях нагорных и байрачных дубрав, где вероятность эрозионных процессов особенно высока.

Максимальное содержание гумуса серых лесных почв сконцентрировано в верхней части профиля в горизонте AU и составляет 4-5%, так как основным поставщиком органических соединений является лесная подстилка. Глубже происходит резкое снижение до 2% и менее. Тип гумуса – гуматно-фульватный с отношением Сгк : Сфк = 1.23-1.45. Гуминовые кислоты (56.5%) характеризуются высоким содержанием их прочно связанных фракций (36.5%) и гуматов кальция (60.9%).

Почвенная фауна беспозвоночных животных серых лесных почв представлена преимущественно семейством Lumbricidae. Наиболее массовым видом данного семейства является *Dendrobaena octaedra*, как субдоминант можно выделить *Lumbricus terrestris*. Наибольшая численность характерна для них в начале и середине мая, наименьшая – в середине июля. Оба вида относятся к группе космополитов.

Таким образом, серые лесные почвы как биокосные системы представляют собой динамично развивающийся эдафотоп островных лесных экосистем типичной лесостепи. Комплексные мероприятия по сохранению и рациональному использованию лесов будут способствовать многолетнему устойчивому их функционированию.
УДК 631.4

ВЛИЯНИЕ НАГРЕВА И ИССУШЕНИЯ НА АКТИВНОСТЬ ПОЧВЕННОГО МИКРОБНОГО СООБЩЕСТВА

**Дударева Д.М.¹, Квиткина А.К.¹, Юсупов И.А.², Быховец С.С.¹,
Евдокимов И.В.¹**

¹Институт физико-химических и биологических проблем почвоведения РАН,
Пушино

E-mail: darya_dudareva@mail.ru

²Ботанический сад УрО РАН, Екатеринбург

E-mail: iausupov@mail.ru

Глобальные изменения климата относятся к числу наиболее актуальных проблем, стоящих перед современной цивилизацией. На региональном уровне глобальные изменения климата, как предполагается, оказывают влияние на функционирование лесных экосистем. Например, это влияние проявляется в виде достаточно резких изменений абиотических факторов, прежде всего температуры и количества осадков, с появлением не характерных для данного региона величин. Участки экосистем вблизи факелов сжигания попутного газа могут использоваться для проведения квази-манипуляционных экспериментов, в которых моделируется влияние будущего потепления климата на почву и растения.

Целью нашего исследования было оценить тепловое и иссушающее воздействие факелов попутного газа на биологическую активность микробного сообщества подзолистых почв. Мы предположили, что на участке почвы с максимальным воздействием факела (ближайшем к факелу) должно наблюдаться угнетающее воздействие повышенной температуры и иссушения.

В окрестностях г. Покачи на территории Покачевского лесничества (ХМАО-Югра) в 2000 г. была заложена пробная площадь в сосняке лишайниковом, произрастающем в сухих дренированных условиях на подзолистых почвах. Пробная площадь была разделена на семь секций. Ширина каждой секции составила 10 м, длина – около 60 м. На расстоянии 70 м от внешней границы ближайшей к факелу секции I находится действующий факел попутного газа. Отбор проводился в секциях I, III и VII в пяти биологических повторностях.

В ходе исследования проводилось измерение базального дыхания, при котором происходило его увеличение по мере удаления от факела – с 3.9 (секция I) до 9.6 (секция VII) мкг С-СО₂/(г почвы ч). Минимальное значение почвенной микробной биомассы было обнаружено на ближайшей к факелу секции I (673 мкг С/г почвы), максимальное – посередине пробной площади в секции III (1057 мкг С/г почвы), где уже не происходило значительного иссушения почвы. Данные тенденции к угнетению активности микробного со-

общества вблизи факела сохраняются и в долговременном (свыше 700 сут.) инкубационном эксперименте с почвой при температурах 2, 12 и 22 °С. Было выявлено, что константы скорости разложения органического вещества k также увеличиваются по мере удаления секции от факела, т.е. от источника нагревающего и иссушающего воздействия, причем почва вблизи факела продемонстрировала минимальную чувствительность дыхательного отклика к температуре предварительной инкубации в начале эксперимента.

Таким образом, секция I с максимальным тепловым и иссушающим воздействием факела показала: 1) минимальные значения как для базального дыхания, так и для микробной биомассы; 2) четко выраженные признаки адаптации микробного сообщества к экстремальным погодным условиям. Итак, наша рабочая гипотеза об угнетающем воздействии факела на биологическую активность почвы подтвердилась.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (грант № 20-04-00343-а).

УДК 631.4

ИЗМЕНЕНИЯ ПОДЗОЛИСТЫХ ПОЧВ ЮЖНОГО ТИМАНА ПОД ВОЗДЕЙСТВИЕМ КОЛЕСНОЙ ЛЕСОЗАГОТОВИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ ПРИ ЛЕТНИХ ЛЕСОЗАГОТОВКАХ

Дымов А.А.^{1,2}, Старцев В.В.¹, Кутявин И.Н.¹, Дубровский Ю.А.¹, Боков И.А.²

¹ Институт биологии ФИЦ Коми НЦ УрО РАН, Сыктывкар

E-mail: aadymov@gmail.com

² Сыктывкарский государственный университет им. П. Сорокина, Сыктывкар

Лесозаготовительные мероприятия являются важнейшим фактором трансформации лесных экосистем. В последние 10-летия наблюдается существенное переоснащение парка лесозаготовительной техники. Хлыстовая заготовка древесины повсеместно замещается сортиментной. Но при этом существуют лишь единичные работы по оценке воздействия тяжелой лесозаготовительной техники на почвы и возобновление лесной растительности. В связи с этим цель данной работы заключалась в оценке влияния колесной лесозаготовительной техники на почвы и последующее лесовосстановление.

Исследования проводили на территории Усть-Куломского района Республики Коми. Для исследований было подобрано девять летних делянок с различным возрастом, прошедшим после рубки (от одного года до 11 лет). Участки были подобраны с близкими геоморфологическими условиями, исходном типом леса и гранулометрическим составом почв. В ходе проведения работ технологические элементы

вырубок (пасечные участки, пасечные волокна, магистральные волокна) оценивались отдельно. На каждом технологическом элементе лесосеки было заложено по три площадки с оценкой морфологических и физических свойств почв, состава напочвенного покрова, характера лесовозобновления.

Выявлено, что в почвах пасечных участков активизируются процессы заболочивания, оглеения, увеличивается подвижность почвенного органического вещества. Почвы пасечных и магистральных волоков подвержены существенным механическим нарушениям. Глубина колеи в почвах пасечных волоков составляет от 0 до 30 см, в магистральных волокнах она варьирует от 10 до 40 см. Переуплотнение (от 7 до 28% по сравнению с пасечными участками) выявлено для верхних минеральных горизонтов почв магистральных и пасечных волоков. В колеях волоков формируются различные подтипы турбоземов (грубогумусированные, глеевые, глееватые). Турбированные и переуплотненные горизонты сохраняются как минимум в течение одного 10-летия, но при этом хорошая выраженность морфологических признаков свидетельствует о более высокой сохранности механических нарушений.

Обследование лесовозобновительного процесса на вырубках различных лет показало неоднородность в его составе и густоте. В первый год после рубки возобновление идет преимущественно хвойными породами, сохранившимися под пологом вырубленных еловых древостоев. На четвертый и последующие годы в составе начинает преобладать мелколиственный, преимущественно березовый подрост. Осина в возобновлении преобладает на вырубках с оставленными в недорубе крупными материнскими деревьями этой же породы. Жизненное состояние хвойного подростка в первый год после рубки характеризует его как ослабленный, в последующие годы состояние улучшается. Наилучшее возобновление на волокнах идет в межколейном пространстве и краям волоков, в тех участках, где не происходит существенное переуплотнение, но при этом отсутствует подстилочный горизонт. На пасечном пространстве возобновление идет более медленно, что связано с сильным зарастанием травянистой растительностью, оставленными порубочными остатками и отсутствием полос минерализации. В колейном пространстве лесовозобновительный процесс слабый или полностью отсутствует. Выявлено, что флористический состав сообществ вырубок по сравнению с фоновыми сообществами меняется незначительно, более выраженные изменения происходят в структуре нижних ярусов растительных сообществ. При анализе растительности разных элементов вырубок показано, что все исследуемые параметры являются более консервативными на пасеках благодаря тому, что на этих участках вырубок не происходит сильного повреждения напочвенного покрова, в то время как общая площадь и видовое разноо-

бразие сосудистых растений на пасечных и магистральных волоках варьируют в широких пределах из-за значительных нарушений, вызванных проездами лесозаготовительной техники.

УДК: 550.424.4; 631.416.9

СЕЗОННАЯ ВАРИАБЕЛЬНОСТЬ СВОЙСТВ И ЭЛЕМЕНТНОГО СОСТАВА СОПРЯЖЕННЫХ ПО КАТЕНЕ ПОЧВ В ЦЕНТРАЛЬНО-ЛЕСНОМ ЗАПОВЕДНИКЕ (ТВЕРСКАЯ ОБЛАСТЬ)

Енчилик П.Р., Семенов И.Н., Касимов Н.С.

Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Москва

E-mail: polimail@inbox.ru

Для оценки пространственной изменчивости физико-химических свойств и содержания As, Cd, Co, Cr, Fe, Mn, Mo, Ni, Pb, Sb, Ti, U, Zn и Zr в подзолистых и дерново-подзолистых почвах под смешанными хвойно-широколиственными лесами южнотаежных ландшафтов Центрально-Лесного заповедника изучена ландшафтно-геохимическая катена. Проанализирован элементный состав почв и содержание подвижных форм методом параллельной экстракции с масс-спектрометрическим и атомно-эмиссионным с индуктивно связанной плазмой окончанием. Непрочно связанные соединения экстрагировали тремя параллельными вытяжками: ацетатно-аммонийным буфером (ААБ) с рН 4.8, ААБ с 1% -ной этилендиаминтетрауксусной кислотой и 1н HNO₃. Почвы катены имеют хорошо различимые горизонты ВТ и ЕL, суглинистый состав, элювиально-иллювиальное распределение величины рН.

В сопряженном ряду почв Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb, Sr, Ti, Zn и Zr выносятся из подчиненных ландшафтов. В гумусовом горизонте почв склона и днища временного водотока относительно междуречья повышено содержание обменных Ni, Cu, Sr и Zr, комплексных соединений Ni, Cu и Zn и понижено – обменных Co, Cr, Pb, Ti и Zn, комплексных – Cr, Ti и Co, а также сорбированных – Mn, Ni, Zn, Pb и Zr.

С увеличением температуры и количества осадков с мая по конец июня снизились значения рН при накоплении гумуса в органических горизонтах. Изменение условий ($p < 0.001$ парного теста Мана-Уитни в выборках, характеризующих май, июнь, сентябрь и ноябрь) повлияло на рост содержания комплексных соединений As, Ni, Pb, Zn и общего содержания Cr, Sb. Снижение значений рН привело к большей подвижности Fe, Mn и Sr и уменьшению общего содержания Mn, а также Sr и As.

С июня по сентябрь при снижении температуры и количества

осадков возросла щелочность, что привело к уменьшению содержания подвижных форм многих элементов: обменной – Co и Cu, органоминеральных – Cr, сорбированных гидроксидами Fe и Mn – Mo, Sb, а также остаточной и общей формы Zr. Содержание обменных Cr, Fe, Zr, органоминеральных соединений Zr, остаточной фракции Fe, Sr и общего содержания Fe увеличилось.

С сентября по ноябрь при снижении температуры и количества осадков содержание обменных As, Zr, комплексных соединений As, Mo, Ni, Pb и сорбированных Mo, Ti, Zr уменьшилось, а органоминеральной Cu, сорбированных Sb и Sr, силикатного Zr и общего содержания Fe, Mn, Ti возросло.

С ноября по май увеличилась температура воздуха, общее содержание Cr и Pb. Снизилось количество осадков, общее содержание Fe и Sr и органоминеральной фракции Mo.

Сезонные изменения больше всего влияют на кислотные свойства почв: летом значения pH ниже, чем осенью и весной. Поэтому летом происходит рост содержания подвижных соединений большинства изученных элементов: обменных соединений As, Ni, Pb, Zn, комплексных – Cr, As, Mo, Ni, Pb, сорбированных – Mo, Sb, Cd, Cu, Fe, Mo, Ti и Zr.

Большой сезонной дифференциацией отличаются обменные соединения Cr, комплексные – Cu, Mo, As, Ni и Zr, сорбированные – As, Mo Sb и Zr, остаточные – Fe и Zr и общее содержание Fe, Mn и Ti, для которых более чем в трех случаях p value <0.001 . Меньше всего сезонные изменения влияют на соединения U и Cd.

Полевые работы выполнены в рамках проекта РГО-РФФИ № 17-05-41036 (договор № 04/2019/РГО-РФФИ), обобщение данных – в рамках проекта РНФ № 19-77-30004.

УДК 631.412

ОСОБЕННОСТИ СВОЙСТВ ПОЧВ ПОД ЛЕСНЫМИ КУЛЬТУРАМИ УЧИНСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА МОСКОВСКОЙ ОБЛАСТИ

Зенкова И.В.

Всероссийский НИИ лесоводства и механизации лесного хозяйства, Пушкино
E-mail: myrtic@mail.ru.

При создании лесных водоохраных полос Учинского водохранилища 80% земель под посадку лесных культур занимали пашни и огороды. При обследовании этих культур под ними обнаружены так называемые постагрогенные дерново-подзолистые почвы, диагностическим признаком которых является естественная дифференциация

бывшего пахотного слоя по свойствам на горизонты с сохранением нижней границы пахотного слоя. Учинское водохранилище было создано в 1937 г. в системе сооружений канала им. Москвы и является отстойным резервуаром для воды, поступающей из р. Волга в г. Москва. В 1939-1940 гг. по его берегам были созданы лесные культуры с целью закрепления берегов от размывов и предотвращения заиливания водохранилища. Всего было применено 14 схем смешения различных древесных и кустарниковых пород. Объектом наших исследований были почвы под одной из схем посадок, а именно под тополево-вязово-рябиновыми культурами. Основные изменения, происходящие в постагrogenных дерново-подзолистых почвах, охватывают бывшую пахотную толщу, поэтому акцент в исследованиях был сделан на характере изменения постагrogenного пахотного горизонта. В качестве контроля над изменениями свойств почв был взят пахотный горизонт поля, находящегося в севообороте и граничащего с лесными культурами. На сегодняшний день исследуемое насаждение представляет собой тополево-вязово-березовые культуры с явным преобладанием березы и вяза. Береза, которая сейчас встречается в рядах тополя, была посажена, вероятно, при дополнении культур. Для характеристики изменений пахотных почв под влиянием лесной среды на поле и на пробной площади в тополево-вязово-березовых культурах нами были заложены почвенные разрезы с прикнопками в 10-кратной повторности. Было произведено подробное морфологическое описание почв по сформировавшимся генетическим горизонтам, взяты образцы для проведения химического и физического анализа почв, при этом были использованы традиционные методы анализа, принятые в почвоведении.

При проведении сравнительного анализа агродерново-подзолистой и постагrogenной дерново-подзолистой почв на покровных суглинках было выявлено следующее: химический анализ почвенных образцов пахотной толщи, взятых послойно через каждые 10 см, показал однородность слоя по основным показателям: $pH_{\text{сол.}}$ составило 6.1 ± 0.3 , что соответствует нейтральной реакции почвенной среды; гидролитическая кислотность составила 2.6 ± 0.01 мг-экв./100 г почвы, поглощенные основания – 11 ± 1.86 мг-экв./100 г почвы; степень насыщенности основаниями составила 80.8%. Содержание гумуса – $0.97 \pm 0.05\%$, одинаковое во всех трех слоях пахотной толщи. Однако, была выявлена дифференциация пахотного горизонта по плотности (от 1.17 до 1.5 г/см³ сверху вниз), структуре (преобладающие размеры агрегатов увеличивались с глубиной) и новообразованиям: в слое 20-30 см были обнаружены железисто-марганцевые конкреции.

В постагrogenных почвах под лесными культурами в пределах постагrogenной толщи было выделено три горизонта: AY-AY/ELpa-ELpa. Горизонты различаются по цвету, структуре и плотности. Хорошо

видна граница старопахотного горизонта. Мощность постагрогенной толщи в исследуемых почвах колеблется в пределах 24-30 см. Анализ физико-химических свойств показывает дифференциацию бывшей пахотной толщи по следующим показателям: содержание гумуса в серогумусовом горизонте за период роста леса возросло до 3%, pH верхнего серогумусового горизонта изменилась от нейтральной до среднекислой, плотность горизонта АУ составила 0.93 г/см³.

УДК 630*114

ЗАПАСЫ УГЛЕРОДА В БУРОЗЕМАХ КЕДРОВНИКОВ ЮЖНОГО СИХОТЭ-АЛИНЯ

Иванов А.В.¹, Бакина У.О.², Семаль В.А.^{2,3}, Толстикова В.Ю.¹, Перов Н.К.¹

¹ Приморская государственная сельскохозяйственная академия, Уссурийск
E-mail: aleksandr86@mail.ru

² Дальневосточный федеральный университет, Владивосток
E-mail: semal.va@dvfu.ru

³ ФНЦ Биоразнообразия наземной биоты Восточной Азии ДВО РАН,
Владивосток
E-mail: semal.va@dvfu.ru

Одним из негативных последствий потепления климата является усиление эмиссий углекислого газа из почв по всему миру. Изменение этого мощнейшего потока в биогеохимическом цикле углерода, который в несколько раз превышает все антропогенные эмиссии, с одной стороны приведет к сокращению запасов углерода в почвенной органике, с другой стороны – к усилению парникового эффекта. Пространственная гетерогенность почвенного покрова, специфическое взаимодействие почв и растительности на фоне изменчивых управляющих воздействий (в лесном и сельском хозяйстве) и учащающихся аномальных природных явлений делают моделирование и прогнозирование изменений цикла углерода очень сложным и требуют накопления достаточно объемной базы эмпирических данных. В южной части Дальнего Востока России (Приморье) углеродные функции лесных экосистем почти не изучены. Одновременно Приморский край имеет высокую лесистость (75%), развитую лесозаготовительную промышленность, значительные площади лесов, нарушенных пожарами и ветровалами. Лесные растительные сообщества в регионе сформированы преимущественно на буроземах (Cambisols) и в горном рельефе – склоны и террасы Сихотэ-Алиня. Почвы сильно- и очень сильноскелетные (до 80%), с маломощным гумусовым горизонтом, но с высокими запасами гумуса, что делает их особенно уязвимыми для таких нарушений, как, например, лесосечные работы. Наше длительное исследование направлено на оценку запасов и потоков углерода

в лесах Приморского края с разной степенью и видами нарушений. На лесном участке Приморской государственной сельскохозяйственной академии (28.8 тыс. га) в формации кедровых лесов (доля кедра корейского 40-50%) были заложены четыре пробные площади (ПП) размером 50×50 м, отличающиеся средним возрастом кедра – 50, 80, 130 и 200 лет. На каждой ПП оценивали запасы углерода в четырех пулах, согласно методике МГЭИК: фитомассе, мертвой древесине, лесной подстилке и почве; было заложено четыре почвенных разреза, из каждого горизонта отобраны образцы почв как насыпные, так и в ненарушенном состоянии (мезомолиты). В лабораторных условиях определялся гранулометрический состав (утяжеление вниз по профилю от суглинка среднего до глины средней), содержание общего углерода (до 7% в АУ), кислотность (водная, гидролитическая), степень насыщенности основаниями (средняя) и емкость катионного обмена. По известным мощности, плотности, объему включений и содержанию углерода определяли запасы углерода в толще 40 см в тоннах С на 1 га. Запасы составили 100.0, 68.8, 53.3 и 42.3 т С/га в кедровниках 50, 80, 130 и 200 лет соответственно; доля углерода почв в общем запасе составила соответственно 41, 35, 29 и 20%. В среднем запасы углерода в лесных почвах юга Сихотэ-Алиня ниже, чем в северных регионах России. Ввиду высокой продуктивности лесов большая часть углерода здесь сосредоточена в фитомассе. Большое количество осадков, выпадающих неравномерно, фрагментация лесов из-за развития инфраструктуры, работа тяжелой техники на лесозаготовке (даже при выборочных рубках) являются факторами уменьшения углеродной емкости почв Сихотэ-Алиня и представляют угрозу для углеродных функций лесов в регионе.

УДК 631.4

СВЯЗЬ ВИДОВОГО РАЗНООБРАЗИЯ РАСТЕНИЙ С БИОЛОГИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТЬЮ И ХИМИЧЕСКИМ СОСТАВОМ ВЕРХНЕГО СЛОЯ ПОЧВЫ ЕЛОВЫХ ЛЕСОВ ПЕЧОРО-ИЛЫЧСКОГО ЗАПОВЕДНИКА

Квиткина А.К.¹, Дударева Д.М.¹, Смирнов Н.С.²

¹ Институт физико-химических и биологических проблем почвоведения РАН,
Пушино

E-mail: aqvia@mail.ru

² Печоро-Илычский государственный заповедник, Якша

Растения напочвенного покрова влияют на биологические и химические свойства почвы, в том числе и через корневую экссудацию, поступление листовой и корневой подстилок. Состав и качество поступающих в почву веществ зависит от биохимических особенностей

растений и условий вегетации, следовательно, в каждом растительном сообществе сочетание видов и поступающих от них веществ будет специфичным. В данном исследовании изучается взаимосвязь между видовым составом растительных сообществ, микробными свойствами и содержанием элементов верхней части гумусового горизонта почвы в бореальных лесных экосистемах.

Предполагается, что типы сообществ различаются за счет состава травяного покрова. Гипотезы: 1) микробная биомасса и химические свойства связаны с видовым разнообразием растений, 2) микробная биомасса и химические свойства относятся к определенным растительным сообществам или видам растений, 3) микробная биомасса и химические свойства связаны с высотным градиентом.

Участки были выбраны в предгорной части Печоро-Илычского заповедника, Уральские горы, 62-63° с.ш., 58-59° в.д., перепад высот 250-400 м над ур.м., в нижнем течении малой р. Большая Порожная (приток р. Печоры), где на небольшой территории сформированы пять различных травяных сообществ. Образцы верхнего слоя почвы (0-5 см) и лесной подстилки были отобраны из межкронового пространства елово-пихтовых лесов с сосной сибирской и березой (далее – ельник): в ельнике бореально-высокотравном (3 обр.), мелко-травно-зеленомошном (3 обр.), кустарничково-долгомошном (4 обр.), чернично-зеленомошном (3 обр.) и крупнопоротниковом (3 обр.).

В отобранных образцах измеряли углерод микробной биомассы методом субстрат-индуцированного дыхания, базальное дыхание, рН С, N и содержание элементов (S, P, Ca, Mg, K, Si, Ti, Mn). Участки (10×10 м) были выбраны для описания биоразнообразия растений. Анализ проводился методом MNS.

Не было обнаружено связи между микробной биомассой, базальным дыханием, видовым разнообразием растений и высотой в связи с тем, что высокотравные сообщества встречаются как в низинах ближе к реке, так и на плато, ближе к водоразделу.

Наиболее высокой микробной биомассой отличались ельники с наибольшим видовым богатством растений: бореально-высокотравный и мелко-травно-зеленомошный. Сфагновая секция включала среднее количество видов и характеризовалась средними показателями микробиологической активности. Наиболее низкими значениями содержания микробной биомассы и малым количеством видов отличались крупнопоротниковый и чернично-зеленомошный ельники.

Микробная биомасса оказалась тесно связана с видами высокотравья (*Aconitum septentrionale* Koelle, *Crepis paludosa* (L.) Moench, *Rubus saxatilis* L., *Thalictrum minus* L., *Valeriana officinalis* L., *Filipendula ulmaria* L., *Geranium* spp., *Paris quadrifolia* L.). Эти виды указывают на повышение рН почвы, увеличение содержания Ca, Mg и S в почве и уменьшение содержания Si и Ti. Напротив, в моховых

сообществах увеличивалось содержание Si и Ti. Содержание калия увеличивалось в почве как крупнопоротниковых, так и высоко-
травных сообществ.

Таким образом, увеличение видового разнообразия растений сопровождалось ростом содержания микробной биомассы вместе с S, Ca, Mg, pH в направлении высокотравного сообщества.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ № 20-04-00343.

УДК 631.4

ВЛИЯНИЕ ЛЕСОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ НА ЛЕСНЫЕ ПОЧВЫ

Кормилицына О.В., Бондаренко В.В.

Мытищинский филиал МГУ им. Н.Э. Баумана, Мытищи

E-mail: ovkorm68@yandex.ru

Одним из основных принципов ведения лесного хозяйства является обеспечение многоцелевого, рационального, непрерывного, неистощительного использования лесов, что достигается проведением мероприятий по охране, защите, воспроизводству лесов.

Проведение рубок и воздействие связанных с ними технологических процессов приводит к нарушению почвенного покрова. В этих условиях эффективность мероприятий по лесовосстановлению во многом зависит от подготовки почвы с учетом климата, рельефа, гидрологических условий и особенностей строения и свойств лесных почв, их водного и воздушного режимов. При проведении лесовосстановительных работ в зоне хвойно-широколиственных лесов осуществляют механическую сплошную или частичную обработку почвы. На дерново-подзолистых почвах с помощью плуга ПКЛ-70 проводят нарезку борозд глубиной до 15 см, шириной 70 см, расстоянием между центрами борозд 2.0-2.5 м и осуществляют посадку семян в дно борозды. На дерново-подзолисто-глеевых почвах проводят посадку семян в предварительно подготовленные микроповышения высотой 20-30 см. Для изучения особенностей изменений свойств почв после проведения посадки семян в борозды были выбраны участки вторичных еловых насаждений разного возраста (от одного года до 63 лет) на территории Щелковского учебно-опытного лесхоза МФ МГУ им. Н.Э. Баумана, расположенного в северо-восточной части Московской области. Почвенные разрезы были заложены на пробных площадях, однородных по типу леса и условиям местопроизрастания. Таким образом, удалось провести сравнительный анализ свойств лесных почв, подверженных влиянию лесовосстановления, от момента посадки

сеянцев ели до IV класса возраста вторичных еловых насаждений и естественных еловых насаждений этого же класса возраста (контроль). Технология посадки сеянцев в дно борозды на дерново-подзолистых почвах обоснована необходимостью сохранения в автоморфных условиях дополнительного объема влаги. Однако, посадка сеянцев в большинстве случаев производится в элювиальный горизонт, обладающий неблагоприятными лесорастительными свойствами. В процессе роста и развития вторичных еловых насаждений происходит накопление и разложение органического вещества. В результате этого процесса верхняя часть элювиального горизонта приобретает серовато-белесый цвет и наблюдается постепенное формирование современного гумусового горизонта. В профиле почвы также выделяются унаследованные гумусированные линзы и пятна, расположенные в верхней части текстурного горизонта. На участках вторичных еловых насаждений мощность современного гумусового горизонта не превышает 4.0 см, среднее содержание гумуса $1.58 \pm 0.05\%$, плотность почвы 1.09 ± 0.02 г/см³. Контрольные значения показателей гумусового горизонта следующие: мощность около 13 см, содержание гумуса $2.03 \pm 0.08\%$; плотность почвы 1.07 ± 0.02 г/см³. Используя полученные данные, и учитывая долю, занятую бороздами на единице площади, равную 0.32, были определены значения запасов углерода на участках вторичных и естественных еловых насаждений, которые составили 1.28 и 5.24 т/га соответственно. Таким образом, за более чем 60-летний период мощность, содержание гумуса и запас углерода в современном гумусовом горизонте не достигают значений, характерных для естественного гумусового горизонта еловых насаждений лесорастительной зоны хвойно-широколиственных лесов.

УДК 631.48

ОЦЕНКА ВОЗДЕЙСТВИЯ ИСКУССТВЕННЫХ ЛЕСНЫХ НАСАЖДЕНИЙ НА ГОРНО-ЛУГОВЫЕ ПОЧВЫ КРЫМСКИХ ЯЙЛ

Костенко И.В.Никитский ботанический сад – Национальный научный центр РАН, Ялта
E-mail: ik_64@bk.ru

Для повышения водонакопительной способности карстовых массивов Горного Крыма в период с 1957 до 1970-х гг. прошлого столетия на поверхности крымских плато или яйл (горных пастбищ) было создано около 3 тыс. га искусственных лесных насаждений.

Для оценки воздействия древесных пород на свойства горно-луговых почв были проведены исследования под насаждениями осины обыкновенной, груши домашней и ели европейской на Ай-Петринской

яйле (1080-1160 м), а также под насаждениями сосны обыкновенной на других крымских плато – Бабуган (1434 м), Долгоруковской (738 м) и Тырке яйлах (1070 м над ур.м). Яйлы характеризуются среднегодовым количеством осадков на высотах более 1000 м в пределах 1000-1200 мм, 700-800 мм – около 800 мм. В ходе исследований под каждым из насаждений и рядом под луговой растительностью из слоя 0-10 см было отобрано по пять почвенных образцов.

На Ай-Петринской яйле в почве под осиной наблюдалось более высокое содержание глыбистой фракции (>10 мм) по сравнению с лугом. Под грушей и елью различий в структурном состоянии почв не отмечено. Под сосной содержание таких агрегатов достоверно превышало их количество под лугом в 4-9 раз.

Облесенные почвы содержали меньше общего органического углерода по сравнению с необлесенными, однако достоверными эти различия были только для участка на Долгоруковской яйле. Более высокая кислотность наблюдалась под большинством насаждений, кроме сосны на Долгоруковской яйле, произрастающей в наименее влажных условиях, и на самом высокогорном участке на Бабугане, где растения были сильно изреженными и продуцировали небольшое количество опада. Наибольшее увеличение гидролитической кислотности (с 3.2 до 10.6 смоль(+)/кг) и снижение рН (с 5.47 до 4.16) наблюдалось под елью. Увеличение кислотности облесенных почв закономерно привело к снижению степени насыщенности их основаниями.

Создание искусственных лесных насаждений способствовало накоплению в почве подвижных форм микроэлементов, переходящих в аммонийно-ацетатную вытяжку с рН 4.8. Увеличение содержания свинца наблюдалось под всеми породами и на всех участках, кроме изреженных насаждений сосны на Бабугане. Наибольшая разница между облесенными и необлесенными почвами наблюдалась под елью (1.84 и 0.52) и под сосной на Долгоруковской яйле (0.52 и 0.33), а наименьшая – под сосной на Бабугане (1.75 и 1.77 мг/кг). Причины увеличения подвижности свинца под сосной на Долгоруковской яйле не ясны, поскольку кислотность, влияющая на подвижность металлов в почве, после многолетнего произрастания насаждений по сравнению с лугом на данном участке не изменилась. Произрастание леса способствовало некоторому увеличению подвижности марганца, однако достоверные различия по сравнению с лугом наблюдались только под насаждениями ели (8.4 и 5.1 мг/кг). Достоверное увеличение содержания меди отмечено под всеми насаждениями на Ай-Петринской яйле и под сосной на Тырке яйле, цинка – под грушей и елью на Ай-Петри и также под сосной на массиве Тырке.

Следовательно, произрастание древесных пород на горно-луговых

почвах способствовало увеличению доли крупной фракции в составе почвенной структуры, что в наибольшей степени было выражено под насаждениями сосны. Степень влияния древесных насаждений на кислотность почв зависела от их сомкнутости и увлажненности территории.

Увеличение кислотности способствовало увеличению подвижности ряда микроэлементов, за исключением участка на Долгоруковской яйле, где рост концентрации свинца под сосной наблюдался на фоне равной с лугом кислотности.

УДК 631.4

ХАРАКТЕРИСТИКИ ПЛОДОРОДИЯ ПОЧВ КАК ИНДИКАТОРЫ СУКЦЕССИОННОГО СТАТУСА ЛЕСОВ

**Кузнецова А.И.¹, Лукина Н.В.¹, Горнов А.В.¹, Тихонова Е.В.¹,
Шевченко Н.Е.¹, Гераськина А.П.¹, Тебенькова Д.Н.¹, Смирнов В.Э.^{1,2}**

¹Центр по проблемам экологии и продуктивности лесов РАН, Москва
E-mail: nast47228813@yandex.ru

²Институт математических проблем биологии РАН –
филиал Института прикладной математики им. М.В. Келдыша РАН, Пущино

Леса России представляют собой мозаику различных стадий сукцессий, обусловленную влиянием природных и антропогенных факторов. Идентификация сукцессионного статуса лесов является актуальной проблемой. Почвы являются компонентом лесных биогеоценозов, характеристики почвенных процессов и функций могут служить информативными индикаторами сукцессионного статуса лесов.

Цель данного исследования – выявить характеристики плодородия почв, являющиеся информативными индикаторами сукцессионного состояния хвойно-широколиственных лесов.

Объекты исследования – хвойно-широколиственные леса Московско-Окской равнины, Северо-Западного Кавказа и Брянского полярья на разных стадиях восстановительной сукцессионной динамики. На всех объектах проведена оценка сукцессионного статуса лесов с использованием индикаторов климаксового состояния сообществ. В лесах на каждой стадии сукцессии/типе леса заложено по три постоянных пробных площади размером 0.25 га, всего 27 пробных площадей. На каждой пробной площади закладывался опорный разрез, а также в трехкратной повторности с помощью почвенного бура отбирались смешанные образцы из почвенных горизонтов. Во всех образцах определяли рН водной вытяжки потенциометрически. Обменную и гидrolитическую кислотность определяли в вытяжках 1N KCl и 1M CH₃COONH₄. Содержание углерода, азота измерялось

на CHN анализаторе (EA 1110 (CHNS-O)). Для определения содержания элементов питания образцы почв обрабатывали 1M $\text{CH}_3\text{COONH}_4$ (рН = 4.65). Содержание Ca, K, Na, Mg, Mn, Zn, Al, Fe определяли методом атомно-абсорбционной спектроскопии.

Для хвойно-широколиственных лесов можно выделить следующие тренды изменения почвенного плодородия, связанные с изменением качества опада. В подгоризонте опада L лесной подстилки в ходе естественного сукцессионного развития на всех объектах закономерно изменяется гидролитическая кислотность: самые высокие показатели характерны для лесов с преобладанием трудноразлагаемого опада (сосновые леса Брянского полесья, дубово-еловые леса Москворецко-Окской равнины, буко-пихтово-грабовые леса Северо-Западного Кавказа, в которых значительный вклад вносит опад хвои пихты). Информативным индикатором качества опада является также содержание азота и кальция. Самое высокое содержание этих элементов характерно для лесов, продуцирующих смешанный быстро- и медленно-разлагаемый опад (полидоминантные широколиственные леса с елью Брянского полесья и осино-грабовые и буко-пихтово-грабовые леса Северо-Западного Кавказа).

В смешанном FН подгоризонте подстилки информативными индикаторами для всех объектов являются кальций, магний и актуальная кислотность (рН). Индикатором сукцессионных изменений в гумусовом горизонте может служить содержание азота, кальция, магния и марганца. Самое высокое содержание этих элементов характерно для лесов с преобладанием листовного опада (смешанные леса с елью и сосной, полидоминантные широколиственные леса с елью Брянского полесья, березо-липовые и в большей степени липовые леса Москворецко-Окской равнины, грабовые и смешанные леса Северо-Западного Кавказа). Актуальная (рН) и обменная кислотность также значимо меняется в ходе сукцессионного развития и повышается с увеличением доли хвойных ранне- и поздне-сукцессионных.

Для элювиальных и иллювиальных горизонтов индикаторами сукцессионного статуса являются показатели потенциальной кислотности (обменной и гидролитической). В лесах, произрастающих на почвах тяжелого гранулометрического состава, выявлено увеличение содержания кальция и снижение обменной кислотности на более продвинутых стадиях сукцессий (елово-дубовые леса Москворецко-Окской равнины и пихтово-буковые леса Северо-Западного Кавказа). На песчаных почвообразующих породах закономерности распределения основных катионов и обменной кислотности в минеральных горизонтах сходны с закономерностями, отмеченными для верхних горизонтов.

Таким образом, информативные индикаторы сукцессионного

статуса лесов обнаруживаются в лесной подстилке, гумусовом, элювиальном и иллювиальном горизонтах почв.

Работа выполнена в рамках государственного задания ЦЭПЛ РАН № 0110-2018-0007 и программы Президиума РАН № 0110-2018-0005 при финансовой поддержке гранта Российского научного фонда (проект № 16-17-10284).

УДК 550.4:911.5(597.253)

ПОЧВЕННЫЕ И ЛАНДШАФТНО-ГЕОХИМИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ ГОРНЫХ ТРОПИЧЕСКИХ ЛЕСНЫХ ЭКОСИСТЕМ ЮЖНОГО ВЬЕТНАМА

**Лебедев Я.О.^{1,2}, Горбунов Р.В.^{1,2}, Горбунова Т.Ю.^{1,2}, Кузнецов А.Н.¹,
Кузнецова С.П.¹, Бобко Н.И.²**

¹ Совместный Российско-Вьетнамский научно-исследовательский
и технологический центр, Ханой
E-mail: forestkuz@mail.ru

² Институт биологии южных морей им. А.О. Ковалевского РАН, Севастополь
E-mail: ya.o.lebedev@yandex.ru, gorbunov@imbr-ras.ru,
gorbunovatyu@gmail.com

Исследования проводились на территории Южного Вьетнама в национальном парке Бидуп-Нуйба. Территория парка включает в себя две высочайшие вершины плато Лангбиан: Бидуп (2287 м) и Нуйба (2167 м) и является одним из крупнейших по площади национальных парков во Вьетнаме. Территория парка сложена вулканическими породами юрского и мелового возраста, имеющими сложный литологический состав и перекрытыми мощной корой выветривания. Кора выветривания, прорезаемая немногочисленными крупными водотоками, сохраняется здесь благодаря отсутствию эрозионных процессов на склонах, покрытых сомкнутым тропическим лесом, почвы под которым переводят воду атмосферных осадков в вертикальный сток. На территории природного парка был выделен ключевой участок, в пределах которого создан ландшафтно-экологический стационар.

Почвенные разрезы заложенной нами катены были приурочены к элементам структурно-денудационного рельефа: на вершине гряды, склоне структурной гряды, подошве склона. Один разрез был расположен у подножия склона на острове, образуемом периодическим водотоком, вследствие чего он может быть отнесен к структурно-флювиальному рельефу. Определение элементов и тяжелых металлов в отобранных образцах производилось на масс-спектрометре с индуктивно связанной плазмой PlasmaQuant MS Elite S-NR:11-6000ST043 на базе научно-образовательного центра коллективного пользования

«Спектрометрия и хроматография» ФИЦ ИнБЮМ.

В результате исследований были получены наборы рядов данных о вещественном составе почв, развивающихся в различных ландшафтных обстановках и имеющих в связи с этим отличительные черты процессов геохимической миграции вещества. Для автоморфных условий характерно накопление элементов (Mg, Ca, Mn, Zn), связанных с растительным происхождением и их поступлением с опадом в органогенные горизонты. Анализ погоризонтного распределения выявил существование нескольких видов геохимических барьеров – механического, сорбционного глинистого, сорбционно-гидроксидного – свойственного изучаемым почвам. Вследствие процессов гипергенеза почвы, формирующихся в транс-аккумулятивных и аккумулятивных условиях, значительно обогащаются рядом элементов, входящих в состав почвообразующих пород, в частности, дацитов (K, Mg, Mn, Ti), причем денудационные процессы способствуют попаданию обломков почвообразующих пород в верхние горизонты формирующихся в транс-аккумулятивных обстановках почв соподчиненных ландшафтов. При определенных условиях, Zn, Al, Fe, Mn проявляют свойственную им амфотерность, запуская процесс сорбции элементов некоторых тяжелых металлов. Концентрации определяемых элементов существенно и закономерно возрастают от почв, сформировавшихся в автоморфных условиях, к почвам, сформированным в транс-аккумулятивных и аккумулятивных условиях; гумусовые горизонты автоморфных почв дают возможность исследовать приходящую часть изучаемых элементов, поступающих с растительным опадом, исключая возможность влияния денудационных затеков.

Работа выполнена в рамках НИР Тропического центра Э-1.2 «Сохранение, восстановление и устойчивое использование тропических лесных экосистем на основе изучения их структурно-функциональной организации», раздел «Изучение особенностей структуры и функционирования равнинных и горных экосистем Вьетнама (национальный парк Бидуп-Нуйба)», а также в рамках НИР ФИЦ ИнБЮМ «Изучение пространственно-временной организации водных и сухопутных экосистем с целью развития системы оперативного мониторинга на основе данных дистанционного зондирования и ГИС-технологий» № АААА-А19-119061190081-9.

УДК 911.3:33 (631.4)

ПОЧВЕННЫЙ УГЛЕРОД И ЭКОСИСТЕМНЫЕ УСЛУГИ ЛЕСОВ

Лукина Н.В.¹, Шанин В.Н.^{1,2}, Тебенькова Д.Н.¹, Чумаченко С.И.^{1,3},
Грабарник П.Я.², Чертов О.Г.⁴, Кондратьев С.А.⁵, Фролов П.В.²,
Быховец С.С.², Шмакова М.В.⁵, Колычева А.А.^{1,3}, Ханина Л.Г.⁶, Горнов А.В.¹,
Бобровский М.В.^{2,6}, Карпечко Ю.В.⁷

¹ Центр по проблемам экологии и продуктивности лесов РАН, Москва
E-mail: lukina@cepl.rssi.ru

² Институт физико-химических и биологических проблем почвоведения,
Пушино

³ Мытищинский филиал МГТУ им. Н.Э. Баумана, Мытищи

⁴ Бингенский технический университет, Бинген, Германия

⁵ Институт озероведения РАН, Санкт-Петербург

⁶ Институт математических проблем биологии РАН –
филиал Института прикладной математики им. М.В. Келдыша РАН, Пушино

⁷ Институт леса Карельского НЦ РАН, Петрозаводск

Учет и оценка экосистемных функций лесов и формирующихся на их основе экосистемных услуг является важнейшей фундаментальной проблемой, имеющей огромное значение для политических и управленческих решений, нацеленных на устойчивое развитие, в глобальном, национальном, региональном и локальном масштабах. Лесные экосистемы одновременно выполняют множество экосистемных функций и предоставляют множество услуг, т.е. они мультифункциональны, однако оценка взаимосвязей между различными функциями/услугами лесов остается проблематичной. В связи с изменениями климата большую актуальность приобрели исследования, нацеленные на оценку такой функции/услуги, как регулирование лесеами цикла углерода, в формировании которой огромную роль играют лесные почвы. При этом важно оценивать не только вклад почв в реализацию данной функции лесов, но и ее взаимосвязи с другими функциями/услугами,

Данная работа нацелена на оценку взаимосвязей (синергии и компромиссов) между функцией/услугой лесов, связанной с секвестрированием углерода в почвах, и другими функциями/услугами в различных лесохозяйственных и климатических сценариях с использованием имитационного моделирования. Для контроля разрабатывались сценарии естественного развития лесов. Объекты исследований выбраны в бореальных (Республика Карелия) и смешанных хвойно-широколиственных (Московская область) лесах.

Экосистемные функции/услуги оценивались с помощью комбинации нескольких имитационных моделей. Для оценки услуг, связанных с обеспечением древесины и недревесными продуктами (ягоды), а также рекреации и устойчивости развития древесного компонента использовалась модель FORRUS-S, модели Romul_Hum и

SCLISS применялись для оценки аккумуляции углерода, эмиссий CO₂ и вымывания азота из почв, модуль BioCalc – для оценки биоразнообразия растений, модели ILM и ILLM – для расчета водного стока. Для оценки синергии и компромиссов между функциями/услугами модели объединены в сеть с использованием общего протокола обмена данными. Различные сценарии управления лесами разработаны с использованием подхода проекта INTEGRAL (<https://eustafor.eu/eu-projects/integral>). Сценарии изменения климата, соответствующие ограничениям Парижского соглашения, разработаны в соответствии с Пятым оценочным докладом МГЭИК. В ходе выполнения работ разработан подход к мультикритериальной оценке сценариев, основанный на использовании информативных индикаторов экосистемных функций/услуг, включая динамику аккумуляции углерода в почве, живых деревьях, валеже и сухостое, а также динамику объемов изъятия древесины, продукции ягодников, рекреационного потенциала, объемов водного стока. Выявлены как положительные (синергия), так и отрицательные (конфликты) взаимосвязи между секвестрированием углерода и другими экосистемными услугами лесов. Показан вклад почв в формирование стока углерода в лесах. Мультикритериальная оценка позволила выявить сценарии, наиболее отвечающие требованиям устойчивого управления лесами.

Работа выполнена в рамках проекта FP7 ERA – Net Sumforest-POLYFORES при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования РФ (уникальный идентификатор проекта RFMEFI61618X0101).

УДК 631.46 + 674.42

ДИНАМИКА МИКРОБИОЛОГИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ ПОСТ-АГРОГЕННЫХ ПОДЗОЛИСТЫХ ЛЕГКОСУГЛИНИСТЫХ ПОЧВ ЮЖНОГО АГРОКЛИМАТИЧЕСКОГО РАЙОНА КАРЕЛИИ В ПРОЦЕССЕ ЕСТЕСТВЕННОГО ЛЕСОВОССТАНОВЛЕНИЯ

**Мамай А.В.¹, Мошкина Е.В.¹, Медведева М.В.¹, Карпечко А.Ю.¹,
Тююнен А.В.¹, Дубровина И.А.², Геникова Н.В.¹, Сидорова В.А.²**

¹ Институт леса Карельского НЦ РАН, Петрозаводск

² Институт биологии Карельского НЦ РАН, Петрозаводск

E-mail: lena_moshkina@mail.ru

Данная работа является частью комплексных исследований, проводимых коллективом авторов, целью которых является экономическая оценка изменения режима землепользования на основе баланса углерода в экосистемах европейского Севера. Работа направлена на выявление трендов трансформации элементов цикла углерода био-

геоценозов при изменении землепользования.

Процесс забрасывания сельскохозяйственных угодий в таежной зоне сопровождается восстановлением на них лесной растительности, которое идет по классическим сукцессионным рядам. В рамках настоящего исследования проведен анализ изменения микробиологической активности в бывшем 20-сантиметровом пахотном слое подзолистых легкосуглинистых почв южного агроклиматического района Карелии на примере сукцессионного пост-агрогенного хроноряда из пяти пробных площадей, представляющих собой последовательные стадии естественного зарастания сельскохозяйственных угодий. Объектом исследований являлись подзолистые легкосуглинистые почвы, сформированные на суглинистой морене. Пробные площади располагались вблизи г. Петрозаводска Республики Карелия (61°44'53" с.ш., 34°20'35" в.д.) и представляли собой используемый в течение длительного времени в качестве сельскохозяйственных угодий массив, включающий в себя как активно используемые до настоящего времени участки сенокосов и пашен, так и выбывшие из использования в последние несколько десятков лет участки с лесными фитоценозами.

Изучаемый 20-сантиметровый слой почвенной толщи, подверженный наибольшему изменению в ходе пост-агрогенной эволюции, делили на две части: 0-10 и 10-20 см. В лабораторных условиях определяли базальное (БД) и субстрат-индуцированное дыхание, оценивали содержание углерода микробной биомассы ($C_{\text{мик}}$), рассчитывали микробный метаболический коэффициент ($q\text{CO}_2$). Все анализы проводили в трехкратной повторности.

Дыхательная активность и содержание $C_{\text{мик}}$ в верхнем 10-сантиметровом слое почв изучаемого хроноряда увеличивались от пашни к лесу.

В слое 10-20 см значение БД всех почв, кроме пашни, было ниже по сравнению с верхним 10-сантиметровым слоем в два раза. В лесных почвах это связано с проявлением процессов подзолообразования: обеднением данного слоя доступным органическим веществом в результате его переноса в нижележащие горизонты и повышением кислотности, что ограничивает активность микробного сообщества. Различие в содержании $C_{\text{мик}}$ между верхней и нижней частями бывшего пахотного горизонта в почвах, выведенных из сельскохозяйственного использования, составляло 30-70%. В ходе лесовосстановительной сукцессии происходила дифференциация профиля почв по содержанию $C_{\text{мик}}$, определяемое содержанием органического углерода.

Величина $q\text{CO}_2$ в 20-сантиметровом слое изучаемых почв варьировала от 0.4 до 0.9 и характеризовала интенсивные процессы разложения органического вещества.

Исследование выполняется при финансовой поддержке РФФИ (№ 19-29-05153).

УДК 630*116.24

ВЛИЯНИЕ ПОЧВЕННЫХ ФАКТОРОВ НА РОСТ И УСТОЙЧИВОСТЬ ЕЛОВЫХ НАСАЖДЕНИЙ СЕВЕРО-ВОСТОЧНОГО ПОДМОСКОВЬЯ

Мартыненко О.В.¹, Карминов В.Н.², Онтиков П.В.³, Максимова А.Н.⁴

¹ Всероссийский институт повышения квалификации руководящих работников и специалистов лесного хозяйства, Пушкино
E-mail: martinen75@yandex.ru

² Центр по проблемам экологии и продуктивности лесов РАН, Москва
E-mail: vnk57@yandex.ru

³ Центральный филиал «Рослесинфорг», Москва

⁴ Мытищинский филиал МГТУ им. Н.Э. Баумана, Мытищи

Вопрос повышения продуктивности лесных насаждений является одним из самых актуальных теоретических и практических проблем лесного хозяйства и самого широкого спектра лесных наук. В последнее время указанная проблематика расширилась необходимостью уделять особое внимание устойчивости лесных экосистем и их роли в балансе углерода. Кроме того, проблема устойчивости насаждений в условиях рекреационной направленности лесного хозяйства приобретает особую экологическую и социальную значимость вследствие возрастания антропогенной нагрузки и климатических изменений.

Целью данного исследования было выявление взаимосвязи продуктивности и устойчивости еловых насаждений с почвенно-грунтовыми условиями на территории Московского учебно-опытного лесничества, расположенного на северо-востоке Московской области.

Для достижения этой цели по данным дистанционного зондирования Земли и материалам последнего лесоустройства были выявлены зоны наиболее сильных повреждений еловых насаждений от короедатипографа. Совмещение выявленных зон с почвенной картой во время пространственного анализа, выполненного в среде ГИС, позволило установить пространственную детерминированность выявленных повреждений, обусловленных почвенно-грунтовыми факторами. Анализ сопряженности почвенной и лесоводственной информации позволил оценить количественные показатели взаимосвязи почв и насаждений для условий объекта исследований.

Полевые исследования проводились в середине лета (июль) в максимально сжатые сроки для исключения или, по возможности, уменьшения влияния на результаты динамики почвенных свойств во время вегетационного периода. Объектом исследования являлись еловые леса естественного происхождения различного уровня продуктивности (от Ia до III класса бонитета). Всего на территории лесничества было заложено 20 пробных площадей.

В результате проведенных исследований было выявлено, что под еловыми насаждениями разной продуктивности были обнаружены следующие почвенные разности: дерново-сильноподзолистые, дерно-

во-сильнопodzолистые глееватые, дерново-подзолистые поверхностно-оглеенные и торфянисто-подзолистые поверхностно-оглеенные.

Средствами кластерного анализа было установлено, что основными почвенными факторами, определяющими биологическую продуктивность и экологические свойства еловых насаждений, являются содержание органического углерода в 50-сантиметровом слое, уровень грунтовых вод, верхняя граница появления признаков оглеения, что свидетельствует о ведущей роли водного режима и трофности в формировании условий роста и развития леса.

Для приведенных выше почвенных показателей были построены регрессионные уравнения связи с углеродом фитомассы с чистой первичной продукцией и высотой насаждения в 100 лет. Полученные значения коэффициентов детерминации свидетельствуют о высокой статистической достоверности полученных математических моделей.

Устойчивость среднепроизводительных насаждений к неблагоприятным воздействиям абиотических и биотических факторов оказалась на порядок выше, чем у высокобонитетных. Учитывая современную тенденцию учета стоков и источников парниковых газов, а также особенности ведения лесного хозяйства в Московском регионе, все еловые насаждения нуждаются в экологической оценке устойчивости и дальнейшем мониторинге именно в этом направлении. Углерододепонирующая функция у средне- и высокопроизводительных насаждений существенно не различается, поэтому с экологической точки зрения в условиях рекреационных лесов повышение бонитета насаждений не должно являться первоочередной задачей лесного хозяйства.

УДК 631.416.5 + 631.461.4

АЗОТНЫЕ УДОБРЕНИЯ ПРИВОДЯТ К ПОТЕРЯМ УГЛЕРОДА ПОДСТИЛКИ В ЛЕСНЫХ ПОЧВАХ СИБИРИ

Меняйло О.В., Матвиенко А.И.

Институт леса им. В.Н. Сукачева СО РАН, Красноярск

E-mail: menyailo@hotmail.com

Азот все в больших количествах поступает в экосистемы в виде удобрений и с атмосферными осадками, что приводит к существенным изменениям в процессах как азотного, так и углеродного цикла. Поэтому целью нашей работы было изучить влияние добавления азота на судьбу почвенного углерода в почве под лиственницей сибирской и сосной обыкновенной. В полевом эксперименте мы обнаружили положительный эффект азота на минерализацию углерода, который был значимым даже для общей эмиссии CO₂ за сезон. Внесение азота увеличило общую эмиссию CO₂ под сосной в течение первого и второго года эксперимента, под лиственницей только в первый год. В третий

год эффект азота отсутствовал. Суммарные потери почвенного углерода за два года за счет внесения 50 кг N/га составили 600-650 кг под лиственницей и в три раза больше (1800-2000 N/га) – под сосной. Следовательно, потери C из почвы могут составлять половину (как под лиственницей) и даже превышать его накопление растительной биомассой (под сосной), уменьшая или вообще сводя на нет эффект от внесения минеральных азотных удобрений.

Для выяснения механизмов влияния N на минерализацию почвенного органического вещества (C) и на показатели ее температурной чувствительности были проведены эксперименты с варьированием температуры и азотных добавок с помощью автоматической системы, состоящей из анализатора CO₂, соединенной с 16-канальным мультиплексором и инкубатором, меняющим температуру согласно установленной программе. Показано, что NH₄NO₃ имеет тенденцию увеличивать минерализацию C в подстилках и ингибировать в минеральных почвах. Отрицательный (ингибирующий) эффект сильнее при более низких температурах (5 °C), положительный эффект сильнее при более высокой температуре (20 °C). Итак, температурная чувствительность процессов минерализации почвенного органического вещества повышается при поступлении азота, что нужно учитывать при моделировании цикла C и удобрении почв для интенсивного использования и воспроизводства лесов.

Работа выполнена при поддержке РФФИ (гранты № 19-29-05122 и 18-54-52005).

УДК 630*231:631.44(470.22)

ДИНАМИКА ИЗМЕНЕНИЯ МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПОЧВ НА ФОНЕ ПОСТАГРОГЕННОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ ЛЕСНЫХ ЭКОСИСТЕМ

**Моисеева Е.А.¹, Медведева М.В.², Мошкина Е.В.², Туюнен А.В.²,
Карпечко А.Ю.², Геникова Н.В.², Дубровина И.А.³, Мамай А.В.²,
Сидорова В.А.², Толстогузов О.В.⁴, Кулакова Л.М.⁴**

¹ Петрозаводский государственный университет, Петрозаводск
E-mail: emoiseeva@mail.ru

² Институт леса Карельского НЦ РАН, Петрозаводск

³ Институт биологии Карельского НЦ РАН, Петрозаводск

⁴ Институт экономики Карельского НЦ РАН, Петрозаводск

Как известно, заброшенные пахотные земли служат территориальным резервом для естественного лесовосстановления, являются биологическим каркасом формирования экологической инфраструктуры региона. Прекращение распашки земель многогранно влияет на

современный почвообразовательный процесс, поэтому его детальное изучение позволяет направленно влиять на характер процесса образования почв в условиях среднетаежной подзоны Карелии. На фоне естественного лесовосстановления происходит изменение морфологического строения профиля почв, формирования лесной подстилки. Вследствие изменения качественного состава опада растений, поступающих на почву, подзолообразовательный процесс становится более выраженным. Изменение физических свойств почв залежи в процессе лесовосстановления проявляется наиболее ярко в верхних горизонтах почв. Формирование лесных экосистем на заброшенных пахотных землях не только изменяет состав растений напочвенного покрова, фракционный состав подстилок, а также и структурно-функциональную организацию микробного сообщества, перераспределение микроорганизмов важнейших эколого-трофических групп по почвенному профилю. После прекращения распашки изменения микробного сообщества в первую очередь проявляются в изменении соотношения микроорганизмов, утилизирующих органические и минеральные соединения азота. Микроорганизмы являются хорошим индикатором изменения в педосфере, их максимальное развитие происходит при благоприятном сочетании тепла и влаги. Изменение гидротермических условий может стать причиной снижения численности микроорганизмов, изменения направленности трансформации органического вещества, а следовательно, может влиять на доступность элементов питания для растений. Рассматривая влияние факторов среды на микробиологическую активность, необходимо отметить недостаточную их изученность для условий южного агроклиматического района Карелии. В этой связи целью проводимых исследований было изучение изменения структурно-функциональной организации микробоценоза почв при агрогенной сукцессии заброшенных пахотных земель.

Исследования проводили в среднетаежной подзоне Карелии вблизи г. Петрозаводска (61°44'53" с.ш., 34°20'35" в.д.). Участок, на котором проводили работу, представляет собой земельный массив, используемый в течение длительного времени в качестве сельскохозяйственных угодий. Он включает в себя как активно используемые до настоящего времени участки сенокоса и пашен, так и выбывшие из использования в последние несколько десятков лет лесные фитоценозы. Последние находятся на разных стадиях восстановительной сукцессии. После прекращения распашки происходит восстановление естественного лесного биома, представленного еловым фитоценозом, и формирование вторичных лесов.

Хронологический ряд постагрогенной сукцессии экосистемы включал в себя следующие компоненты: пашня, березняк злаково-разнотравный 15-летний, ельник кисличный 60-летний, ельник чернично-кисличный 110-летний. На каждом участке закладывали

пробную площадь, отбирали образцы почв для физико-химических и микробиологических анализов. Учет численности микроорганизмов различных функциональных групп, трофическую и таксономическую структуру микробоценозов проводили методом посевов на селективные питательные среды. Результаты микробиологических исследований показали, что большое количество сапрофитных бактерий развивается в верхних горизонтах почв, сформировавшихся под сенокосом и молодым березняком. Аммонифицирующие аэробные гетеротрофные бактерии в данных почвах также представлены в максимальном количестве. Они, как известно, окисляют азотсодержащие органические вещества до аммиака и аммиачных солей. Высокая численность бактерий-олигонитрофилов в исследуемых почвах свидетельствует об интенсивно происходящей несимбиотической азотфиксации, а следовательно, дополнительном поступлении элементов-биофилов в экосистему. Необходимо отметить роль актиномицетов в микробном сообществе почв, сформировавшихся под березняком и сенокосом. Эта группа микроорганизмов способна разлагать целлюлозу, тем самым вовлекать углерод в его природный круговорот. В целом, закономерность распределения важнейших эколого-трофических групп микроорганизмов идентична в почвах под еловыми ценозами: коэффициент минерализации и индекс олготрофности имеют близкие значения. Напротив, в почвах, сформировавшихся под сенокосом и березняком, характер распределения иной, что «сближает» данные почвы между собой и может свидетельствовать об их нарушении в прошлом.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ № 19-29-05153 мк.

УДК 631.46

ВЛИЯНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА КОРНЕВУЮ И МИКРОБНУЮ СОСТАВЛЯЮЩИЕ ДЫХАНИЯ ПОЧВ СОСНЯКА БРУСНИЧНОГО В УСЛОВИЯХ СРЕДНЕЙ ТАЙГИ

Мошкина Е.В., Мамай А.В., Карпечко А.Ю., Медведева М.В., Ромашкин И.В.
Институт леса Карельского НЦ РАН, Петрозаводск
E-mail: lena_moshkina@mail.ru

Исследования проводили на территории заповедника «Кивач» (N62°17'19.5", E34°01'05.9"), расположенного в юго-восточной части Балтийского кристаллического щита, на северо-западном побережье Онежского озера. На стационарной пробной площади в сосняке брусничном были выделены четыре участка, различающиеся по напочвенному покрову (лишайниковая, брусничная, черничная, зеленомошная микрогруппировки). Почвы – подзолы иллювиально-железистые

песчаные на флювиогляциальных песчаных отложениях.

Эмиссию CO_2 с поверхности почвы измеряли камерным методом в сезонной динамике (два раза в месяц в трехкратной повторности) с мая по ноябрь 2019 г. Параллельно измеряли температуру почвы и воздуха в припочвенном слое, а также контролировали влажность лесной подстилки и минеральной части почвы. Оценка вклада дыхания корней в общую эмиссию CO_2 с поверхности почв проведена методом интеграции компонентов. Массу живых корней определяли методом монолитов.

Материал получен при выполнении государственного задания ИЛ КарНЦ РАН.

Величина общего дыхания почвы сосняка брусничного варьировала за вегетационный период от 20 до 600 мг $\text{C-CO}_2/\text{м}^2\text{ч}$, имела четко выраженную сезонную динамику и во многом определялась гидротермическими условиями. Минимальные потери углерода в виде CO_2 за вегетационный период (с мая по октябрь) составили 252.72 ± 67 г $\text{C}/\text{м}^2$. По мнению И.Н. Кургановой, недоучет потоков CO_2 в зимний период приводит к существенным искажениям оценки величины годового баланса углерода в экосистемах. В нашем случае зимний поток составил 20% годовой эмиссии CO_2 .

Продуцирование CO_2 является важным интегральным показателем биологической активности почв и включает в себя гетеротрофную (микробную) и автотрофную (корневую) составляющие. Корневое дыхание составило 24-36% общей эмиссии CO_2 с поверхности почвы сосняка брусничного в зависимости от вида растительной микрогруппировки. По убыванию величины вклада дыхания корней в общее дыхание почв различных растительных микрогруппировок сосняка брусничного их можно расположить в следующем ряду: зеленомошная–лишайниковая–черничная–брусничная. Абсолютные значения корневого дыхания почв исследуемых участков значительно различались. Наибольшая величина корневого дыхания 54.0 ± 6.1 и 60.0 ± 12.7 мг $\text{C-CO}_2/\text{м}^2\text{ч}$ приурочена к тем участкам, где количество корней кустарничков высокое – это черничная и брусничная микрогруппировки соответственно. Для участков, где корней кустарничков мало или они отсутствуют (лишайниковая и зеленомошная микрогруппировки), определяющую роль играет количество корней лесобразующей породы, а значения корневого дыхания составляют 29.5 ± 3.4 и 20.5 ± 4.3 мг $\text{C-CO}_2/\text{м}^2\text{ч}$. Лишайниковую микрогруппировку можно отнести к наиболее бедной по плодородию почвы, однако здесь отмечена наибольшая масса корней сосны диаметром до 1 и 1-3 мм в корнеобитаемом слое.

Вклад корневого дыхания в общую эмиссию CO_2 с поверхности почвы имеет сезонную динамику, при температуре почвы ниже $+8^\circ\text{C}$ вклад корней в общее дыхание минимален, и эмиссия CO_2 определя-

ется дыханием микроорганизмов, способных функционировать при низких температурах, что согласуется с исследованиями ряда ученых.

Широкие пределы варьирования количества гетеротрофного и автотрофного дыхания связаны с различной чувствительностью биотической компоненты почв к температуре, влажности и составу почвенного органического вещества. Дисперсионный анализ показал статистически значимое влияние на скорость эмиссии CO_2 сезона измерений ($p = 0.001$), микрогруппировки живого напочвенного покрова ($p = 0.017$), а также зоны фитогенного поля дерева ($p = 0.0002$).

Полученные результаты важны для математического моделирования цикла углерода в наземных экосистемах.

УДК 631.42

СВЯЗЬ ТИПОВ ПОЧВ С ЛЕСНОЙ РАСТИТЕЛЬНОСТЬЮ НА БАЗЕ ПРАКТИК УРАЛЬСКОГО УЧЕБНО-ОПЫТНОГО ЛЕСХОЗА УРАЛЬСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО ЛЕСОТЕХНИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА

Нижегородова Д.Д.

Уральский государственный лесотехнический университет, Екатеринбург
E-mail: diahoka@mail.ru

Актуальность темы заключается в том, что очень важно знать, как растительность связана с почвами. Благодаря этому можно определить закономерности произрастания растительности на том или ином типе почвы. На базе практик Уральского учебно-опытного лесхоза было заложено 10 почвенных разрезов. Определялся тип почвы, описывалась растительность, которая расположена вблизи почвенного разреза.

Разрез № 1 (из шести других разрезов с таким же типом почвы) представлен бурой лесной почвой с подтипом бурая лесная оподзоленная. Почвенный профиль составляют горизонты А0 + А1 + А2В1 + В2 + С. Горизонт А0 образован разлающимися хвоей и листьями, а также остатками травянистых растений. А1 имеет темно-бурю окраску с постепенным характером перехода в другой горизонт, гранулометрический состав: средний суглинок, структура зернистая. Горизонт А2В1 имеет белесоватый оттенок с резким характером перехода в другой горизонт, представляет тяжелый суглинок. В2 выражен бурым цветом и имеет постепенный характер перехода к нижележащему горизонту. На данной местности произрастает тип леса сосняк-кисличник. В подлеске находятся рябина, черемуха и кизильник.

Разрез № 2 (из трех разрезов с таким же типом) – дерновая почва.

Подтип: глеево-дерновая. Присутствуют горизонты $A_0 + A_1 + B_1g + G + C$. Горизонт A_0 представлен разложившейся хвоей, корнями деревьев и остатками травянистых растений. Горизонт A_1 имеет черную окраску и мелкоореховую структуру, а также гранулометрический состав представляет собой средний суглинок, горизонт G представлен сизым оттенком и имеет гранулометрический состав – глину, B_1g выражен светло-бурым цветом с ржавыми пятнами. Глеево-дерновые почвы чаще всего приурочены к сенокосам, иногда сенокосы зарастают древесно-кустарниковой растительностью: подлесок состоит из рябины и ивы, подрост из сосны, ели и березы или осины.

Разрез № 3 представлен болотной почвой с подтипом торфяно-глеевая почва, род почвы – низинная, вид маломощные. Почвенный разрез состоит из горизонтов $A_0 + A_1 + A_0^T + G + C$. A_0 представлен разложившимися остатками травянистых растений. Глеевый горизонт имеет серо-голубой оттенок, гранулометрический состав представляет собой глину. Почвенный разрез был заложен на осушенном болоте, поэтому присутствует горизонт A_1 вместо A_0^T на поверхности. Приурочен к типу леса березняк осоковый IV класса бонитета. Подлесок состоит из малины, черемухи и рябины. Доминанты живого напочвенного покрова: тростник обыкновенный, осока заячья и крапива двудомная. Расположен на равнинном мезорельефе в понижениях.

После закладки почвенных разрезов и определения типов почв было выявлено, что большая часть исследованной территории Паркового лесничества состоит из бурых лесных оподзоленных почв. Детально были исследованы кварталы 28, 29, 40. Бурая лесная оподзоленная почва встречается на 60% исследованной площади, дерновая и дерново-подзолистая почва – на 30%, болотная почва – на 10%. Также можно сделать вывод о том, что на бурой лесной почве чаще всего встречается тип леса сосняк-кисличник или сосняк папоротниковый с подлеском, состоящим из рябины.

УДК 631.421

БИОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПОДЗОЛИСТЫХ ТЕКСТУРНО-ДИФФЕРЕНЦИРОВАННЫХ ПОЧВ ТАЕЖНЫХ ЭКОСИСТЕМ ПОСЛЕРУБОЧНОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ

**Перминова Е.М., Лаптева Е.М., Ковалева В.А., Виноградова Ю.А.,
Лиханова И.А.**

Институт биологии ФИЦ Коми НЦ УрО РАН, Сыктывкар
E-mail: perminova@ib.komisc.ru

Лесная промышленность – ведущий фактор в преобразовании таежных биоценозов. Сведение древесной растительности сопровождается изменениями как физических, так и биологических условий существования лесных экосистем. Пул микроорганизмов лесных почв

не является исключением и претерпевает значительные перестройки как в своей структуре, так и в своем функционировании.

Цель данной работы заключается в определении микробиологических параметров почв разновозрастных фитоценозов, сформировавшихся после проведения сплошнолесосечных рубок ельников черничных. Исследования проводили на базе почвенного стационара (Республика Коми, Усть-Куломский район, средняя тайга). Объектами послужили сообщества коренного ельника мелкотравно-чернично-зеленомошного (ПП 4) и производные сообщества, сформировавшиеся после зимних сплошнолесосечных рубок того же типа леса в схожих лесорастительных условиях на подзолистых почвах одинакового генезиса. На пробной площади 1 (ПП 1) рубка была проведена в 2017-2018 гг., 2 (ПП 2) – в 2001-2002 гг., 3 (ПП 3) – в 1969-1970 гг. Преобладающие почвы – подзолистые текстурно-дифференцированные, развитые на крупнопылеватых покровных суглинках. Численность микроорганизмов учитывали на плотных питательных средах. Величину углерода активной микробной биомассы ($C_{\text{мик.}}$) оценивали методом субстрат-индуцированного дыхания.

В результате проведенных исследований выявлено снижение в горизонтах лесных подстилок почв вырубок численности аммонификаторов в 1.6-9.0 раз по сравнению с почвой условно коренного леса. На поздних стадиях сукцессии (спустя 50 лет после рубки) отмечено возрастание в органогенных горизонтах почв численности прототрофов (в 1.3-2.3 раза) и олигокарбофилов (в 1.2-1.8 раза). На ранних стадиях сукцессии (первые 20 лет после рубки) эти показатели сохраняются на уровне почвы условно коренного леса или снижены по сравнению с ней в 1.2-2.9 раза. В минеральных горизонтах, залегающих непосредственно под лесной подстилкой, в почвах позднесукцессионных фитоценозов относительно почв коренного ельника фиксируется увеличение КОЕ по всем рассматриваемым эколого-трофическим группам микроорганизмов. Так, численность аммонификаторов увеличивается в 1.4 раза, олигокарботрофов – в 1.6, прототрофов – в 1.3 раза. В почвах раннесукцессионных сообществ (участок ПП 1) отмечается снижение численности микроорганизмов, учитываемых на твердых питательных средах, относительно почв коренного ельника: численность аммонификаторов снижена в 4.1 раза, олигокарбофилов – в 2.4, прототрофов – в 3.1. Значения $C_{\text{мик.}}$ в почве коренного леса варьируют в пределах 3968-12 788 мкг С/г а.с.п. На вырубках отмечено практически двукратное снижение содержания $C_{\text{мик.}}$ с минимальными значениями в почвах магистральных волоков (2130-3340 мкг С/г а.с.п.).

Таким образом, полное сведение древесной растительности в таежных экосистемах оказывает существенное влияние на эколого-трофическую структуру микробных сообществ и их функционирование

в почвах. Показано, что даже спустя 50 лет после проведения рубок параметры прокариотного комплекса отличны от таковых сообществ коренного ельника.

УДК: 631.412: 631.423.4: 550.47

ПРОСТРАНСТВЕННОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ АЗОТА В ПОЧВАХ ЛЕСОВ РАЗНОГО ВИДОВОГО СОСТАВА ДРЕВОСТОЕВ

Припутина И.В., Шанин В.Н., Зубкова Е.В.

Институт физико-химических и биологических проблем почвоведения РАН,
Пушино
E-mail: priputina@pbcras.ru

Пространственная неоднородность почвенных условий и вариабельность физико-химических и биологических показателей почв ярко проявляются в лесных биогеоценозах. В отношении важнейших биофилов – углерода и азота – эти пространственные различия, как правило, связаны с особенностями локализации разных фракций видоспецифичного растительного опада, которые характеризуются разным содержанием азота и соотношением C:N. Но в количественных оценках депонирования углерода и азота в лесных почвах эти различия практически не учитываются.

Целью исследований был сравнительный анализ пространственного распределения содержания азота ($N_{\text{общ.}}$) в почвах лесов с многовидовым составом древостоя.

Объекты исследования – дерново-подбуры постоянной пробной площади в Приокско-Террасном государственном природном биосферном заповеднике (ПП-ПТЗ), Серпуховский район Московской области, и серые лесные почвы пробной площади в Государственном природном заповеднике «Калужские засеки» (ПП-КЗ), Ульяновский район Калужской области. Пробы отбирались по трансектам между двумя соседними деревьями в виде серии из пяти точек отбора (две вблизи комля, две под кроной и одна в межкроновом пространстве). На ПП-КЗ было заложено 10 трансект между деревьями видов *Quercus rybur*, *Betula* pp., *Tilia cordata*, *Pypulus tremula*, *Fraxinus excelsior*, *Ulmus glabra* и *Acer platanoides*. На ПП-ПТЗ заложено семь трансект между деревьями трех видов: *Pinus sylvestris*, *Picea abies* и *Betula* pp. В каждой точке опробования отбирались пробы из горизонта лесной подстилки (O) и верхнего гумусового горизонта (AY).

Содержание $N_{\text{общ.}}$ в горизонте O дерново-подбуров ПП-ПТЗ изменялось в диапазоне 8.4-17.9 г кг⁻¹ при средних значениях 13.1-16.8 г кг⁻¹. Наибольшее варьирование значений характерно для межкроновых участков, наименьшее – под кронами. В горизонте AY

этих почв значения $N_{\text{общ}}$ были заметно ниже – от 0.4 до 2.3 г кг⁻¹ при среднем содержании 1.0-1.5 г кг⁻¹ вблизи комля и под кронами деревьев и около 0.7 – в межкрупных пространствах. Максимальные значения содержания азота получены для горизонта О в точках опробования вблизи стволов ели.

В серых лесных почвах ПП-КЗ содержание $N_{\text{общ}}$ в горизонте О изменялось в диапазоне 9-19.2 г кг⁻¹ при среднем содержании 13.5-18.0 г кг⁻¹. Более высокие средние значения получены для приствольных участков опробования, пониженные – под кронами деревьев. Разброс значений $N_{\text{общ}}$ для минерального горизонта составил 0.95-4.2 г кг⁻¹ при среднем содержании 2.1 г кг⁻¹. Варьирование содержания азота в серых лесных почвах было заметно ниже, чем в дерново-подбурях. Особенно заметны эти различия для горизонта АУ: рассчитанные коэффициенты вариации составили 56% для ПП-ПТЗ и 9% – для ПП-КЗ. Повышенное содержание азота в горизонте О серых лесных почв наблюдалось вблизи стволов дуба, липы и березы, но в горизонте АУ более высокие значения получены для клена, вяза и осины.

Соотношение С:N в горизонте О серых лесных почв изменялось в диапазоне 18.5-27.8, среднее значение – 23.0. Близкие значения получены для подстилочного горизонта дерново-подбуров: 19.2-29.0 г кг⁻¹ при среднем значении 23.6. В минеральном горизонте исследованных серых лесных почв величины С:N изменялись в узком диапазоне значений – от 9.2 до 13.5, но для аналогичного горизонта дерново-подбуров получен значительный разброс значений – от 16.1 до 50.0.

Исследования проводятся в рамках проекта РНФ № 18-14-00362.

УДК 631.43:631.42

ЛИЗИМЕТРИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ В БЕРЕЗОВО-ЕЛОВОМ МОЛОДНЯКЕ ПОСЛЕРУБОЧНОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ В УСЛОВИЯХ СРЕДНЕЙ ТАЙГИ РЕСПУБЛИКИ КОМИ

Пристова Т.А.

Институт биологии ФИЦ Коми НЦ УрО РАН, Сыктывкар
E-mail: pristova@ib.komisc.ru

Изучение химического состава лизиметрических вод позволяет оценить внутрипрофильную миграцию химических элементов и определить направление процессов современного почвообразования.

Цель проводимых исследований состояла в определении особенностей и сезонной динамики химического состава лизиметрических вод в березово-еловом молодняке в условиях средней тайги Республики

Коми. Проведены исследования в Княжпогостском районе Республики Коми в окрестностях дер. Кылтово (62°19' с.ш., 50°55' в.д.) на базе Ляльского лесозоологического стационара Института биологии Коми НЦ Уро РАН в березово-еловом молодняке, формирующемся на месте рубки ельника черничного. Почва – торфянисто-подзолисто-глееватая. На трех участках в березово-еловом молодняке установлено по четыре гравитационных лизиметра конструкции Д. Дерома на глубине 5 (7), 15, 25, 35 см. Отбор проб лизиметрических вод и анализ химического состава производился по мере выпадения достаточного количества осадков в период с мая по октябрь в течение трех лет. Количественный химический анализ проб воды проводили в экоаналитической лаборатории Института биологии Коми НЦ Уро РАН.

Выявлено, что лизиметрические воды имеют кислую и слабокислую реакцию среды, при этом значение рН в летний и осенний периоды, как правило, ниже, чем в весенний. Доминирующим макрокомпонентом химического состава лизиметрических вод является растворимое органическое вещество, концентрация которого изменяется от 81 мг/дм³ в подстилке до 14 мг/дм³ в минеральных слоях почвы. Сезонная динамика водной миграции суммарного углерода (органического и неорганического) проявляется в его активном перемещении из подстилки осенью в связи с поступлением большого количества листового опада, а из минеральных горизонтов – летом.

Высокой концентрацией (до 50 мг/дм³) в лизиметрических водах отличаются гидрокарбонаты, меньшей (до 10 мг/дм³) – кальций, магний, калий, натрий, сульфаты и ионы аммония. В почвенных горизонтах аккумулируются преимущественно биогенные элементы. Часть элементов минерального питания в процессе миграции потребляется растительностью, поэтому в период вегетации наблюдалось снижение их выноса за пределы корнеобитаемого слоя.

В результате проведенных исследований рассмотрено направление процессов миграции водорастворимых форм минеральных элементов, неорганического и органического углерода. Определена сезонная динамика содержания этих компонентов в лизиметрических водах. Установлено, что изменения химического состава лизиметрических вод в результате миграции по профилю почвы проявляются в снижении концентрации минеральных элементов, особенно биогенных. Определены особенности химического состава лизиметрических вод в березово-еловом молодняке, обусловленные поступлением большого количества листового опада и высокой скоростью его разложения.

Работа выполнена при финансовой поддержке темы госзадания Института биологии Коми НЦ Уро РАН (№ АААА-А 17-117122090014-8) «Пространственно-временная динамика структуры и продуктивности фитоценозов лесных и болотных экосистем на европейском Северо-Востоке России».

ЭМИССИЯ ДИОКСИДА УГЛЕРОДА С ПОВЕРХНОСТИ ПОЧВЫ ЕЛЬНИКА ЧЕРНИЧНОГО В СРЕДНЕЙ ТАЙГЕ РЕСПУБЛИКИ КАРЕЛИЯ

Ромашкин И.В.¹, Мошкина Е.В.¹, Мамай А.В.¹, Курганова И.Н.²,
Лопес де Гереню В.О.², Шорохова Е.В.¹

¹ Институт леса Карельского НЦ РАН, Петрозаводск

² Институт физико-химических и биологических проблем почвоведения РАН,
Пушино

E-mail: lena_moshkina@mail.ru

В государственном природном заповеднике «Кивач» проведено изучение дыхательной активности таежных поверхностно-глееватых почв, сформированных в среднетаежной подзоне Карелии на озерно-ледниковых глинах. Нами были заложены три стационарные пробные площади в разных парцеллах (кислично-черничной, черничной, приручейной) старовозрастного ельника III класса бонитета. Общее дыхание почв (R) измеряли камерным методом в сезонной динамике (два раза в месяц в пятикратной повторности) с мая по ноябрь 2019 г. Параллельно с определением R измеряли температуру почвы на глубине 10 см, температуру воздуха в припочвенном слое и на высоте 1.5 м, а также контролировали влажность лесной подстилки и минеральной части почвы.

Интенсивность дыхания почвы ельника черничного в течение полевого сезона варьировала в широких пределах, имея вид двух-вершинной кривой с более высокими значениями в начале июня (3.05 ± 0.44 г С/м²сут.) и в конце августа (3.21 ± 0.45 г С/м²сут.). Низкие величины R зарегистрированы в ноябре – 0.81 ± 0.29 г С/м²сут. Во все сроки измерений значения R характеризовались высокой пространственной вариабельностью, обусловленной неоднородностью растительного покрова, особенностями распространения корневых систем в почве, гидротермическим режимом, и между собой значимо не различались. Наибольшая изменчивость величины R регистрировалась в почве приручейной парцеллы в мае и ноябре, связанная, по-видимому, с локальным переувлажнением на этом участке. Здесь отмечены самые низкие значения величины R в мае (1.36 г С/м²сут.) и ноябре (0.39 г С/м²сут.), которые были в 2-2.5 раза ниже, чем в почвах других парцелл.

Сезонная вариабельность R в почвах различных парцелл составила 25-39%, средние значения R в парцеллах существенно не различались и за весь период наблюдений составили 2.32 ± 0.42 , 2.38 ± 0.67 и 2.48 ± 0.60 г С/м²сут. в кислично-черничной, приручейной и черничной парцеллах соответственно.

Изменение R в течение вегетационного сезона в каждой из

парцелл и в целом для ельника черничного было тесно связано с температурой приземного слоя воздуха и существенно слабее – с температурой почвы на глубине 10 см. Эти зависимости хорошо аппроксимировались экспоненциальным уравнением первого порядка. Для характеристики температурной чувствительности почвенного дыхания мы использовали температурный коэффициент Q_{10} , который в различных парцеллах варьировал от 1.57 до 2.45, а в целом для ельника черничного составил 1.70.

Наиболее тесная зависимость величины R от температуры воздуха была характерна для черничной и приручейной парцелл, в которых колебания R на 48-49% объяснялись изменением температуры. Наиболее высокую температурную чувствительность дыхания почв приручейной парцеллы мы связываем с низкой биологической активностью почв в ноябре и мае, вызванной переувлажнением этих почв.

Сезонная динамика R в различных парцеллах ельника на 41-49% зависела от температуры приземного слоя воздуха. Температурный коэффициент Q_{10} в различных парцеллах варьировал от 1.57 до 2.45, а в целом для ельника-черничника составил 1.70. Общий поток CO_2 из почв ельника за шесть месяцев наблюдений (май-ноябрь) составил 4.08 ± 0.61 т $C/га$, что хорошо согласуется с данными для лесных экосистем, расположенных в сходных климатических условиях.

Исследования выполнены при финансовой поддержке РФФИ (№ 19-04-01282).

УДК 630*114.351

НАЧАЛЬНЫЙ ПЕРИОД ДЕСТРУКЦИИ ХВОИ В ПОДСТИЛКЕ СОСНЯКА БРУСНИЧНОГО

Солодовников А.Н.

Институт леса Карельского НЦ РАН, Петрозаводск

E-mail: solod@krc.karelia.ru

В среднетаежной подзоне Карелии проведены исследования разложения хвои в сосняке брусничном. Использован метод закладки мешочков с хвоей, измерялись температура воздуха и подстилки, относительная влажность воздуха, количество осадков и лизиметрических вод, прошедших через подстилку.

Установлено, что разложение хвои в сосняке брусничном в среднетаежной подзоне составило $31.63 \pm 3.32\%$ за вегетационный период (110 дней), $44.8 \pm 0.08\%$ – за годовой цикл и $55.8 \pm 5.1\%$ – за двухлетний период. Анализ гидротермических показателей в воздухе, подстилке и почве показал, что изменения в скорости потери массы хвои сильно коррелируют с температурой подстилки и параметрами,

тесно взаимосвязанными с гидротермическим режимом подстилки.

Используя общепринятую нелинейную модель Berg, Ekbohm, мы получили довольно близкое соответствие расчетной кривой с данными эксперимента. Однако расчетная модель завышает величину годовой деструкции хвои примерно на 8-10%, что подтверждается опытами 2017-2018 и 2018-2019 гг. Анализ динамики разложения хвои в наших экспериментах показал, что в процессе деструкции хвои можно выделить три стадии начального разложения: быструю (первый теплый период, потери массы хвои до ~30%), умеренную (от начала первого холодного периода до начала второго холодного периода – от ~30 до ~55% общей потери массы хвои), замедленную (второй холодный период – ~56% общей потери массы хвои).

Изучение особенностей разложения хвои в разных микрогруппах напочвенной растительности за первый вегетационный период показало незначительные различия в пределах стандартного отклонения. Небольшое влияние парцеллярной структуры биоценоза на разложение хвои в первый вегетационный период обусловлено сезонным переувлажнением подстилки лишайниковой парцеллы.

Спустя два года опыта максимальная потеря массы хвои установлена в брусничной микрогруппе ($67.4 \pm 1.3\%$) по сравнению с зеленомошной ($53.3 \pm 2.7\%$), лишайниковой ($50.9 \pm 1.3\%$) и черничной ($51.6 \pm 1.8\%$) микрогруппировках.

Финансовое обеспечение исследований осуществлялось из средств федерального бюджета на выполнение государственного задания КарНЦ РАН (Институт леса КарНЦ РАН).

УДК 911.3:33 (631.4)

ПРОГНОЗ АККУМУЛЯЦИИ УГЛЕРОДА В ЛЕСНЫХ ПОЧВАХ ЕВРОПЕЙСКОЙ ЧАСТИ РОССИИ В РЕЗУЛЬТАТЕ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА

**Тебенькова Д.Н.¹, Лукина Н.В.¹, Шанин В.Н.^{1,2}, Чумаченко С.И.^{1,3},
Грабарник П.Я.², Чертов О.Г.⁴, Кондратьев С.А.⁵, Фролов П.В.²,
Быховец С.С.², Шамова М.В.⁵, Колычева А.А.^{1,3}, Ханина Л.Г.⁶, Горнов А.В.¹,
Бобровский М.В.^{2,6}, Карпечко Ю.В.⁷**

¹ Центр по проблемам экологии и продуктивности лесов РАН, Москва

E-mail: teb-dasha@yandex.ru

² Институт физико-химических и биологических проблем почвоведения,
Пушино

³ Мытищинский филиал МГТУ им. Н.Э. Баумана, Мытищи

⁴ Бингенский технический университет, Бинген, Германия

⁵ Институт озероведения РАН, Санкт-Петербург

⁶ Институт математических проблем биологии РАН, Пушино

⁷ Институт леса Карельского НЦ РАН, Петрозаводск

климата связаны с увеличением концентрации парниковых газов в атмосфере, вызванным в значительной мере деятельностью человека. Рамочная конвенция ООН по изменению климата поставила стратегическую задачу по стабилизации концентрации парниковых газов в атмосфере на уровне, не допускающем опасного воздействия на климатическую систему планеты. Леса России играют ключевую роль в углеродном балансе Земли за счет их огромной площади. На долю России приходится более 20% мировых лесных ресурсов, в том числе более половины бореальных лесов, в которых, согласно четвертому докладу МГЭИК, будут происходить наибольшие изменения за счет смещения границ ареалов. В бореальных лесах и лесах умеренного пояса главным хранилищем углерода является почва. В этой связи оценка аккумуляции углерода в лесных почвах в результате изменения климата, особенно в наиболее антропогенно преобразованных лесах европейской части России, весьма актуальна.

Цель исследования – дать прогнозную оценку аккумуляции углерода в лесных почвах европейской части России в результате изменения климата.

Объекты исследования расположены в бореальных (Республика Карелия) и хвойно-широколиственных (Московская область) лесах. В настоящей работе было проведено математическое моделирование изменения параметров экосистемы в условиях стационарного климата и трех эмиссионных сценариев из пятого оценочного доклада МГЭИК: RCP4.5, RCP6.0 и RCP8.5 при отсутствии лесохозяйственной деятельности. Оценка динамики стока углерода при стационарном климате и условиях его изменений дана на основе математического моделирования с использованием моделей FORRUS-S, Romul_Hum и SCLISS, ILHM, ILLM и BioCalc, объединенных с помощью протоколов передачи данных.

В ходе выполнения работ показана 100-летняя динамика изменения аккумуляции углерода в таких пулах как почва, живые деревья, валеж и сухостой. Дана характеристика взаимосвязей между депонированием углерода и такими экосистемными услугами лесов, как создание древесной биомассы, формирование гидрологического режима малого лесного водосбора. Устойчивость функционирования оценена на основе показателей биоразнообразия.

Работа выполнена в рамках проекта FP7 ERA – Net Sumforest-POLYFORES при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования РФ (уникальный идентификатор проекта RFMEFI61618X0101).

ХАРАКТЕРИСТИКА ПОЧВ ЛЕСОПАРКОВ ГОРОДА ЕКАТЕРИНБУРГА В МЕСТАХ ПРОИЗРАСТАНИЯ РАКИТНИКА РУССКОГО (*CHAMAECYTISUS RUTHENICUS*)

Туленкова А.В.

Уральский государственный лесотехнический университет, Екатеринбург
E-mail: nastya.tulenкова@mail.ru

Исследования почв проводились в г. Екатеринбурге на территории пяти лесопарков. Почвенные разрезы закладывались в местах произрастания подлесочного вида раkitника русского (*Chamaecytisus ruthenicus*).

Санаторный лесопарк расположен в юго-восточной части г. Екатеринбурга. Рельеф парка волнисто-равнинный с понижением на юго-восток. В составе насаждения господствует сосна. Первый почвенный разрез глубиной более 0.5 м. Почвы дерново-подзолистые, обычные, сильноподзолистые и слабодерновые, тяжелосуглинистые. Горизонты А1 и А2 плотные по сложению, В и ВС – рыхлые. Вниз по профилю идет облегчение гранулометрического состава от тяжелых суглинков (А1) до легких. Материнская горная порода залегает на глубине от 0.4 м. представлена элювием гранита. Поверхность участка вблизи второго разреза камениста. Глубина разреза более 0.6 м. Почвы бурые лесные, типичные, каменисто-галечниковые, маломощные, легкосуглинистые. Сложение горизонтов рыхлое. Гранулометрический состав облегчается с продвижением вниз по профилю от легкого суглинка А1, супеси А2 до песка В. Горизонт С – элювий гранита, залегает на глубине 0.6 м.

Шарташский лесопарк расположен в восточной части Екатеринбурга в прибрежной полосе оз. Шарташ. В восточной части лесопарка поднимаются невысокие увалы широтного протяжения. Почвенные разрезы закладывались в березовых насаждениях. Почвы вблизи первого разреза подвержены антропогенной нагрузке. Почвенный разрез был заложен на глубину более 0.3 м. Почвы бурые лесные, типичные, каменисто-галечниковые, маломощные, тяжелосуглинистые. А1 и В – рыхлого сложения. По гранулометрическому составу горизонты представлены тяжелым А1 и средним суглинками В. Горизонт С – элювий гранита, располагается на глубине от 0.3 м. Поверхность участка вблизи второго разреза камениста, также видны следы высокой антропогенной нагрузки. Глубина разреза более 0.3 м. Почвы бурые лесные, оподзоленные, каменисто-галечниковые, маломощные, тяжелосуглинистые. Все горизонты рыхлого сложения. По гранулометрическому составу А1 – тяжелый суглинок, А1А2 и В – глина. Материнская горная порода – элювий гранита, залегает

на глубине 0.3 м.

Лесопарк Лесоводов России расположен в юго-восточной части Екатеринбурга. Имеет пересеченный рельеф. Произрастает густой сосновый бор с подлеском из липы, малины, ракитника и т.д. Первый почвенный разрез заложен на середине склона, где отмечено слабое задернение почвы. Почвы дерново-подзолистые, обычные, слабодерновые и сильноподзолистые, тяжелосуглинистые. Почвенные горизонты по сложению сменяются с рыхлого до очень плотного. Гранулометрический состав представлен тяжелым А1 и средним А2 суглинками, ВС, глиной В. С – элювий, располагается на глубине 0.55 м. Участок вблизи второго разреза задернен. Почвы дерново-подзолистые, обычные, слабодерновые и среднеподзолистые, тяжелосуглинистые. Разрез расположен на вершине склона. Горизонты по сложению сменяются от рыхлого до плотного. Гранулометрический состав представлен тяжелым А1 и средним В суглинками, глиной А2. С – элювий на глубине 0.35 м.

В Юго-западном лесопарке ракитник русский обнаружен на дерново-подзолистых, обычных, слабодерновых, слабоподзолистых, тяжелосуглинистых почвах.

В Уктусском лесопарке ракитник русский произрастает на бурых лесных, типичных, обычных, маломощных, среднесуглинистых почвах. Материнская горная порода залегает на глубине 0.34 м.

Ракитник русский нами обнаружен в городских лесопарках г. Екатеринбурга на бурых лесных и дерново-подзолистых суглинистых почвах. Для сохранения вида необходимо проводить постоянное наблюдение за устойчивостью и динамикой природной ценопопуляции в связи с нерегулируемой рекреационной нагрузкой. Исследование условий произрастания позволит сделать прогноз их развития и предложить природоохранные мероприятия для сохранения вида.

УДК 631.4

ДИНАМИКА СВОЙСТВ СОЛОДЕЙ И ОСОЛОДЕЛЫХ ПОЧВ БЕРЕЗОВЫХ ЛЕСОВ

Ударцев И.А., Грехова И.В.

Государственный аграрный университет Северного Зауралья, Тюмень
E-mail: udarigor@yandex.ru

В современных условиях при изучении почв в Тюменской области в основном обследуются пашни, а почвам лесных массивов уделяется мало внимания. Армизонский район расположен в южной части Тюменской области, входит в состав Тобол-Ишимского озерно-аллювиального геоморфологического района. Лесистость составляет

14.6%, преобладает береза бородавчатая – 70% древесной растительности. На территории района в настоящее время подвержены вымочке значительные площади лесов и в погибших лесных массивах резко сменился напочвенный покров.

Цель исследований – изучение почв березовых лесов Армизонского лесничества.

Полевые почвенные исследования проведены в восьми березовых лесах преимущественно III бонитета, расположенных в разных поселениях лесничества. На одном участке из-за близкого расположения грунтовых вод лес вымок и большинство деревьев погибло.

На описываемой территории распространены почвы с признаками осолодения и солонцевания из-за близости к поверхности засоленных грунтовых вод наряду с климатическими особенностями. Почвообразующие породы представлены лессовидными глинами, суглинками и супесями преимущественно желто-бурого и редко сероватого цвета, часто являются засоленными, что связано с вторичным засолением их за счет засоления грунтовых вод. Все они в различной степени карбонатны.

Обследованные березовые леса произрастают на темно-серой лесной осолоделой, серой лесной осолоделой почвах и солоди. Термин «осолоделые» подчеркивает региональную особенность почв, формирующихся под мелколиственными лесами.

В исследуемых почвах наибольшее распространение получили тяжелосуглинистые песчано-пылеватые и иловато пылеватые разновидности. Преобладающей фракцией в пределах всего почвенного профиля во всех разрезах является крупная пыль и мелкий песок, что свидетельствует о формировании этих почв на лессовидных суглинках. В отличие от серых лесных осолоделых почв для солодей характерна более резкая дифференциация почвенного профиля по перераспределению илистой фракции, содержание илистой фракции в горизонте В в два раза больше, чем в горизонте А2. Содержание гумуса в верхней части профиля горизонта А1 серых лесных осолоделых почв 4-6%, солодей – 2-4%.

В течение трех лет (2012-2014 гг.) в районе разрезов отбирались образцы почвы в один и тот же срок (середина августа) с двух глубин: 0-20 и 20-40 см. В 2013 г. в почве на всех участках отмечалось снижение величины актуальной кислотности на 11-20% по сравнению с 2012 г., в 2014 г. – увеличение почти до уровня 2012 г. Колебания показателей обменной кислотности по годам незначительные. Показатели гидролитической кислотности в 2013 г. превышали предыдущий и последующий годы.

Степень насыщения почв основаниями в слое 0-20 см по годам варьировала незначительно, а в слое 20-40 см самые низкие показатели наблюдались в 2013 г., затем в 2014 г. отмечено повышение,

но ниже уровня 2012 г.

Самую высокую влажность (22%) в слое 0-40 см имела почва (солодь луговая) на участке с погибшим лесом от вымокания (грунтовые воды на глубине 1.5 м). Влажность почвы на остальных обследованных участках варьировала в пределах 12-17%. Содержание минерального азота в аммонийной форме преобладало на 21-32% над нитратной формой в почвах в районе Армизонского поселения. В почвах березовых лесов Красноорловского сельского поселения содержание нитратного азота превышало аммонийный на 14-41%. Самые высокие показатели суммы минерального азота в слое 0-20 см имели почвы на двух участках – после вымокания и низового пожара.

Подкомиссия
ПО АГРОЭКОЛОГИЧЕСКОЙ И КАДАСТРОВОЙ ОЦЕНКЕ
ПОЧВ И ЗЕМЕЛЬ

Председатель – д.с.-х.н. П.М. Сапожников

УДК 631.452 : 51-76

МЕТОД МНОГОМЕРНОГО ШКАЛИРОВАНИЯ
ДЛЯ ПОСТРОЕНИЯ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ
СВЯЗИ ПРОДУКТИВНОСТИ ПОЧВ
С ПОКАЗАТЕЛЯМИ ИХ ПЛОДОРОДИЯ

Бортник Т.Ю.¹, Артюшкин В.Ф.², Карпова А.Ю.¹

¹ Ижевская государственная сельскохозяйственная академия, Ижевск
E-mail: agrohim@izhgsha.ru

² Московский государственный институт международных отношений, Москва
E-mail: ururur1@bk.ru

В настоящее время во многих регионах России выражены процессы снижения почвенного плодородия. В связи с этим возникает необходимость совершенствования методических подходов к оценке эффективности использования почв. Многообразие свойств почв, их относительную нестабильность, обусловленную рядом процессов, не всегда возможно оценить индексом окультуренности почв или урожайностью сельскохозяйственных культур. Особенно трудно оценить биологическую составляющую плодородия почв.

Междисциплинарные методы корреляционного и регрессионного анализа, использующиеся при оценке зависимости продуктивности почв от показателей плодородия, дают значимые результаты при условии явно выраженных функциональных связей между парами факторов. Задача анализа осложняется, когда предполагаемая функция связывает несколько факторов. Такая ситуация, как правило, возникает при комплексном анализе, предполагающем работу с большим количеством параметров.

В этом случае обычно возникающая при оценке уровня плодородия почв задача определения взаимного влияния химических, физико-химических и биологических свойств почв и их связь с урожайностью может быть корректно решена только в контексте понимания многомерной структуры. Для решения подобных задач предлагаются методы многомерного шкалирования, к которым можно отнести метод визуализации многомерных структур (ВМС).

Метод ВМС был применён нами для оценки продуктивности дерново-подзолистых почв СХПК им. Мичурина Вавожского района Удмуртской Республики. Данное предприятие характеризуется относительно высоким уровнем сельскохозяйственного производства в современных условиях. Выборка составила 30 почвенных проб, отобранных с ключевых площадок, расположенных на полях, где возделывались зерновые культуры. В пробах с помощью общепринятых методик определён ряд параметров почвенного плодородия (содержание гумуса, подвижных форм элементов питания растений, кислотность и другие физико-химические и биологические свойства почв, всего 18 количественных и качественных показателей). С ключевых площадок были отобраны пробные снопы для оценки уровня урожайности зерна.

Модель структуры выборки 18-мерного пространства на плоскости, составленная по результатам анализа почвенных проб, показала, что точки образов членов выборки разложились в структуру с очевидной группировкой по показателю урожайности, хотя этот показатель не включался во множество параметров, описывающих объекты.

При этом высокоурожайная группа (3.20-3.64 т з.е./га) явно может быть выделена как отдельный кластер, что указывает на обусловленность таких значений комплексом факторов. Отметим, что объекты с урожайностью от 2.2 до 2.76 т/га образовали плохо структурированную группу.

Судя по модели, высокая урожайность нелинейно определяется через значения факторов. В дальнейших исследованиях будет изучена функциональная форма этой зависимости, присутствие в модели различных факторов и их значимость. Метод ВМС является перспективным как один из путей оценки качественного уровня плодородия почв.

УДК 631.85:631.5:631.11 «324»

ОЦЕНКА ДИНАМИКИ СОДЕРЖАНИЯ ПОДВИЖНОГО ФОСФОРА В ПОЧВАХ СТАВРОПОЛЬСКОГО КРАЯ И КОЛИЧЕСТВО ВНЕСЁННЫХ ФОСФОРНЫХ УДОБРЕНИЙ В КОРРЕЛЯЦИИ С УРОЖАЙНОСТЬЮ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ

Бурлай А.В., Олейников А.Ю.

Государственный центр агрохимической службы «Ставропольский»,
Михайловск
E-mail: stavhim@mail.ru

Почвенный покров Ставропольского края представлен семью основными подтипами почв: светло-каштановые (6.5%), каштановые (16.6%), темно-каштановые (19.9%), чернозёмы южные (10.4%), чернозёмы обыкновенные (26.2%), чернозёмы типичные, выщелоченные (0.9%) и другие почвы (19.5%). В скобках указан процент от площади сельскохозяйственных земель Ставропольского края.

Оценка почв сельскохозяйственных угодий по обеспеченности подвижным фосфором выполнена по данным государственного мониторинга почв земель сельскохозяйственного назначения агрохимической службой в период с 2010 по 2018 г. Обследовано 4324.4 тыс. га сельскохозяйственных угодий. Работы по почвенно-агрохимическому обследованию почв осуществлены в соответствии с «Методическими указаниями по проведению комплексного мониторинга плодородия земель сельскохозяйственного назначения». Отбор проб осуществлялся в соответствии с требованиями ГОСТа 28168-89. Химический анализ проб почв выполнен согласно ГОСТа 26205-91 по методу Мачигина в модификации ЦИНАО.

Средневзвешенное содержание подвижных фосфатов в почвах в 2010 г. варьировало в диапазоне от 16 мг/кг на темно-каштановых почвах до 24 кг/га – на светло-каштановых и чернозёмах типичных. В 2018 г. средневзвешенный показатель содержания подвижных фосфатов уменьшился на светло-каштановых и каштановых почвах. Минимальное обеспечение данным элементом в 2018 г. было выявлено на каштановых почвах (17.7 мг/кг), максимальное значение зафиксировано на чернозёмах типичных и выщелоченных (24 мг/кг).

Внесение фосфорных удобрений под урожай озимой пшеницы в 2010 г. существенно различалось и составляло от 6 кг/га действующего вещества (д.в.) на светло-каштановых почвах до 32 кг/га д.в. – на чернозёмах обыкновенных. В 2018 г. на всех почвах наблюдалось значительное увеличение применения фосфорных удобрений. При этом наименьший показатель зафиксирован на каштановых почвах (28 кг/га д.в.), максимальное значение отмечено на чернозёмах обыкновенных (53 кг/га д.в.).

Минимальная урожайность озимой пшеницы в 2010 г. была зафиксирована на светло-каштановых почвах (29.1 ц/га) при максимальном значении урожайности 35.5 ц/га на чернозёмах обыкновенных. В 2018 г. урожайность озимой пшеницы увеличилась на всех почвах, кроме темно-каштановой, и варьировала от 32.6 ц/га на каштановых почвах до 48.8 ц/га – на чернозёмах обыкновенных.

Статистическая обработка данных показывает, что наиболее высокая степень корреляции между количеством внесённых фосфорных удобрений и урожайностью озимой пшеницы наблюдается на чернозёмах типичных и выщелоченных. Коэффициент корреляции по данному признаку варьирует от 0.23 (слабая корреляция) на светло-каштановых почвах до 0.94 (очень высокая корреляция) на чернозёмах типичных и выщелоченных.

Коэффициент корреляции между содержанием подвижного фосфора в почвах и урожайностью озимой пшеницы по всем почвам Ставропольского края в 2010 г. составил 0.04 (очень низкая корреляция). В 2018 г. коэффициент корреляции между содержанием подвижных фосфатов в почвах и урожайностью озимой пшеницы увеличился и составил 0.3 (низкая корреляция).

УДК 631.4:631.95

СВЯЗЬ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПЛОДОРОДИЯ ЧЕРНОЗЁМНЫХ ПОЧВ С МЕСТОПОЛОЖЕНИЕМ В РЕЛЬЕФЕ

Глазунов Г.П.

Курский федеральный аграрный НЦ, Курск

E-mail: gennadij-glazunov@yandex.ru

Несмотря на то, что сравнительно однородным и благоприятным для выращивания основных сельскохозяйственных культур считается почвенный покров Центрально-Черноземного региона, в ряде областей, особенно расположенных в пределах Среднерусской возвышенности, он характеризуется повышенной сложностью и контрастностью, в том числе и в пределах небольших участков и полей. При этом существующие общепринятые методики агрохимического обследования и методы отбора почвенных проб не позволяют реально оценить степень изменчивости параметров почвенного плодородия и установить необходимость регулирования питательного режима сельскохозяйственных культур. Поэтому установление закономерностей пространственной неоднородности позволит провести моделирование гетерогенности плодородия почв, установить целесообразность дифференцированного внесения минеральных удобрений в агроландшафтах, совершенствовать методические подходы оценки степени

изменчивости параметров почвенного плодородия почв, разработать приемы повышения экологической устойчивости почв, оптимизации продуктивности сельскохозяйственных культур и рационального использования природно-ресурсного потенциала агроландшафтов.

Одним из основных факторов, сдерживающих разработку систем, обеспечивающих рациональное использование природно-ресурсного потенциала в агроландшафтах, является отставание методик агрохимического обследования почвенного покрова производственных участков от развития теоретического почвоведения, агрохимии и картографирования почв. Поэтому в целях рационального землепользования необходима адекватная агроэкологическая оценка почв. Быстрое нарастание цифровизации сельскохозяйственного производства предполагает осуществление такой оценки с применением цифровых и геоинформационных технологий.

Научные исследования проводились на базе лаборатории агрохимии и геоинформационных систем ФГБНУ «Курский ФАНЦ» в 2011-2019 гг. на территории опытного поля Курского федерального аграрного научного центра (ВНИИ земледелия и защиты почв от эрозии) (Медвенский район, Курская область) на участке пашни с куполообразной формой рельефа, площадью 86 га. Почвенный покров представлен черноземами различной степени смытости на лёссовидных суглинках. Средний уклон территории составляет 2.23° . Высота колеблется от 190.5 до 217.5 м над ур.м.

На основе данных научной литературы, современных методик, ГИС-технологий, проведённых исследований и результатов собственного опыта с использованием системного, картографического, статистического анализа выполнена количественная оценка элементарного агроландшафта и картирование ключевых результатов исследования. С помощью GPS-приемника и космических снимков уточнены современные контуры исследуемой территории. В программе Surfer была построена цифровая модель рельефа местности. Дана характеристика территории полигона в связи с особенностями рельефа для целей агроэкологической оценки земель. Апробирован методический подход наложения сетки отбора почвенных образцов на ландшафтную основу для выделения однородных ареалов по совокупности почвенно-агрохимических показателей на примере склоновых агроландшафтов с чернозёмными почвами на лёссовидных суглинках. В среде ГИС на основе методов цифрового моделирования рельефа проведен морфометрический анализ его характеристик, созданы электронные карты: цифровой модели рельефа, крутизны, экспозиции склонов, плановой кривизны поверхностей склонов. Приведены результаты морфометрического анализа рельефа на основе ГИС-технологий. Дана краткая комплексная характеристика территории исследуемого полигона в связи с особенностями рельефа для целей агроэкологической оценки

земель. Рассчитаны общие средние уклоны поверхности рельефа. Для выявления участков, наиболее склонных к развитию эрозионных процессов, построены картограммы выпуклых и вогнутых склонов с наложением картограммы границ водосборов. Найдена статистически значимая связь выделенных однородных ареалов с элементами рельефа. Проведена оценка динамики показателей почвенного плодородия в элементарном агроландшафте, на основе которой разработан подход к агроэкологической оценке земель, на основе геоморфологической дифференциации ландшафта. Обоснована необходимость комплексного подхода к оценке агроэкологических параметров почвенного плодородия с учётом особенностей рельефа в агроландшафте.

УДК 332.37

ОЦЕНКА ПРОДУКТИВНОСТИ ЗЕМЕЛЬ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ ПРИКУБАНСКОЙ РАВНИНЫ КРАСНОДАРСКОГО КРАЯ

Жуков В. Д., Власенко В.П., Шеуджен З. Р.

Кубанский государственный аграрный университет им. И.Т. Трубилина,
Краснодар

E-mail: zhuckow.vik@yandex.ru

В географическом плане территория Прикубанской равнины занимает западную часть Кавказа и Предкавказья и расположена в правобережье р. Кубань между $43^{\circ}30'$ и $45^{\circ}50'$ с.ш. и $36^{\circ}30'$ и $41^{\circ}45'$ в.д. по Гринвичу.

Основой ведения сельского хозяйства любого государства всегда было, есть и останется почвенное плодородие. Обеспечение продовольственной, экономической и национальной безопасности страны в целом в значительной мере зависит от состояния земель сельскохозяйственного назначения и их способности к воспроизводству почвенного плодородия.

Происходящие на территории Краснодарского края в последние 10-летия XX в. и по настоящее время достаточно глубокие изменения климатических показателей, влекущие за собой совместно с антропогенными факторами соответствующие изменения исторически сложившихся почвообразовательных процессов, приводят к выводу о необходимости корректировки параметров и границ действующего до настоящего времени природно-климатического и сельскохозяйственного зонирования.

Обобщение информации из разных источников (топографические карты, аэро- и космические снимки, материалы почвенных обследований, проведенных институтом «КубаньНИИгипрозем» по трем турам: I – 1972 г., II – 1987 г., III – 2000 г.) позволили составить

объективную картину об изменении структуры почвенного покрова на рассматриваемой территории, что дало возможность определения и расчета влияния трансформации структуры почвенного покрова на производство сельскохозяйственной продукции.

Основу комплексной оценки качества земель составляет нормативная урожайность, которая рассчитывается с учетом агроэкологического потенциала.

Агроэкологическая оценка земель включает, по В.И. Кирюшину, ландшафтно-экологический анализ территории, агроэкологическую оценку почв, агроэкологическую типизацию и классификацию земель, агрогеоинформационные системы.

Анализ статистической информации по показателям «нормативной» и «нормальной» урожайности за рассматриваемый выше период наблюдений позволил сформулировать следующие выводы:

– в целом проявляется единая тенденция уменьшения величины урожайности («нормативной» и «нормальной») при переходе от черноземов к менее ценным в агрономическом отношении почвам;

– «нормативная» урожайность наиболее корректно отражает динамику агропроизводительной ценности почв при развитии деградационных процессов, так как при использовании этого показателя проявляется большая дифференцированность ее величины в зависимости от свойств почвы.

Для определения уровня продуктивности сельскохозяйственных угодий, равно как и производительной способности почв, в сельском хозяйстве используют количественный показатель, отражающий реальное или потенциальное качество почв, – балл бонитета.

Бонитировка почв устанавливает относительную пригодность (качество) земель для возделывания сельскохозяйственных культур или их экологических групп по их естественному плодородию при сопоставимых уровнях агротехники и интенсивности земледелия. Бонитировка осуществляется на основе почвенных обследований и выражается в относительных величинах – баллах.

Сравнение существующих баллов бонитета, выполненных в последний тур оценки земель сельскохозяйственного назначения по основным культурам отрасли растениеводства в рассматриваемом регионе, с расчетами аналогичных показателей на современном этапе показало, что продуктивность сельскохозяйственных угодий значительно снизилась. В частности, по озимой пшенице на величину от 3 баллов в Центральной природно-экономической зоне до 10 баллов в Северной природно-экономической зоне, а в среднем по рассматриваемой территории на 5 баллов.

Тенденция снижения продуктивности почвенного покрова прослеживается и в отношении других сельскохозяйственных культур.

Таким образом, в регионе для обеспечения устойчивого сельскохозяйственного производства в условиях глобальных изменений климата, сохранения и приумножения плодородия почв, снижения негативного влияния экономических рисков давно назрела необходимость принятия краевой целевой программы о внедрении биологической системы земледелия, основанной на принципах адаптивно-ландшафтных подходов к организации территории, разработке и внедрению севооборотов, сбалансированных по гумусу.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 19-44-30008 «Техногенная деградация почв Азово-Кубанской низменности и методы регулирования».

УДК 336.211.1

ВЛИЯНИЕ РАДИОАКТИВНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ НА КАДАСТРОВУЮ СТОИМОСТЬ ПОЧВ ЗЕМЕЛЬ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ БРЯНСКОЙ, КАЛУЖСКОЙ, ОРЛОВСКОЙ И ТУЛЬСКОЙ ОБЛАСТЕЙ

Клеутина Е.А. Сапожников П.М.

Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Москва
E-mail: Ya.zhenia98@yandex.ru, sap-petr@yandex.ru

Влияние радиоактивного загрязнения на кадастровую стоимость изучено в слабой степени. В Российской Федерации больше всего от него пострадали четыре области: Брянская, Калужская, Орловская и Тульская.

Для расчета кадастровой стоимости земель было произведено разделение областей на районы в зависимости от уровня загрязнения. Разделение производилось на основе прогнозного загрязнения территории по картам из «Атласа современных и прогнозных аспектов последствий аварии на Чернобыльской АЭС на пострадавших территориях России и Беларуси».

Территории областей разделены на три зоны в зависимости от загрязнения радионуклидами. Первая зона – загрязнение цезием-137 менее 3.7-10 кБк/м² (менее 0.1-0.2 Ки/км²) – минимальное. Вторая зона – 10-37 кБк/м² (0.2-1 Ки/км²) – соответствует норме допустимого значения. Третья зона – более 37 кБк/м² (более 1 Ки/км²) – выше нормы допустимого значения. Для них выбраны различные почвы.

С помощью специальной программы в MicrosoftAccess была посчитана нормативная урожайность сельскохозяйственных культур и удельные показатели кадастровой стоимости (УПКС). Они вычисляются путем вычитания из удельного валового дохода затрат на поддер-

жание плодородия почвы и на возделывание сельскохозяйственных культур, а также затрат на реабилитационные мероприятия.

За реабилитационные мероприятия были взяты внесение известковых и калийных удобрений, которые снижают поступление Cs-137 в растения. В зависимости от уровня загрязнения внесли следующие дозы извести: минимальное загрязнение – 3 т/га, соответствует норме допустимого значения – 5 т/га, выше нормы загрязнения – 7 т/га.

УПКС на территориях, имеющих разный уровень загрязнения радионуклидами, не одинаков. С увеличением затрат на реабилитационные мероприятия уменьшается кадастровая стоимость почв.

На территории с загрязнением 10-37 кБк/м² у дерново-подзолистых почв происходит снижение стоимости на 40-88% (с 0.5-3.33 до 0.3-0.38 руб./м²), серых лесных – на 37-56% (с 6.95-3.97 до 2.17-3.66 руб./м²), аллювиальных дерновых – на 35-85% (с 6.72-3.69 до 0.55-3.46 руб./м²), торфяно-глеевых болотных низинных – на 68-88% (с 2.51 до 0.3- 0.78 руб./м²), выщелоченных черноземов – на 75-58% (с 8.81-4.33 до 3.63-1.07 руб./м²), а у оподзоленных черноземов – на 37-56% (с 9.2-15.65 до 3.99-9.86 руб./м²).

На территории с загрязнением более 37 кБк/м² у серых лесных почв происходит снижение стоимости на 35-59% (с 2.17-3.66 до 0.87-2.36 руб./м²), аллювиальных дерновых – на 29-54% (с 0.55-3.46 до 0.39-2.16 руб./м²), выщелоченных черноземов – на 35-56% (с 1.07-3.63 до 0.47-2.33 руб./м²), а у оподзоленных черноземов – на 13-32% (с 3.99-9.86 до 2.68-8.85 руб./м²).

Максимальное снижения стоимости составило 88-89%, что наблюдается у дерново-подзолистой, торфяно-глеевой болотной низинной, аллювиальной дерновой почв и у выщелоченного чернозема. Минимальное снижение (40-45%) наблюдается у дерново-подзолистой почвы и оподзоленного чернозёма.

УДК 631.4 (571.513)

АГРОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ПОЧВ ПРЕДГОРИЙ ХАКАСИИ

Кутькина Н.В.

НИИ аграрных проблем Хакасии, Абакан
E-mail: cutcina19@mail.ru

Изучение потенциала плодородия почв, определяемое совокупностью свойств, режимов и комплексом экологических условий, является актуальным для решения вопросов рационального использования почв, сохранения плодородия, увеличения продуктивности и устойчивости агроландшафтов. Сельскохозяйственные земли пред-

горий в южной части Хакасии примыкают к горам Западного Саяна, в северной – к горам и отрогам Кузнецкого Алатау. Природные условия и особенности географического положения предгорных районов, влияющие на агроэкологическую оценку почв, определяются прежде всего геолого-геоморфологическим фактором (обуславливающая структура зональности и вертикальной поясности), климатическим режимом (континентальность, тепло- и влагообеспеченность), условием залегания почвообразующих пород. Сельскохозяйственные угодья находятся в сложных ландшафтах холмисто-увалистой равнины, где происходит перераспределение влаги за счет поверхностного стока, с которым связано развитие эрозионных процессов. При этом здесь более благоприятные условия для производства зерновых культур и повторного вовлечения залежных земель в севооборот.

Цель исследования – провести агроэкологическую оценку почв в предгорных районах Западного Саяна и Кузнецкого Алатау.

Объектом исследования были пахотные и постагроденные почвы земледельческой части предгорий, входящие в Минусинскую провинцию, представленные в основном черноземами (80%), где в пределах лесостепи преобладают выщелоченные чернозёмы, настоящей степи – обыкновенные и южные. Почвы относятся к фаціальным подтипам умеренных глубоко и длительно промерзающих. Среди почвообразующих пород господствуют делювиальные желто-бурые и красноцветные тяжелые суглинки и глины. Агроэкологическая оценка почв производилась по методике И.И. Карманова, через почвенно-экологический индекс (ПЭИ), где за 100 баллов принят ПЭИ черноземов типичных Краснодарского края с благоприятными условиями климата, агроклиматическим потенциалом (АП), равным 10.

Расчеты показали, что коэффициент континентальности климата предгорных районов Хакасии варьирует от резкого до крайне континентального (193-217), коэффициент увлажнения по Н.Н. Иванову в лесостепи недостаточный (1.01-0.98), в настоящей степи – засушливый (0.67-0.85). Выделено три района, различающихся по климатическому потенциалу: лесостепной Западного Саяна и Кузнецкого Алатау (АП – 5.6), предгорно-степной Западного Саяна (4.9) и предгорно-степной Кузнецкого Алатау (АП – 4.1), что в среднем в два раза ниже базового значения (АП = 10). В тесной связи с климатическим потенциалом уменьшается и качество почв, располагаясь в следующей последовательности: лесостепь предгорий Западного Саяна и отрогов Кузнецкого Алатау (средняя агроэкологическая оценка почв 56 баллов) > настоящая степь предгорий Западного Саяна (54) > лесостепь предгорий Кузнецкого Алатау (49) > настоящая степь предгорий Кузнецкого Алатау (28). Агроэкологическая оценка черноземов предгорий Западного Саяна высокая (57 баллов – оподзоленный чернозем, 59 – выщелоченный). Несмотря на самый высокий запас гумуса в

оподзоленном черноземе, кислая среда почвы и низкие показатели питательных веществ снижают общую экологическую оценку почвы. В предгорно-степном поясе Западного Саяна агроэкологическая оценка черноземов равнинной части несмотря на более жесткие условия климата выше на 3-6 баллов холмистой за счет меньшей эродированности почв. При переходе от обыкновенных к южным черноземам наблюдается дальнейшее снижение плодородия почв, что связано с сухостью климата и залеганием пород, агроэкологическая оценка составила 39 баллов, а в предгорно-степной части Кузнецкого Алатау она уменьшается в среднем на 8 баллов.

Агроэкологическая оценка деградированных черноземов разных подтипов варьирует от очень низкой до средней (от 10 до 52 баллов). В сравнении с недеградированными почвами оценка снижается в 1.2 и 1.5 раза у слабодеградированных, в два раза – у средне- и в 4-6 раз – у сильнодеградированных почв.

УДК 631.48+551.582/583

ПОЧВЕННО-ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ ПАХОТНЫХ УГОДИЙ НАКАНУНЕ АГРАРНОЙ РЕФОРМЫ КАК ТОЧКА ОТСЧЕТА ДЛЯ ОЦЕНКИ ИХ ТРАНСФОРМАЦИИ В ПЕРИОД ПОСТАГРОГЕНЕЗА (НА ПРИМЕРЕ ЯРОСЛАВСКОЙ ОБЛАСТИ)

Русаков А.В., Симонова Ю.В., Рюмин А.Г., Попов А.И., Лемешко Н.А.
Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург
E-mail: spp-06@mail.ru

Для анализа агроресурсного потенциала залежных почв Нечерноземья и выявления тренда их эволюционных изменений в морфологии и свойствах в период постагрогенеза крайне важно знать всестороннюю исходную характеристику бывших агропочв и использовать адекватный, сбалансированный и опробованный подход к оценке потенциального плодородия почв при трансформации пашни в залежь. Имея в виду второй аспект, мы оценивали агропроизводственный потенциал почв бывших пахотных угодий на основе вычисления почвенно-экологического индекса (ПЭи) как интегрального оценочного критерия качества пахотных почв, который включает почвенную (П), климатическую (К) и агрохимическую (А) составляющие. В методологическом аспекте важно, что К-составляющая была нами рассчитана за предшествующий оценке период (1961-1990 гг.) на основе комплекса данных по конкретным метеостанциям, наиболее близко находящимся к району исследования, что определяет высокую информативность и достоверность вычисленных величин ПЭи.

Почвенно-экологическое состояние пахотных угодий накануне аграрной реформы оценивалось на примере автоморфных почв Пошехонского района Ярославской области (обширная территория Шекснинско-Костромского междуречья), базируясь на морфолого-генетических свойствах агропочв, полученных нами в ходе крупномасштабного почвенного картографирования 1988-1990 гг. В обработку были включены 120 разрезов почв, представленных разновидностями (по КиДПР, 2004) и сформированных на широком спектре однородных и двучленных четвертичных почвообразующих пород.

Величины ПЭи агропочв, находящихся в настоящее время в пахотном состоянии или под разновозрастными залежами, ранжированы нами на четыре группы: 20-30, 30-40, 40-50 и 50-60 баллов (по 100-балльной шкале). Выявлено, что доминируют почвы первых двух групп (79%), что говорит в целом о низкой и средней степени потенциального почвенного плодородия почв изученного района в позднеперестроечный период. Генетические свойства почв проявились в компонентном составе почв каждой группы несмотря на равноценный в основном комплекс агротехнических мероприятий, направленных на поддержание плодородия пахотных почв. Так, в первой группе преобладают агродерново-глубоко- и неглубокоподзолистые суглинистые почвы с некоторым доминированием двучленных пород, вторая группа объединяет в основном агродерново-неглубокоподзолистые почвы также на различных вариантах двучленных пород; третья группа – это агродерново-неглубокоподзолистые почвы преимущественно на однородных породах, в том числе карбонатных; наконец, в четвертую группу объединены агроземы и агродерново-неглубокоподзолистые почвы на однородных породах и двучленах, в том числе карбонатных. Такие важные параметры П-составляющей ПЭи, как содержание гумуса и $pH_{\text{сол.}}$, меняются от первой группы к четвертой в пределах от 1.25 ± 0.08 до 2.76 ± 0.52 и $5.0-6.1$ соответственно.

Оценено варьирование каждой составляющей в суммарном индексе ПЭи в пределах каждой группы. К-составляющая – единая для всего оцениваемого массива и составляет 6.3 балла. В то же время в ряду выделенных групп от первой до четвертой величины двух остальных параметров увеличиваются в целом пропорционально: А-составляющей увеличиваются от 0.85 до 1.24, П-составляющей – от 4.95 до 6.94. Важным моментом при вычленении доли каждой составляющей в суммарной оценке ПЭи всего массива данных является доминирование К-составляющей. Особенно это сказывается в ряду первых двух групп агропочв, в четвертой К- и П-составляющие имеют примерно равный вес. Отметим, что А-составляющая имеет явно подчиненное значение и отражает в основном уровень не потенциального, а эффективного плодородия.

Таким образом, проведенные нами исследования позволили объективно и с большим пространственным разрешением оценить почвенно-экологическое состояние агропочв автоморфных позиций пахотного клина севера Ярославской области. Полученные данные могут послужить основой для анализа изменений, произошедших в постагрогенный период, т.е. за линейный климатический тренд 1991-2019 гг.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 19-29-05243.

УДК 631.41

АГРОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ПОЧВ В УСЛОВИЯХ АДАПТИВНО-ЛАНДШАФТНЫХ СИСТЕМ ЗЕМЛЕДЕЛИЯ

Самбуу А.Д., Бутанаев Ю.В.

Тувинский институт комплексного освоения природных ресурсов СО РАН,
Кызыл
E-mail: sambuu@mail.ru

Агроэкологическая оценка взаимосвязей природных и антропогенных компонентов ландшафтов с экологическими показателями приобретают важное значение для земледелия. Они показывают направленность и интенсивность развития сельскохозяйственного производства в новых эколого-экономических условиях.

Агроэкологическая оценка дает возможность более точно планировать и прогнозировать процессы, протекающие в агроэкологических системах любого региона. В связи с этим была проведена агроэкологическая оценка почв в Республике Тыва.

Особенности географического положения территории Тувы создают специфические условия, при которых изменение высоты местности приводит к изменению климата и, соответственно, смене растительных и почвенных зон. Резкая континентальность климата, контрастность сезонов, короткое лето, небольшое и преимущественно летнее выпадение осадков, глубокое промерзание почв на открытых степных участках, различные мощности и механический состав почвообразующих пород, а также неодинаковая их инфильтрационная способность способствуют появлению в почвенном покрове черт крайней аридности, определяют слабую дифференциацию территории на зоны и значительную растянутость переходов между зонами.

Ландшафтная структура республики определяется абсолютным преобладанием лесных ландшафтов: по данным 2018 г. они занимают 49% от общей площади республики, степные и лесостепные, т.е. сельскохозяйственные составляют 20%. В целях более рационального

размещения и научно-обоснованной специализации сельскохозяйственного производства на территории Тувы выделяют центральную, южную, западную и восточную сельскохозяйственные зоны. Наряду с сельскохозяйственными зонами выделяют лесостепную, степную и сухостепную ландшафтно-климатические зоны.

Земледеле ведется в 16 административных районах. На мониторинговых участках ландшафтно-климатических зон проведены почвенные исследования для определения агрохимических, физико-химических свойств почв и их валового состава, для оценки гумусового состояния почв, водно-физических свойств, продукционно-деструкционных процессов, биологической продуктивности, баланса CO_2 .

Анализ данных агрохимического обследования почв показал, что в структуре земельного фонда Тувы за 1976-2015 гг. площадь сельскохозяйственных угодий уменьшилась в два раза, пашни – почти в четыре, сенокосов – в два и пастбищ – в 1.7 раза. Особенно сильное сокращение наблюдается в 1995-2005 гг. Оценка содержания гумуса в почвах мониторинговых участков выявила его снижение в начальный период исследования, а далее оно стабилизировалось. В связи с аридностью климата и недостаточным количеством вносимых удобрений произошло обеднение почв биофильными элементами, но из-за перевода земель из пашни в залежь наименее плодородных земель, пашня имеет более высокое плодородие. Распашка почв Тувы сопровождается увеличением интенсивности развития водной и ветровой эрозии, уменьшением гумусированности, емкости поглощения, содержания подвижных форм фосфора и калия.

Исследования выполнены при поддержке гранта РФФИ № 19-29-05208 мк «Эколого-экономическая оценка деградации сельскохозяйственных земель Республики Тыва».

УДК 631.4:528.92.94

АНАЛИЗ ОПЫТА СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ КАДАСТРОВЫХ КАРТ ФОРМИРОВАНИЕМ КАДАСТРОВЫХ УЧАСТКОВ НА ОСНОВЕ ПОЧВЕННЫХ КОНТУРОВ КРУПНОМАСШТАБНЫХ ПОЧВЕННЫХ КАРТ

Сулейман Г.А., Вильчевская Е.В., Рухович Д.И., Калинина Н.В.

Почвенный институт им. В.В. Докучаева, Москва

E-mail: ka-nv@yandex.ru

Кадастровое деление СССР оперировало понятиями категорий земель. Так, пашня относилась к землям сельскохозяйственного назначения. Но к землям сельскохозяйственного назначения относился целый ряд земельных угодий, таких как сенокосы, пастбища,

лесополосы и пр. При смешении в кадастровом участке нескольких видов угодий внести в кадастровое деление границы почвенных контуров было вряд ли возможно. Современный участок имеет вид разрешенного использования. К сожалению, вид разрешенного использования – также довольно широкое понятие и конкретно под какое угодье участок отведен, не указывается. Но если часть кадастрового участка не может быть использована под пашню, то может быть изменен и вид разрешенного использования. Поскольку почвенный покров является одним из лимитирующих факторов использования земель для сельскохозяйственного производства, появляется возможность использования границ почвенных контуров для формирования границ кадастровых участков. Возможность использования почвенных контуров в кадастровой карте – это новая возможность, так как ранее почвенный покров использовался лишь для вычисления кадастровой стоимости участка. Границы же участка формировались по границам собственника.

Новые возможности позволяют реализовать комплексный подход к выделению элементарной единицы кадастрового учета. Сочетание вида разрешенного использования и почвенной разности позволяют оперировать понятием почвенно-земельный покров, т.е. оперировать однородными фрагментами почвенного покрова с указанием типа землепользования. При трансформации почвенного покрова под антропогенным воздействием, в ходе изменения климата, гидрологического режима, мелиорации и т.д. может измениться и вид землепользования. Традиционно изменения свойств почвенного покрова, ведущие к ограничениям использования под пашню, являются деградацией земель. Но если в прямоугольных границах кадастрового участка, которое совпадает с границами сельскохозяйственного поля, формируется область повышенного увлажнения (мочар), то часть поля перестает быть пашней. Формирование же мочара может быть не связано с сельскохозяйственной деятельностью текущего землепользователя. Угроза периодического переувлажнения могла существовать длительное время (сотни и тысячи лет), но иметь циклический характер. Фактически кадастровый участок может содержать фрагменты пашни, имеющие ограничения по использованию. Границы этих ограничений определяет не землеустройство, а почвенный покров. Перенос почвенной границы позволяет грамотно выделить на одном поле кадастровые участки с разными видами возможного использования. Можно постулировать, что при грамотном кадастровом делении необходимо учесть факторы, ограничивающие виды возможного использования земель, и на одном кадастровом участке не должно содержаться двух объектов с разными видами использования.

Вторым вопросом совершенствования кадастрового учета на основе почвенных карт является оценка качества и стоимости земель. На

одном сельскохозяйственном поле при его равномерном использовании урожайность по естественно-природным причинам может отличаться в два раза, а иногда и более. Особенно это проявляется при высокоинтенсивном ведении хозяйства – при высоких дозах химизации и интенсивной агротехнике. Неоднородные поля нуждаются в более совершенных технологиях на основе точного земледелия, чего усредненная оценка разнородного кадастрового участка учесть не может.

В настоящее время процесс переноса почвенных контуров на кадастровое деление принимает широкий размах на наиболее продуктивных (дорогих) землях. На Кубани широко выделяют мочары, формирующиеся на мощных предкавказских черноземах, так как эти земли фактически невозможно использовать под пашню. В Тамбовской области выделяют оглеенные серые лесные почвы, фрагментарно соседствующие с черноземами. Причина также в невозможности использовать эти фрагменты в общей распашке поля.

Синтез кадастрового деления и почвенной картографии способствует совершенствованию землеустройства. Востребованность почвенных карт в свою очередь способствует развитию крупномасштабной почвенной картографии.

УДК 631.45

КОНЦЕПЦИЯ АГРОРЕСУРСНОГО ПОТЕНЦИАЛА В АСПЕКТЕ КАДАСТРОВОЙ ОЦЕНКИ ЗЕМЕЛЬ

Суханов П.А.

Агрофизический НИИ, Санкт-Петербург

E-mail: pavel_suhanov@mail.ru

Концепция агроресурсного потенциала (АРП), предложенная нами, состоит в следующем: 1) формулирование понятия АРП; 2) обоснование структурного (ресурсного) каркаса АРП, т.е. состава тех ресурсов и условий, которые формируют его и обеспечивают реализацию; 3) разработка системно-функциональной организации АРП с четким определением роли всех составляющих его факторов; 4) обоснование приоритетной роли агробиологических ресурсов (сельскохозяйственных культур и других растений) в структуре АРП; 5) выделение в качестве базовых (естественно-исторических) факторов АРП – почвенно-земельных ресурсов и агроклиматических условий; 6) научное обоснование основных направлений и приемов управления и наращивания АРП; 7) определение подходов к оценке АРП и апробация их на примере региона Ленинградской области.

Понятие АРП было сформулировано в следующем виде: «Агро-ресурсный потенциал – это общая интегральная продуктивность, вы-

раженная в зерновых единицах, всех сельскохозяйственных угодий (земель) с присущими им почвами, которая может быть получена в конкретных природно-климатических условиях на конкретных почвенно-земельных ресурсах при оптимальной структуре посевов при определенных ресурсах обеспечения и управления, а также при конкретных условиях и возможностях их реализации». Из определения очевидно, что базовыми ресурсами, определяющими АРП конкретных регионов, являются присущие им почвенно-земельные и агроклиматические ресурсы, а основным производителем (продуцентом) ресурсов являются растения (сельскохозяйственные культуры).

Согласно приказу Минэкономразвития (от 12 мая 2017 г. № 226), определение кадастровой стоимости земель сельскохозяйственного назначения должно осуществляться в соответствии с «Методическими указаниями о государственной кадастровой оценке» (МУ). В соответствии с МУ кадастровая оценка земельных участков сельскохозяйственных угодий должна выполняться на основе использования доходного подхода. Этот подход требует максимального использования и анализа информации о состоянии и качестве оцениваемых земельных участков, составе и плодородии их почв, наличии и степени выраженности негативных свойств почв. На основе результатов анализа определяются оптимальные варианты использования земель, рассчитывается нормативная урожайность, получаемая при этом доходность становится базой для расчета кадастровой стоимости земель, а соответственно и других платежей за землю.

Таким образом, ключевым моментом как в оценке АРП в рамках предложенной нами концепции, так и в определении кадастровой стоимости земель сельскохозяйственного назначения является определение урожайности сельскохозяйственных культур. Исходя из требований, названных МУ, информация о качестве земель и плодородии их почв, используемая при оценке АРП, в полной мере отвечает задачам государственной кадастровой оценки земель, выполняемой в соответствии с утвержденными методическими указаниями.

УДК 631.452

О ПРОБЛЕМЕ КОЛИЧЕСТВЕННОЙ ОЦЕНКИ ВЛИЯНИЯ АГРОТЕХНОЛОГИЙ НА ПОЧВУ

Сухановский Ю.П., Прущик А.В., Вытовтов В.А., Титов А.Г.
Курский федеральный аграрный НЦ, Курск
E-mail: soil-er@kursknet.ru

По данным, приведённым академиком РАН Г.В. Добровольским, к концу XX столетия в мире потеряно плодородных земель больше, чем используется при современном земледелии; площадь пашни ежегодно

сокращалась на 1%; 93% продовольствия производилось с использованием почвенных ресурсов. Во второй половине XX столетия резко увеличилась численность населения в мире. Сокращение площади пашни и увеличение численности населения привело к резкому сокращению площади пашни в среднем на одного человека. При этом почва ещё деградировала. Для предотвращения глобального голода необходимо стремительно повышать урожайность сельскохозяйственных культур. Это стало вызовом для продовольственной безопасности.

Почвенные ресурсы (как любые природные ресурсы) оценивают количеством и качеством. Количество почвы оценивают измеряемыми величинами – площадью поверхности и мощностью гумусового слоя. С позиции производства растениеводческой продукции качество почвы называют плодородием, т.е. «способностью производить урожай растений» по В.Р. Вильямсу. Чем больше урожай (при прочих равных условиях), тем лучше качество (плодородие) почвы. Количество и качество любой производимой продукции (растениеводческая продукция не исключение) зависит от количества и качества используемых ресурсов. Динамику мощности гумусового слоя определяют два процесса: почвообразование и эрозия почвы. Математические модели этих процессов дают возможность прогнозировать динамику мощности гумусового слоя при использовании разных агротехнологий. ФАО ООН (продовольственная и сельскохозяйственная организация при Организации Объединённых Наций) пришла к выводу, что человек использует почвы как невозобновляемые ресурсы по причине очень малой скорости почвообразования. Более сложной проблемой является объективная оценка качества почвы, поскольку урожайность зависит не только от почвы, но ещё, в частности, от метеорологических условий и агротехнологий. Требуется количественная зависимость урожайности только от измеряемых параметров свойств почвы. Эта зависимость будет определять оценку качества почвы относительно производства растениеводческой продукции. Прогнозируя динамику этих параметров, можно будет прогнозировать динамику качества почвы. Поиск такой зависимости – весьма актуальная задача. Подтверждением этого является следующий пример. Данные по урожайности зерновых, полученные на Ротамстедской станции (Англия), привели к следующим выводам: 1) ежегодная доза минерального азота 1.44 ц/га давала прибавку урожайности примерно 10 ц/га. Человек в почву вносил 1.44 ц, а забирал из почвы в виде прибавки массы зерна в семь раз больше, что ускорило истощение почвы в семь раз; 2) для генно-модифицированных сортов (с большей способностью усваивать этот азот) при той же дозе удобрения урожайность увеличилась ещё в четыре раза, истощение почвы ускорилось в 28 раз. Такая интенсификация производства зерновых делает массообмен между человеком и почвой катастрофическим.

Для обеспечения продовольственной безопасности необходимо уметь объективно оценивать и прогнозировать влияние агротехнологий на динамику почвенных ресурсов (на их количество и качество). В настоящее время установлена зависимость среднесуточной урожайности от запасов гумуса в слое почвы 0-50 см. Также разработана математическая модель, описывающая динамику трёх процессов: водной эрозии, запасов гумуса в почве и почвообразования. Разработанные прогнозы для условий Центрального Черноземья привели к выводам: 1) при современной земледелии почвенные ресурсы будут сокращаться (их будет меньше, а качество хуже); 2) сокращение можно только замедлить. Таким образом, необходима разработка математических моделей для прогнозирования динамики почвенных ресурсов и производства возможного количества растениеводческой продукции при использовании разных агротехнологий.

УДК 631.452 (450.57)

ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ПЛОДОРОДИЯ ПОЧВ НА ОСНОВЕ БИОЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ КОНЦЕПЦИИ В СИСТЕМЕ ЗЕМЕЛЬНОГО КАДАСТРА

**Хасанов А.Н., Ишемьяров А.Ш., Асылбаев И.Г., Рафиков Б.В.,
Лукманов Р.А.**

Башкирский государственный аграрный университет, Уфа
E-mail: airathanas@mail.ru

В настоящее время активно развиваются вопросы экологически совместимого землепользования, которое должно базироваться на ландшафтно-экологической системе оценки и управления земельными ресурсами. В рамках этого ведения Государственного земельного кадастра должно учитывать основные природно-экологические факторы территории землепользования, оказывающие непосредственное влияние на плодородие почв и продуктивность агроландшафтов, систематику земель сельскохозяйственного назначения в численном и денежном эквиваленте.

По мнению многих авторитетных ученых, плодородие – это биоэнергетический потенциал почвы, который можно выразить в едином показателе уровня плодородия – энергетических единицах. Экономическая оценка плодородия почв и определение кадастровой стоимости земель на основе биоэнергетической концепции нами определена исходя из имеющихся в литературе публикаций по энергетике почвообразования.

Гумус является основным показателем плодородия почв, в нем аккумулированы запасы почвенного азота, а также большое коли-

чество других макро- и микроэлементов. Потенциальное плодородие почвы отражает величина запасов гумуса в энергетических единицах, а уровень эффективного плодородия определяется энергетическими эквивалентами азота, фосфора и калия.

Теоретической основой оценки плодородия почв в энергетических единицах служит связывание в процессе фотосинтеза растений 674 ккал, или 2822 кДж световой энергии на одну молекулу углевода. Отсюда на образование 1 г продукта фотосинтеза связывается 3.74 ккал, или 15.66 кДж солнечной энергии (674 ккал/180 г/моль $C_6H_{12}O_6$). На создание 1 г гумуса, по данным В.А. Ковды, затрачивается 20.938 кДж химически связанной солнечной энергии.

Нами были произведены расчеты биоэнергии плодородия почв и кадастровой стоимости земель сельскохозяйственного назначения Уфимского района Республики Башкортостан, на территории 19 муниципальных образований которого были произведены полевые почвенные обследования, заложено 427 разрезов и отправлено на агрохимические анализы более 1200 образцов, отобранных по генетическим горизонтам.

В связи с принятием бюджета страны, исходя из цены на нефть, можно сделать вывод о целесообразности выбора нефти в качестве энергетического эквивалента для экономической оценки земли и ее кадастровой стоимости. В соответствии с вышесказанным и сопоставления энергетических эквивалентов (1 т гумуса – 20 938 МДж; 1 т нефти – 41 868 МДж) следует, что энергия 1 т гумуса эквивалентна энергии 0.5 т нефти, произведена оценка плодородия почв на основании биоэнергетического потенциала.

На основе расчетов биоэнергетический потенциал почв агроландшафтов Уфимского района оценивается от 9316.9 до 3199.4 ГДж/га в зависимости от подтипов почв, а по муниципальным образованиям биоэнергия плодородия варьирует от 12 244.9 до 4151.1 ГДж/га.

Наряду с биоэнергетической оценкой почв по их диагностическим признакам нами проведена качественная оценка по природным свойствам (бонитировка), а также их сравнение со средней урожайностью зерновых культур. Сопоставление баллов бонитета показало наличие тесной взаимосвязи, а коэффициенты корреляции и уравнения регрессии по природным свойствам, биоэнергии плодородия и урожайности зерновых культур подтверждают правомерность использования биоэнергетической концепции при земельно-оценочных работах.

Установлено, что кадастровая стоимость земель сельскохозяйственного назначения по муниципальным образованиям колеблется от 106 560.2 до 45 524.5 руб. и составляет в среднем по Уфимскому району 67 177.4 руб., в то время как действующая кадастровая стоимость составляет 59 121.0 руб./га, а цена 1 га различных подтипов почв варьирует от 3992.3 до 1364.4 тыс. руб.

Отсюда следует, что запасы гумуса, элементов питания растений и аккумулированного в них количества биоэнергии являются основным и наиболее объективным критерием бонитировки почв как основы кадастровой оценки земель в энергетических и денежных единицах. Очевидно, биоэнергетическая концепция экономической оценки земельных участков позволяет более объективно установить размер поземельного налога, платы за аренду и иных земельных платежей.

УДК 631.4

ПАСПОРТ ПЛОДОРОДИЯ КАК СОСТАВНАЯ ЧАСТЬ ЭЛЕКТРОННОГО РЕЕСТРА ПОЧВ БЕЛАРУСИ

Шульгина С.В., Азаренок Т.Н., Матыченкова О.В.
Институт почвоведения и агрохимии, Минск
E-mail: soil@tut.by

Разносторонний фактический материал о почвах сельскохозяйственных земель Беларуси (литологическом строении почвенного профиля, морфологических, агрохимических, физико-химических, физических свойствах, гранулометрическом составе, уровне их плодородия, мерах по сохранению и повышению производительной способности, видах охранных мероприятий), накопленный в РУП «Институт почвоведения и агрохимии» (результаты теоретических и прикладных исследований, трех туров крупномасштабного почвенного картографирования, корректировочных работ, крупномасштабных агрохимических обследований), сегодня особенно востребован со стороны специалистов агропромышленного комплекса и существует необходимость доступа к унифицированным агроэкологическим, нормативно-техническим, агропроизводственным показателям почв как информационному обеспечению рационального землепользования. В Беларуси земли сельскохозяйственного назначения занимают 40.8% площади республики (из них пахотных 27.5%) и являются важным стратегическим ресурсом. Однако, отсутствует электронный информационный ресурс, в котором были бы отражены аналитические сведения агроэкологического и агрономического характера о почвах республики, поэтому исследования по созданию справочно-аналитического электронного реестра почв Беларуси с набором каталогов, содержащих актуальные количественные и качественные показатели компонентов почвенного покрова сельскохозяйственных земель, особенно значимы.

Базовыми документами для создания Электронного реестра почв являются ГОСТ 27593-88 Почвы. Термины и определения, а также разрабатываемый межгосударственный стандарт – ГОСТ 17.4.2.03-86

Охрана природы. Почвы. Паспорт почв. Источником информации также является постоянно пополняемая в секторе агропочвоведения, цифрового картографирования и оценки почв Почвенная информационная система Беларуси, отражающая современное состояние почвенного покрова на различных уровнях обобщения (от республики в целом до элементарного участка), а также отдельные специализированные базы данных (база данных региональных эталонов естественных почв республики и их агроестественных аналогов, база данных высокоплодородных почв пахотных земель), систематизированы данные современного компонентного состава почвенного покрова староосушенных сельскохозяйственных земель, представленных торфяными и дерготорфяными почвами.

В настоящее время разрабатываются научно-методические приемы построения реестра. Одним из звеньев его структуры является паспорт плодородия презентативных почвенных объектов. Созданная форма паспорта включает фиксированный набор критериев отдельных полей информационных блоков реестра, которые позволяют раскрыть в кратком виде идентификационную информацию о конкретном значимом почвенном объекте. Содержание паспорта включает наименование, соответствующее номенклатурному списку почв республики, площадь почвенного ареала, местоположения (область, район, почвенно-экологический район, название и категория землепользователя, вид земель), картографическое изображение территории, где расположен объект (с указанием масштаба), номер почвенного разреза, дата закладки, географические координаты, фото почвенного профиля, геолого-географические условия территории (рельеф, почвообразующие породы), тип водного питания, характер увлажнения, мелиоративное состояние, климатические условия территории (агроклиматический район, средняя температура воздуха января/июля, °С, среднегодовая сумма осадков, мм, сумма активных температур воздуха выше 10 °С), растительный покров, морфологическое описание почвенного профиля, вид антропогенного воздействия, в том числе ведущий к деградации почвы (при наличии), агрохимические свойства (содержание гумуса, реакция почвенной среды, запасы питательных элементов в гумусово-аккумулятивных горизонтах), плотность почвы, балл плодородия, рекомендации по использованию. В зависимости от цели использования паспорт объекта может содержать дополнительные позиции из справочно-аналитической системы Электронного реестра почв республики. Паспортизация почв обеспечивает электронной унифицированной информацией об их качестве, которую предполагается обновлять в течение установленного периода времени, и направлена на оказание помощи в проведении контроля и оценки состояния земель сельскохозяйственного назначения, в том числе оперативного учета разнонаправленных изменений почвенного покрова.

Таким образом, в республике существуют научные предпосылки и практическая необходимость в представлении почвенных компонентов сельскохозяйственных земель в форме соответствующих паспортов с актуальной качественно-количественной характеристикой объектов, что является своевременным и нужным для принятия научно обоснованных решений рационального и целесообразного использования почв с учетом их основных свойств и требований охраны, повышения их производительной способности, экологической защиты от деграционных изменений.

Подкомиссия

ПОЧВЫ И ОКРУЖАЮЩАЯ СРЕДА

Председатель – д.б.н. В.М. Алифанов

УДК 631.45

**ОЦЕНКА ПОЧВ ЗАГРЯЗНЕННЫХ ТЕРРИТОРИЙ
С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ БИОТЕСТ-СИСТЕМ**

**Бардина Т.В., Капелькина Л.П., Чугунова М.В., Маячкина Н.В.,
Бардина В.И.**

Санкт-Петербургский НИЦ экологической безопасности РАН, Санкт-Петербург
E-mail: bardinatv@mail.ru

Во всем мире остро стоит проблема техногенного загрязнения территорий. В регионах России отмечается неудовлетворительное состояние почвенного покрова городов, почвогрунтов объектов прошлого экологического ущерба, земель с размещением отходов производства и потребления. В почвах таких территорий накапливаются токсичные вещества: тяжелые металлы, нефтепродукты, пестициды, ПАУ, антигололедные средства и другие. Показатели загрязнения, ПДК и ОДК, разработанные для почв сельхозугодий, для оценки почв таких территорий являются некорректными. Кроме этого, в почвах загрязненных территорий образуются новые поллютанты, способные обладать большим токсическим эффектом. Между тем, контроль загрязнения, проводимый с помощью химических и физико-химических методов исследования, показывает наличие лишь определенных концентраций узнаваемых поллютантов. Поэтому в схему контроля почв загрязненных территорий необходимо включать экотоксикологические исследования, проводимые с помощью биотестирования, которое дает возможность в лабораторных условиях получить интегральную оценку состояния почв.

В РФ биотестирование является обязательным элементом в системе экологического контроля почв. Важнейшим звеном биотестирования в связи со спецификой объектов исследования является разработка оптимального комплекса биотест-систем.

Целью нашего исследования было проведение экотоксикологической оценки почв урбанизированных территорий и объектов прошлого экологического ущерба методами биотестирования с использованием различных биотест-систем. Нами были проведены четырехлетние мониторинговые исследования почв разных функциональных зон Санкт-Петербурга. Впервые был разработан и апробирован блок биотестов, позволяющий провести интегральную экотоксикологическую оценку городских почв. Разработанный блок состоит из тест-организмов представителей основных звеньев трофической цепи: продуцентов (высшие растения *Triticum vulgare* L., *Avena sativa* L.), консументов (гидробионты *Daphnia magna* St., *Paramecium caudatum*) и редуцентов (естественный микробоценоз, содержащийся в субстрате). Используемые биотесты позволили фиксировать негативные явления в почвах даже при слабых антропогенных нагрузках.

Установлено, что корректная оценка экологического состояния городских почв возможна на основе совместного использования элюатного и контактного (апликатного) биотестирования.

Элюатное биотестирование позволяет оценить токсичность почвенных и грунтовых вод, а контактное биотестирование – токсичность твердой фазы почв. В «блок» биотест-систем для оценки острой токсичности городских почв с учетом их загрязнения широким набором поллютантов должны входить стандартизированные методы элюатного биотестирования с использованием в качестве тест-организмов гидробионтов (инфузорий, дафний) и контактного биотестирования с использованием семян высших растений (пшеница, ячмень) и природного комплекса микроорганизмов. Эти экспрессные и высокочувствительные методы могут быть использованы для оценки степени загрязнения городских почв.

Чувствительность биотест-систем для выявления токсичности городских почв убывала в ряду: ингибирование роста семян высших растений > ингибирование дыхания микроорганизмов > хемотаксис инфузорий > смертность дафний.

При изучении почв объектов прошлого экологического ущерба, расположенных в Ленинградской области, методы биотестирования оказались более чувствительными к присутствию токсикантов, чем химические методы. Различные тест-организмы характеризовались разной чувствительностью к поллютантам. При элюатном биотестировании чувствительными к загрязнению оказались простейшие и водоросли. Контактные методы (на семенах пшеницы и природном комплексе микроорганизмов) также были высокочувствительными к загрязняющим веществам. В некоторых случаях токсичность выявлялась только с помощью контактных биотестов.

Элюатные и контактные методы биотестирования хорошо дополняют друг друга и могут использоваться совместно для объективной

экотоксикологической оценки почв объектов прошлого экологического ущерба.

Примененные методы биотестирования характеризуются высокой чувствительностью, функциональной простотой, экономичностью, не требуют наличия дорогостоящего и сложного оборудования, позволяют не только определять интегральную токсичность почв, но и следить за динамикой их самоочищения.

УДК 631.47

**МОРФОГЕНЕТИЧЕСКАЯ ПАСПОРТИЗАЦИЯ
РЕФЕРАТИВНЫХ ОБЪЕКТОВ ПОЧВ
С АНАЛИЗОМ ИХ ПРОСТРАНСТВЕННОЙ ОРГАНИЗАЦИИ
И ДИНАМИКИ ДЛЯ ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКОГО
ОБЕСПЕЧЕНИЯ ФУНКЦИОНАЛЬНО-ЭКОЛОГИЧЕСКОГО
МОНИТОРИНГА ЗЕМЕЛЬ И ЗЕМЛЕПОЛЬЗОВАНИЯ**

Васнев И.И., Селиверстова И.Н., Яшин И.М.

РГАУ – МСХА им. К.А. Тимирязева, Москва

E-mail: vasenev@rgau-msha.ru

Под функционально-экологическим (в частном случае – агро-экологическим) мониторингом почв понимается система специально организованных во времени и пространстве наблюдений за экологическим состоянием почв и выполняемыми ими функциями с целью выработки рекомендаций по оптимизации их использования, охраны и, в случае необходимости, восстановления. Ключевым моментом мониторинга почв является морфогенетически обоснованный выбор их реферативных (фоновых, контрольных) объектов с минимальным уровнем антропогенного воздействия на сами почвы и локальное сочетание факторов почвообразования, сопоставимых с основными объектами мониторинга по характеристике их наименее измененных горизонтов и условий почвообразования. В условиях ускоряющихся в XXI столетии глобальных изменений климата, биоты и технологий землепользования особое значение приобретают монолиты представительных почвенных профилей, отобранные в середине и, тем более, в начале прошлого столетия, а также многолетние исследования пространственной организации и разновременной динамики почв в условиях зональных биосферных заповедников, традиционно рассматриваемых в качестве фоновых объектов регионального мониторинга.

Системный анализ представленных в коллекции Почвенно-агрономического музея им. В.Р. Вильямса монолитов типичных профилей дерново-подзолистых почв и черноземов, отобранных в предстательных оро- и лито-катенах пахотных почв в 1950-1960-е гг., в сопоставлении с почвенными монолитами природных экосистем того

же времени и аналогичными рядами сопоставимых с ними почв, исследуемых *in situ* в 1980-2010-е гг. в условиях Центрально-лесного и Центрально-Черноземного биосферных заповедников, территориально и геоморфологически близких им пахотных и сенокосных угодий с применением традиционных и современных методов исследований позволил выявить определенные регионально-типологические закономерности пространственно-временной дифференциации агрогенной и пост-агрогенной трансформации этих почв за последние 10-летия.

Проведенные исследования показали характерное для второй половины XX в. ускоренное развитие агрогенной деградации почв с усилением их пространственной дифференциации по склоновым элементам мезорельефа и контрастным вариантам почвообразующих пород: вплоть до развития средне- и сильноэродированных профилей почв в средней части длинных склонов выпуклой формы, с потерей от 25-40% исходных запасов гумуса мощных тяжелосуглинистых черноземов до 60-80% – в случае дерново-подзолистых и черноземовидных почв легкого гранулометрического состава и сдвигом значений pH на 1.5-2 единицы.

В 1990-е гг. доминирующий ранее общий агродеградационный тренд сменился существенным усложнением пространственной организации локальных сочетаний типоморфных процессов почвообразования и деградации почв с частичным восстановлением деградированных ранее профилей почв и их основных регулирующих экологических функций в условиях многолетних залежных участков. Как и в случае доминирования деградационных процессов, проградационное восстановление почвенных профилей гораздо быстрее происходит в случае почв легкого гранулометрического состава, уступая по абсолютным значениям скорости элементарных процессов почвообразования и миграции водорастворимых веществ их аналогам более тяжелого гранулометрического состава.

Начавшееся в 2000-е гг. поэтапное возвращение залежных рабочих участков в пашню сопровождается дальнейшим усложнением пространственной организации почвенного покрова и временной динамики почвенных режимов и процессов, что оказывает существенное влияние на эффективность применяемых на них агротехнологий и должно учитываться при проектировании и периодической корректировке базовых элементов систем земледелия с учетом агроэкологических особенностей и отзывчивости на применяемые технологии различных морфогенетических и литолого-геохимических вариантов почв.

Обоснованный выбор, морфогенетическая и функционально-экологическая паспортизация реферативных объектов почв существенно повышают эффективность агроэкологического мониторинга земель, уточняя количественные оценки агрогенных изменений их базовых почвенных параметров, режимов, процессов, экологических и

агроэкологических функций. Анализ регионально-типологических закономерностей их пространственной организации и динамики способствует дальнейшему развитию информационно-методического обеспечения агроэкологического мониторинга, повышая точность нормативного прогнозирования агрогенных изменений почв, урожайности выращиваемых культур и эффективности применяемых агротехнологий.

УДК 613:631.42

ИЗМЕНЕНИЕ ХИМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПОЧВ МОСКВЫ С ПРИМЕНЕНИЕМ ПРОТИВОГОЛОЛЕДНЫХ РЕАГЕНТОВ

**Воронина Л.П.^{1,2}, Кеслер К.Э.^{1,2}, Матвеева И.С.¹, Водянова М.А.¹,
Азовцева Н.А.³, Смагин А.В.²**

¹ Центр стратегического планирования
и управления медико-биологическими рисками здоровью, Москва
E-mail: LVoronina@cspmz.ru

² Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Москва
E-mail: Luydmila.voronina@gmail.com

³ Почвенный институт имени В.В. Докучаева, Москва
E-mail: azovtseva@mail.ru

Применение противогололедных реагентов (ПГР) с учетом их разнообразия и доз использования оказывает влияние не только на изменение химических характеристик верхних горизонтов городских почв (UR, RAT, RT), но и на их функциональные изменения. Процесс осолонцевания, обнаруживаемый в необычных для него условиях, отмеченный рядом авторов, прежде всего выступает как показатель деградации почв, что требует более детального изучения данного процесса с целью снижения его развития. Для минимизации негативного воздействия ПГР представляется важным установить ориентировочные уровни степени деградации почв с учетом негативного воздействия на объекты окружающей среды (ООС) и здоровье человека.

Распространение воздействия ПГР в окружающей среде определяется характеристикой входящих в них компонентов и пространственно-временными факторами, такими как рельеф местности, характеристика обрабатываемых дорог и прилегающих к ним почв, наличие стока, применяемые технологии уборки снега, поток машин, осадки, сроки применения и т.д.

Если рассматривать самый распространенный компонент ПГР – хлорид натрия (NaCl), стоит учитывать, что нормирование элементов (Na⁺ и Cl⁻), представленных в этой соли, не предусмотрено. Однако

количественная оценка содержания ионов Na^+ и Cl^- в почве, обусловленная именно использованием ПГР, позволяет установить некоторые величины, которые отражают степень нагрузки и риск проявления негативного их действия на почву. Бесконтрольное применение ПГР приводит к существенному и даже необратимому изменению почвенного покрова. Кроме того, несмотря на то, что по степени воздействия на организм человека NaCl , относящийся к третьему классу опасности, характеризуется как умеренно опасное вещество, следует учесть, что для жителей мегаполисов, не защищенных от комплексного вредного воздействия (например, выбросов автомобильного транспорта), данный фактор может выступать «толчком» заболеваний.

Самые верхние сантиметры почвенного покрова городских почв максимально контактируют с человеком. По основным химическим показателям поверхностные горизонты почв, образцы которых отобраны в весенний период, значительно отличаются от контрольной почвы, расположенной на не обрабатываемой ПГР территории.

Одним из основных изменяющихся показателей состояния почвы является кислотность. В контрольном образце почвы $\text{pH} = 5.7$, тогда как в опытных образцах, отобранных на разных площадках/территориях г. Москвы вблизи основных трасс, pH колеблется от 7.5 до 9.1. Превышения от контроля весьма существенны – до 3.4 единицы. Это сопровождается снижением подвижности ряда элементов (в частности, тяжелых металлов), которые в свою очередь концентрируются преимущественно в верхнем почвенном слое. Электропроводность в образцах колеблется в пределах от 1826 до 5350 мкСм/см, тогда как в образце с контрольного участка – 1031 мкСм/см. Натрий, мигрируя через почву, может обмениваться с другими катионами, такими как Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , H^+ и Al^{3+} в почвенном поглощающем комплексе, в связи с этим наряду с ионом натрия и хлора следует учитывать и содержание вытесняемых элементов. Использование ПГР существенно изменяет концентрацию ионов минеральной части почвы в сторону увеличения. Результаты по содержанию ионов натрия можно ранжировать на группы с низким содержанием – 0.2-0.7 мг-экв/100 г, средним – в пределах 2.4-2.9 мг-экв/100 г и высоким – в интервале от 4.5-6.8 мг-экв/100 г, что указывает на среднюю степень солонцеватости. Общее содержание натрия в образцах колеблется от 540 до 1560 мг/кг, тогда как в контрольной почве составляет 36-42 мг/кг. Концентрации аниона хлора (Cl^-) в почвенных образцах в среднем соответствуют невысокому уровню содержания – 20-100 мг/л. Концентрации хлоридов колеблются от 15.8 до 219.0 мг/л, причем их содержание не отражает количества выпавших хлоридов в течение зимнего периода.

Таким образом, прямое и опосредованное действие ПГР снижает защитные функции депонирующей среды – почвы, увеличивая

опасность размывания, ветровой эрозии, образования пыли и других процессов, нарушающих ее стабильность. Установленные градации помогут определить оптимальные условия применения ПГР и будут способствовать ограничению их нерационального использования.

УДК 631.461

МИКРОБНЫЕ КОМПЛЕКСЫ В ПОДЗОЛИСТОЙ ПОЧВЕ И ИХ ИЗМЕНЕНИЕ ПОД ВЛИЯНИЕМ АГРОГЕННОГО И ПОСТАГРОГЕННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ В УСЛОВИЯХ СРЕДНЕЙ ТАЙГИ РЕСПУБЛИКИ КОМИ

Генрих Э.А.^{1,2}, Виноградова Ю.А.², Ковалева В.А.², Перминова Е.М.²

¹ Сыктывкарский государственный университет им. П. Сорокина, Сыктывкар
E-mail: genrih.edvard@yandex.ru

² Институт биологии ФИЦ Коми НЦ УрО РАН, Сыктывкар
E-mail: vinogradova@ib.komisc.ru

Одним из наиболее чувствительных и динамичных показателей процесса почвообразования в меняющихся условиях среды является биологическая активность почвы, которая в значительной степени определяется структурой микробных комплексов. В рамках данной работы дана характеристика растительных сообществ, определены закономерности профильного изменения некоторых параметров (структура микробной биомассы, численность бактерий и спор, длина мицелия грибов, содержание эколого-трофических групп микроорганизмов), характеризующих комплекс микробиоты в почвах подзолистого типа, развитых на карбонатных моренных отложениях, и их агро- и постагрогенных аналогов.

Охарактеризованы растительные сообщества сукцессионного ряда сосново-еловый кустарничково-зеленомошный лес → луговая залежь → березняк разнотравный. Показано, что максимальной видовой насыщенностью (41 вид/100 м²) отличается березняк разнотравный, минимальной (32 вида/100 м²) – залежный луг. Сообщество условно коренного леса занимает промежуточное положение (38 видов/100 м²) по параметру видовой насыщенности.

Установлено, что при переходе от луговой к лесной стадии самовосстановительной сукцессии растительного покрова на пахотных участках, выведенных из режима сельскохозяйственного использования, происходит уменьшение фитомассы травяно-кустарничкового/травяного яруса, значительное возрастание фитомассы мхов и кустарничков, выпадение полусветовых и световых видов луговых растений, внедрение полутеневых и теневых видов растений.

Показано, что агрогенная и постагрогенная трансформация почв бывших пахотных угодий обуславливает соответствующие изменения

морфологического строения верхней части профиля с обособлением дернового и гумусоаккумулятивного горизонтов, физико-химические свойства которых определяются спецификой современного использования данных участков (наличие или отсутствие периодического сенокосения), а нижней части профиля (кислотность, содержание обменных оснований) – наличием и особенностями распределения обломков карбонатов. Функциональная активность микроорганизмов в наибольшей степени выражена в органогенном горизонте, что связано с наибольшим разнообразием и высокой степенью доступности здесь питательного субстрата. Установлены закономерности профильного распределения численности бактерий, спор грибов, длины мицелия и структуры биомассы в подзолистой почве сосново-елового леса. В структуре биомассы доминирующее положение занимает биомасса грибного мицелия; биомасса прокариотических организмов и спор грибов незначительна. В почвах луговой залежи доля биомассы бактерий значительно увеличивается. В минеральной части профиля численность и биомасса бактерий и спор грибов снижены на один-два порядка, грибного мицелия – на три-пять порядков. В структуре биомассы на первое место выходят споры грибов.

В почвах залежей снижается величина микробной биомассы по причине уменьшения длины грибного мицелия, возрастает вклад в суммарную биомассу прокариот и спор грибов, отмечено возрастание в эколого-трофической структуре микробных сообществ роли актиномицетов и бактерий олиготрофного комплекса. Численность и соотношение эколого-трофических групп микроорганизмов, их биомасса и структура могут быть использованы для оценки состояния почв постагрогенных экосистем на современном этапе их трансформации.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ и Республики Коми в рамках научного проекта № 20-44-110009 р_а.

УДК 631.4

ФАКТОРЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА ИЗМЕНЕНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ СЛИТЫХ ПОЧВ ЗАПАДНОГО ПРЕДКАВКАЗЬЯ

Елисеева Н.В.¹, Слюсаренко Э.Е.²

¹ Академия маркетинга и социально-информационных технологий ИМСИТ, Краснодар

² Адыгейский государственный университет, филиал в Белореченске
E-mail: envves@mail.ru; chehovich_elvira@mail.ru.

Слитые почвы Западного Предкавказья всегда вызывают интерес не только ученых, но и практиков аграриев, строителей и др. Потенциальное плодородие этих почв высокое, но актуальное – низкое. Это связано прежде всего с их водно-физическими свойствами.

Около 20 лет назад считалось, что слитые почвы располагаются в предгорной зоне узкой полосой от 5 до 20 км, но в настоящее время они уверенно расширились к северу. Возникает вопрос – почему такие преобразования происходят столь стремительно? Водно-физические свойства слитых почв изучены достаточно глубоко, поэтому важно определить факторы, которые влияют на ускоряющийся процесс слитообразования.

Проанализировав метеоданные за последние 20 лет, установили, что средняя температура воздуха в предгорной зоне в 2000 г. составила 11.4 °С, а в 2010 г. – 14.4. За 10 лет произошло ее повышение на 3 °С. Зимой практически нет снежного покрова и отрицательных температур. Почва не промерзает, на глубине 60-70 см температура зимой составляет около 8 °С, летом прогревается до 20 °С. С июня начинает активно образовываться трещиноватость. Глубина трещин обычно достигала 130-150 см, в последние годы 150-220 см. На стенках разреза очень хорошо видны следы педотурбации. Плотность почвы по всему профилю равномерно очень высокая – >1.45 г/см³. В конце прошлого века плотность верхних слоев профиля составляла в среднем 1.35 г/см³.

Количество осадков с пуском Краснодарского водохранилища увеличилось до 1000 мм, а в отдельные годы до 1100 мм. Обильные осадки обычно выпадают в зимне-весенний период. Очень часто наблюдается верховодка. Сильное переувлажнение, а затем быстрое обсыхание приводит к набуханию и усадке.

Климатический фактор в слитообразовании всегда считался одним из важных. Но такое изменение климата за короткий промежуток времени привело к расширению ареала слитых почв. Экологическая ситуация этих почв очень усложнилась, заметно изменился флористический и фаунистический состав. В агроценозах появилось много блюдца воды с гидроморфной растительностью. Многие хозяйства отказываются от выращивания зерновых культур из-за низких урожаев и переходят на ягодные и овощные культуры.

На слитых почвах предгорной зоны в прошлом веке выращивали до 90% лучших сортов табака. В настоящее время от этой культуры отказались из-за неблагоприятных климатических условий и распада совхозов, хотя ученые доказывают, что отрасль надо возрождать. В НИИ табака и махорки работа направлена на создание новых высокопродуктивных сортов табака, разработку научных основ и ресурсосберегающих, экономически эффективных технологий его производства, поиск новых перспективных агротехнологий, которые не приводят к полной деградации почвы. По расчетам ученых – это одна из экономически перспективных культур, которая всегда выращивалась на слитых почвах.

Наблюдения показали, что поля, засеянные многолетними травами, в меньшей степени подвержены трещинообразованию и переувлажнению, поэтому их необходимо вводить в севообороты.

УДК 631.417

АГРОГУМУСОВЫЙ ПОТЕНЦИАЛ ПОЧВ ТУВЫ

Жуланова В.Н.

Тувинский государственный университет, Кызыл
E-mail: zhvf@mail.ru

Почвы являются динамичными системами, постоянно меняющимися и развивающимися в связи с изменениями окружающей среды. Почва как сложная природная биокосная система, обладающая плодородием, играет огромную роль в сельскохозяйственном производстве.

Цель работы – изучение гумусового состояния пахотных почв как одного из основных показателей плодородия.

Объектами исследования послужила земледельческая территория Тувы. Для характеристики плодородия агропочв использовались авторские материалы. В почвенных образцах были определены основные химические и физико-химические показатели по стандартным методикам.

В агропромышленном комплексе Тувы в последние годы XX в. существенно изменилась структура землепользования. Более 70% пахотных земель оказались невостребованными. Эти земли стали восстанавливаться под влиянием природных условий. В степных районах сельскохозяйственные угодья стали зарастать растительностью, в лесостепных и подтаежных зонах – деревьями и кустарниками. Это способствовало снижению дефляционных процессов на больших пахотных территориях республики. На выведенных из интенсивного использования сельскохозяйственных землях происходит длительное восстановление их естественного биогеоценоза. Стабилизация эколого-биологического равновесия аграрных земель имеет для региона огромное значение. Агроэкосистемы земледельческой территории Тувы сейчас находятся в устойчивом биологическом состоянии.

В настоящее время в республике посевные площади распространены на агроземных текстурно-карбонатных почвах (около 70%). Агроземные почвы обладают слабогумусированностью, песчаным гранулометрическим составом, низкой продуктивностью растений, сильной эродированностью. Эти почвы обладают сравнительно низким эффективным плодородием вследствие дефицита атмосферного увлажнения. Агроземы распространены в степной и сухостепной зонах региона. Именно здесь агропочвы постоянно подвергаются

воздушным и почвенным засухам, а также эрозионным процессам, что влияет и на получении небольшой урожайности сельскохозяйственных культур, возделываемых в республике.

В Туве потенциально плодородные почвы распространены в лесостепной зоне, наиболее благоприятной по почвенно-климатическим условиям для возделывания сельскохозяйственных культур. Почвенный покров представлен агрочерноземами. В лесостепи расположены Тандинский, Пий-Хемский и Каа-Хемский районы.

По данным автора, в 1981 г. 75% пахотных почв имели низкое содержание гумуса и 10% – высокое, а в 2018 г. – 87 и 1% соответственно. За последние почти 40 лет объем площадей сельскохозяйственного использования с высоким содержанием гумуса в регионе уменьшился почти в восемь раз. Содержание гумуса в почвах сельскохозяйственного использования за этот период снизилось в 1.3 раза. Наибольшее количество гумуса содержится в агропочвах хозяйств лесостепной зоны (4.34%), наименьшее – в сухостепной (1.3%). В последние 10-летия баланс гумуса в почвах сельскохозяйственного использования региона отрицательный (–845 кг/га в год). Снижение плодородия агропочв обусловлено не интенсивным развитием дернового почвообразовательного процесса на данной территории до начала антропогенного воздействия на почву. После распашки огромных площадей целинных земель в середине XX в. резко усилились эрозионные процессы на легких почвах региона. Низкая культура земледелия, несоблюдение агротехнических приемов по повышению и сохранению плодородия агроземных почв, введение больших площадей чистых паров, где шла интенсивная минерализация гумуса, в условиях сухого аридного климата привели к деградации агропочв.

Таким образом, в настоящее время в Туве 135 тыс. га пашни. В среднем по региону содержание гумуса в агропочвах 2.87%. Для тувинских почв характерно невысокое естественное плодородие, которое обусловлено свойствами почвообразующих пород, экологическими условиями низкого развития дернового процесса почвообразования, малогумусностью, маломощностью, легким гранулометрическим составом высокой эрозионной опасности.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ № 19-29-05208 мк.

УДК 631.4

ПОДХОДЫ К ЭКОЛОГИЧЕСКОМУ НОРМИРОВАНИЮ ЗАГРЯЗНЕННЫХ ПОЧВ ЗЕМЕЛЬ РАЗНОГО ХОЗЯЙСТВЕННОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ

Ковалева Е.И.

Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Москва
E-mail: katekov@mail.ru

Вопросы экологического нормирования качества почв и допустимого на них воздействия остаются актуальными и не до конца разработанными. Хозяйственная деятельность, в том числе нефтедобыча, неизбежно приводит к негативному воздействию на почвы и необходимости восстановления земель до состояния, безопасного для их использования по основному виду и целевому назначению, что сопряжено с установлением нормативных значений, до которых необходимо их восстанавливать. Экологическое нормирование качества почв и допустимого на них антропогенного воздействия должно базироваться на принципах устойчивого функционирования почв, обеспечивающих благоприятную окружающую среду, экологическую безопасность и пригодность почв для хозяйственного использования, а также способность их к самовосстановлению в конкретных природно-климатических условиях.

Целью настоящей работы была разработка модели нормирования нефтепродуктов в почвах на примере почв зоны хвойных лесов и сукцессивной зоны.

В модельных экспериментах использовались почвенные монолиты, загрязненные разными дозами нефти, и их незагрязненные аналоги в качестве контрольного варианта. Почвы исследовались по основным физико-химическим показателям согласно принятым в почвоведении методикам. Используются водный миграционный, транслокационный, общеэкологический показатели для нормирования нефтепродуктов в почвах с учетом хозяйственного использования земель. В качестве биологических показателей использовали ферментативную активность, интенсивность дыхания, а также методы био- и фитотестирования.

Предложена модель экологического нормирования нефтезагрязненных почв земель лесного фонда по изменению биогеоценотической функции, определяемой по способности почвой обеспечивать допустимый уровень биологической активности по биологическим показателям, имеющим достоверную корреляционную связь со значениями концентраций нефтепродуктов в почве. Установлено, что активность каталазы является чувствительной к содержанию нефтепродуктов в

почвах при отсутствии засоления. Сильное и очень сильное засоление по хлоридно-сульфатному типу ингибировало активность уреазы, а присутствие нефтепродуктов в почвах с содовым типом засоления увеличивало ее активность. Показано, что показатели активности каталазы и уреазы могут применяться для оценки и нормирования нефтезагрязненных почв сухостепного ряда с низким уровнем засоления. Активность фосфотазы не является чувствительным показателем к содержанию нефтепродуктов в почвах. За норматив качества почв для нефтепродуктов предлагается принять величину, приводящую к первому достоверному отклонению значений биологических показателей от фоновых значений, определенных по этим же биологическим показателям, с увеличением концентраций нефтепродуктов в почве. За допустимое содержание нефтепродуктов в почвах, при котором почва сохраняет устойчивое функционирование и выполняет экологические функции, принимается 30%-ное изменение функционирования почвы от фонового аналога по биологическим показателям. Расчеты по нормированию содержания нефтепродуктов в почвах могут быть выполнены с помощью математических моделей.

Предлагается использовать миграционный водный показатель для установления допустимого содержания нефтепродуктов в почвах водоохраных зон, при непревышении которого обеспечивается устойчивое функционирование с сохранением гидросферной функции. Допустимое содержание нефтепродуктов, при котором болотные верховые торфяные почвы сохраняют свое устойчивое функционирование, составляет 40 г/кг почвы; низинные торфяные почвы – 10, аллювиальные почвы – 5 г/кг.

Показано, что фитотестирование является надежным инструментом нормирования нефтепродуктов с учетом свойств почв. Ячмень и горчица при фитотестировании аллювиальных почв, пшеница и рапс – почв черноземного ряда, люцерна и пырей – каштанового ряда проявили чувствительность к нефтепродуктам. Выявлена неодинаковая сорбция нефтепродуктов почвами, обусловленная их свойствами, влияющая на энергию прорастания и развитие растений. Присутствие малых доз нефтепродуктов (4-8 г/кг почвы) стимулировало энергию прорастания семян и рост растений. Показано, что первые достоверные изменения функционирования почв в условиях нефтезагрязнения варьируют на уровне 10-30% потери их качества и зависят от свойств почв.

УДК 574.9; 551.58; 631.4

ЗАВИСИМОСТЬ АКТИВНОСТИ КАТАЛАЗЫ ЗОНАЛЬНЫХ ПОЧВ ЮГА РОССИИ ОТ ГИДРОТЕРМИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ

Козунь Ю.С., Казеев К.Ш., Колесников С.И.
Южный федеральный университет, Ростов-на-Дону
E-mail: kuz.yuliya@mail.ru

Гидротермический режим определяет жизнедеятельность почвенных организмов, растений, активность биохимических процессов почвы. В настоящее время выведены уравнения регрессии для всех изученных ферментов в зависимости от температуры и влажности. Но все эти уравнения рассчитаны на примере лабораторных модельных экспериментов, а исследований, проведенных в естественных полевых условиях, очень мало. В связи с противодействующим эффектом синтеза и деградации фермента трудно предсказать последствия потепления для запаса почвенных ферментов. Кроме того, каждый фермент имеет разную чувствительность к температуре и поэтому изменения климата могут привести к не одинаковым последствиям для каждого фермента.

Целью исследования являлось установить зависимость активности каталазы от гидротермических показателей в зональных почвах юга России в естественных условиях.

Были изучены 12 типов и подтипов зональных почв, расположенных в различных гидротермических условиях. Исследования проводили в Ростовской и Астраханской областях и Республиках Калмыкия и Адыгея, а также в Краснодарском крае.

На исследуемой территории изучены черноземы южные, черноземы обыкновенные, черноземы типичные, черноземы выщелоченные, черноземы слитые, серые лесостепные, серые лесные, темно-серые лесные, бурые лесные и луговые субальпийские, а также каштановые и бурые полупустынные почвы.

При обобщении климатических характеристик изучаемой территории выявлено, что на территории с максимальным среднегодовым количеством осадков (1675 мм) и минимальной амплитудой температур (19.4 °С) расположены горные почвы. Самая сухая и теплая территория – зона бурых полупустынных почв. Для этой зоны отмечено минимальное количество осадков (160 мм в год) и максимальная среднегодовая температура (12.1 °С). Минимальные среднегодовые температуры отмечены для территорий черноземов южных (7.0 °С).

Ранние исследования установили, что для выявления влияния гидротермических условий на биоту и биологическую активность

почв больше подходят средняя максимальная амплитуда температур воздуха и годовое количество осадков.

Активность каталазы изучали при естественном рН почвы методом Галстяна.

Коэффициент корреляции зависимости каталазы от количества осадков составил 0.7. Из полученного линейного уравнения следует, что активность каталазы 0.5 мл O_2 /г/мин меняется прямо пропорционально изменению количества осадков на 100 мм для исследуемого диапазона количества осадков. Максимальная активность каталазы при пересчете на весь гумусовый горизонт выявлена при среднегодовом количестве осадков около 600 мм/год. В данных значениях расположен участок с черноземами выщелоченными. Выше и ниже данных значений количества осадков наблюдается снижение активности каталазы при пересчете на гумусовый горизонт.

Выявлена более сложная квадратичная зависимость активности каталазы от среднегодовой температуры. Максимальные значения активности каталазы наблюдаются при среднегодовой температуре около 10 °С. В данных температурных условиях расположены луговые субальпийские почвы. Активность каталазы определяется действием более непостоянных факторов, чем среднегодовая температура, таких как среднесуточная и среднемесячная температуры, влажность почвы и влиянием биоты. Так, например, установлена тесная линейная зависимость активности каталазы от средней температуры июля (-0.53) и января (0.61).

Для активности каталазы в поверхностных горизонтах почв не обнаружено зависимости от среднегодовой амплитуды температуры. Наблюдается резкий спад активности при высоких значениях амплитуды, характерных для полупустынных районов изучаемого региона.

Таким образом, можно сделать следующие выводы, что максимальная зависимость активности каталазы выявлена в экстремально аридных климатических условиях. Каталазная активность имеет сложные непрямолинейные зависимости от гидротермических характеристик. Применение профильного подхода при выявлении пространственных закономерностей распределения биологической активности позволило показать сходство с реакцией биоты на действие экологических факторов.

ЭКОЛОГО-БИОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ ПОЧВ И ОРГАНИЧЕСКОЕ ЗЕМЛЕДЕЛИЕ

Кулагина В.И., Сунгатуллина Л.М., Рязанов С.С.

Институт проблем экологии и недропользования АН РТ, Казань

E-mail: viksoil@mail.ru

Устойчивое землепользование – это такое использования земель, которое обеспечивает оптимальные параметры экологических и социально-экономических функций территорий. Устойчивое землепользование предусматривает сохранение и поддержание плодородия почв. В этом пункте принципы устойчивого землепользования согласуются с концепцией органического земледелия, закон о котором вступил в силу 1 января 2020 г. При осуществлении производства органической продукции должны применяться способы, методы и технологии, направленные на обеспечение биологического разнообразия, благоприятного экологического состояния почв и окружающей среды.

Оценить эффективность воздействия применяемых технологий на экологическую обстановку агроценоза и прилегающих территорий довольно сложно из-за отсутствия какого-то одного индикаторного показателя, поэтому была сделана попытка использовать для этого интегральный показатель эколого-биологического состояния почв (ИПЭБСП), предложенный К.Ш. Казеевым, В.Ф. Вальковым и С.И. Колесниковым, при расчете которого используется несколько параметров биологического состояния почвы. Набор параметров может изменяться в зависимости от целей и условий исследования.

Целью работы было оценить, имеются ли значимые отличия эколого-биологического состояния почв при органическом и традиционном земледелии при помощи интегрального показателя.

Объектами исследования являлись серые лесные почвы нескольких фермерских хозяйств Республики Татарстан. На расположенных рядом полях для выращивания одних и тех же культур используется традиционная и органическая система земледелия в течение трех-пяти лет. Кроме того, были взяты фоновые образцы на необрабатываемых участках.

Для расчета интегрального показателя использовалась численность эколого-трофических групп микроорганизмов почвы (аммонифицирующих, амилитических, актиномицетов, целлюлозоразрушающих, педотрофных), коэффициент минерализации/иммобилизации, индекс педотрофности, содержание гумуса и азота.

Показано, что наиболее информативными показателями являются численность амилитических и целлюлозоразрушающих микроорга-

низмов, а также содержание гумуса. Ни один из них по отдельности не может служить индикаторным признаком эколого-биологического состояния почвы. Однако рассчитанный по всем изученным параметрам интегральный показатель оказался достаточно информативен.

Установлено, что самым лучшим эколого-биологическим состоянием, судя по величине ИПЭБСП, характеризуются правильно выбранные фоновые участки (100 баллов). Интегральный показатель серых лесных почв, используемых в органическом земледелии, колеблется от 63.8 до 77.1 балла, в среднем составляет 68.2 балла, в то время как ИПЭБСП для тех же почв, но с применением традиционной системы земледелия, колеблется в пределах 51.9-61.2 и в среднем составляет 55.7 балла, причем эта разница между полями с органическим и традиционным земледелием статистически значима (тест Данна при $p = 0.05$). Таким образом, интегральная эколого-биологическая оценка серых лесных почв с использованием ИПЭБСП свидетельствует о статистически значимом улучшении эколого-биологического состояния почв при переходе на органическую систему ведения сельского хозяйства без применения удобрений и ядохимикатов. Эколого-биологическое состояние почв при органической системе земледелия ближе к эколого-биологическому состоянию необрабатываемых естественных фоновых почв, чем при традиционной.

УДК 582.28 : 631.466.1 (484.81)

КОМПЛЕКС МИКРООРГАНИЗМОВ КАК ВАЖНЫЙ ИНДИКАТОР УСТОЙЧИВОГО ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ

Ларина Г.Е.

Всероссийский институт фитопатологии, Большие Вяземы
E-mail: gala.larina@mail.ru

Хозяйственная деятельность человека прямо или косвенно связана с использованием почвенных ресурсов. Актуальность биоиндикации в многолетних насаждениях несомненна и важна для оценки качества среды обитания, вероятных структурно-функциональных изменений в жизненных процессах многолетних растений и почвы и т.д.

Цель работы – изучение состава и структуры микробного сообщества декоративных древесных растений в урбанизированной среде.

Комплексные исследования проведены на объектах озеленения в природной таежно-лесной зоне, в границах московской городской агломерации (г. Москва и Московская область). Оценены условия произрастания древесных растений в урбанизированной среде: кли-

матические, почвенные, экологические и техногенные, а также их влияние на приживаемость и декоративность молодых растений на примере рода *Tilia* L. (липа). Изучен видовой состав грибов в почве зеленых насаждений. Химический анализ почвы и идентификацию выделенных родов (видов) микромицетов осуществляли традиционными методами, принятыми в почвоведении и экологии.

Установлено, что состав комплекса грибов в корневой зоне растений определяется развитием и формированием жизнеспособной корневой системы, а следовательно, приживаемостью растений после посадки. В образцах с высокой техногенной нагрузкой (развязки, транспортные магистрали) биоразнообразие и общая численность грибов в корневой зоне снижались и были смещены в сторону быстрорастущих микромицетов, способных использовать в своих обменных процессах простые соединения углерода и пр.

В ризосфере разных видов рода *Tilia* в период вегетации определено сообщество, которое включало грибы рода *Aspergillus*, *Clonostachys*, *Colletotrichum*, *Fusarium*, *Humicola*, *Mucor*, *Trichoderma* с частотой встречаемости (ЧВ), равной 10-100%. Осенью (октябрь-ноябрь) состав сообщества изменился и были идентифицированы *Clonostachys*, *Fusarium*, *Humicola*, *Rhizoctonia*, *Trichoderma* (ЧВ = 10-80%). В образцах грунта, засыпаемого при посадке древесных растений, идентифицированы *Fusarium*, *Clonostachys*, *Trichoderma* (ЧВ = 10-100%). Отмечено, что обилие грибов *Fusarium solani* в грунте колебалось в пределах 20-30% в отличие от ризосферной зоны, где в зависимости от состояния дерева показатель ЧВ колебался от 10% (визуально здоровые растения, 1-2 категория) до 60% (ослабленное дерево, 3-4 категория). Подобная зависимость подтвердилась в распределении *Clonostachys* sp.: 100% (в грунте ямы), 40% (1-2 категория), 80% (3-4 категория). Но в случае микромицетов рода *Trichoderma* распределение было иным: 10% (в грунте ямы), 40% (1-2 категория), 10% (3-4 категория). В почве газона, кустарников и растений, образующих фитоценоз с липой (вне посадочной ямы или фон), определены микромицеты рода *Aspergillus*, *Clonostachys*, *Fusarium*, *Papularia*, *Penicillium*, *Trichoderma*. Отличия в составе грибного сообщества в корневой зоне липы и фона характеризуют влияние экологических (в том числе микроклимат, почва) и техногенных факторов.

Показано, что данное индикаторное сообщество актуально и эффективно сигнализирует о состоянии зеленых насаждений, а также об изменениях в свойствах почвы: смещении реакции почвенного раствора ($\text{pH}_{\text{вод.}} = 7.3-7.9$), дисбалансе элементов питания (азот, фосфор, калий, кальций, магний), загрязнении тяжелыми металлами и засолении, что характеризует ухудшение условий роста растений, снижение приживаемости и их декоративности.

Итак, комплекс микроорганизмов из грибов рода *Fusarium*, *Clostrorhynchus*, *Trichoderma* предлагаем использовать в качестве индикатора устойчивого природопользования в условиях урбоэкосистем и нарушений в лесных экосистемах таежно-лесной зоны.

УДК 551.582/583+551.553

АКТУАЛИЗАЦИЯ КЛИМАТИЧЕСКИХ ИНДЕКСОВ ДЛЯ ОЦЕНКИ ОТКЛИКА ПОЧВ АГРОЛАНДШАФТОВ НА СОВРЕМЕННОЕ ГЛОБАЛЬНОЕ ПОТЕПЛЕНИЕ

Лемешко Н.А.¹, Евстигнеев В.П.², Русаков А.В.¹, Симонова Ю.В.¹

¹ Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург
E-mail: n.lemeshko@spbu.ru

² Севастопольский государственный университет, Севастополь
E-mail: vald_e@rambler.ru

С середины 1980-х гг. отмечается рост глобальной температуры воздуха, и аномалия средней годовой температуры достигла 0.6 °С по сравнению с концом XIX в.

Изменения термического режима привели к изменению продолжительности теплого и вегетационного периодов, частоты и интенсивности заморозков, оттепелей и засух, а также режима увлажнения. В конце 1990-х гг. появились неоспоримые доказательства современного потепления, наблюдаемые в окружающей среде. Для исследования последствий глобального потепления применяют различные климатические показатели (индексы), в том числе для оценки изменения агроклиматических условий отдельных территорий и влияния на почвенный покров агроландшафтов.

Наиболее востребованными климатическими индексами для оценки состояния пахотных почв являются комплексные показатели, представляющие собой комбинацию температуры воздуха и атмосферных осадков. Прогресс глобального потепления означает, что для исследования реакции почв средние климатические характеристики требуют уточнения или даже применения новых показателей.

В данной работе выполнены расчеты климатических характеристик и некоторых индексов для территории Ярославского Поволжья на примере Пошехонского района, являющегося полигоном для отладки методических подходов оценки последствий потепления климата. Методика основана на сравнении агроклиматических условий двух 30-летних смежных периодов – 1961-1990 гг. и 1991-2018 гг. Первый период совпадает с принятым Всемирной Метеорологической Организацией интервалом для определения климатической нормы.

Анализ данных по температуре воздуха региона показал наличие положительной тенденции средней годовой температуры воздуха с линейным трендом за период 1960-2018 гг. $0.3\text{ }^{\circ}\text{C}/10$ лет, который увеличился в два раза за период 1991-2018 гг., причем наиболее потеплели зима и весна. Аномалии средней температуры в зимние месяцы составляют от 1.2 до $2.6\text{ }^{\circ}\text{C}$. Рост температуры воздуха привел к более ранним датам ее перехода весной через $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ почти на неделю, однако осенью изменений не произошло.

Существенных изменений количества атмосферных осадков не выявлено, однако произошли изменения внутrigодового распределения осадков. Так, годовой максимум осадков по данным метеорологических станций Рыбинск и Вологда сместился с июля на август. Отмечено уменьшение сумм осадков в апреле, июле, сентябре и декабре и незначительный их рост в остальные месяцы, однако, не выходящий за величину межгодовой изменчивости.

Средняя многолетняя сумма температур больше $10\text{ }^{\circ}\text{C}$ за 1991-2018 гг. увеличилась на $120\text{ }^{\circ}\text{C}$ по сравнению с нормой. Кроме того, тенденция суммы температуры больше $10\text{ }^{\circ}\text{C}$ изменилась с отрицательной $-25/10$ лет в период 1961-1990 гг. на положительную $130/10$ лет в последний период.

На основе анализа изменения климата исследуемого региона были выполнены расчеты климатической составляющей почвенно-экологического индекса (ПЭи). Сравнение значений коэффициентов увлажнения и континентальности для двух периодов показало, что их значения уменьшились на 1 и 5% соответственно. Значение климатического показателя, используемого в формуле расчета ПЭи, для Пошехонского района Ярославской области возросло с 6.3 до 6.7 за счет увеличения суммы активных температур, что при прочих равных условиях (почвенный и агрохимический индексы) может привести к увеличению агроэкологического потенциала и уровня потенциального плодородия почв, в настоящее время использующихся под пашню и кормовые угодья, а также находящихся в залежи.

Учет динамики климатических факторов в условиях нестационарности климата позволит оценить скорость и тенденции изменения почвенных процессов и плодородия почв, актуализировать классические методы и разработать основу адаптации почв к изменениям климата на перспективу.

Работа выполнена при поддержке проекта РФФИ № 19-29-05243.

УДК 631.48

**ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ЛИТОГЕННОЙ МАТРИЦЫ
ФОСФАТОНОСНЫХ ЛАНДШАФТОВ
БАЙКАЛЬСКОЙ РИФТОВОЙ ЗОНЫ
НА БИОТИЧЕСКОЕ РАЗНООБРАЗИЕ БИОЦЕНОЗОВ
КАК НЕОБХОДИМЫХ КОМПОНЕНТОВ
УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ И СОХРАНЕНИЯ
ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ**

Мартынова Н.А.

Иркутский государственный университет, Иркутск
E-mail: natamart-irk@yandex.ru

Полевые исследования почв и биоценозов были проведены в рамках работы Хубсугульской советско-(российско)-монгольской комплексной экспедиции Иркутского и Монгольского государственных университетов, направленной на изучение особенностей и значимости ландшафтов для рационального природопользования Монголии в рамках изучения возможностей освоения (промышленной разработки) крупного месторождения фосфоритов в районе оз. Хубсугул и необходимости охраны водных ресурсов озера. Большое внимание было уделено исследованию ландшафтов Хубсугульского бассейна фосфоритов Монголии: опорных полигонов тундровых, лесных и степных геосистем юго-западного Прихубсугулья, где находится главное Онголигнурское месторождение бассейна, представленное шишхидской свитой рифейско-кембрийского и урундушской свитой вендско-кембрийского возраста (фосфатоносных доломитов и известняков с прослоями фосфоритов, кремней, хлоритовых и филлитовых сланцев) общей мощностью до 2500 м, возрастом 840-708 млн. лет, запасами 1 млрд т и содержанием фосфора (в пересчете на P_2O_5) до 31%.

Район исследования сформировался в рамках каледонского Байкало-Саяно-Монгольского складчатого пояса на юго-западе Байкальской рифтовой зоны (БРЗ) на стыке Сибирской платформы и Центрально-Азиатского пояса (представленного Восточно-Тувинской, Джидинской и Тувино-Монгольской террейнами) и разделенных протерозойским главным разломом Восточного Саяна. Сложная геологическая история региона, включающая породы всех геологических эпох, способствовала формированию разнообразных и специфичных горно-озерно-котловинных экосистем БРЗ, которым свойственны эффекты, нарушающие проявления зонально-климатических факторов субконтинента Северной Азии. Байкало-Хубсугульский регион представляет собой своеобразную сложную географическую систему

в зоне контакта крупных планетарных природно-биогеографических областей Азии бореально-таежного и бореально-степного типов, где проходят флористические и фитоценотические рубежи разных рангов.

На формирование экосистем влияет также эрозивно-денудационная, осложненная криосолифлюкционными процессами, морфо-структура с элементами гляциального рельефа, подверженная влиянию мерзлоты. Все это создает сложный и мозаичный характер растительного покрова. Почвообразующими породами являются фосфоритизированные известняки, фосфориты, содержащие наряду с большим количеством карбонатного материала аномально высокое количество фосфора, формируя литогенный спектр почв на породах разной степени карбонатности и фосфатности, определяемых стратиграфической и фациальной изменчивостью пород.

Эколого-географический состав флоры Прихубсугулья включает более 800 видов и состоит из трех основных комплексов видов: высокогорного (24%), лугово-лесного (22%) и степного (22%), содержит большое количество эндемичных видов (до 75%). Специфика растительности горных тундр (овсяницево-кобрезиево-дриадовых): преобладание мезоксерофитной растительности криофитных лугов в сочетании с осочниками и высокогорными степями, сравнительно небольшая доля мхов, появление в структуре ценозов арктогльцовых видов с достаточно развитой корневой системой, локальное развитие злаковой растительности степного габитуса в наиболее прогреваемых и умеренно влажных местообитаниях, часто связанных с карбонатностью пород. Из-за суровости климата преимущественно выражена лишь верхняя полоса лесной растительности, где преобладают злаково-разнотравно-бобовые листовенничные леса и высокогорная растительность. На выходах карбонатных пород верхняя граница леса находится несколько выше (2500 м над ур.м.). В верхних частях южных склонов встречаются полидоминантные мелкодерновинные злаковые степи, на выровненных участках – ковыльные. На фосфатопроявлениях развиваются фитоценозы, неизбежно отличные по структуре и сложению – листовые леса, степные, тундровые ценозы с исключительно богатым травянистым ярусом из злаков и бобовых. Литогенная матричность фосфатно-карбонатных пород месторождения, выходящих на дневную поверхность, создает условия для устойчивого существования биогеоценозов со сбалансированным круговоротом веществ, способствует образованию и аккумуляции качественного гумуса и плодородия почв, сохранению почвенного покрова, развитию биоценозов с устойчивым травянистым покровом, сокращая и предотвращая, таким образом, процессы эрозии и зафосфачивания акватории оз. Хубсугул.

УДК 631.416(571.63)

**ПОЛИГЕНЕТИЧНЫЕ БУРОЗЕМЫ
КАК ОТРАЖЕНИЕ ПРОШЛОГО И СОВРЕМЕННОГО
ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ
(ПОЛУОСТРОВ МУРАВЬЕВ-АМУРСКИЙ, ПРИМОРСКИЙ КРАЙ)**

Пшеничникова Н.Ф.¹, Пшеничников Б.Ф.², Лящевская М.С.¹, Хохлова А.И.²

¹ Тихоокеанский институт географии ДВО РАН, Владивосток

E-mail: n.f.p@mail.ru, lyshevskaya@mail.ru

² Дальневосточный федеральный университет, Владивосток

E-mail: bikinbf@mail.ru; sunny.canya@mail.ru

Почвы являются природным объектом, концентрирующим в себе информацию об изменениях окружающей среды, в том числе и о ее экологическом состоянии. Наиболее полно это отражается в генетических горизонтах сложных полигенетических почв (ПБ). На п-ове Муравьев-Амурский был проведен сравнительный анализ содержания тяжелых металлов (ТМ) в современных и погребенных горизонтах полигенетических буроземов на участках с разной степенью антропогенного пресса. Изучалось содержание кислоторастворимых форм ТМ в современных и погребенных гумусовых горизонтах ПБ на трех ключевых участках п-ова Муравьев-Амурский (южном – «Заря», западном – «Академия», восточном – «Емар»). Исследуемые участки, с одной стороны, представляют различные этапы освоения территории полуострова в прошлом, а с другой – испытывают в разной степени современный антропогенный пресс. Освоение полуострова началось с его южной оконечности, и в настоящее время эта территория является густонаселенным районом г. Владивостока. По данным радиоуглеродной датировки, возраст погребенного гумусового горизонта на южном участке «Заря» составляет 150 ± 60 лет (Кi-16630), что совпадает с датой перенесения порта из Николаевска во Владивосток (1873 г.), сопровождавшегося усиленной вырубкой строевого леса гористых окрестностей Владивостока и развитием эрозионных процессов. Несколько позднее в освоение полуострова был вовлечен западный участок «Академия», который в настоящее время является территорией, прилегающей к федеральной автотрассе М-60, и несет наибольшую техногенную нагрузку, особенно под воздействием транспортных выхлопов. Восточный участок «Емар» расположен на значительном расстоянии от федеральной автотрассы и промышленных объектов, и его можно рассматривать как условно «чистый» от техногенного воздействия. Полученные данные по содержанию ТМ в современных и погребенных горизонтах ПБ сравниваемых участков отражают действительную картину как современного экологического

состояния рассматриваемой территории, так и состояния на момент начала освоения полуострова. В погребенных гумусовых горизонтах полигенетичных буроземов рассматриваемых участков содержание тяжелых металлов находится в пределах кларковых величин с небольшим их превышением по Ni, Cr, Cu на южном участке «Заря», что свидетельствует о благоприятной экологической обстановке на п-ове Муравьев-Амурский в прошлом. Для современных гумусовых горизонтов ПБ можно констатировать загрязнение ТМ Pb, Ni, Zn, Cr, Cu, Cd на участке «Заря» и Pb, Co, Cu, Cd на участке «Академия», испытывающих в настоящее время значительное техногенное воздействие. Следует отметить, что наибольшие превышения кларков характерны для свинца, цинка и кадмия – т.е. ТМ, относящихся к первому классу опасности. В современных гумусовых горизонтах на «условно чистом» участке «Емар» наблюдается превышение кларковых концентраций ТМ только в отношении Cu и Co, что требует дополнительных исследований. Можно сделать предположение о привносе Co на исследуемую территорию «Емар» с осью радиоактивных осадков в результате радиационной аварии в бухте Чажма 10 августа 1985 г.

Исследования выполнены при финансовой поддержке Программы фундаментальных научных исследований ДВО РАН «Дальний Восток» на 2018-2020 гг. (проект № ВАНТ-18-010) и гранта РФФИ № 09-04-00923 «Роль реликтовых и современных элементарных почвообразовательных процессов в формировании и эволюции буроземов островных и континентально-прибрежных территорий Дальнего Востока».

УДК 631.4:633.2.031

СВОЙСТВА ПОЧВЫ И КАЧЕСТВО КОРМА СЕЯНЫХ ТРАВ В ПРОЦЕССЕ РЕСТАВРАЦИИ РАЗНОВОЗРАСТНОЙ ЗАЛЕЖИ

**Семенов Н.А.¹, Косолапов В.М.¹, Муромцев Н.А.², Витязев В.Г.³,
Макаров И.Б.³, Снитко А.Н.¹**

¹ Федеральный НЦ кормопроизводства и агроэкологии им. В.Р. Вильямса,
Лобня

E-mail: vniikormov@mail.ru

² Почвенный институт им. В.В. Докучаева, Москва

³ Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Москва

Исследования по возврату залежи в сельскохозяйственное производство проводились в лизиметрах-монолитах с 2006 по 2015 г. Пахотной слой дерново-подзолистой почвы залежи имел свойства: $pH_{КСИ}$ – 5.24, гумус – 2.2%, гидролитическая кислотность (г.к.) – 2.66 мг-экв/100 г почвы, $N_{общ.}$ – 0.126%, подвижный P_2O_5 – 19.2, обменный K_2O – 5.8 мг/100 г почвы. В Апах 17-23 см была заделана

без измельчения биомасса ивы, березы, осины. В 2007 г. высеян однолетний райграсс (сорт Рапид), в 2008 г. под покров – посев двух типов травостоя. Злаковый: ежа сборная – 6 кг/га семян, овсяница луговая – 6, тимофеевка луговая – 4 кг/га семян. Бобово-злаковый: клевер луговой – 10 кг/га, тимофеевка и овсяница луговая – по 6 кг/га). P – удобрения не вносились, азотные (NH_4NO_3), калийные (КС) внесены из расчета N45K45 кг/га за сезон до 2009 г.; за 2010-2013 гг. – по N45K45 кг/га под укос при двух укосах. С 2014 г. удобрения не вносились при посеве райграсса (сорт Рапид). Через восемь лет в почве со злаковыми неудобряемыми травостоями содержание гумуса снизилось на 0.5-0.6%, при внесении – на 0.17-0.33%, с бобово-злаковым (неудобряемым) – на 0.44-0.51%, при внесении потери составили от 0.2% при заделке осины до 0.51% – при заделке березы. Потери P_2O_5 в почве неудобряемого бобово-злакового травостоя составили при заделке ивы 4.0 мг/кг, осины – 10.8, березы – 58.6 мг/кг; при внесении K-удобрений соответственно 36.2, 28.4, 14.7. Следовательно, при заделке березы с бобово-злаковым травостоем почва больше всего нуждается в РК-удобрениях, а при заделке ивы – меньше всего. При внесении удобрений потери K_2O в почве составили 35 мг/кг на бобово-злаковом травостое с заделкой березы, по остальным вариантам потерь не было; удобрения способствовали накоплению калия. Менее всего Ca^{++} удерживался в почвенном поглощающем комплексе по иве со злаковым удобряемым травостоем (содержание составило 10.5 мг-экв/100 г почвы). Максимум Ca наблюдался при заделке осины удобряемого злакового травостоя (14.9 мг-экв) и бобово-злакового не удобряемого травостоя (15.8 мг-экв/100 г почвы). Более всего в почве накапливалось (заделка осины) Mg^{++} (от 2.50 до 3.11 мг-экв/100 г почвы). Неблагоприятные свойства почвы были при заделке ивы ($\text{pH}_{\text{сол.}} = 5.17$ и г.к. 3.05 мг-экв/100 г), березы ($\text{pH}_{\text{сол.}} = 5.24$ и г.к. 3.05 мг-экв/100 г) со злаковыми удобряемыми травостоями. При заделке осины кислотность ослабевала на удобряемых злаковых травостоях ($\text{pH}_{\text{сол.}} = 6.05$ и г.к. = 1.47 мг-экв/100 г почвы). При посеве бобово-злаковой травосмеси (при заделке осины) $\text{pH}_{\text{сол.}} = 5.8$ и г.к. 1.85 мг-экв/100 г почвы. Удобрения злаков (заделка ивы) накапливали Fe 119.6 и Mn – 110.7 мг/кг, или в 2.4 и 1.5 раза больше, чем без удобрений. На бобово-злаковом травостое колебания были вдвое меньше. На злаковом не удобряемом травостое (заделка березы) накапливалось Fe 97.2 и Mn – 89.4 мг/кг, при внесении НК-удобрений соответственно 60.9 и 130.8 мг. Бобово-злаковые не удобряемые травостои (заделка березы) накапливали Fe 101.1 и Mn – 149.1 мг/кг, удобряемые – соответственно 50.9 и 52.1 мг/кг. На обоих типах травостоев (заделка осины) содержание Fe варьировало от 69 до 81, а Mn – 49-74 мг/кг. Выявлена зависимость выноса питательных элементов от степени разложения биомассы, качество кормов – от

свойств почвы, соотношения в ней макро- и микроэлементов, типа травостоя, удобрений. Корм по биохимическим показателям при заделке осины превосходит по качеству корм с заделкой березы и особенно – порослью ивы.

631.4 (571.53)

**ПОЧВЫ ВНУТРЕННЕЙ АЗИИ:
РЕЗУЛЬТАТЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ ИССЛЕДОВАНИЙ
ДЛЯ РАЗРАБОТКИ МОДЕЛЕЙ
ИХ УСТОЙЧИВОГО ЗЕМЛЕПОЛЬЗОВАНИЯ**

Убугунов Л.Л.

Институт общей и экспериментальной биологии СО РАН, Улан-Удэ
E-mail: l-ulze@mail.ru

Проведены многолетние междисциплинарные исследования почв глубоко внутриматериковых горных территорий Евразии (бассейна оз. Байкал, Россия, Монголии). Почвы исследованного региона формируются преимущественно на продуктах выветривания щелочных гранитов крупнейших на планете батолитов при многообразии типов мерзлоты, форм рельефа, в условиях экстраконтинентального и континентального климата с резкой пространственной сменой климатических показателей. Зональные почвы Байкальского региона существенно отличаются от почв, расположенных на той же широте равнинной европейской территории России и Западной Сибири. Они имеют укороченный профиль, слабое развитие метаморфических процессов, малогумусные, характеризуются низкими показателями плодородия почв.

Проведенное почвенно-экологическое районирование бассейна оз. Байкал усилиями почвоведов Монголии и России позволило выделить девять почвенно-экологических провинций, объединенных по относительно близким биоклиматическим факторам (индекс сухости по М.М. Будыко, сумма биологически активных температур, тип и продуктивность растительности). На основе литолого-геоморфологических особенностей, имеющих региональный уровень (геологические и почвообразующие породы, особенности рельефа) выделено 28 почвенно-экологических округов. Представленная почвенно-экологическая карта является своеобразным интегрированным информационным носителем, на котором комплексно отражаются экзогенные факторы почвообразования.

Для установления закономерных взаимосвязей между почвой и средой их формирования проводилось изучение взаимосвязи почвенно-геохимической среды с биологическим круговоротом и типом химизма в естественных и агроэкосистемах. Установлены основные закономер-

ности и особенности формирования биопродуктивности основных типов богарных и орошаемых естественных и агроэкосистем (сенокосы, пастбища, сеяные травосмеси, агроценозы) в зависимости от свойств и плодородия почв: (строение, свойства, макро- и микроэлементный состав почв и гранулометрических фракций, параметры плодородия, режимы и их взаимосвязи в бассейне оз. Байкал и прилегающих территориях). Изучены содержание и распределение макро- и микроэлементов в экосистемах сухой и галоксероморфной степи, пойменных и приозерных территорий и дана оценка степени их аккумуляции растениями в зависимости от почвенно-геохимических, агрохимических и экологических условий. Изобретены и запатентованы технологии новых видов удобрительных композиций из местного органического и минерального сырья и дефицитных редкоземельных (La, Nd, Sm, Se) и микроэлементов (11 патентов на изобретение).

Все возрастающее антропогенное воздействие на почвы предопределило и решение негативных эколого-биологических вызовов на техногенно нарушенных землях. Результаты внедрения стандартных методов рекультивации показали, что в условиях экстроконтинентального климата они оказались абсолютно непригодными. Поэтому проводились исследования по разработке других методов рекультивации техногенно нарушенных земель. Выявлены растения-гипераккумуляторы, проведена оценка токсичности металлов для растений и почвенной микробиоты; разработаны ориентировочные нормативы металлов в почвах в зависимости от видовой специфики растений и буферности почв.

В настоящее время продолжают исследования по следующим важнейшим теоретическим и практическим направлениям: эволюция, функционирование и эколого-биогеохимическая роль различных типов почв как базового компонента ландшафтного разнообразия и устойчивости экосистем во Внутренней Азии в условиях аридизации, опустынивания и других экологических вызовах; изучение баланса и круговорота химических элементов в травяных и агроэкосистемах и оптимизация их макро- и микроэлементного состава для улучшения корневого питания естественных и культурных растений; биогеохимическое, агропочвенное и почвенно-мелиоративное районирование территории бассейна оз. Байкал и прилегающих территорий; разработка теоретических основ и технологии создания новых мелиоративно-удобрительных композиций из региональных месторождений агроруд, местного нетрадиционного органического сырья, редкоземельных и микроэлементов (лантана, неодима, селена, йода и др.) и эколого-агрохимическая оценка их эффективности на деградированных почвах и при восстановлении нарушенных техногенных ландшафтов.

Исследования выполнены по теме бюджетного проекта № АААА-А-17-117011810038-7.

УДК 631.423.4

ПРОСТРАНСТВЕННОЕ И ВНУТРИПРОФИЛЬНОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА В АКВАПОЧВАХ ЯПОНСКОГО МОРЯ

Хохлова А.И.¹, Нестерова О.В.¹, Бовсун М.А.¹, Шакиров Р.Б.², Рыбачук Н.А.¹

¹ Дальневосточный федеральный университет, Владивосток

E-mail: khokhlova.ai@dvvfu.ru

² Тихоокеанский океанологический институт им. В.И. Ильичева ДВО РАН

E-mail: ren@poi.dvo.ru

Органический углерод является обязательной частью круговорота химических элементов в различных экосистемах, в том числе в морских. Органическое вещество в донных осадках – один из важнейших элементов, определяющих их свойства. Он заслуживает особенно большого внимания ученых, так как обуславливает характер процессов подводного гумусообразования, является составной частью трофических цепей в придонном слое и служит одним из источников, обогащающих водную среду биогенными элементами. Для более глубокого понимания особенностей процесса подводного гумусообразования необходимо изучать не только пространственное, но и внутрипрофильное распределение углерода в аквапочвах. Существует достаточно публикаций, касающихся оценки содержания органического углерода в поверхностных слоях донных осадков Японского моря, но, как правило, они ограничиваются территорией залива Петра Великого, так как Уссурийский и Амурский заливы (часть акватории залива Петра Великого) входят в систему наблюдения государственного экологического мониторинга. Что же касается северных территорий, а особенно глубоководья (от 1000 м), то данные о содержании органического углерода на такой глубине единичны, поэтому в качестве района исследования было выбрано глубоководье северной части Японского моря с глубинами от 1000 до 3000 м.

Объектами исследования являются аквапочвы, отобранные в ходе экспедиции 81 рейса на НИС «Академик М.А. Лаврентьев» с помощью геологических колонок с глубин от 1120 до 3246 м, проводилось послыонное изучение образцов 10, 30 и 50 см соответственно. В образцах определяли содержание органического углерода методом бихроматного окисления по И.В. Тюрину.

Как показали данные анализа, содержание органического углерода в аквапочвах северной части Японского моря уменьшается с глубиной, максимум характерен для глубин от 1120 м. Пространственное распределение органического углерода связано с рельефом дна, где идет резкое нарастание глубин и изученная часть является,

скорее всего, транзитной зоной на пути к глубоководному Японскому желобу 377 888 м глубиной.

Внутрипрофильное содержание органического углерода зависит не только от рельефа дна, но и от скорости нарастания горизонтов аквапочв, а также состава и численности придонных ценозов. На глубинах от 1000 до 1400 м, характеризующихся более выположенным рельефом, максимальное содержание органического углерода приходится на поверхностные горизонты, а минимум – на горизонты 50 см и ниже. С глубин от 1800 до 3500 м, характеризующихся более быстрым нарастанием, в горизонтах в верхней и средней части профиля также идет постепенное уменьшение содержания органического углерода, но профильный максимум содержания органического углерода наблюдается в горизонте от 50 см и ниже, что может быть связано с более древними условиями процесса гумусообразования в этой части Японского моря.

В целом, процессы гумусообразования в северной части Японского моря зависят от рельефа дна и скорости накопления осадочной толщи. Неравномерное распределение органического углерода в профиле аквапочв говорит о меняющихся во времени условиях гумусообразования, при которых максимумы содержания углерода могут изменяться как в пространстве, так и внутрипрофильно.

Подкомиссия
ПО КРАСНОЙ КНИГЕ И ОСОБОЙ ОХРАНЕ ПОЧВ

Председатель – к.б.н. О.В. Чернова

УДК 631. 4

ПОЧВЫ ПРИРОДНОГО ЗАКАЗНИКА «ШОРСКИЙ»

**Александрова А.Б., Иванов Д.В., Кулагина В.И., Маланин В.В.,
Марасов А.А., Паймикина Э.Е.**

Институт проблем экологии и недропользования АН Республики Татарстан,
Казань
E-mail: adabl@ru

Государственный природный зоологический заказник регионального значения «Шорский» расположен на территории трех муниципальных районов Республики Татарстан на границе с Республикой Марий Эл. Заказник общей площадью 10 715 га был создан в 2019 г. (постановление Кабинета министров Республики Татарстан от 01.02.2019 № 64) с целью сохранения таежных экосистем и восстановления численности глухаря, зайца-беляка и рябчика (<http://docs.cntd.ru/document/917034098>). Под охраной оказываются все компоненты ландшафта, в том числе и почвы, которые впоследствии могут служить эталонами сравнения для антропогенно преобразованных и сельскохозяйственных почв, чем и объясняется актуальность исследования.

В 2019 г. в рамках государственного задания была организована комплексная экспедиция на территорию заказника. Исследование почв проводилось на одном из участков заказника, расположенном в Высокогорском административном районе республики, западнее н.п. Наратлык в диапазоне координат: северная точка – 56.3172 с.ш., 49.0522 в.д.; южная точка – 56.3160 с.ш., 49.0524 в.д.; западная точка – 56.3165 с.ш., 49.0511 в.д.; восточная точка – 56.3164 с.ш., 49.0535 в.д. Территория представляет собой лесной фитоценоз, произрастающий на правобережье р. Илеть, с несколькими пойменными

озерами узкой серповидной формы, вытянутыми с севера на юг и с запада на восток. Рельеф территории холмисто-волнистый, местами с лентообразными протяженными понижениями. Почвенные разрезы закладывались на ландшафтно-геохимической катене в условиях хвойных и лиственных фитоценозов. Описание почв проводилось согласно новой классификации почв России, опубликованной на сайте <http://soils.narod.ru>.

Исследования показали, что почвенный покров заказника представлен дерново-подзолистыми и серыми типами почв. На верхних частях склонов под сосняками-черничниками формируются дерново-глубокоэлювиальные почвы. Под слоем хвойного опада залегает серогумусовый горизонт (мощность 10 см), заметно переходящий в элювиальный горизонт мощностью 22 см, подстилаемый текстурным горизонтом ярко-желтого цвета с оранжевым оттенком. В средних частях склонов под липняками снытьевыми развиваются серые глееватые среднемощные почвы. В почвенном профиле выделяется серогумусовый горизонт (мощность 16 см), четко выраженные признаки оглеения обнаруживаются в средней и нижней частях профиля. Почвообразующие песчаные отложения преимущественно эолового происхождения, на которых формируются исследованные дерново-подзолистые почвы, залегают на глубине около 1 м от дневной поверхности. В нижних частях склонов на границе с берегом пойменного озера формируются аллювиальные гумусовые глееватые почвы. Серогумусовый горизонт, мощность которого не превышает 10 см, залегает на аллювиальных слоистых почвообразующих отложениях. Следы оглеения обнаруживаются по всему профилю. Гранулометрический состав дерново-глубокоэлювиальных почв и аллювиальных гумусовых почв песчаный (9.6 и 7.6% соответственно), серых глееватых – легкосуглинистый (24.3%). рН водной вытяжки исследованных почв находится в интервале слабокислой градации (5.5-6.5). Содержание гумуса в дерново-глубокоэлювиальных почвах составляет 2.3%, серых глееватых – 3.8%, аллювиальных гумусовых глееватых – 0.4%.

Таким образом, увеличилась представленность типов почв в сети особо охраняемых природных территорий в Республике Татарстан, в том числе серых глееватых почв легкого гранулометрического состава.

УДК 502.6:631.4(571.56)

О ПОДГОТОВКЕ КРАСНОЙ КНИГИ ПОЧВ РЕСПУБЛИКИ САХА (ЯКУТИЯ)

Десяткин Р.В., Оконешникова М.В., Иванова А.З.

Институт биологических проблем криолитозоны СО РАН, Якутск

E-mail: rvdes@ibpc.ysn.ru

Сохранение почвенного разнообразия – одна из приоритетных задач современного природопользования. С этих позиций создание Красных книг почв направлено на сбережение почв и их географо-генетического богатства как первейшего условия сохранения биосферы Земли и биоразнообразия.

Работы по подготовке Красной книги почв Республики Саха (Якутия) начались в 2011 г. по заказу Министерства охраны природы. Регион представляет собой самый крупный субъект Российской Федерации с площадью более 3 млн. км². Большую часть территории занимают горные области, меньшая (плато, равнины и низменности, природные зоны и горные пояса) представлена вечными льдами, арктическими пустынями, субарктической и типичной тундрами, северными редколесьями и бореальной тайгой. Во всех природных зонах широко представлены интразональные долинные, термокарстовые, эоловые ландшафты, создающие великое разнообразие почвенных образований. Лидер якутской школы почвоведов Л.Г. Еловская (1987) в фундаментальном труде «Классификация и диагностика мерзлотных почв Якутии» выделяла 44 типа и 67 подтипов почв. Кроме того, было выделено множество родов и видов мерзлотных почв, включение которых в Красную книгу почв как почвенных эталонов представляется возможным только в перспективе. С учетом требований по созданию Красных книг почв России в Красную книгу почв Якутии претендуют быть включенными минимум две-три сотни почвенных образований.

Проведенные комплексные мероприятия по анализу специальной литературы и опыта создания Красной книги почв субъектов в Российской Федерации, а также детальное изучение фондовых и литературных материалов по почвенному покрову Республики Саха (Якутия) выявили, что подготовка Красной книги почв республики требует проведения широкомасштабных экспедиционных работ. В 2011-2013 гг. в пределах выделенных средств проведен сбор дополнительного полевого материала в ранее слабо изученных, труднодоступных местах республики. Выполнен большой объем камеральных работ. В результате проведенного комплекса работ составлен первый неполный вариант Красной книги почв с объемом 440 страниц текста с иллюстрациями, состоящей из пяти глав. Глава 1 «Исчезнувшие почвы» включает описание двух разрезов. Глава 2 «Редкие почвы» дает характеристики

трех почвенных разностей. В главу 3 «Уникальные почвы» включено описание 31 разреза почв, сформированных на территории научных стационаров и особо охраняемых природных территорий. Глава 4 «Почвенные эталоны» содержит характеристику 69 почвенных разрезов, отобранных на разных частях Якутии. В главе 5 «Почвы – объекты мониторинга» дается описание 50 почвенных разрезов, изученных на территории промышленного освоения в ближайшие 10-летия. Характеристика ценных почвенных объектов стандартна и отвечает тем требованиям, которые разработаны к настоящему времени в России. В приложении приводятся результаты камерального изучения почв: физико-химические показатели, гранулометрический состав, содержание тяжелых металлов и органических загрязнителей в почвах, предлагаемых для мониторинга. Для окончательной подготовки Красной книги почв Якутии требуется проведение дополнительных экспедиционных работ по выявлению редких и эталонных почв на недостаточно изученной территории отдаленной части северо-востока республики в бассейнах рек Яна, Индигирка и Колыма. И только после проведения этих исследований возможно завершение и представление к изданию Красной книги почв Республики Саха (Якутия).

Статья подготовлена в рамках выполнения проекта СО РАН по теме 0376-2019-0006; регистрационный номер АААА-А19-119040990002-1 и гранта РФФИ № 19-29-05151\19.

УДК 631.4

ПРОСТРАНСТВЕННАЯ ДИФФЕРЕНЦИАЦИЯ И ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА ГОСУДАРСТВЕННОГО ПРИРОДНОГО ЗАПОВЕДНИКА «КАРАДАГСКИЙ»

**Дрыгваль П.В.¹, Дрыгваль А.В.², Станис Е.В.¹, Лебедев Я.О.²,
Горбунов Р.В.², Приймак А.С.², Горбунова Т.Ю.², Бобко Н.И.²,
Ляпунов С.М.³, Ергина Е.И.⁴**

¹ Российский университет дружбы народов, Москва
E-mail: any-poly@mail.ru, estanis@mail.ru

² Институт биологии южных морей им. А.О. Ковалевского РАН, Севастополь
E-mail: drygval95@mail.ru, ya.o.lebedev@yandex.ru, gorbunov@imbr-ras.ru,
123klimova321@gmail.com, gorbunovatyu@gmail.com

³ Геологический институт РАН, Москва
E-mail: analytic@ginras.ru

⁴ Крымский федеральный университет им. В.И. Вернадского, Симферополь
E-mail: ergina65@mail.ru

Целью исследования было изучение почвенного покрова Государственного природного заповедника «Карадагский», расположенного в юго-восточном Крыму. Горный массив сложен разнообразными

вулканическими и осадочными горными породами. Территория занята лесными сообществами, редколесьем, степным травостоем в комплексе с каменистыми обнажениями горных пород. Литолого-геоморфологическое и экологическое разнообразие современных условий и процессов почвообразования формируют высокую пространственную дифференциацию типов почв заповедника.

Полевые исследования проводились на ключевых участках, характеризующихся разными условиями почвообразования. Выделенные участки наиболее полно охватывают разнообразие типов растительности, форм рельефа и геологических условий на территории. В процессе исследования было заложено и описано 30 почвенных разрезов. Пробы отбирались из каждого горизонта исследуемого почвенного разреза. Было отобрано 89 проб. В пробах почв определялись такие параметры, как подвижные формы элементов, содержание гумуса, емкость катионного обмена, актуальная кислотность (рН), валовое содержание макро- и микроэлементов, содержание оксидов. Расположение ключевых точек описания в итоге обеспечило удовлетворительную интерполяцию данных для построения почвенной карты территории заповедника.

В ходе изучения особенностей почвенного покрова были выделены геоморфологические профили геохимического сопряжения точек с различными условиями почвообразования по ряду увлажнения (автоморфные, транс-аккумулятивные и аккумулятивные условия), в рамках которых выделялись основные тенденции распределения химических элементов. Некоторые результаты исследований показывают, что концентрация V, Ni, Cu, Zn и Pb увеличивается вниз по профилю рельефа, содержание в почве As уменьшается. Установлено, что элементы S, V и As имеют относительно высокие значения в некоторых точках, где характерны автоморфные условия почвообразования. Актуальная кислотность почв варьирует от нейтральной до слабощелочной (6.7-7.8). Отмечено, что значения обменных анионов в почве, развивающейся в аккумулятивных условиях, меньше, чем в почве, формирующейся в аккумулятивных условиях. Похожая тенденция прослеживается у обменных оснований, соответственно показатель ЕКО уменьшается вниз по профилю рельефа, имея минимальные значения 88 мг-экв/100 г в аккумулятивных условиях почвообразования.

Результаты исследования основных морфологических признаков, химического состава и пространственной дифференциации позволяют в полной мере дать оценку почвам территории заповедника «Кардагский». Комплексное геохимическое исследование почв является значимой основой для понимания функционирования экосистем данной территории, так как почвы являются важнейшим звеном экологических систем, влияя на их биоразнообразие и возможность существования биогеоценозов в целом. Также почвы связаны с осо-

бенностями ландшафтов, в частности, развитие горных ландшафтов находит свое отражение в современном строении их почвенного покрова. Таким образом, исследование, проведенное коллективом авторов, позволяет выявить особенности химического состава почв, уточнить химический состав почв изучаемой территории, изучить геохимические миграции тяжелых металлов, а также охарактеризовать Карадагский заповедник как территорию с высокой эколого-геохимической контрастностью почвенного покрова.

Работа выполнена в рамках НИР ФИЦ ИнБЮМ «Изучение пространственно-временной организации водных и сухопутных экосистем с целью развития системы оперативного мониторинга на основе данных дистанционного зондирования и ГИС-технологий» № АААА-А19-119061190081-9.

УДК 631.44

ТИПИЗАЦИЯ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ КАТЕГОРИЙ МЕРЗЛОТНЫХ ПОЧВ СРЕДНЕ- И СЕВЕРОТАЕЖНОЙ ПОДЗОН КРАСНОЯРСКОГО КРАЯ (СРЕДНЯЯ СИБИРЬ)

Кондрашова Ю.В., Борисова И.В., Безкоровайная И.Н.

Сибирский федеральный университет, Красноярск
E-mail: irina_borisova77@mail.ru

Недостаточное исследование криогенных почв связано с труднодоступностью и пространственной удаленностью многолетнемерзлых ландшафтов. Определение генезиса этих почв и вероятности смещения природных зон, обусловленной трансформацией настоящего или прошлого климата, требует дальнейших комплексных исследований. Вопрос о типизации мерзлотных почв в зависимости от континентальности климата до сих пор не до конца очевиден, так как гранулометрический состав, количество осадков и другие свойства почв и факторы почвообразования отличаются в зависимости от территориального расположения. Угроза исчезновения тех или иных криогенных естественных почв также реальна, как и исчезновение отдельных видов растений и животных.

Целью работы явилась типизация и выделение категорий эталонных и редких криогенных почв в зонах с различным распространением многолетнемерзлых пород в северо- и среднетаежной подзонах Средней Сибири.

В среднетаежной подзоне (спорадическое распространение многолетнемерзлых пород) изучался почвенный покров в долинах рек Енисей (Туруханский район) и Подкаменная Тунгуска (Эвенкия). В

северотаежной подзоне (сплошное распространение многолетнемерзлых пород) изучались почвы бассейна р. Нижняя Тунгуска (Эвенкия).

Почвенные разрезы закладывались на пробных площадях в наиболее характерных для типов леса местообитаниях. Для изучения основных особенностей почвенно-геохимической структуры территории использовался катенарный метод.

Диагностика почв проводилась с использованием двух систем классификаций: Классификацией и диагностикой почв России (2004 г.) и международной классификацией WRB (2014 г.).

При составлении реестра почв учитывалась частота встречаемости почвы, занимаемая площадь, в связи с этим почвы подразделялись на два типа: 1) редкие почвы, которые занимают небольшие ареалы, а также уникальные почвы с единичной встречаемостью; 2) почвенные эталоны, представляющие почвы, широко распространенные на исследуемой территории. При определении статуса почв использовались категории охраняемых природных объектов и их обозначения, принятые в природоохранной практике. Параллельно цифровым обозначением категорий охраняемых почв даны обозначения категорий Международного союза охраны природы (IUCN Red List Categories).

Высотно-дифференцированная комбинация почв северо-таежной и средне-таежной подзон Средней Сибири в условиях близкого залегания многолетнемерзлых пород представлена в основном различными подтипами подбуров (O-BHF-C) Cambic Spodic Leptic CRYOSOLS Arenic (Loamic), а также локально формирующихся на элювиальных поверхностях склонов северных экспозиций криометаморфическими почвами (AO-CRMg-Cg) Histic Gleyic Leptic CRYOSOLS Loamic. Подзолы (O-E-BHF-C) Cambic Spodic Ferric CRYOSOLS Arenic формируются под светлохвойными лесами среднетаежной подзоны в условиях глубокого залегания многолетнемерзлых пород. Подбуры и криометаморфические почвы характеризуются мощными подстильно-оторфованными горизонтами до 15-20 см и высокой щебнистостью профиля.

Практически все исследованные почвы характеризуются протеканием почвообразовательных процессов, связанных с выносом и аккумуляцией подвижных форм железа: альфегумусовым и железисто-иллювиальным, что обуславливает высокое содержание полуторных окислов железа в почвенных профилях и его закрепление в условиях неглубокого залегания многолетней мерзлоты.

При определении статуса почв выделены следующие почвенные категории северо- и среднетаежной подзон: подбуры (грубогумусированные, грубогумусированные глееватые, иллювиально-гумусовые, глеевые иллювиально-железистые, глееватые) относятся к почвенным эталонам 4 (SR); подбуры оподзоленные и оподзоленные глееватые относятся к требующим внимания почвам 3 (LC); криометаморфические почвы относятся к потенциально уязвимым почвам 3 (NT).

На основании полученных данных может быть составлен реестр с дальнейшим применением в качестве основы региональной системы эталонных и редких почв средне- и северотаежной подзон Красноярского края.

Работа выполнена при поддержке грантов РФФИ № 13-04-01482, 13-04-10142 и 16-04-00796.

УДК 631.452 (571.15)

**ЧИСЛЕННЫЕ МЕТОДЫ
В ОБОСНОВАНИИ ЗОНАЛЬНЫХ ЭТАЛОНОВ
ЧЕРНОЗЕМОВ ОБЫКНОВЕННЫХ СРЕДНЕМощНЫХ
СРЕДНЕГУМУСНЫХ УМЕРЕННО ЗАСУШЛИВОЙ
И КОЛОЧНОЙ СТЕПЕЙ АЛТАЙСКОГО КРАЯ**

Кононцева Е.В., Пивоварова Е.Г., Хлуденцов Ж.Г.
Алтайский государственный аграрный университет, Барнаул
E-mail: kononcevaasau@mail.ru

Отсутствие методологической основы для выделения региональных эталонов почв привело к необходимости разработки математических моделей (виртуальных образов), с помощью которых можно было бы идентифицировать их среди непрерывного ряда генетически связанных и геоморфологически сопряженных почв исследуемой территории категории региональных эталонов и отделить их от категории редких и уникальных почв Алтайского края.

Реализация концепции Красной книги почв (ККП) в различных регионах РФ доказала необходимость развития сети эталонных участков, занятых сельскохозяйственными угодьями, в том числе пашней, с организацией особых щадящих режимов землепользования, сохраняющих в значительной мере природный потенциал элитных разновидностей зональных почв. А.И. Клементьев (1996, 2001) предлагает включение в структуру Красной книги почв трех крупных блоков эталонов: основных, редких и экспериментальных, на которых проводятся исследования режимов почв, технологий, удобрений и т.д. Однако способы выделения не указаны. В качестве одного из способов мы предлагаем использовать математические модели региональных почв. В настоящее время для 44 почвенных районов Алтайского края с помощью информационно-логического анализа разрабатываются региональные эталоны, которые представляют собой характеристику виртуального образа типа, подтипа почв. Затем путем сопоставления диагностических признаков реальной почвы с эталоном решается вопрос – к какой группе может быть отнесена сравниваемая почва.

В связи с этим целью исследований стала математическое обоснование региональных эталонов черноземов обыкновенных средне-

мощных среднегумусных умеренно засушливой и колючей степи Алтайского края, разработка количественных критериев их диагностических признаков. Объектом исследования послужили почвы 10-го почвенного района – черноземы обыкновенные среднемощные среднегумусные (агрозоемы темные аккумулятивно-карбонатные мало- и среднемощные средне- и сильногумусированные) подзоны умеренно засушливой и колючей степи (согласно почвенно-географическому районированию Алтайского края).

В ходе работы с помощью информационно-логического анализа определен таксономический вес признаков эталонов региональных почв района исследования в соответствии с профилно-генетической (1977 г.) и субстантивно-генетической (2004 г.) классификациями почв, разработаны количественные критерии для их диагностических признаков.

Для перевода качественных признаков в количественные таксономические группы почв они были выстроены в генетически сопряженный ряд (по двум почвенным классификациям), отражающий интенсивность основного гумусово-аккумулятивного (дернового) почвообразовательного процесса в соответствии с номером ранга. При разработке таксонов зональных почв в качестве функции (зависимой величины) были выстроены основные диагностические (физико-химические) свойства почв. По величине коэффициента эффективности передачи информации ($K_{эфф}$) определена теснота связи от фактора (свойств почв) к явлению (таксономической группе (типу, подтипу почв)).

Результаты информационного анализа зависимости признаков от таксона по профилно-генетической классификации показал, что наибольший таксономический вес, указывающий на более интенсивное отражение основного и второстепенного процессов почвообразования, имеют следующие диагностические признаки: рНв ($K_{эфф} = 0.2596$); содержание гумуса, % (0.1770); Нг, мг.-экв./100 г (0.1063); мощность гумусового горизонта, см (0.1003). Немного ниже таксономический вес таких свойств, как сумма обменных оснований, мг.-экв./100 г (0.0929); P_2O_5 , мг/100 (0.0861); Nв, % (0.0810). Самый низкий таксономический вес у физической глины, % (0.0345) и ила, % (0.0242), что связано со значительной вариацией этих признаков внутри однородных совокупностей.

При группировке почв по субстантивно-генетической классификации увеличивается таксономический вес такого признака, как мощность гумусового горизонта ($K_{эфф} = 0.1661$), что, по-видимому, обусловлено выделением нескольких групп антропогенно преобразованных, в разной степени эродированных почв, с уменьшенной мощностью гумусового горизонта.

С помощью двухфакторного информационного анализа определены специфичные (наиболее вероятные) состояния свойств для каждой таксономической группы исследуемых почв в профиле. Набор этих свойств может служить характеристикой виртуального образа регионального эталона определенного таксономического типа (подтипа) почв.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 18-44-22003 и Минобрнауки Алтайского края.

УДК 631.4

ИНФОРМАЦИОННО-СПРАВОЧНАЯ СИСТЕМА «КРАСНАЯ КНИГА ПОЧВ»: ВОЗМОЖНОСТИ И ПРОБЛЕМЫ

Кудрявцева П.Е.¹, Чернова О.В.², Литвинов Ю.А.³, Голозубов О.М.¹

¹ Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Москва
E-mail: ms.rapakivi@mail.ru

² Институт проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова РАН, Москва
E-mail: ovcher@mail.ru

³ Южный федеральный университет, Ростов-на-Дону
E-mail: litvinov_ua@mail.ru, oleggolozubov@gmail.com

Законодательной основой работ над Красными книгами почв (ККП) Российской Федерации и субъектов РФ является Закон «Об охране окружающей среды», принятый в 2001 г. Нормативные документы и методические рекомендации, регламентирующие составление и ведение ККП, до настоящего времени не разработаны, существуют лишь общие методологические подходы, выработанные и принятые научным сообществом.

Почва как природное тело характеризуется рядом специфических особенностей, не позволяющих при разработке ККП воспользоваться принципами построения и правилами ведения, разработанными для Красных книг животных и растений. Сохранение почв возможно только в составе экосистем, поэтому создание ККП связано с сохранением разнообразия почв в пределах охраняемых территорий. ККП страны или региона должна представлять собой не просто перечень названий почв, а список конкретных участков, в пределах которых представлены нуждающиеся в охране почвенные различия, разбитый на категории согласно степени типичности или редкости, генетическим особенностям, научной и практической ценности, целям и способам охраны. Одной из основных задач ККП является создание репрезентативной системы эталонных (реперных) объектов, в максимальной степени отражающей почвенное разнообразие страны или региона. Объекты ККП должны служить объектами мониторинга и образцами для сравнения с антропогенно преобразованными аналогами.

Для того, чтобы скоординировать усилия почвоведов в деятельности по сохранению природного разнообразия почв Российской Федерации, а также для привлечения внимания общественности и специалистов природоохранного профиля к проблеме сохранения ценных почвенных объектов, возникла идея разработки Информационной системы «Красная книга почв» (ИС). ИС создается на базе сайта Почвенного дата-центра МГУ (<https://soil-db.ru>) и входит в него отдельным разделом (<https://soil-db.ru/nauchnaya-deyatelnost/nashi-proekty/informacionnaya-sistema-krasnaya-kniga-pochv-rf>). Основной целью проекта является аккумуляция доступных материалов по «краснокнижной» тематике, ознакомление с работами в этой области специалистов и заинтересованной общественности, теоретическое обоснование и координация работ по сохранению природного разнообразия почв страны.

На сайте приводится информация об опубликованных региональных ККП, некоторое различие схем построения которых обусловлено природными и хозяйственными особенностями регионов. Предложена примерная схема рубрикации ККП субъектов РФ с краткой характеристикой основных разделов и критериями отнесения объектов к ним. Описаны главные этапы работы по составлению ККП как основы сохранения природного разнообразия почв регионов и базы для ведения почвенного мониторинга.

В качестве эталонных объектов должны быть выделены почвы, типичные для достаточно обширных однотипных по структуре почвенного покрова территорий, размеры которых определяются величиной и природными особенностями региона. При работе над ККП крупных регионов для определения границ пространственных выделов со сходной структурой почвенного покрова предложено ориентироваться на карту Почвенно-экологического районирования Российской Федерации М 1 : 2.5 млн. (2013). Приведены примерные перечни эталонных почв для ККП субъектов Российской Федерации.

Для корректного использования эталонных почв при ведении мониторинга необходимо определить ориентировочные значения их характеристик, а также установить величину пространственного варьирования контролируемых показателей на локальном и региональном уровнях. На сайте представлена локальная программа для формализованного ввода атрибутивной информации о расположении разрезов, свойствах почв и условиях их формирования. ИС позволяет выбрать и вывести из ранее занесенных массивов данных требующуюся информацию о почвах, занесенных в Красные книги, их свойствах и варьировании этих свойств.

УДК 631.481

ПОЧВЫ АРХЕОЛОГИЧЕСКИХ ПАМЯТНИКОВ В ПРЕДЕЛАХ УФИМСКОГО ПОЛУОСТРОВА

Кунгурцев А.Я.^{1,3}, Сулейманов Р.Р.^{2,3}

¹Уральский федеральный университет
им. первого Президента России Б.Н. Ельцина, Екатеринбург
E-mail: A.I.Kungurtcev@urfu.ru

²Уфимский институт биологии УФИЦ РАН, Уфа
E-mail: soils@mail.ru

³Башкирский государственный университет, Уфа

Среди памятников прошлого особую ценность представляют земляные археологические памятники. По мнению А.А. Роде, несмотря на некоторые ограничения, земляные археологические памятники представляют большой интерес в изучении вопросов генезиса почв. Комплексные исследования имеют давнюю историю и в большей степени охватывают археологические памятники европейской части России. Для лесостепной территории Приуралья подобные исследования выполнены единично.

Исследования проводились на территории археологических памятников «Городище Уфа-II», расположенного в южной части г. Уфы, и на территории археологического комплекса «Вотикеевский», расположенного в пределах Орджоникидзевского района городского округа г. Уфы. Согласно физико-географическому районированию, Уфимский п-ов находится в лесостепной зоне. Преобладающими типами растительности в недавнем прошлом были хвойно-широколиственные и широколиственные леса, а на остепненных участках – злаковое и ковыльное разнотравье. Преобладающими типами почв являются черноземы и серые лесные почвы. На территории археологических памятников при морфологическом изучении профиля под почвами дневной поверхности на глубине от 34 до 67 см обнаружены погребенные почвы. Формирование почв дневной поверхности и погребенных почв происходит в нейтральных условиях среды. Поглощающий комплекс более чем на 90% насыщен основаниями. По результатам гранулометрического состава почвы археологического памятника «Городище Уфа-II» соответствуют суглинку легкому, а на археологическом комплексе «Вотикеевский» – глине легкой, и при переходе от почвы насыпи к погребенной почве не наблюдается смены гранулометрического состава. По типу гумуса гумусовые горизонты почв дневной поверхности и погребенных почв относятся к гуматному и фульватно-гуматному типу. Среди фракций гуминовых кислот в гумусовых горизонтах преобладает фракция, связанная с кальцием. Доля и величина оптической плотности гуминовых кислот

фракции 2 в гумусовых горизонтах погребенных почв на «Городище Уфа-II» оказалась больше, чем в гумусовых горизонтах почв на дневной поверхности. Для археологического комплекса «Вотикеевский» в гумусовых горизонтах погребенных почв и в гумусовых горизонтах почв на дневной поверхности доля и величина оптической плотности гуминовых кислот фракции 2 имеет близкие значения.

Полученные результаты показывают, что при близких агрохимических показателях и результатах гранулометрического состава на основании доли и величины гуминовых кислот фракции 2 можно предположить, что в результате деятельности древнего человека в верхних горизонтах погребенной почвы археологического комплекса «Вотикеевский» произошло нарушение до начала формирования профиля современной дневной почвы. На «Городище Уфа-II» в исследуемом профиле нарушений в результате деятельности древнего человека для верхних горизонтов погребенной почвы до начала формирования нового почвенного профиля современной дневной поверхности не наблюдается.

УДК 631.4

ПОЙМЕННЫЕ ПОЧВЫ В СИСТЕМЕ ООПТ РЕСПУБЛИКИ КОМИ

Лаптева Е.М., Денева С.В., Дегтева С.В.
Институт биологии ФИЦ Коми НЦ УрО РАН, Сыктывкар
E-mail: lapteva@ib.komisc.ru

Территория Республики Коми (РК) имеет развитую речную сеть. Ее плотность в таежной зоне составляет $1.6 \text{ км} \cdot \text{км}^{-2}$, в зоне тундры – $0.33 \text{ км} \cdot \text{км}^{-2}$. Общая площадь пойменных почв невелика – 1849.6 тыс. га, или 4.4% площади РК, однако именно они считались и считаются наиболее плодородными почвами на территории региона. Обобщение материалов, полученных в течение последних двух 10-летий в рамках инвентаризации ООПТ РК, показало следующее. В настоящее время пойменные почвы, представленные в долинах таежных и горных рек РК, являются объектами особой охраны в границах двух резерватов федерального и 88 резерватов регионального значения в сети ООПТ республики. В режим заповедания включены как эталоны аллювиальных (пойменных) почв – аллювиальные дерновые кислые, аллювиальные луговые кислые и аллювиальные болотные почвы, так и редкие – аллювиальные насыщенные и карбонатные, занимающие небольшие ареалы в местах выходов известняков. Благодаря существующей в Республике Коми сети особо охраняемых природных территорий (ООПТ) в режим заповедания включены 19 подтипов из восьми типов аллювиальных почв, не считая почв агрогенно преобразованных пойменных ландшафтов.

Анализ имеющихся данных о свойствах пойменных почв, представленных в долинах рек на территории РК, подтвердил существенность влияния биоклиматических факторов на их формирование. Наиболее четко влияние зональных факторов прослеживается в ряду аллювиальных почв, формирующихся на бескарбонатных отложениях: пойменные почвы кислые, ненасыщены обменными основаниями, имеют преимущественно фульватный или гуматно-фульватный тип гумуса. Высокое содержание кальция в почвообразующей породе (литологический фактор) способствует смещению кислотно-основных свойств почв в сторону слабокислой или нейтральной реакции среды, стабилизации гумусовых веществ, образованию и накоплению в составе гумуса группы гуминовых кислот, предположительно связанных с кальцием (ГК-2). Зональность аллювиальных почв, формирующихся в долинах таежных рек на карбонатных породах, прослеживается в образовании преимущественно фульватного типа гумуса и невысоких значениях доли фракции ГК-2 в его составе.

В условиях Арктического и Субарктического секторов республики существенным фактором, влияющим на формирование свойств аллювиальных почв, является криогенез. Для морфологического строения профиля аллювиальных почв тундровой зоны характерно наличие криотурбаций (специфического вихревого рисунка). Небольшая мощность мелкоземистой толщи, щебнистость профиля и оторфованность верхней части дернового горизонта сближают тундровые пойменные почвы с почвами долинных ландшафтов горных рек Полярного и Приполярного Урала. Учитывая отсутствие ООПТ, приуроченных к арктической зоне Республики Коми, и их малые площади в субарктической зоне региона, необходимо расширение сети заказников и памятников природы регионального значения в муниципальных образованиях, территории которых включены в Арктическую зону Российской Федерации (МО ГО «Воркута», МО МР «Усть-Цилемский», МО ГО «Усинск» и «Инта»). Такие резерваты позволят сделать сеть ООПТ республики более репрезентативной и обеспечить сохранение пойменных почв не только в таежных, но и лесотундровых и тундровых ландшафтах, антропогенная нагрузка на которые резко возросла в связи с разведкой и разработкой месторождений углеводородного сырья. Долины рек, приуроченные к возвышенностям Тиманского кряжа и предгорьям Урала, в регионе имеют ограниченное распространение. Однако они, отличаясь высоким уровнем биоразнообразия и концентрацией популяций редких видов растений, представляют собой большую научную и природоохранную ценность и требуют особой охраны не только на региональном, но и на федеральном уровне.

УДК 631.4

ВАЛОВОЙ СОСТАВ КРАСНОКНИЖНЫХ ПОЧВ РОСТОВСКОЙ ОБЛАСТИ

Матюгин В.А., Безуглова О.С., Шерстнев А.К.
Южный федеральный университет, Ростов-на-Дону
E-mail: vlad.matyugin@mail.ru

Почвы особо охраняемых территорий чаще всего изучены недостаточно, для большинства их даже отсутствуют почвенные карты. В то же время информация об их физических свойствах и химическом составе чрезвычайно важна, так как эти почвы могут служить эталонами в мониторинговых исследованиях пахотных почв.

Разрезы закладывались на типичных элементах рельефа на целинных или старозалежных участках, что предопределило минимальную нарушенность этих почв антропогенным вмешательством. Валовой химический состав почв определен методом рентгенофлуоресцентной спектрометрии на приборе «Спектроскан МАКС-GV».

В Ростовской области черноземы являются преобладающим типом почв, однако данное исследование показало неоднозначность условий их формирования, неоднородность их свойств и состава. Помимо зональных подтипов – черноземов обыкновенных и южных – были исследованы черноземы с неполноразвитым профилем, особенности развития которых могут быть обусловлены как незавершенностью процессов почвообразования из-за неблагоприятных свойств почвообразующих пород, так и деградационными процессами.

Установлено, что различие в составе почвообразующих пород играет основную роль в формировании валового химического состава почвенного профиля. К примеру, меловые породы характеризуются односторонним химическим составом, повышенной плотностью, запасы доступных элементов питания для растительности в них довольно ограничены, вследствие чего процессы миграции биогенных элементов с глубиной значительно замедляются, о чем свидетельствуют количественные характеристики валового состава таких почв.

Содержание оксида кремния, конституционной основы почвы, в черноземах на глинах и глинистых сланцах равномерно высокое по всему профилю. В черноземах на меловых отложениях и элювии известняка наблюдается значительное убывание содержания этого элемента вниз по профилю. Соотношение оксидов кремния и кальция носит характер замещения: снижение содержания оксида кремния с увеличением глубины сопровождается возрастанием количества оксида кальция.

Распределение оксида алюминия в черноземах равномерное с небольшим увеличением вниз по профилю. Однако почвообразующая порода влияет на количество этого элемента в почве. Так, в черноземах

текстурно-карбонатных (южных) маломощных на меловых отложениях, изначально бедных этим элементом, наблюдается увеличение его содержания в поверхностном горизонте и постепенное снижение вниз по профилю. Характер накопления и распределения по профилю цинка также обусловлен составом материнских пород. В черноземах содержание марганца, железа, цинка и свинца уменьшается вниз по профилю, но их абсолютное количество различно в почвах на разных почвообразующих породах, что связано с их различным минералогическим, гранулометрическим составом и генезисом.

В слабосолонцеватых почвах накопление свинца и хрома коррелирует с распределением органического вещества, что обуславливает его накопление в иллювиальном горизонте. В примитивных и неполноразвитых почвах распределение элементов и их количество полностью зависит от состава материнских пород.

Коэффициент миграции по Ф.Я. Гаврилюку показал, что для большинства изученных почв характерно преобладание процессов выщелачивания компонентов химического состава, прежде всего оксидов кальция и магния. Исключение составляют дерновые горизонты в том случае, когда гумусово-аккумулятивный процесс выражен настолько мощно, что наблюдается и сопряженное накопление минеральных составляющих. Также для ряда почв характерно накопление химических элементов в нижней и средней части профиля. Прежде всего, такие процессы характерны для солонцов и солонцеватых почв, т.е. там, где идет иллювиальный процесс в отношении илестых частиц.

Определение типа выветривания по С. В. Зонну показало, что в большинстве изученных почв выветривание идет по сиаллитному типу. Однако при формировании почв на хорошо выветрелых глинистых сланцах и элювии известняков выветривание идет по аллитному типу.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 16-04-00592.

УДК 553.7; 631.46

РОЛЬ ИСТОЧНИКОВ МИНЕРАЛЬНЫХ ВОД В ФОРМИРОВАНИИ НЕТИПИЧНЫХ ПОЧВ НА ЕВРОПЕЙСКОМ СЕВЕРО-ВОСТОКЕ

Митюшева Т.П.

Институт геологии ФИЦ Коми НЦ УрО РАН, Сыктывкар
E-mail: mityusheva@geo.komisc.ru

На минеральных источниках, на локальных участках в зонах их выходов на поверхность подземных вод формируются особые биогеосистемы, частью которых является почвы, нетипичные для тундровой

или таежных зон. Сероводородные источники (на реках Воркута, Яней-Ты-Вис, Пымва-Шор, Иска-Шор, Еджидю, Поварница, Б. Каменка, Щугор и др.) приурочены к зонам трещиноватости карбонатных разновозрастных пород кряжа Чернышева и предгорий западного склона Урала. Минерализация вод достигает 4.9 г/л, реакция среды нейтрально-слабощелочная, химический состав различен: Cl-Na, SO₄-Cl-Na, HCO₃-Cl-Na, поликомпонентный. Растворенные газы представлены N₂, O₂, CO₂, присутствует сероводород (H₂S+HS⁻ до 92 мг/л). Состав спонтанных газов азотный, в качестве незначительной примеси в них обнаружены CO₂, CH₄, радиогенные He, Rn. Подземные воды служат источниками химических веществ, обогащающих почвы и поверхностные водотоки. Воды содержат микроэлементы (Si, Sr, Br, B, Li, Rb, Cs, Fe, Mn, Ba, As, Zn, в отдельных источниках – Zr, Be, Sb, Hf, Tl, Th, Ge, Y, радиоактивные элементы). В профиле почв в связи с резкой сменой окислительно-восстановительных и кислотно-щелочных условий происходит трансформация, миграция и биогенная аккумуляция химических веществ. В местах выходов сероводородных вод на поверхность на окислительном биогеохимическом барьере наблюдается образование молекулярной серы и в незначительном количестве тухита (Na₆[Fe_{1.5}Mg_{2.5}](SO₄)(CO₃)₄) в результате быстрого окисления водорастворенного сероводорода и гидросульфид-иона при участии бактериально-водорослевого сообщества. В составе осадка также выявлены Si, Ca, K, Fe, Al, Sr, Ti, Mn, Ba, Zr, Cu, Zn, V, Pb, Mo, Ga, Be, Ag. На источниках Пымва-Шор образуются травертины, представленные мономинеральным кальцитом (CaCO₃) и включающие Mn, Sr, Ti, Ba, Zr, Pb, Y, La, Cr, V, Mo, Ga, Yb, Li. Площадь участков формирования органо-минеральных образований зависит от дебита источника, рельефа и, как следствие, возможности выноса компонентов с поверхностным стоком, наличия процессов заболачивания и др.

Особое влияние на активность процессов формирования почв оказывает температура подземных вод источников. На европейском Северо-Востоке имеются зоны разгрузки минеральных вод, в которых температура достигает 16-27 °С (на реках Пымва-Шор, Сылаю, Еджидю) при среднегодовой температуре воздуха –3.–7 °С. Подземные воды характеризуются стабильностью температурного режима и в зонах выходов на поверхность оказывают существенное влияние на тепловое состояние почв и растительность, нарушающее климатическую зональность.

Процессы естественного почвообразования на источниках сероводородных минеральных вод, генезис нетипичных для зоны тундровых почв Субарктики и подзоны Тимано-Печорской провинции глееподзолистых, болотно-подзолистых почв северной тайги на карбонатном субстрате требуют комплексного междисциплинарного исследования в связи с особыми условиями, возникающими в системе взаимодействия вода–порода–почва–растения.

УДК 502.4+631.4

ОЦЕНКА ТЕРРИТОРИАЛЬНОЙ ОХРАНЫ ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА В АРКТИЧЕСКОЙ ЗОНЕ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Присяжная А.А.¹, Снакин В.В.^{1,2}, Чернова О.В.^{2,3}, Митенко Г.В.^{1,4}

¹ Институт фундаментальных проблем биологии РАН, Пущино

E-mail: alla_pris@rambler.ru

² Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Москва

E-mail: snakin@mail.ru

³ Институт проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова РАН, Москва

E-mail: ovcher@mail.ru

⁴ Институт физико-химических и биологических проблем почвоведения РАН,
Пущино

E-mail: gen.mitenko@yandex.ru

Среди основных национальных интересов в Арктике декларировано «сбережение уникальных экологических систем». Сохранение природных комплексов, в том числе разнообразия почв, возможно при обеспечении их оптимальной территориальной охраной.

В работе проведена оценка представленности почвенного разнообразия в системе особо охраняемых природных территорий (ООПТ) федерального значения (государственные природные заповедники и национальные парки) на территории Арктической зоны Российской Федерации (АЗРФ).

В настоящее время площадь ООПТ федерального значения составляет 5.3% площади АЗРФ, для России в целом этот показатель ниже – 3.4%. На территории АЗРФ функционирует 12 государственных природных заповедников и шесть национальных парков. Заповедники занимают почти 55% площади всех ООПТ федерального значения, а национальные парки – 23%.

На основе Почвенной карты РСФСР (редактор В.М. Фридланд) в системе ArcView GIS была оценена репрезентативность заповедников и национальных парков в отношении почвенного разнообразия. Почвенные выделы были сгруппированы в соответствии с разделами легенды Почвенной карты.

Была проанализирована площадная представленность почвенного покрова на территории АЗРФ в целом и на ООПТ. Почвенный покров АЗРФ на 50% состоит из комплексов почв Арктики, тундры и тайги, 19% составляют почвы тайги и хвойно-широколиственных лесов, 12% – почвы тундр, 12% – гидроморфные, пойменные, маршевые почвы и почвы горных территорий и 7% – непочвенные образования. Для почвенного покрова ООПТ АЗРФ эти показатели сходны – соответственно 48, 13, 10, 10 и 19%. Доля непочвенных образований на

территории заповедников и национальных парков более чем в два раза больше, т.е., значительные территории ООПТ покрыты каменистыми россыпями, рыхлыми породами, песками и ледниками.

Было исследовано разнообразие почвенного покрова на территории АЗРФ. Выявлено 90 различных вариантов почв и почвенных комплексов, из них в системе ООПТ высшего уровня – 48. Таким образом, показатель репрезентативности ООПТ в отношении почвенного разнообразия составляет 53%. По России этот показатель несколько выше – 56%, при этом относительная площадь ООПТ в Арктике больше. Это может быть объяснено тем, что на ООПТ Арктики значительную площадь занимают непочвенные образования. Частные показатели репрезентативности ООПТ некоторых групп составляют: для почв тундр – 56%, почв тайги и хвойно-широколиственных лесов – 62%, гидроморфных почв – 100%, пойменных и маршевых почв – 60%, комплексов почв Арктики, тундры и тайги – 40%.

В геоинформационной системе были построены картосхемы 42 выделов почв, не обнаруженных на ООПТ АЗРФ, и определено их расположение на территории России. Установлено, что 26 разновидностей встречаются только в АЗРФ или их основной массив расположен в АЗРФ. Некоторые из них занимают обширные территории (более 40 тыс. км²), некоторые – очень маленькие (менее 500 км²).

Таким образом, на основании геоинформационного анализа определен показатель репрезентативности ООПТ в отношении почвенного разнообразия АЗРФ, который составляет 53%. Проведена групповая оценка площадной представленности почвенного покрова на территории АЗРФ и ООПТ. Установлено, что 26 почвенных выделов, встречающихся только в АЗРФ, не имеют территориальной охраны и могут быть рекомендованы для включения их в систему ООПТ. В дальнейшем планируется проведение тщательного анализа каждого выдела с детальным исследованием конкретных территорий.

УДК 631.4

О НЕКОТОРЫХ РЕГИОНАЛЬНЫХ АСПЕКТАХ СОЗДАНИЯ КРАСНОЙ КНИГИ ПОЧВ

Прокашев А.М., Соболева Е.С., Вартан И.А., Мокрушин С.Л., Потанин А.П.

Вятский государственный университет, Киров

E-mail: amprokashev@gmail.com

При создании Красных книг почв (ККП) принимается во внимание ряд общенаучных и региональных аспектов, актуальных и для территории Кировской области (КО) с ее сложной историей развития почвенного покрова (ПП). Будущими разработчиками этого регионального документа должны быть учтены в качестве основополагающих нижеследующие принципиальные положения:

1. Феноменологический принцип предполагает признание важности любого компонента в составе педосферы как и в составе природы в целом в качестве самобытного естественно-исторического тела, заслуживающего исследования и сохранения.

2. Принцип равноценности компонентов ПП – относительная равнозначность представителей ПП региона независимо от занимаемой площади ввиду возможной уникальности в качестве экологической ниши для представителей биомов, ценных с научной и прикладной точки зрения.

3. Региональный принцип – обязательный анализ местных природных условий и особенностей почвенного покрова субъекта РФ. Для КО таковыми являются: нахождение в трех подзонах, неоднородность рельефа, разнообразие и пестрота почвообразующих пород (ПОП), принадлежность почв к подзолистому, серому, дерновому, торфяному, аллювиальному типам педогенеза, полигенетичность ПП.

4. Принцип репрезентативности – включение в состав ККП основных представителей зональных, азональных и интразональных компонентов ПП, раскрывающих палитру местных почв, режимов и процессов педогенеза.

5. Приоритетность целинных почвенных объектов, поскольку они – единственные представители эталонных индикаторов девственного состояния ПП, которые служат точкой отсчета для оценки функционирования, динамики, развития и эволюции ПП.

6. Зональный (биоклиматический) подход предполагает включение в состав ККП всех основных имеющихся в регионе представителей ПП. Для КО, расположенной в подзонах средней, южной тайги и смешанных лесов, кандидатами в ККП должны стать подзолистые, дерново-подзолистые и серые почвы.

7. Азональный (литогенный) подход – избирательный выбор ПОП по критериям: типичность и однородность – для зональных эталонов, экзотичность отдельных ПОП – для уникальных педообъектов. Для первых оптимальный вариант – покровные суглинки, – известные во всех подзонах, характеризующиеся стабильными субстантивными признаками. Для вторых предлагаются фосфоритоносные отложения на месте разработок Вятско-Камского месторождения, а также породы, именуемые нами кремнистыми посткарбонатными монтмориллонитовыми глинами, возникшими на элювии известняков.

8. Катенарный подход – сопряженное представление типов и подтипов почв автоморфного (элювиальные), полугидроморфного и гидроморфного (аккумулятивные) рядов разных подзон, развитых на однородных ПОП.

9. Естественно-исторический подход – выбор объектов с учетом региональной истории развития ПП, имеющий особое значение для КО в силу положения ее южной и центральной частей вблизи

бореального экотона европейской России. Последнее – причина формирования ряда типов почв с четкими морфологическими и аналитически фиксируемыми признаками полигенеза в виде реликтовых (остаточных и погребенных) гумусовых горизонтов и т.п.

10. Принцип раритетности компонентов ПП тесно связан с предыдущим и заключается в ранжировании представителей ПП с учетом их научной и/или прикладной ценности – генезиса, эволюции, угрозы деградации и исчезновения наиболее редких или продуктивных типов и подтипов почв. Он имеет прямое отношение ко всем почвам с полигенетическим профилем КО, а также к интенсивно эксплуатируемым почвам серого типа.

УДК 001.891:630*182(253):502.005.936.2

ЛЕТОПИСЬ ПРИРОДЫ – ОСНОВА МОНИТОРИНГА СОСТОЯНИЯ ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА ООПТ РОССИИ

Прохоров И.С.

Московский авиационный институт

(национальный исследовательский университет), Москва

E-mail: prokhorovis@mail.ru

Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Москва

E-mail: nauka-iac@mail.ru

В Российской Федерации функционируют 304 особо охраняемые природные территории (ООПТ) федерального значения. Это 105 заповедников, 57 национальных парков, 58 заказников, 17 памятников природы и 67 дендрологических парков и ботанических садов общей площадью более 70 млн. га, завершается процедура придания статуса ООПТ шести территориям в Республике Крым. К 2024 г., согласно Национальному проекту «Экология», должно быть создано еще 24 ООПТ и их общая площадь возрастет еще на 5 млн. га.

Упомянутым выше национальным проектом предусмотрена реализация федерального проекта «Сохранение биологического разнообразия», который напрямую связан с осуществлением ООПТ научно-исследовательской деятельности.

В настоящее время все заповедники и большинство национальных парков в Российской Федерации в обязательном порядке ведут так называемые «Летописи природы». Это большие тома почти ежедневных фенологических наблюдений за климатом на конкретной территории в течение всего календарного года. В зависимости от уникальности того или иного заповедника или национального парка в них ведутся отдельные научные исследования отдельных редких видов животных, птиц, морских и речных обитателей, растений, почв, горных пород и пр.

Исследования почвенного покрова в заповедниках и национальных парках в подавляющем большинстве осуществляются сотрудниками аграрных и классических вузов тех регионов, где находятся данные ООПТ, ввиду отсутствия профильных специалистов почвоведов в штате научных отделов самих ООПТ. Отдельно крупными университетами (Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Санкт-Петербургский государственный университет, Южный федеральный университет, Дальневосточный федеральный университет и др.) организуются разного рода учебные и научные экспедиции на ООПТ, результаты которых используются в научных публикациях вузов, при этом представители самих ООПТ не всегда попадают в соавторы публикаций, что влечет за собой низкую популяризацию научного туризма на ООПТ федерального значения.

УДК 631.4

К ВОПРОСУ О СОЗДАНИИ КРАСНОЙ КНИГИ ПОЧВ РОССИИ

Сабодина Е.П., Мельников Ю.С.

Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Москва

E-mail: evgeniaot@mail.ru

Продолжение освоения почвенного покрова в современных условиях требует мероприятий по сбережению почвенного разнообразия и сохранения на определенных площадях естественно-исторических почв, выполняющих незаменимые биосферные, гидросферные, атмосферные, ноосферные и другие экологические функции, схематично представленные в разработанной Е.Д. Никитиным таблице «Основные экологические функции почвы», дополненной и расширенной в области ноосферного фактора нами.

Особое внимание следует обратить на общебиосферные и ноосферные функции, наиболее тесно связанные с проблемой особой охраны почв. Почвы являются средой обитания, источником вещества для организмов суши, фактором биологической эволюции, этногенеза и формирования человеческой культуры; почвы детерминируют нормальное функционирование биосферы и ноосферы, являются планетарно-космическим узлом связей; обеспечивают воспроизводство сельскохозяйственного и лесохозяйственного сырья, т.е. создают материальные условия формирования ноосферы; являются важным фактором формирования полезных ископаемых и энергетических ресурсов, определяющих промышленную деятельность ноосферного социума; рекреационная функция почвы создает пространство для существования ноосферных объектов.

Важнейшей в природоохранном деле является идея подготовки Красных книг эталонных, редких и исчезающих почв, развертывание на их основе особой охраны наиболее ценных почвенных объектов.

Из истории Краснокнижного движения: в 1989 г. при Обществе почвоведов им. В.В. Докучаева организована рабочая группа по созданию Красной книги почв (председатель Е.Д. Никитин, секретарь Е.Б. Скворцова), в 2000 г. рабочая группа преобразована в подкомиссию. В начале XXI в. вышли в свет первые монографические почвенно-краснокнижные произведения: Л.Н. Ташнинова «Красная книга почв и экосистем Калмыкии» (науч. ред. Е.Д. Никитин), 2000; А.И. Климентьев, А.А. Чибилев, Е.В. Блохин, И.В. Грошев «Красная книга почв Оренбургской области» (науч. консульт. Г.В. Добровольский, Е.Д. Никитин), 2001.

Краснокнижное движение России значительно усилилось после принятия закона РФ «Об охране окружающей среды», в который по инициативе почвоведов была включена специальная почвенно-краснокнижная статья 62.

Вышел в свет еще ряд почвенно-краснокнижных произведений: В.М. Кретинин и др. Редкие и исчезающие почвы природных парков Волгоградской области, 2006; Б.Ф. Апарин и др. Красная книга почв Ленинградской области, 2007; В.Д. Соловиченко и др. Красная книга почв Белгородской области, 2007; Красная книга почв России (науч. ред. Г.В. Добровольский, Е.Д. Никитин), 2009; О.З. Еремченко и др. Редкие и исчезающие почвы Пермского края, 2010; А.Б. Александрова и др. Красная книга почв Республики Татарстан, 2012 и другие Красные книги почв субъектов РФ. В ряде субъектов РФ идет подготовка к созданию региональных Красных книг почв. Так, постановлением правительства Пермского края от 16 марта 2007 г. № 29-п «О Красной книге Пермского края» (с изменениями на 19 сентября 2018 г.) принято решение учредить Красную книгу почв Пермского края и утвердить прилагаемое приложение о порядке ведения Красной книги почв Пермского края; постановлением Совета министров Республики Крым от 8 декабря 2015 г. № 768 «Об Учреждении Красной книги почв Республики Крым и утверждении положения о порядке ведения Красной книги почв Республики Крым» и др. В связи с указанными постановлениями ведутся работы по созданию Красных книг субъектов РФ. В ряде субъектов постановления о создании Красных книг еще не приняты, работа в них ведется на уровне научных конференций и общественных обсуждений. Так, авторы данной работы приняли участие в международной научной экологической конференции «Экологические проблемы развития агроландшафтов и способы повышения их продуктивности», проходившей в столице Краснодарского края г. Краснодаре в 2018 г. Тема выступления на конференции – «Красная книга почв России и защита педосферы в Краснодарском крае»,

что позволило донести до широкой публики актуальность и необходимость создания Красной книги почв в крае, где практически все доступные почвы находятся в хозяйственной деятельности человека. Идея создания Красной книги почв выходит за рамки территории РФ. Так, Г.В. Добровольским, Е.Д. Никитиным и др. в классическом университетском учебнике «Экология почв» приведены выдержки из Красной книги почв России и сопредельных стран, а на уровне обмена научной информацией с научной общественностью других государств было принято участие в ряде международных научно-практических конференций. Цель вышеназванного участия – донесение идеи по созданию Красной книги почв в других государствах.

УДК 631.4 + 631.81

ПОВЫШЕНИЕ РЕПРЕЗЕНТАТИВНОСТИ СИСТЕМЫ ООПТ В ОТНОШЕНИИ ПОЧВЕННОГО РАЗНООБРАЗИЯ – ВАЖНЕЙШЕЕ НАПРАВЛЕНИЕ ОХРАНЫ ПОЧВ

Снакин В.В.^{1,2}, Присяжная А.А.², Чернова О.В.^{1,3}

¹Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Москва
E-mail: snakin@mail.ru

²Институт фундаментальных проблем биологии РАН, Пущино
E-mail: alla_pris@rambler.ru

³Институт проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова РАН, Москва
E-mail: ovcher@mail.ru

Сохранение почв *ex situ*, в отличие от растений и животных, практически невозможно. Поэтому речь может идти лишь о сохранении почвенного разнообразия *in situ* на особо охраняемых природных территориях (ООПТ), система которых – основной механизм сохранения природного разнообразия в широком смысле (сохранение ландшафтов, почв, растений, животных). В основе сети ООПТ России – государственные природные заповедники и национальные парки, по площади занимающие 2.4% суши страны с преобладанием доли заповедников (более 70%). Наши работы на основе Почвенной карты РСФСР М 1 : 2 500 000 – самой крупномасштабной из почвенных карт России – на основе ArcView GIS посвящены анализу представленности различных почв в системе ООПТ. Согласно легенде, на территории РФ выделяется 250 типов почвенных выделов: 187 почв и 63 комплекса почв. Из них в системе ООПТ высшего уровня представлен 141 почвенный выдел (119 почв и 22 почвенных комплекса), т.е. в целом по стране степень обеспеченности охраны почвенного разнообразия составляет 56%. Высокое почвенное разнообразие отмечается в группе почв тайги и хвойно-широколиственных лесов, занимающей самую большую площадь в стране и на охраняемых

территориях. И хотя 64% разностей почв этой группы находятся на охраняемых территориях, большое количество (31 выдел) в системе ООПТ не представлено. Отмечается крайне низкая степень охраны засоленных и солонцеватых почв (20%) и почв степной группы (38%), а также несоответствие распространенности различных групп почв на территории страны и занимаемой ими площади в пределах ООПТ. Так, доля площади почв и комплексов почв тундры на ООПТ в два раза превышает их долю в почвенном покрове РФ. В то же время представленность по площади почв и комплексов почв степей в 10 раз ниже на ООПТ (в заповедниках в 20 раз ниже) распространенности этих почв в России. Региональный анализ для территории Арктической зоны РФ (АЗРФ) выявил, что репрезентативность ООПТ в отношении почвенного разнообразия составляет 53.3%.

Для сравнения наш более ранний (за это время площадь ООПТ выросла) анализ ландшафтного разнообразия свидетельствует, что из 364 вариантов ландшафтов, выделенных А.Г. Исаченко на территории России, в заповедниках и национальных парках представлены 183 вида (т.е. 50.3%). По данным М.С. Стишова, репрезентативность ООПТ в отношении ландшафтов в АЗРФ составляет 55%. Наша работа по оценке степени территориальной охраны всех 76 занесенных в Красную книгу РФ видов растений, обитающих в АЗРФ, показала, что репрезентативность системы ООПТ АЗРФ в отношении «краснокнижных» растений составляет 61%.

Выводы:

1) проведенный анализ выявил невысокую (лишь немногим более половины!) репрезентативность системы ООПТ в отношении разнообразия почв (56%);

2) для России отмечается несоответствие по площади распространенности различных групп почв на территории России и в пределах охраняемых территорий;

3) при организации новых ООПТ по-прежнему недостаточно учитывается необходимость сохранения природного разнообразия естественных почв;

4) результаты анализа являются основой для разработки предложений по дальнейшему росту репрезентативности ООПТ в отношении разнообразия почв;

5) сравнительный анализ репрезентативности ООПТ в отношении почв, ландшафтов и «краснокнижных» растений показывает, что научно обоснованное выделение охраняемых территорий обеспечивает примерно равную степень охраны рассмотренных компонентов природного разнообразия.

УДК 631.474(470.22)

РЕДКИЕ ПОЧВЫ СЕВЕРНОГО ПРИЛАДОЖЬЯ

**Ткаченко Ю.Н.¹, Бахмет О.Н.², Ахметова Г.В.¹, Солодовников А.Н.¹,
Медведева М.В.¹, Новиков С.Г.¹**

¹ Институт леса Карельского НЦ РАН, Петрозаводск
E-mail: tkachenko.76@mail.ru; ahmetova@krc.karelia.ru; solo@krc.karelia.ru;
mariamed@mail.ru; mariamed@mail.ru

² Карельский НЦ РАН, Петрозаводск
E-mail: bahmet@krc.karelia.ru

Неповторимую красоту Северного Приладожья создают большое количество узких проливов, разделенных мысами и островами, гранитные утесы, отвесно уходящие в глубины Ладожского озера. Рельеф этого района преимущественно состоит из гранитов, гранито-гнейсов и слюдяных сланцев. В Сортавальском районе находится самая высокая точка Приладожья – гора Петсеваара. Здесь со времен средневековья велась добыча мрамора. Мрамор из месторождений Рускеалы использовался при строительстве Санкт-Петербурга, а также при облицовке некоторых зданий и сооружений в Хельсинки.

Территория района находится в центральной части пояса Ладожских шхер, который охватывает все Северное Приладожье. В северной части Ладожского озера располагается Валаамский архипелаг, состоящий из полусотни островов. Береговая линия острова изрезана множеством каналов, заливов и проливов, это придает ему особую привлекательность и уникальность.

В почвообразовательный процесс вовлечены как коренные породы, так и четвертичные отложения.

На плотных мраморах развиваются карболитоземы темногумусовые, имеющие следующее морфологическое строение: АУ-АUB- ВСса-Мса. Это маломощные почвы, почвообразованием охвачены верхние 10-20 см. Почва супесчаная с преобладанием фракции мелкого песка. Формирование карболитоземов происходит на породах с высоким содержанием карбонатов щелочных и щелочноземельных металлов, что обуславливает их нейтральную и щелочную реакцию среды (pH – 7-8).

Карбопетроземы формируются на вершинах и склонах гряд и холмов в местах близкого залегания к поверхности плотных карбонатных пород. Почвы имеют слаборазвитый, укороченный профиль: О-АуВ-Рса. Лесная подстилка слабо разложившаяся, минеральная часть профиля отличается высоким содержанием хряща, крупных неокатанных обломков коренной породы. Почвообразование в данных почвах направлено на метаморфическое выветривание минеральной части.

Под высокобонитетными елово-березовыми травяными и елово-сосновыми травяно-черничными насаждениями на малощебнистых суглинистых отложениях формируются буроземы оподзоленные. Почвенный профиль представлен следующими горизонтами: O-A_{Уе}-B_М-B_С-C. Маломощная лесная подстилка хорошо отражает микрорельеф территории и гидрологические условия. В результате выветривания горных пород без выноса продуктов преобразования происходит формирование структурно-метаморфического горизонта. Характерной особенностью почв является наличие серого с белесоватым оттенком горизонта A_{Уе}, в котором оподзоленность представлена в виде отмытых кварцевых и палеошпатовых частиц. Гранулометрический состав почв разнородный, может быть представлен как связно-песчаными, так и легкосуглинистыми разновидностями.

Под сосняками, произрастающими в межконусовых понижениях моренных холмов, а также в месте контактов небольших плато денудационно-тектонического холмистого и холмисто-грядового ландшафта, формируются буроземы типичные. Почвы состоят из следующих горизонтов: O-A_У-B_М-B₂-C. Для буроземов характерно формирование структурно-метаморфического горизонта, возникшего в результате процессов структурного метаморфизма. Органогенный горизонт хорошо разделяется на подгоризонты. Минеральная часть профиля почв по окраске однородна, дифференциация нижней части профиля на горизонты затруднена.

Ржавозем типичный формируется на повышенных элементах рельефа сельгового ландшафта, его профиль имеет следующий вид: O-A_У-B_М-B₂-C. Для почв характерна ярко-коричневая окраска почвенного профиля. В результате накопления красящих гидроксидов железа, образованных в процессе выветривания первичных минералов, происходит образование железисто-метаморфического горизонта. Мощность почв невелика. Морфологическая дифференциация почв, особенно в нижней части профиля, выражена слабо.

Теплый климат, богатство растительности, разнообразие и особенности почвообразующих пород, активное антропогенное воздействие обусловили разнообразие процессов почвообразования и формирование уникального почвенного покрова.

УДК 631.48

**НЕОБЫЧНЫЕ ЗАСОЛЕННЫЕ ПОЧВЫ
ЗОН ТЕКТОНИЧЕСКИХ РАЗЛОМОВ
БАЙКАЛЬСКОГО ВНУТРИКОНТИНЕНТАЛЬНОГО РИФТА –
ПОТЕНЦИАЛЬНЫЕ ОБЪЕКТЫ КРАСНОЙ КНИГИ ПОЧВ**

Убугунова В.И.¹, Убугунов В.Л.¹, Хитров Н.Б.²

¹ Институт общей и экспериментальной биологии СО РАН, Улан-Удэ
E-mail: ubugunova57@mail.ru

² Почвенный институт им. В.В. Докучаева, Москва
E-mail: khitrovn@gmail.com

Почвенно-географические работы были проведены в 2008-2019 гг. на северо-восточном фланге Байкальской рифтовой зоны в пределах Баргузинской котловины. Эта территория сейсмически активна, характеризуется максимальным тепловым потоком, густой сетью тектонических разломов, проявлением грязевого вулканизма, самопроизвольным выходом свободных газов и разгрузкой термальных источников культурдурского типа. В отличие от других рифтовых зон мира здесь отсутствуют вулканические извержения в виде фонтанирования жидкого магматического расплава.

На процессы почвообразования в тектонически активных зонах оказывает влияние пульсационная дегазация. Через выводные каналы происходит разгрузка тепловых, газовых, водных, минеральных потоков из глубоких слоев литосферы на земную поверхность. Наиболее отчетливо это прослеживается на северо-западном фланге котловины в пределах Кучигерского термального поля (54°52'54.9" с.ш.; 111°00'08.9" в.д.). Здесь формируются нетипичные для лесной зоны сильнозасоленные почвы с контрастным сочетанием значений рН, гранулометрического состава, засоления. Для морфологического строения характерна сильная турбированность профиля, наличие необычных морфонов в виде различных по форме импрегнированных (насыщенных нефте-битумами) слоев, прослоек, пятен, вертикальных или горизонтальных полос. В них не проявляются «классические» признаки аллювиальных и поемных процессов и не выражена типичная для отдела аллювиальных почв система генетических горизонтов. Поверхностные горизонты имеют признаки гумусовых аккумуляций в виде перегнойно-темногумусового горизонта (АН), светлогумусового (АJ) и гумусово-слаборазвитого (W). В то же время следует отметить прерывистость этих слоев восходящими темноокрашенными вязкими транзитными каналами глубинных газо-гидротермальных флюидов различной формы. Нижележащие отложения имеют морфологически более выраженные каналы транзита и характеризуются различной степенью пропитки. Каналы транзита газовой выделений в местах с

сильной интенсивностью заполнены вязкой, пластичной, тягучей, мажущейся во влажном и очень плотной в сухом состоянии массой (Gley1 2.5/N.5/N по атласу Munsell), в местах со слабой интенсивностью – полосками, пятнами, пленками пятнистой прокраски (Gley1 3/N, 5/N).

Совершенно оригинальные почвы формируются в заболоченных понижениях. В результате гидротермального и газофлюидного давления из сейсмически активных глубинных разломов пульпа, достигая дневной поверхности, прорывает почвенные слои. Вместо органогенных горизонтов встречаются не характерные для почв наклонные или вертикальные восходящие слои оглеенного песка. На таких почвоподобных минеральных эндогенных субстратах отмечаются начальные стадии почвообразовательного процесса с проявлением признаков турбированности, импрегнирования, оглеения и засоления.

На песчаной возвышенности (урочище Нижний куйтун, 54°59'14.9" с.ш.; 110°16'42.6" в.д.), приподнятой более чем на 100 м над поймой, описаны также солонцы. В профиле почв выражен светлогумусовый горизонт, ниже залегает очень плотная битуминизированная черная горизонтально расположенная прослойка. Она имеет сильнощелочную реакцию среды, высокое содержание водорастворимого и валового натрия. В этом месте проходит Аргадинский разлом, по многочисленным трещинам, вероятно, происходит разгрузка газов.

Необычные засоленные почвы описаны вблизи кратерного озера Нухе-Нур (54°02'18.2" с.ш.; 110°16'19.5" в.д.).

Рифтогенез и связанные с ним эндогенные процессы обуславливают появление новых, не описанных в литературе и почвенных классификациях подтипов импрегнированных углеводородами почв. Эти засоленные почвы, формирующиеся в нетипичной для их образования лесостепной зоне, являются своеобразными маркерами активности эндогенеза и рекомендуются для включения их в Красную книгу почв.

Исследования выполнены по теме бюджетного проекта № АААА-А-17-117011810038-7 при финансовой поддержке гранта РФФИ № 18-04-00454А.

УДК 631.4

КАТЕГОРИИ ПОЧВ И ЦЕННЫЕ ПОЧВЕННЫЕ ОБЪЕКТЫ ПЕРМСКОГО КРАЯ В СВЯЗИ С СОЗДАНИЕМ КРАСНОЙ КНИГИ ПОЧВ

Шестаков И.Е., Еремченко О.З., Андреев Д.Н.

Пермский государственный национальный исследовательский университет,
Пермь

E-mail: galendil@yandex.ru, eremch@psu.ru

Главной научной задачей создания Красной книги почв, как правило, называют сохранение ненарушенных эталонов (или центральных образцов), в основном соответствующих подтипам, реже типам зональных почв. Данный подход был использован и при разработке Красной книги почв Пермского края (КкпПк). В научной концепции КкпПк, послужившей основой для проведения полевых работ по выявлению ценных почвенных объектов (ЦПО), помимо редких и исчезающих почв выделили основные и дополнительные эталоны. Подзолы и подзолистые почвы в Пермском крае распространены в Камско-Верхневычегодской почвенной провинции, где занимают положение основных и дополнительных (региональных) эталонов. Аналогичное положение занимают дерново-подзолистые почвы в Вятско-Камской почвенной провинции. В Прикамской лесостепной провинции к эталонам изначально отнесли серые лесные почвы и черноземы оподзоленные. Подбуры и буроземы распространены в Уральском горном почвенном округе.

После проведенных полевых обследований группировка по типам и категориям редкости претерпела изменения. В частности, темно-серые лесные почвы и черноземы выщелоченные и оподзоленные лесостепной провинции из-за угрозы исчезновения в связи с высокой степенью распашки (как на территории края, так и в РФ в целом) были отнесены к категориям редких и исчезающих почв, к ним же были отнесены и буроземы, имеющие ограниченное распространение. Также был расширен список почв из категории редких.

При подготовке Постановления правительства Пермского края, утверждающего порядок и меры по охране почв, занесенных в КкпПк, а также перечня выделенных ЦПО, было принято решение на данном этапе не относить к ЦПО категорию эталонных почв. В связи с этим почвенные эталоны, не имеющие выраженных признаков антропогенной трансформации и нуждающиеся в охране из-за угрозы их исчезновения вследствие все расширяющейся хозяйственной деятельности, отнесли к категории редких. Таким образом, ранее выделенные эталонные почвы вошли в окончательный перечень, представленный в Постановлении как редкие для края черно-

зем глинисто-иллювиальный (чернозем оподзоленный), темно-серая (темно-серая лесная) почва, серая (серая лесная) почва, серогумусовая (дерново-карбонатная) почва, серогумусовые (дерново-бурые) почвы на элювии пермских глин и элювии красноцветных пермских глин, серогумусовые (дерновые) почвы на элювии конгломератов и на элюво-делювии гипсов, сухоторфяно-литозем на элюво-делювии гипсов, карбо-литозем темногумусовый (дерново-карбонатная почва), литозем серогумусовый на элювии известняков, бурозем грубогумусовый (бурая лесная кислая грубогумусная) на элювии хлоритовых сланцев и на элювии кварцитов, сухоторфяноподбур иллювиально-гумусовый, дерново-подзолистая на элювии пермских глин, подзолистая остаточно-карбонатная почва на двучленных отложениях (покровных отложениях, подстилаемых элювием известняка), дерново-элювозем на двучленных отложениях, псаммозем гумусовый на древнеаллювиальных отложениях, темногумусовая (дерновая) почва.

Для каждого выявленного ЦПО с редкими и исчезающими почвами составлен экологический паспорт, выполнены физико-химические и агрохимические анализы для характеристики генетических горизонтов; разработаны предложения о мерах охраны ЦПО; созданы картосхемы, отражающие информацию о местоположении ЦПО на территории Пермского края; подобран иллюстративный материал. Составлена цифровая почвенная карта Пермского края М 1:300 000 с обозначенными на ней контурами ЦПО, идет работа над созданием слоев геоинформационных данных, в которых представлена пространственная информация о границах, площади и характеристиках ЦПО. Управлением по охране окружающей среды Министерства природных ресурсов края подготовлено постановление «Об утверждении Порядка и мер охраны почв, Перечней редких и исчезающих почв, занесенных в Красную книгу почв Пермского края».

Рабочая группа
ПО МЕРЗЛОТНЫМ ПОЧВАМ

Председатель – к.г.н. Д.Е. Конюшков

УДК 631.48

**ОРНИТОГЕННЫЕ ПОЧВЫ АНТАРКТИКИ:
РАЗНООБРАЗИЕ И РОЛЬ
В ФУНКЦИОНИРОВАНИИ НАЗЕМНЫХ ЭКОСИСТЕМ**

**Андреев М.П.¹, Абакумов Е.В.², Поляков В.В.¹, Лупачев А.В.³,
Жиянски М.⁴, Янева Р.⁴**

¹ Ботанический институт им. В.Л. Комарова РАН, Санкт-Петербург

² Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург
E-mail: e_abakumov@mail.ru

³ Институт физико-химических и биологических проблем почвоведения,
Пушино-на-Оке

⁴ Институт Леса Болгарской академии наук

Орнитогенные почвы – особый вариант почвообразования, характерный прежде всего для Южного полушария, хотя они распространены и в Северном. Орнитогенное почвообразование выражается в первую очередь в субсидировании наземных почв органическими веществами гуано и развитии посторнитогенных сукцессий почв и растительности. Кроме того, орнитогенный перенос семян и даже отдельных способных к укоренению растений птицами приводит к начальной колонизации субстратов не только в прибрежных, но и во внутриледниковых зонах, что приводит к запуску начальных стадий почвообразования. Орнитогенный процесс играет также важнейшую роль в перераспределении токсикантов в экосистемах. В связи с этим проведены исследования почв Западной и Восточной Антарктики в районах расположения российских полярных станций, а также в районе оазисов Унтерзе и Бангера. Установлено, что орнитогенный фактор играет важнейшую роль не только в формировании почвенного покрова Антарктического п-ова, но и формировании почв во

внутриконтинентальных оазисах. Если в первом случае решающую роль играют различные виды пингвинов, то во втором случае важнейшую роль в инициации почвообразования играют перелетные птицы, например, поморники. Проведено изучение морфологической организации орнитогенных почв на трех уровнях: макро-, мезо- и микроморфологическом. Выявлены такие важнейшие отличительные признаки орнитогенного почвообразования, как кутаны и плазма, формирующиеся из материалов гуано, а также специфические органо-минеральные агрегаты. Впервые проведены метагеномные исследования орнитогенных почв Антарктики, что позволило оценить таксономический состав почвенного микробиома на уровне филумов. Выявлено, что орнитогенные почвы являются очагом экспансии и даже инвазии микроорганизмов в наземные экосистемы, что важно в условиях изоляции полипедонов почв. Изучение режимов элементов питания показало, что роль птиц в изменении биогеохимических параметров почв не ограничивается обогащением мест гнездования и кормления элементами питания, но и распространяется на площади, в 3-10 раз превышающие непосредственные орнитогенные локалитеты.

Работа выполнена при поддержке грантов РФФИ № 19-54-18003, 18-04-00900, 19-05-50107.

УДК 631.48

ПОСТПИРОГЕННЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ КРИОГЕННЫХ ПОЧВ ЛИСТВЕННИЧНИКОВ СЕВЕРО-ТАЕЖНОЙ ПОДЗОНЫ (ЦЕНТРАЛЬНАЯ ЭВЕНКИЯ)

Борисова И.В., Кондрашова Ю.В., Безкоровая И.Н.

Сибирский федеральный университет, Красноярск

E-mail: irina_borisova77@mail.ru

Огромные масштабы и высокая периодичность пожаров дают основание рассматривать их в качестве мощного и активно действующего фактора, оказывающего сложное и многоплановое влияние на почву, приводя к заметным изменениям ее важнейших свойств.

Лиственничникам Центральной Эвенкии свойственна высокая горимость, обусловленная климатом, присутствием мерзлоты в почвах, быстротой достижения пожарной зрелости, сравнительно небольшим типологическим разнообразием и замедленностью процессов минерализации органического вещества.

Целью работы явилось установление пирогенной трансформации почв лиственничников северо-таежной подзоны в зависимости от давности пожара.

Пробные площади были заложены в разные годы (2014-2018 гг.) в бассейнах рек Кочечум и Нижняя Тунгуска. Принцип закладки пробных площадей – выделение контрольных участков для изучения изменений в функционировании компонентов экосистем в результате пирогенного воздействия, а также опорных участков с различной степенью пирогенного нарушения почвенного покрова. Изучены почвы лиственничных гарей 1978, 1993, 2009 и 2013 гг. в бассейне р. Кочечум, а также лиственничная гая 2015 г. в бассейне р. Нижняя Тунгуска.

Выделенные контрольные участки и участки, испытывавшие пирогенное воздействие, находятся на схожих геохимических фациях и склонах одинаковых экспозиций.

Основными типами почв северотаежной подзоны Центральной Эвенкии являются различные подтипы подбуров (O-VHF-C) и литоземы (Opr-AY-Cf-R). Подбуры развиваются под лиственничниками кустарничково-лишайниково-зеленомошными, характеризуются мощностью подстильно-оторфованного горизонта от 5 до 20 см и высокой щебнистостью профиля. Формирование литоземов установлено только под лиственничными гарями 1978 и 2015 гг. Мощность деятельного слоя в почвах контрольных участков изменяется от 40 до 80 см, под лиственничными гарями – от 65 до 170 см.

Для изученных почв характерна общая основная направленность гумусообразования. Почвы характеризуются гуматно-фульватным типом гумификации, с абсолютным преобладанием фульвокислот над гуминовыми кислотами. Бурые гуминовые (фракция 2) и фульвокислоты, реагируя с железом и алюминием почвенных минералов, образуют алюмо-железо-гумусовые (альфегумусовые) комплексы разной степени растворимости. Количество негидролизующего остатка в почвах контрольных участков выше, чем в постпирогенных почвах.

Характер распределения стабильных изотопов органического вещества может служить одним из индикаторов пирогенной трансформации почв, связанной, прежде всего, с изменениями $\delta^{15}\text{N}$ при минерализации органического вещества. Установлено, что в почвах гарей четырехлетней давности (2015 г.) увеличивается количество $\delta^{15}\text{N}$ до 7.86% (максимальное по сравнению со всеми изученными почвами), при этом количество $\delta^{13}\text{C}$ снижается до -24.96%. Подобные изменения, вероятно, связаны с повышением биологической активности почв, вызванной увеличением тепло- и влагообеспеченности за счет значительного увеличения мощности сезонно-талого слоя. Этим же обусловлена и обогащенность гумуса азотом в данных почвах ($\text{C/N} = 15.4$). По соотношению $\delta^{13}\text{C}$ и $\delta^{15}\text{N}$ почвы гарей 26-летней и шестилетней давности очень схожи – количество $\delta^{15}\text{N}$ не превышает 6.21%, а $\delta^{13}\text{C}$ – 28.56%. Установлена определенная закономерность увеличения соотношения (C/N) от давности пожара: 25.7 (1978 г.) → 26.9 (1993 г.) → 35.2 (2009 г.) → 35.7 (2013 г.).

Распределение полуторных окислов практически во всех почвах носит элювиальный характер, что типично для подбуров. С увеличением возраста гари количество обменных катионов и подвижных форм железа снижается. Это связано с тем, что со временем (10 лет и более) реакция почв на пирогенное воздействие угасает и идет самовосстановление почв по зональному типу.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 16-04-00796.

УДК 631.436; 551.34

ПРОСТРАНСТВЕННАЯ И МЕЖГОДОВАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ ГЛУБИНЫ СЕЗОННОГО ПРОТАИВАНИЯ В РАЗЛИЧНЫХ ЛАНДШАФТАХ ЯМАЛЬСКОЙ ЛЕСОТУНДРЫ

Валдайских В.В.

Уральский федеральный университет, Екатеринбург

E-mail: v_vald@mail.ru

На постоянных мониторинговых площадках, находящихся на северо-западной окраине Западно-Сибирской равнины левобережья р. Оби вблизи г. Лабытнанги (ЯНАО), с 2012 г. проводятся ежегодные наблюдения за состоянием почвенно-растительного покрова и, в частности, за динамикой глубины сезонного протаивания в различных типах ландшафта в градиенте почвенного увлажнения. Можно говорить о значительной пространственной вариабельности эдафических компонентов изучаемых лесотундровых ландшафтов, выражающихся в разнообразии почвенных типов и обусловленных прежде всего мезорельефом и гранулометрическим составом почвообразующих пород. Эти факторы определяют величину дренируемости территории, характер произрастающей растительности и, как следствие, величину сезонного протаивания сформированных криогенных почв.

Согласно нашим данным, несмотря на выявленную значительную межгодовую динамику глубины сезонного протаивания, наблюдается последовательное увеличение этого показателя в пределах изучаемого периода, но только в хорошо дренируемых ландшафтах. Так, Al-Fe-гумусовые подзолы иллювиально-железистые, сформированные на легких по гранулометрическому составу породах (в среднем по профилю – 84.3-89.7% физического песка) под пятнисто-медальонной тундрой (глубина протаивания в разные годы от 115.08 ± 9.07 до 213.42 ± 13.47 см в первой декаде августа) или под разреженными лиственничниками (до 3 м), демонстрируют устойчивый тренд к увеличению глубины протаивания – в среднем на 8-10 см в год за восьмилетний период наблюдений.

В малодренируемых ландшафтах на менее легких почвообразующих породах (63.8-65.3% физического песка) на выровненных поверхностях с затрудненным дренажем и в случае ненарушенных торфяных горизонтов наблюдается слабая динамика глубины протаивания или не наблюдается вовсе. Так, тундровые криогенно-глеевые почвы различной степени оторфованности, сформированные под бугристой багульниково-ерниковой кустарничково-мохово-лишайниковой тундрой на суглинистых почвообразующих породах с активным слоем от 61.06 ± 7.19 до 92.24 ± 13.21 см, демонстрируют увеличение этого показателя всего на 1-2 см/год. Болотные криогенные торфяные или торфяно-глеевые почвы, сформированные на участках верховых или плоскобугристых болот с относительно мощным торфяным горизонтом (33.00 ± 7.07 см), отличаются неглубоким летним протаиванием (от 32.65 ± 4.85 до 46.39 ± 9.96 см) и не демонстрируют направленной межгодовой динамики.

Несмотря на то, что восьмилетний срок представляется явно недостаточным для построения каких-либо серьезных прогнозов об эволюции мерзлоты на изучаемой территории, данные о неравнозначности и неравномерности величины протаивания в разных типах ландшафтов, по-видимому, имеют универсальный характер. Относительно большая скорость нарастания протаивания хорошо дренируемых почв должна быть учтена при составлении прогнозов деградации мерзлоты – значительная часть населенных пунктов и объектов инфраструктуры Западной Сибири расположена именно на плакорных поверхностях с легкими грунтами и хорошим дренажем.

Работа выполнена при поддержке Министерства образования и науки РФ в рамках государственного задания УрФУ; выражаем искреннюю благодарность сотрудникам Арктического научно-исследовательского стационара Института экологии растений и животных УрО РАН за помощь в проведении полевых работ.

УДК 631.461

ФУНКЦИОНАЛЬНОЕ РАЗНООБРАЗИЕ МИКРОБНЫХ СООБЩЕСТВ В МЕРЗЛЫХ ТОРФЯНЫХ ПОЧВАХ БУГРИСТЫХ БОЛОТ ЛЕСОТУНДРЫ

Виноградова Ю.А., Лаптева Е.М.
Институт биологии ФИЦ Коми НЦ УрО РАН, Сыктывкар
E-mail: vinogradova@ib.komisc.ru

Метод мультисубстратного тестирования (МСТ) – один из современных методов, позволяющий охарактеризовать и провести сравнительный анализ функционального разнообразия, метаболической

активности и потенциала гетеротрофного микробного сообщества. С использованием данного метода изучены функциональные характеристики микробных сообществ плоскобугристо-мочажинного комплекса, расположенного в северо-западной части Большеземельской тундры на территории Ненецкого автономного округа. Показана разница внутрипрофильного изменения метаболической активности прокариотных сообществ в торфяных мерзлотных почвах на основе характеристики количества ассимилируемых источников углерода, интенсивности их потребления, метаболической работе микробных ассоциаций (W) в сезонно-талых слоях (СТС), многолетнемерзлой толще (ММП) торфа, а также на контакте верхней границы мерзлоты.

Максимальным количеством потребляемых источников органического углерода (29 из 47 субстратов), функциональным разнообразием ($H = 4.63$), удельной метаболической работой ($W = 2472$) характеризуются микробные сообщества верхних слоев СТС (глубина 0-4 см). Здесь максимально активно ассимилируются моносахариды (арабиноза, глюкоза, манноза, фруктоза), низкомолекулярные органические кислоты (молочная, аспарагиновая, янтарная кислоты), спирты (инозит, сорбит, маннит, глицерин), аминокислоты (пролин, гистидин, аланин, аспарагин, валин, серин) и полимерные соединения – Твин 80, декстран. По сравнению с моносахаридами ($W = 2038$) с меньшей интенсивностью потребляются дисахариды ($W = 398$) и практически не используются микробным сообществом олигосахариды.

Комплексы микроорганизмов, приуроченные к слою торфа (47-55 см), расположенному на контакте с верхней границей мерзлоты и представленному слабо разложенными остатками сфагновых мхов с избыточным содержанием влаги ($360 \pm 18\%$) и максимальной величиной актуальной кислотности ($pH_{\text{водн.}} = 3.85 \pm 0.10$), ассимилируют минимальное количество органических субстратов (три из 47). Их сообщества характеризуются минимальными показателями функционального разнообразия ($H = 2.41$) и активности утилизации органических соединений ($W = 363$).

Естественная природная криоконсервация клеток прокариот несмотря на наличие льдистой мерзлоты позволяет их сохранять в ММП в жизнеспособном состоянии, что отражается в достаточно высоком уровне метаболической активности микробных сообществ ($W = 1556-1778$) и разнообразии в потреблении различных источников углерода (индекс Шеннона 4.37-4.51).

Работа выполнена в рамках темы государственного задания ИБ ФИЦ Коми НЦ УрО РАН «Выявление общих закономерностей формирования и функционирования торфяных почв на территории Арктического и Субарктического секторов европейского северо-востока России» (АААА-А17-117122290011-5).

УДК (631.416.9:551.345): 504.054

ОСОБЕННОСТИ МИГРАЦИИ И АККУМУЛЯЦИИ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В МЕРЗЛОТНЫХ ПОЧВАХ

Гололобова А.Г.

Северо-Восточный федеральный университет, Якутск

E-mail: nuta0687@mail.ru

Северные экосистемы характеризуются большой «чувствительностью» и слабой устойчивостью к различным формам антропогенной деятельности. На внешние воздействия мерзлотные почвы реагируют совсем по-другому в отличие от немерзлотных типов. Характерной особенностью мерзлотных криогенных почв является недифференцированная на генетические горизонты или слабо дифференцированная минеральная толща, близкое подстилание льдистой мерзлотой, мерзлотный водный режим.

Почти вся территория Республики Саха (Якутия) находится в зоне сплошного распространения вечной мерзлоты, и только на юге Якутии островная мерзлота. В результате активного освоения территории Якутии почвенные ресурсы в разной степени деградированы, а значительные площади природных ландшафтов полностью уничтожены.

Целью работы являлось изучение особенностей миграции и аккумуляции тяжелых металлов в мерзлотных почвах северо-таежных ландшафтов Западной Якутии. Комплексные аналитические работы проводились в лаборатории физико-химических методов анализа НИИПЭС СВФУ им. М.К. Аммосова в г. Якутске. В образцах почв определяли рН водной вытяжки, гумус (по Тюрину), гранулометрический состав – по Качинскому, подвижные формы тяжелых металлов (Mn, Cu, Zn, Co, Ni, Pb, Cd, As) – методом атомно-абсорбционной спектроскопии на многоканальном газоанализаторе МГА-915. В качестве экстрагента для комплексной характеристики форм тяжелых металлов и микроэлементов была использована вытяжка 1 н. HNO_3 , которая в отличие от H_2O и 1 н. HCl вытяжек извлекает кислоторастворимые элементы, более прочно связанные с почвой. Статистическая обработка полученных данных проводилась с использованием программ Microsoft Excel, OriginPro 8.5.1, Statistica 7.0.

Мерзлотные почвы северо-таежных ландшафтов Западной Якутии характеризуются преимущественно легкосуглинистым гранулометрическим составом, в котором преобладают фракции мелкого песка и крупной пыли. Реакция среды криоземов варьирует в широком диапазоне – от кислого до слабощелочного. Содержание гумуса по почвенному профилю изменяется в довольно широких пределах: от низкого (0.6%) до очень высокого (9.0%). Отмечено два пика нако-

пления органики: в верхней и нижней частях почвенного профиля, что является следствием криогенных процессов, связанных с подвижностью гумуса и мерзлотной деструкцией,

Анализ профильного распределения тяжелых металлов показал, что мерзлотные почвы характеризуются наличием биогенного и надмерзлотного геохимических барьеров, что связано с наличием в почвенном профиле мерзлоты. Мерзлота оказывает большое влияние на ход процессов перемещения и накопления элементов, формируя надмерзлотный геохимический барьер. Подвижные формы Mn, Zn, Co, Ni, Cd, As, отчасти Cu накапливаются в верхней части почвенного профиля, Mn, Zn, Co – в верхней и нижней, Pb и Cr – в нижней.

Установлена положительная корреляция количества Co, As и Mn с содержанием гумуса, Cu и Cr – физической глины и pH, отрицательная – между Pb с гумусом. Фракции мелкой пыли и ила связывают наибольшее количество элементов – Zn, Ni, Cr, Cu, Pb и As.

УДК 631.4 (504.53)

О ТРАНСФОРМАЦИИ МЕРЗЛОТНЫХ ПОЧВ ЦЕНТРАЛЬНО-ЯКУТСКОЙ РАВНИНЫ

Данилов П.П., Саввинов Г.Н., Боескоров В.С., Макаров В.С.

Северо-Восточный федеральный университет, Якутск

E-mail: DanPP@mail.ru

Известно, что наиболее освоенной частью территории Республики Саха (Якутия) является ее центральная часть, представленная Центрально-Якутской равниной. Здесь традиционно развито сельское хозяйство (животноводство, земледелие), активно развиваются добывающие отрасли промышленности (газо-, угледобыча), а также сосредоточены крупные селитебные зоны, где проживает более 2/3 части населения республики. Следовательно, при таких антропогенных нагрузках почвенный покров исследуемой территории претерпевает значительные преобразования вплоть до уничтожения и формирования техногенных поверхностных образований.

Нашими ранними исследованиями были выявлены существенные отличия мерзлотных почв между западной (нижнего и среднего течения р. Вилюй) и восточной (северной части Лено-Амгинского междуречья) частями Центрально-Якутской равнины, в частности, в географическом распространении и генезисе некоторых доминирующих типов мерзлотных почв данного геоморфологического уровня. Так, на северной части Лено-Амгинского междуречья доминантными типами являются разновидности мерзлотных палевых почв, тогда как в западной части Вилюйского бассейна преобладающе распространены

мерзлотные дерново-карбонатные почвы в сочетании с перегнойно-карбонатными.

Нами выявлено, что трансформация физико-химических свойств почв исследуемой территории сопровождается значительным (до 2.5 раз) увеличением сезонно-талого слоя (СТС) за счет деградации верхней границы многолетнемерзлых пород (ММП), которые распространены повсеместно по Центральной Якутии. Причиной антропогенных изменений является уменьшение мощности органогенных горизонтов почв и снижение запасов надземной фитомассы в три-пять раз в результате перевыпаса, а в иных случаях и химического загрязнения.

В результате увеличения мощности СТС наблюдается активизация миграций типоморфных химических элементов, в том числе солей, восходящими потоками в верхние горизонты почв и/или их аккумуляция на границе стыка СТС с ММП. Последнее нами зафиксировано в антропогенно преобразованных почвах как лесных массивов, так и термокарстовых котловин.

Проведенные исследования показали, что в почвах верхних геоморфологических катен в пределах термокарстовых котловин из-за увеличения СТС наблюдается выраженная надмерзлотная миграция солей, соединений металлов и, следовательно, связь с таликовой зоной водного объекта.

Обобщая полученные сведения, можем предположить, что на фоне общего изменения климата и связанных с ним трансформаций почвенного и растительного покровов Центрально-Якутской равнины наблюдаются изменения гидрологического режима водных объектов (обмеление) и, в целом, преобразование водных экосистем региона.

УДК 631.44:556.56:631.48(268.45)

СВОЙСТВА И КЛАССИФИКАЦИОННОЕ ПОЛОЖЕНИЕ ПРИБРЕЖНЫХ ПОЧВ АРКТИЧЕСКОГО РЕГИОНА (НА ПРИМЕРЕ ПОБЕРЕЖЬЯ БАРЕНЦЕВА МОРЯ)

Денева С.В., Шамрикова Е.В., Кубик О.С.

Институт биологии ФИЦ Коми НЦ УрО РАН, Сыктывкар

E-mail: denewa@rambler.ru

Специфика физико-химических свойств, накопления почвенного органического вещества, классификационное положение почв в прибрежных арктических экосистемах при всем многообразии комбинаций факторов приморского педогенеза (близость моря, почвенный криогенез, мерзлота как фактор почвообразования) остается до настоящего времени нераскрытой. Вместе с тем полярное усиление глобального потепления на протяжении XXI в. вызывает всплеск

интереса к циклу азота и углерода в Арктике. Почва как природный феномен посредством стабилизации органического вещества в устойчивые к деструкции соединения участвует в поддержании биогенных констант биосферы. Рассмотрение новых объектов расширяет границы применения методов, позволяет оценить место прибрежных почв северных морей в общей базе сведений о составе и свойствах почв России, облегчит разрешение вопросов, не определенных в рамках действующей национальной классификации. Систематика и номенклатура маршевых почв остается дискуссионной проблемой, поскольку прибрежные почвы вследствие своеобразного водного питания и оригинального солевого состава нельзя объединять с континентальными аналогами, а потому для них необходима единая самостоятельная классификационная единица на типовом уровне.

Сформированные в условиях Арктики приморские марши уникальны, так как распространены на очень ограниченной территории и на всем Евразийском пространстве имеют существенные площади только в Ненецком автономном округе. Более того, данный арктический феномен – это транзитная зона со всеми переходами от моря и пляжа к тундровым ландшафтам и сообществам на вечной мерзлоте, а также устьевая зона многочисленных рек, впадающих в Северный Ледовитый океан. Массивы соленых маршей поддерживают важный канал поглощения и накопления углерода атмосферы и тем самым ослабляют парниковый эффект

Все профили маршевых почв характеризуются слоистостью: наблюдается аккумуляция грубого органического вещества, водорослевых выбросов в виде обособленных прослоев. В верхней части наличествует перегнойный материал мажущейся консистенции. Минеральная часть пропитана потечным гумусом, характеризуется неупорядоченным распределением фракций минеральных частиц и включениями полуразложившихся растительных остатков. Отличаются маршевые почвы друг от друга степенью выраженности дернового процесса, мощностью и составом отложений, приносимых морем. Для почв низких маршей характерна фрагментарность поверхностного горизонта (W), слабо связанного рыхлыми корневыми системами. Почвы, формирующиеся на маршах среднего и высокого уровня, обладают хорошо развитыми гумусово-аккумулятивными горизонтами. Существенная вариабельность элементов рельефа обеспечивает наличие почв, формирующихся на наиболее высоких позициях рельефа, не затопляемых морскими водами. В подобных условиях доминирующее значение приобретают зональные факторы почвообразования. Поскольку изучаемая территория входит в подзону гипоарктических тундр, объектами исследований являются особенно широко распространенные здесь почвы тундровых экосистем.

Географическое положение и региональные особенности морских берегов обуславливают многообразие комбинаций факторов приморского почвообразования. Обратив внимание на специфику только двух территорий, расположенных в западном секторе российской Арктики (побережье Баренцева моря и Карельское Беломорье), в сравнении друг с другом замечено, что для первого характерны более суровый климат и большая соленость вод: Баренцево море – 32-33‰, Белое – 25-26.

При исследовании распределения углерода и азота в почвенном покрове прибрежной территории Баренцева моря выявлена связь содержания $C_{\text{орг}}$ и $N_{\text{орг}}$ в почвах с их количеством в современных растительных сообществах. Определенное влияние на содержание $C_{\text{орг}}$ и $N_{\text{орг}}$ в почвах оказывают жизнедеятельность птиц и поступление органического материала с морскими водами.

Работа выполнена при частичной финансовой поддержке проекта РФФИ № 20-04-00445 А «Факторы и механизмы стабилизации органического вещества в почвах экстремальных условий (на примере Арктических экосистем)».

УДК 630.114.442

ПОЧВЫ СЕВЕРНЫХ ПУСТЫНЬ-ТУКУЛАНОВ ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЯКУТИИ

**Десяткин Р.В., Оконешникова М.В., Иванова А.З., Десяткин А.Р.,
Филиппов Н.В.**

Институт биологических проблем криолитозоны СО РАН, Якутск
E-mail: rvdes@ibpc.ysn.ru

В Центральной Якутии широко распространены почвообразующие породы легкого гранулометрического состава, на которых произрастают сосновые и лиственнично-сосновые леса. В криолитозоне наблюдается рост среднегодовых температур, особенно сильно в последние 10-летия, по прогнозам в ближайшие 10-летия ожидается усиление глобального потепления. Изменения климата вызывают удлинение теплого периода года, уменьшение количества атмосферных осадков при существенном повышении температур, что негативно отражается на функционировании квазиравновесных мерзлотных экосистем. В результате естественных и антропогенных воздействий на природную среду (пожары, вырубki, прокладка просек под линейные и площадные сооружения и т.д.) на этой территории наблюдается деградация экосистем с утерей естественного растительного и почвенного покрова. Усиление эоловой деятельности, приводящее к расширению площади развеваемых песчаных образований (тукула-

нов), связано с передвижением верхних слоев почвы на нарушенных участках и их переотложением на прилегающей территории под действием ветра. Анализ картографического материала разных лет мониторинговых участков показывает заметные темпы развития процесса. Расширение площади оголенной поверхности и наступление песчаных массивов на занятые лесом и лугами участки вызывают резкую динамику структуры почвенного и растительного покрова и являются проявлением процесса опустынивания в засушливых условиях Центральной Якутии. Прогрессирующий во времени процесс до сих пор остается почти не изученным, особую актуальность приобретает проблема изучения процессов трансформации нарушенных естественными и антропогенными факторами почв, растительного и животного мира лесных экосистем бореальной зоны, развивающихся на легких породах в условиях опустынивания.

На территории распространения легких пород эолово-древнеаллювиального генезиса под естественными светлохвойными разреженными лесами широко развиты мерзлотные боровые песчаные почвы с простым (нормальным и примитивным) и сложным (погребенным) профилями. Все разновидности почв в разной степени подвержены периодическому влиянию низовых лесных пожаров, активизирующему проявление эоловых процессов. Под толочнянково-лишайниковыми и мертвопокровными сосняками встречаются мерзлотные боровые песчаные слабоподзоленные почвы с нормальным строением профиля: O-A-[E]-Bf-B-BC(C). В пределах активно развивающейся части тукуланов без растительного покрова под наносом однородного песка различной мощности формируются погребенные мерзлотные боровые песчаные почвы: C-SA-[AE]-[Bf]-[BC]-[C]. По склонам и вершинам дюн на слабо закрепленной растительностью части тукуланов встречаются мерзлотные боровые песчаные почвы с примитивным слаборазвитым профилем: O-A-AC-BC-C'-C''. На более сильно подверженной воздействию низовых пожаров части тукуланов под мертвопокровными сосняками развиваются мерзлотные боровые оподзоленные криотурбированные постпирогенные песчаные почвы с полициклическим профилем, содержащим под иллювиально-железистым горизонтом погребенный гумусовый горизонт: AO-A-E-EB-Bf,cr-[Apir,cr]-C. По сравнению со смежными минеральными горизонтами погребенный гумусовый горизонт характеризуется высоким содержанием органического вещества, обменных Ca^{2+} и Mg^{2+} , а также фракций мелкой пыли, ила и физической глины.

Статья подготовлена в рамках выполнения проекта СО РАН по теме 0376-2019-0006; регистрационный номер АААА-А19-119040990002-1.

УДК 631.48

**ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА
И МИНЕРАЛОГИЧЕСКИЙ СОСТАВ ПЕСЧАНЫХ ФРАКЦИЙ
МЕРЗЛОТНЫХ И ДЛИТЕЛЬНО СЕЗОННОПРОМЕРЗАЮЩИХ ПОЧВ
ПРИПОЛЯРНОГО УРАЛА
(БАССЕЙН СРЕДНЕГО ТЕЧЕНИЯ РЕКИ КОЖЫМ)**

Жангуров Е.В., Старцев В.В., Дымов А.А.

Институт биологии ФИЦ Коми НЦ УрО РАН, Сыктывкар

E-mail: zhan.e@mail.ru

В горных ландшафтных условиях значительное влияние на формирование почв и почвенного покрова оказывают процессы криогенеза, результаты и действия которых выражены в виде специфического криогенного микрорельефа, криотурбаций и тиксотропии в почвенных горизонтах, надмерзлотной верховодки и оглеения, криогенного ожелезнения и специфического оструктурирования минеральной массы, образования ледяных шлиров и различных криогенных текстур. В исследуемом нами регионе Приполярного Урала (хребет Малдынырд, 65°20' с.ш.; 60°42' в.д.) эти признаки имеют различную интенсивность и направленность и в максимальной степени выражены в горно-тундровом высотном поясе (500-600 м над ур.м и выше). В горно-лесном поясе (300-600 м над ур.м.) проявление почвенного криогенеза выражено слабее, что объясняется нивелированием микроклиматических условий пологом лесной растительности.

Цель работы – исследовать особенности внутривертикального распределения минералов крупных фракций (1.0-0.25 и 0.25-0.1 мм) в мерзлотных и длительно сезоннопромерзающих почвах Приполярного Урала.

Район исследований относится к зоне распространения массивно-и редкоостровных многолетнемерзлых льдистых пород, которые широко распространены в условиях пологих склонов предгорных равнин (350-450 м над ур.м.) различных хребтов. Объектами исследований были выбраны подзолы и светлоземы иллювиально-железистые (горно-лесной пояс) и глееземы криогенно-ожелезненные/торфяно-глееземы (горно-тундровый пояс). Физико-химические свойства отражают кислую и сильноокислую реакцию среды, значительную ненасыщенность основаниями, элювиально-иллювиальную дифференциацию различных форм соединений железа для почв горно-лесного пояса.

В сравниваемых почвах горно-лесного пояса основу минералогического состав легкой фракции составляют каркасные минералы: кварц и натриево-кальциевые полевые шпаты.

Полевые шпаты содержатся в виде неправильных угловатых зерен с четкой видимой спайностью и представлены олигоклазом.

Они серицитизированы и довольно интенсивно выветриваются, их поверхность часто корродирована и покрыта пленками. Наблюдается тенденция к нарастанию содержания полевых шпатов в среднеспеченых фракциях вниз по профилю, что объясняется дроблением в процессе криогенного выветривания зерен этих минералов в более крупных фракциях. В почвенных горизонтах в составе легкой фракции в единичных зернах отчетливо диагностируются также мусковит-кварцевые агрегаты, что в целом соответствует петрографическому составу подстилающих пород для подзола и светлосема. В минералогическом составе тяжелой фракции преобладает гематит (80%), лейкоксен (15-20%), рутил (<5%) со слабой дифференциацией по генетическим горизонтам.

В глееземах (торфяно-глееземах) криогенно-ожелезненных в почвенном профиле в течение всего года сохраняется многолетняя мерзлота, верхняя граница которой залегает на глубине 55-60 см и служит водоупором. Мощность сезонно-талого слоя составляет от 35 до 55 см и во многом зависит от мощности органогенных горизонтов. Непосредственно под органогенным горизонтом сформирован обедненный железом сизый (сизо-голубой) горизонт G, который имеет сверху охристо-ржавую тонкую (5-10 мм) прослойку (микроподгоризонт G_{cf}) с повышенным содержанием оксалат- и дитионит-растворимых форм соединений железа. С глубины 20 см встречаются включения тонкошлировой криотекстуры с признаками криотурбаций в виде погребенных фрагментов органического материала (содержание C_{общ.} в турбированном горизонте 2.2%, в соседних морфонах нетурбированной части – 0.7%). Нижележащая толща мерзлотной части отличается очень плотным (твердым) строением с постепенным увеличением дресвы и мелкого щебня. Характер внутрипрофильного распределения минералов в составе тяжелой фракции в глееземах связан с особенностями криогенного внутрипочвенного выветривания и в значительной степени определяется локальной седиментогенной неоднородностью почвообразующего материала. Выявлено, что в верхних горизонтах мерзлотных глееземов в условиях сильноокислой реакции среды (pH_{сол.} 3.7-3.8), частой смены окислительно-восстановительного режима и колебаний температуры около 0 °С происходит интенсивное разрушение относительно устойчивых минералов (анатаза, сфена, турмалина, ильменита) и слабое накопление (<1%) их в нижних горизонтах с льдистой мерзлотой, слабо затронутых процессами выветривания и почвообразования.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ № 18-35-00455 мол_а.

УДК 574.4(571.121)

ВЛИЯНИЕ АНТРОПОГЕННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ НА CO₂-ГАЗООБМЕН ПОЧВ СЕВЕРНОГО ЯМАЛА

Замолодчиков Д.Г.¹, Минаева Т.Ю.², Печкин А.С.³

¹ Центр по проблемам экологии и продуктивности лесов РАН, Москва
E-mail: dzamolod@mail.ru

² Институт лесоведения РАН, Успенское
E-mail: tatiana.minayeva@care-for-ecosystems.net

³ Научный центр исследования Арктики, Надым
E-mail: a.pechkin.ncia@gmail.com

Мерзлотные экосистемы сохраняют большие запасы углерода в органическом веществе активного слоя почвы и верхних слоев многолетней мерзлоты. Разнообразные антропогенные воздействия приводят к нарушению растительного покрова и верхних органогенных горизонтов почвы, что снижает их термоизоляционные и продукционные свойства. В результате нарушения тундровые экосистемы становятся источником углерода для атмосферы. Региональные проявления климатических изменений усиливают масштаб проблемы, вовлекая в биогеохимический круговорот дополнительные количества ранее пассивного углерода мерзлотных почв и грунтов. Научные данные по оценке количественных характеристик обсуждаемых процессов стали появляться лишь в последние годы и пока не вполне достаточны для проведения масштабных обобщений.

Цель работы состоит в представлении результатов экспериментально-полевой и модельной оценки CO₂ газообмена контрольных и нарушенных экосистем Северного Ямала. Полевые работы проводили в июле-августе 2019 г. в окрестностях пос. Сабетта. Были выбраны два нарушенных участка, первый из которых представляет обширную площадку, покрытую грунтом, выбранным при углублении озера, второй образован механическими нарушениями при строительстве газопровода. Референтные (малонарушенные) участки располагались в 200-300 м от нарушенных. На нарушенных и референтных участках дополнительно выделяли формы микрорельефа (протоки, овраги, склоны, бугры). Измерения потоков CO₂ осуществляли камерным методом с применением портативных инфракрасных газоанализаторов в круглосуточном режиме. На референтных участках регистрировали чистый поток (NEE) в светлых камерах, дыхание экосистемы (ER) в затемненных камерах, дыхание почвы (SR) в темных камерах с удаленной растительностью. На нарушенных участках измерения осуществляли лишь в варианте SR, поскольку при отсутствии растительности все перечисленные потоки одинаковы. На каждую форму микрорельефа приходилось от трех до четырех камер. Найденные ве-

личины NEE, ER, SR, а также расчетные значения валовой первичной продукции (GPP) были использованы для нахождения регрессионных зависимостей от температуры и массы листвы сосудистых растений. Далее с применением метеоинформации по станции Сеяха по найденным уравнениям был проведен расчет сезонных (15 июня–15 сентября) потоков углерода. Все референтные участки были стоком углерода: от -0.33 до -1.31 тС/га/сезон, в среднем -1.31 т. Средние величины других потоков: GPP -1.61 тС/га/сезон, ER 0.89 тС/га/сезон. Вклад дыхания почвы (SR/ER) в среднем был равен 51.1% , логично изменяясь от 23.5 до 33.7% на микропонижениях, от 47.7 до 57.1 – на склоновых участках, от 66.5 до 66.8% – на буграх. Все нарушенные участки были источником углерода в диапазоне 0.34 – 1.29 тС/га/сезон, в среднем 0.69 . Следует заключить, что полное нарушение растительного покрова в регионе исследования приводит к ежегодным потерям 1.41 тС/га за теплый сезон. Срок пребывания нарушенных участков источником углерода определяется темпами регенерации растительности. Эти сроки могут быть сокращены за счет мер по искусственному восстановлению тундровых экосистем.

Работа выполнена в рамках госзадания № АААА-А18-118052 400130-7 Центра по проблемам экологии и продуктивности лесов РАН и при поддержке РФФИ-Арктика № 18-05-60279.

УДК 631.4:551.34

СТРУКТУРА РАСТИТЕЛЬНОГО И ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА ХАСЫРЕЙНЫХ КОМПЛЕКСОВ ПРАВОБЕРЕЖЬЯ РЕКИ НГАРКА-ПОЁЛОВАЯХА (ТАЗОВСКИЙ ПОЛУОСТРОВ)

Касаткина Г.А.¹, Кобелева Н.В.²

¹ Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург
E-mail: kasatkina-galina@mail.ru

² Российский государственный педагогический университет им. А.И. Герцена,
Санкт-Петербург
E-mail: nella@mail.ru

Важными источниками информации о состоянии наземных экосистем являются данные дистанционного зондирования Земли и наземные исследования. Используя материалы космической съемки, на территории правобережья р. Нгарка-Поеловаяха были выявлены границы древних хасыреев. Хасыреи – котловины спущенных термокарстовых озер. Почвенный покров на хасыреях водораздельных территорий сформирован на озерно-песчаных и озерно-суглинистых отложениях и представляет собой заторфованные котловины с озерами и буграми пучения.

Исследования показали, что территория древних хасыреев осложнена более поздними процессами пучения и карстовыми просадками с последующим неравномерным проседанием поверхности. Территории, выявленные при дешифрировании материалов аэро- и космической съемки в пределах границ древних хасыреев, дают представление об ослеплении их поверхности иерархической системой разновременных хасыреев. Внутри экосистем древних хасыреев первого уровня в результате трансформационных изменений постепенно сформировались тундровые почвы водораздельных территорий и болотные комплексы в котловинах (хасыреях второго уровня), где отток воды из термокарстовых понижений проходил значительно позднее.

О том, что эти территории относятся к древним хасыреям, свидетельствует сложность их почвообразующих пород и наличие границ хасыреев меньшего размера (хасыреев второго уровня), легко дешифрируемые на аэрофото- и космических снимках. Это связано с тем, что в условиях вечной мерзлоты границы хасыреев являются хорошими геоморфологическими индикаторами поверхности. Хасыреи имеют ярко выраженный замкнутый контур, иногда вдоль этого контура дешифрируются водные объекты в виде узких ниточных форм или последовательного комплекса термокарстовых просадок, заполненных водой. И, как правило, в центре них расположено либо озерцо, либо гидролакколит (многометровый бугор пучения – булгуннях).

Как показали полевые исследования, на территории древнего хасырея между границами хасыреев второго уровня, в термокарстовых просадках которых накапливался торфяной материал, образовав разные типы болотных комплексов, сформировались современные профили подбуров и глееземов с комплексами тундровых лишайниковых экосистем.

На заторфованных котловинах среди различных типов торфяных болот большие площади занимают плоскобугристо-мочажинные комплексы и бугристые торфяники. Бугристые торфяники — это мерзлые торфяники внутри торфяных бугров, разделенные морозобойными трещинами, либо комплекс торфяных бугров и мочажин, либо комплекс торфяных бугров, мочажин и морозобойных трещин. При этом бугры различаются по высоте, форме и структуре.

На правобережье р. Нгарка-Поеловаяха дешифрируются границы трех хасыреев первого уровня: Нядовский, Хасырейто, Нгаркото. На территории Нядовского хасырея среди тундровых комплексов преобладают лишайниковые среднебугристые (овальной формы) экосистемы, подстилаемые песчаными породами. В Хасырейто на выположенных участках имеют место комплексы плоских кругообразных лишайниковых бугров с осоково-сфагновыми мочажинами с подстилаемыми песчаными породами. Хасырей Нгаркото отличается от первых двух наличием ориентированных бугров как между, так

и внутри хасыреев второго порядка с подстилаемыми суглинистыми породами.

На хасыреях второго уровня исследуемой территории можно выделить основные три типа комплексов болот: сочетание мочажинного осоково-сфагнового с буграми средней величины (бугры – осоково-кустарничковые с *Carex rotundata*, *Betula nana* и *Vaccinium uliginosum*, мочажины – осоковые сфагновые с *Eleocharis palustris*, *Eriophorum polistachion* и *Sphagnum compactum*) болота с торфяными почвами и крупноосокового сфагнового болота с *Carex aquatilis*, *Eriophorum vaginatum* и *Sphagnum lenense* с торфяными почвами; второй тип – сочетание комплексного плоскобугристо-мочажинного болота (бугры – ерничково-багульничково-лишайниковые с *Betula nana*, *Ledum palustre*, *Rubus chamaemorus*, *Cetraria cucullata*, *C. islandica*, мочажины – осоково-сфагновые с *Carex rotundata*, *Eriophorum angustifolium*, *Sphagnum compactum*) с торфяно-глеевыми почвами; третий тип – сочетание трещиновато-вогнуто-полигонально-мочажинного болота с торфяными почвами на песчаных озерных отложениях.

Растительный и почвенный покров, сформировавшийся на гидролакколитах, сходен с растительным и почвенным покровом выпуклых форм рельефа прилегающих территорий, при этом отрицательные формы микрорельефа приобретают выпуклую форму.

Химические исследования почв и растительности были проведены в ресурсном центре «Инновационные технологии композитных наноматериалов» (РЦ ИТКН) научного парка Санкт-Петербургского государственного университета в рамках проекта 102-7221 (Почвенный покров территории Нядовских озер (Тазовский полуостров)).

УДК 631.41.

ВАЛОВОЕ СОДЕРЖАНИЕ И ПОДВИЖНЫЕ ФОРМЫ СОЕДИНЕНИЙ НЕКОТОРЫХ ТИПОМОРФНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ В ПОЧВАХ ПРИБРЕЖНОЙ ТЕРРИТОРИИ БАРЕНЦЕВА МОРЯ (ХАЙПУДЫРСКАЯ ГУБА)

Кубик О.С., Шамрикова Е.В., Денева С.В.
Институт биологии ФИЦ Коми НЦ УрО РАН, Сыктывкар
E-mail: kubik-olesia@yandex.ru

Российская Федерация имеет самую длинную в мире береговую линию. Региональные особенности морских берегов, рельеф, амфибиальный водно-воздушный режим, концентрация солей создают высокую пространственную вариабельность почв. Исследование прибрежных почв Хайпудырской губы Баренцева моря выявило высокую дифференциацию валового содержания и подвижных форм типо-

морфных элементов (C, N, Na, K, Ca, Mg, Al, Fe, Mn) как в пределах каждого профиля, так и в целом между почвами. Почвы находятся в естественном не нарушенном антропогенной деятельностью состоянии. Выделено две группы почв, существенно различающихся по генезису: засоленные маршевые почвы, формирующиеся в условиях периодического затопления приливными и нагонными морскими водами, и почвы тундровых экосистем, подверженные влиянию моря посредством выпадения морских аэрозолей. Установлены факторы, регулирующие неоднородность состава почв территории.

Степень засоления почв, определяющаяся рельефом местности и удаленностью от моря, способствует формированию специфичной растительности – солеустойчивой либо зональной тундровой. Основная часть азотного фонда почв (до 97%) представлена его органической формой. На специфику накопления азота влияют особенности функционирования прибрежной флоры, углерода – дополнительно наличие карбонатов и поступление с моря гидрокарбонат-иона. Маршевые почвы характеризуются узким отношением $C/N = 11-19$, что совпадает с аналогичным показателем наземной биомассы растений засоленных местообитаний. Для поверхностных торфяных горизонтов тундровых почв, как и мохообразных, формирующих поверхностный торфяной слой, $C/N = 64-95$, с глубиной снижается в 3-9 раз. Дополнительным фактором, определяющим особенности дифференциации профилей по содержанию $C_{орг.}$ и $N_{орг.}$ является погребение гумусово-аккумулятивных горизонтов за счет современных седиментационных пылеватых и илистых отложений.

Обогащение почв Na и Mg, в меньшей степени Ca, осуществляется за счет притока легкорастворимых солей с водой и посредством импัลверизации. Количество привносимых элементов может иметь существенную межгодовую изменчивость, зависящую от состава перемещенной водой материала, а также от колебаний солёности морской воды у побережья. Последнее связано с изменчивостью речного стока, в том числе из-за различных водохозяйственных мероприятий. Характерным признаком прибрежных зональных тундровых почв высоких элементов рельефа, испытывающих воздействие морских аэрозолей, является накопление растворимых катионов (Na^+ в 14, Mg^{2+} и K^+ в два раза) относительно аналогичных почв материка. Отмечено двух-четырёхкратное превышение содержания растворимых форм Ca^{2+} , K^+ , Na^+ , Cl^- , SO_4^{2-} маршей низкого уровня по сравнению с аналогами Беломорья (Кандалакшский залив) в связи с разной солёностью вод прилегающих акваторий.

В минеральных горизонтах засоленных почв распределение валовых и подвижных форм элементов-металлов помимо притока легкорастворимых солей определяется гранулометрическим составом субстрата, приносимого морем. Горизонты, богатые илистой и тон-

копылеватыми фракциями, характеризуются бóльшим содержанием Mg, Al, Fe и иногда K – основных компонентов кристаллических решеток слоистых силикатов. Закономерности аккумуляции Al и Fe в зональных почвах определяются: а) осенней восходящей миграцией растворов к фронту сезонного промерзания; б) геохимическими барьерами, ограничивающими нисходящую миграцию элементов, образующихся после разложения и минерализации растительного опада. В торфяной олиготрофной почве препятствием выступает мерзлый торфяной, в торфяно-глееземе – глеево-тиксотропный слабопроницаемый горизонт.

Вышеназванные факторы влияют на кислотность почв, диапазон колебаний которой существенен.

Исследования выполнены в рамках проекта РФФИ № 20-04-00445а «Факторы и механизмы стабилизации органического вещества в почвах экстремальных условий (на примере арктических экосистем)».

УДК [631.432 + 581.93](571.56 – 191.2)

ДИНАМИКА РЕЖИМА ВЛАЖНОСТИ ПОЧВ И ПРОДУКТИВНОСТИ ЛУГОВЫХ ФИТОЦЕНОЗОВ АЛАСОВ ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЯКУТИИ

Николаева М.Х., Десяткин А.Р.

Институт биологических проблем криолитозоны СО РАН, Якутск

E-mail: mayan34@yandex.ru

Многолетние стационарные исследования динамики режима влажности почв и продуктивности луговых сообществ проводились на базе модельного аласа Ынах, расположенного в 70 км восточнее г. Якутска на поверхности пятой надпойменной, Тюнгюлюнской террасы р. Лены в период 1990-2012 гг.

Погодные условия в течение вегетационных сезонов с 1990 по 2012 г. имели существенные колебания. Так, во влажные годы количество осадков за май-сентябрь составляло от 163 до 256 мм, при этом средняя температура воздуха за сезон колебалась от 11.9 до 13.4 °С. В экстрасухие годы за сезон выпадало всего 68 и 89 мм осадков (соответственно 2001 и 2002 гг.). В засушливые годы количество осадков составило 103-147 мм при температурных показателях 11.9-14.8 °С. По агрометеорологическим условиям летние периоды 10 лет относятся к влажным сезонам (1993, 1994, 1996, 1997, 1999, 2003, 2005-2007, 2011 гг.), 13 – к засушливым (1990-1992, 1995, 1998, 2000-2002, 2004, 2008-2010, 2012 гг.).

Для изучения режима влажности почв и определения продуктивности лугов были выбраны учетные площадки на двух разнотипных

лугах, различающихся по режиму увлажненности местообитаний растительных сообществ: остепненные ксерофитные, настоящие мезофитные луга. За период исследования наблюдалась быстрая динамика пространственной структуры аласа. За годы исследований площадь озера колебалась от 0.1 в 1991 г. до 6.89 га в 2008 г., настоящих лугов – от 0.53 до 6.5 га, остепненных лугов – от 1.16 до 6.75 га. При этом влажность почв сильно варьировала во времени и пространстве.

Рассчитаны запасы продуктивной влаги (ЗВ) в слоях почвы 0-20 и 0-100 см. Под остепненными лугами ЗВ в течение 23 лет обнаруживают значительное варьирование. Так, в слое 0-20 см минимальные значения (-15 мм) наблюдались летом 2004 г., а максимальные (85 мм) – летом 1999 г. Преобладают значения ЗВ в интервале 20-60 мм (44% всех данных). В слое 0-100 см минимальные значения (-74 мм) были отмечены в августе 1993 г., а максимальные (246 мм) – в июне 2008 г. Преобладают (42% всех данных) значения ЗВ в интервале 40-200 мм. Под настоящими лугами в слое 0-20 см минимальные значения (6 мм) наблюдались в 2003 г., максимальные (183 мм) – в 1999 г. Преобладают значения ЗВ в интервале 40-100 мм (61% всех данных). В слое 0-100 см минимальные значения (119 мм) отмечены в 1991 г., а максимальные (550 мм) – в 1999 г. Преобладают (59% всех данных) значения ЗВ в интервале 100-300 мм.

Динамика режима влажности почв оказывает влияние на динамику продуктивности луговых фитоценозов. Минимальная продуктивность настоящих лугов отмечена в 1993 г. (3.87 ц/га), тогда как максимальная продуктивность в 1995 г. – 39.54 ц/га. Минимум продуктивности остепненных ксерофитных лугов отмечен также в 1993 г. – 2.81 ц/га, а максимум в 2000 г. – 22.44 ц/га.

Выявлена зависимость продуктивности луговых фитоценозов от запасов влаги в слое 0-50 см: на остепненном лугу – в июне ($r = 0.53$) и в июле ($r = 0.48$) связь средней степени, в августе связь очень слабая ($r = 0.04$). На настоящем лугу выявлена зависимость средней (в июне $r = 0.47$ и августе $r = 0.44$) и очень слабой степени (в июле $r = 0.27$).

Материалы подготовлены в рамках выполнения проекта СО РАН по теме № 0376-2019-0006; регистрационный номер АААА-А19-119040990002-1.

УДК 631.442 (571.56-191.2)

ОСОБЕННОСТИ ГУМУСА ЛЕСНЫХ ПОЧВ ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЯКУТИИ, РАЗВИТЫХ НА ПОРОДАХ ЛЕГКОГО ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКОГО СОСТАВА

Оконешникова М.В.

Институт биологических проблем криолитозоны СО РАН, Якутск

E-mail: mvok@yandex.ru

На песчаных и супесчаных древнеаллювиальных отложениях Центрально-Якутской равнины с грядово-западинными и дюнными формами рельефа под бруснично-толокнянковыми, толокнянково-лишайниковыми, мертвопокровными и мертвопокровно-толокнянковыми сосняками развиты мерзлотно-таежные оподзоленные, мерзлотные подзолистые и боровые песчаные оподзоленные и неоподзоленные почвы. Эти почвы изучены недостаточно, так как до недавнего времени интерес к ним был невелик в связи с малой практической значимостью. Вместе с тем, на настоящий момент актуальной научной проблемой являются вопросы, связанные с активизацией эоловых процессов на территории распространения легких пород в Центральной Якутии и деградацией почв под влиянием периодически повторяющихся сильных лесных пожаров. В общих чертах почвообразование во всех изученных почвах развивается по типу подзолистых почв. Гранулометрический состав почв рыхло- и связнопесчаный, реакция среды кислая-слабокислая. Отмечается биогенное накопление катионов Ca^{2+} и Mg^{2+} , величина которых в минеральных горизонтах резко снижается в связи с очень низким содержанием $\text{C}_{\text{общ}}$. Ведущими процессами в развитии гумусового профиля почв являются подстилкообразование и поверхностное гумусообразование. Мощность подстилки в среднем составляет 2-3 см, в боровых песчаных почвах под пирогенными мертвопокровными сосняками менее 1 см. Установлена достаточно тесная взаимосвязь мощности подстилок и содержания гумуса. Мощность подстилки в мерзлотно-таежных оподзоленных почвах под бруснично-толокнянковыми сосняками на территории научного стационара ИБПК СО РАН «Спасская Падь» (в 30 км севернее г. Якутска) средняя, содержание органического вещества в маломощном аккумулятивно-грубогумусовом горизонте очень высокое, степень гумификации слабая, растворимость органического вещества низкая, тип гумуса гуматно-фульватный. Распределение гумуса по профилю резко убывающее, минеральная часть имеет низкое и очень низкое содержание и фульватный состав гумуса. Фракционный состав гумуса отличается пониженной долей фракций гуминовых кислот (ГК), связанных с

кальцием (ГК-2). В верхнем грубогумусовом горизонте преобладают «свободные» (ГК-1) фракции, в оподзоленном горизонте возрастает доля прочно связанных с глинистыми минералами фракций (ГК-3). Во второй половине профиля (ниже 50 см) ГК практически отсутствуют, что связано с явным недостатком катионов Ca^{2+} в песчаных минеральных горизонтах. Фракционный состав фульвокислот (ФК) представлен всеми фракциями с максимальным накоплением в нижней части профиля. За счет высокого содержания ФК в глубоких песчаных слоях растворимость органического вещества повышена и доля гумина низкая.

По характеру распределения $\text{C}_{\text{общ.}}$, отражающимся определенным образом и в морфологических признаках, мерзлотные боровые песчаные почвы, развитые в районе с активным проявлением эоловых процессов – тукуланах (бассейн р. Вилюй), имеют разнотипные гумусовые профили: простой аккумулятивный с поверхностным накоплением $\text{C}_{\text{общ.}}$ в маломощном (менее 10 см) слое и сложный с бимодальным распределением $\text{C}_{\text{общ.}}$. По уровню накопления $\text{C}_{\text{общ.}}$ в органо-аккумулятивном горизонте простые гумусовые профили делятся на две группы: 1) с высоким и средним содержанием $\text{C}_{\text{общ.}}$ (боровые песчаные оподзоленные почвы, развитые под толокнянково- и бруснично-лишайниковыми сосняками; 2) с низким и очень низким содержанием $\text{C}_{\text{общ.}}$ (боровые песчаные примитивные и слабооподзоленные почвы, развитые на слабозакрепленных растительностью участках тукуланов под сильно угнетенными изреженными сосняками). Сложные гумусовые профили характерны для погребенных под мощным (более 40 см) песчаным наносом боровых почв опустыненных без растительного покрова участков тукуланов и для боровых оподзоленных криотурбированных постпирогенных песчаных почв под мертвопокровными сосняками, сильно подверженными воздействию низовых пожаров. Содержание $\text{C}_{\text{общ.}}$ в погребенных под песчаным наносом эолово-гумусовых горизонтах очень низкое, в погребенных пирогенно-гумусовых горизонтах – очень высокое.

Материал подготовлен в рамках выполнения проекта СО РАН по теме 0376-2019-0006, регистрационный номер АААА-А19-1190 40990002-1.

УДК 631.4

**МНОГОЛЕТНЕМЕРЗЛЫЕ БОЛОТА:
ФУНКЦИОНИРОВАНИЕ И УЯЗВИМОСТЬ
ПОЧВЕННО-ГЕОКРИОЛОГИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ
В УСЛОВИЯХ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА**

**Пастухов А.В., Каверин Д.А., Ковалева В.А., Кубик О.С., Шахтарова О.В.,
Королев М.А.**

Институт биологии ФИЦ Коми НЦ УрО РАН, Сыктывкар

E-mail: alpast@mail.ru

Экосистемы Арктики и Субарктики являются чрезвычайно уязвимыми к антропогенным и природным изменениям. Вместе с тем заболоченность субарктических секторов европейского Северо-Востока и Западной Сибири играет ведущую роль в регуляции климата на планете. Результаты прогнозного моделирования показывают, что почти все приповерхностные многолетнемерзлые породы оттают к концу этого столетия почти до побережья Баренцева и Карского морей. Предполагается, что при их таянии высвобождается такое же по порядку величины количество углерода, как при современном сведении лесов. При этом в многолетнемерзлых отложениях содержится существенное количество CH_4 , NO_2 , поэтому общее воздействие на климат может быть в 2.5 раза сильнее. Например, на европейском северо-востоке многолетнемерзлые болота содержат примерно 65% запасов всего почвенного углерода и потому являются наиболее уязвимыми к его ремобилизации из-за развития термокарстовых процессов. Однако, мы полагаем, что при деградации многолетней мерзлоты в будущем и прогрессивном развитии заболачивания древнее органическое вещество в болотных экосистемах останется относительно «защищенным» от усиленного разложения, а их торфяные залежи будут устойчивы к деградации.

Данное исследование направлено на решение фундаментальной проблемы в области почвоведения и экологии, связанной с комплексной оценкой современного состояния и устойчивости многолетнемерзлых болот, находящихся в зонах сплошного, несплошного, спорадического и островного распространения многолетнемерзлых пород, с учетом происходящих климатических изменений. Сформулирована гипотеза об устойчивости органического вещества многолетнемерзлых болот на современном этапе их эволюции. Выявлены функциональные характеристики и индикаторы устойчивости органического вещества торфа. Раскрыты этапы эволюции многолетнемерзлых болот в голоцене. Проведена количественная оценка и сделан долгосрочный прогноз доли минерализации торфа и эмиссии парниковых газов при таянии многолетней мерзлоты.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 20-34-70005.

УДК 631.412+550.47

ВЛИЯНИЕ ПОЖАРОВ НА ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ПОЧВЕННЫХ РАСТВОРОВ И РУСЛОВОГО СТОКА В ЗОНЕ СПЛОШНОГО РАСПРОСТРАНЕНИЯ МНОГОЛЕТНЕЙ МЕРЗЛОТЫ (ЦЕНТРАЛЬНАЯ ЭВЕНКИЯ)

Токарева И.В., Прокушкин А.С.

Институт леса СО РАН, Красноярск

E-mail: gavrilenko@ksc.krasn.ru, prokushkin@ksc.krasn.ru

Химический состав пирогенных органических горизонтов почвы играет важную роль в процессах почвообразования и минеральном питании растений. Вместе с тем, пожары способны вызывать потерю элементов минерального питания из наземных экосистем, что особенно актуально при наличии вечной мерзлоты в почвенном профиле.

Цель данной работы состояла в оценке влияния лесных пожаров на содержание главных анионов в органических горизонтах почв и малом водотоке в криолитозоне Центральной Сибири.

Исследования проводились в центральной части Эвенкии (64°18' с.ш., 100°11' в.д.), в зоне сплошного распространения многолетнемерзлых пород. Объектами исследования послужили березовые (*Betula pubescense*) и лиственничные (*Larix gmelinii*) древостои, пройденные пожаром в июле-августе 2013 г. Отбор проб из пирогенных органических горизонтов осуществлялся двукратно: непосредственно после пожарного воздействия в 2013 г. (до выпадения осадков) и в 2015 г. (через два года после пожара). В качестве контроля были выбраны сходные по видовому составу напочвенного покрова и возрасту интактные березняки и лиственничники, расположенные в непосредственной близости от горельников. В симуляционном лабораторном эксперименте по оценке влияния пожаров различной интенсивности образцы лесных подстилок были подвергнуты температурному воздействию – нагреванию до 200, 400 и 600 °С. Исследования динамики содержания неорганических ионов в водах ручья (водоток второго порядка по классификации Хортон-Штралера), дренающего бассейн, пройденный пожаром в 2013 г., осуществляются с 2007 г. по настоящее время. Опробование вод ручья проводится в течение безморозного периода (май-сентябрь) в приустьевой части. Все образцы фильтровались (0.45 мкм) и далее хранились при +2 °С. Содержание анионов (Cl^- , NO_2^- , NO_3^- , PO_4^- , SO_4^-) в экстрактах интактных и пирогенных подстилок, а также в образцах ручьевых вод определяли на ионном хроматографе (Dionex ICS-1000, Thermo Fischer Sci., USA). Бикарбонат-ион определялся в форме растворенного неорганического углерода на анализаторе vario TOC cube (Elementar, Germany).

Исследования показали, что в результате прохождения пожара в лиственничных и березовых древостоях запасы органического вещества, аккумулированного на поверхности минеральной почвы, уменьшились на 75-78%. Анализ содержания анионов в экстрактах пирогенных подстилок, собранных непосредственно после пожара, выявил значительное увеличение в них концентраций сульфат-, нитрат-, фосфат- и хлорид-иона по сравнению с интактным материалом. При этом экстракты из пирогенных подстилок березняков характеризуются более высокими концентрациями SO_4^{2-} , Cl^- и NO_3^- , но более низким содержанием PO_4^{3-} по сравнению с лиственничниками. Повышенные значения для этих ионов отмечались также и через два года после пожара.

Нагрев подстилок в лабораторных условиях до 200 °С привел к потере 20-52% массы в лиственничниках и 45-55% в березняках. В пирогенных подстилках потеря массы составила лишь 13-17%. При нарастании температуры до 600 °С потеря массы составила 80-90% для всех подстилок. Термическое воздействие 200-600 °С вызвало увеличение выхода хлорид- и сульфат-иона в водные экстракты. Особо значимым этот эффект был для сульфат-иона, содержание которого при 400 °С увеличилось в 114 раз в подстилках лиственничников и в 42 раза – в березняках.

Анализ многолетнего ряда наблюдений гидрохимического состава вод ручья выявил существенное увеличение содержания сульфат-иона непосредственно после воздействия пожара с 0.1 до 20 мг/л (2013 г.), и дальнейшее убывание до уровней 0.8-1.0 мг/л через пять лет (2018 г.).

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 18-05-60203 Арктика.

УДК 57.045

ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ ДЕЯТЕЛЬНОГО СЛОЯ МЕРЗЛОТНЫХ ПОЧВ НА РАДИАЛЬНЫЙ ПРИРОСТ ДРЕВЕСНЫХ ПОРОД В УСЛОВИЯХ ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЯКУТИИ

Федоров П.П.

Институт биологических проблем криолитозоны СО РАН, Якутск
E-mail: baibal@yandex.ru

Для роста деревьев в условиях криолитозоны одним из важных факторов являются температурные условия грунтов. Температурный режим почв Центральной Якутии, подстилаемых многолетнемерзлыми породами, имеет ряд региональных особенностей. Именно с ним связывают поверхностное расположение корней у лиственницы и сосны.

Корреляционный анализ связи древесно-кольцевых хронологий лиственницы, произрастающей на стационаре «Спасская Падь», с температурными условиями почвы на разных глубинах выявил тесную связь в зимний период, особенно на глубинах, расположенных близко к верхним и нижним границам деятельного слоя.

Предполагаем, что это напрямую связано со временем оттаивания почв в начале вегетационного периода. Чем выше температура почвы, тем быстрее идет ее прогревание, что способствует своевременному началу активного роста деревьев в начале вегетации. Следует отметить, что положительную корреляционную связь показывают температурные условия грунтов в течение всего зимнего времени. Летние температуры не лимитируют радиальный прирост деревьев. В этот период количество тепла, необходимого для благоприятного роста, достаточно для деревьев. Лиственница, произрастающая в Якутии, хорошо приспособлена к условиям многолетнемерзлых грунтов и широкий диапазон температур верхних слоев деятельного слоя не оказывает лимитирующего влияния на жизнедеятельность лиственниц.

Аналогичный анализ был проведен с древесно-кольцевыми хронологиями сосны. Корреляционный анализ показал, что на верхних и нижних границах деятельного слоя (глубина 20 и 120 см) зимние температуры почвы до конца мая положительно связаны с радиальным приростом деревьев.

В почве на глубинах от 40 до 80 см положительное влияние температуры на рост сосны наблюдается в весенние месяцы. Следует отметить, что в Центральной Якутии сосна произрастает на песчаных и супесчаных почвах. Ход оттаивания данных типов почв существенно отличается от суглинистых почв, где в основном произрастает лиственница. Оттаивание песчаных грунтов в отличие от суглинков в начале вегетационного периода происходит более интенсивно и быстрее.

Однако в отличие от почв лиственничников на некоторых глубинах наблюдается значимое отрицательное влияние температуры летних месяцев с июня по август на рост сосны. Это объясняется, по-видимому, большим почвенным дефицитом влаги на более сухих почвах, где высокие температуры вызывают иссушающий эффект.

Для сравнения влияния температурных условий деятельного слоя двух различных регионов Центральной Якутии нами был сделан подобный анализ и для лиственниц дендрохронологических участков Лено-Амгинского междуречья, где деревья произрастали в более сухих условиях. В ходе исследований было выявлено наличие значимой корреляционной связи, как и для стационара «Спасская Падь», в зимний период времени. Можно сделать вывод, что зимние температуры грунтов значимы для всех участков с сезоннопромерзающим деятельным слоем почвы.

Анализ влияния температур грунтов на разных глубинах позволил выявить степень их влияния на рост двух древесных пород в Центральной Якутии. В зависимости от места и особенно условий произрастания деревьев верхние слои деятельного слоя по-разному действуют на радиальный прирост деревьев, вызывая положительную или отрицательную реакцию в росте. Наиболее близкая реакция обеих пород деревьев для всех участков была на величину зимних температур грунтов.

УДК 631.48

ТУНДРОВЫЕ ПОЧВЫ БАСЕЙНА РЕКИ АЛАЗЕИ (СЕВЕРО-ВОСТОЧНАЯ ЯКУТИЯ)

Федоров-Давыдов Д.Г., Лупачев А.В., Губин С.В.

Институт физико-химических и биологических проблем почвоведения РАН,
Пушино

E-mail: muss-96@yandex.ru

Автономные почвы южной тундры бассейна р. Алазеи развиваются на водоразделах, сложенных высокольдистыми позднеплейстоценовыми отложениями едомной свиты (ледового комплекса), отличающимися высоким содержанием органического вещества и наличием признаков синлитогенного почвообразования. В роли материнской породы обычно выступает покровный горизонт едомной свиты – продукт ее трансформации при оттаивании в период голоценового оптимума и повторном промерзании. Зональная растительность представлена кустарничково-травянисто-зеленомошными ассоциациями. Криогенный бугорковатый микрорельеф и интенсивно протекающее пятнообразование определяют структуру почвенного покрова.

Изучаемые почвы имеют средне- или тяжелосуглинистый состав, недифференцированный профиль и среднекислую реакцию среды. Величина гидролитической кислотности снижается с 6-19 до 2-3 смоль/кг, а степень насыщения почвенного поглощающего комплекса (ППК) возрастает с 25-46 до 68-80% вниз по профилю. В составе обменных оснований преобладает кальций. Из-за частых циклов пятнообразования непрерывные грубогумусовые (торфянистые) горизонты успевают сформироваться далеко не всегда, чаще органоаккумулятивная часть профиля представлена подстильно-торфяными и оторфованными гумусово-слаборазвитыми горизонтами. Содержание органического углерода здесь составляет 13-17%, а в глубже лежащих минеральных горизонтах – 1.0-1.9%. Для почв под задернованными бугорками типично наличие гумусовых затеков в верхней части профиля и криотурбационных включений торфа – в средней и нижней его частях.

Верхние минеральные горизонты обычно имеют хорошо выраженную криогенную (икряную или чешуйчатую) неводопрочную структуру.

Верхняя и средняя части профиля не оглеены или слабо оглеены. Морфохромотическое проявление глеевых процессов может охватывать здесь от 1-2 до 12-17% площади сечения почвы в стенке разреза. Нижняя часть, начинающаяся с глубины 36-43 см от дневной поверхности, представлена серией глееватых горизонтов, часто тиксотропных, бесструктурных или обладающих листовато-творожистой структурой, типичной для гидроморфных разностей. Наконец, в надмерзлотной зоне часто может быть зафиксирован глеевый или сульфидно-глеевый горизонт, представляющий собой реликт голоценового климатического оптимума. Большая часть этого горизонта законсервирована в многолетней мерзлоте, а верхняя вытаивает в наиболее теплые летние сезоны. Как правило, горизонт включает торфяные линзы или прерывистые прослои турбационного происхождения. Несмотря на нерегулярное кратковременное (2-3 месяца) пребывание этого горизонта в талом состоянии и его несоответствие комплексу современных природных условий, окислительной деградации глея не происходит. Высокая окислительно-восстановительная буферность глеевого горизонта отчасти обусловлена наличием крупных включений органогенного материала. Отношение концентраций оксалаторастворимого и дитиониторастворимого железа сверху вниз по профилю расширяется с 0.43-0.53 до 0.63-0.86.

Почвы под голыми или зарастающими пятнами-медальонами отличаются отсутствием структуры, более высокой плотностью сложения и низкой водопроницаемостью. Ухудшение водно-физических свойств в результате пятнообразования приводит к усилению оглеенности верхней части профиля и повышению границы глееватых горизонтов на 10-30 см.

Неоглеенность или слабая оглеенность большей части профиля в сочетании с интенсивным проявлением криогенных процессов в большинстве случаев позволяет отнести почвы дренируемых водоразделов к криоземам. В нижней части пологих склонов криоземы сменяются глееземами. Под пятнами-медальонами этот процесс наблюдается уже в верхней части склона. Вниз по катене происходит снижение значений pH, увеличение потенциальной кислотности и ненасыщенности ППК основаниями. В этом же направлении отмечается увеличение содержания подвижного железа, экстрагируемого 0.1 N серной кислотой из свежей почвы, а также доли двухвалентной формы в его составе.

Работа выполнена в рамках госзадания № 0191-2019-0044 при финансовой поддержке РФФИ (проекты № 19-04-00125а, 19-05-00071а, 19-29-05003).

УДК 631.445:551.343

ИЗМЕНЕНИЯ МОРФОГЕНЕТИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ОКУЛЬТУРЕННЫХ ПАЛЕВЫХ ПОЧВ В УСЛОВИЯХ РАЗВИТИЯ ТЕРМОКАРСТОВЫХ ПРОЦЕССОВ

Филиппов Н.В., Десяткин Р.В.

Институт биологических проблем криолитозоны СО РАН, Якутск
E-mail: finiva88@mail.ru, rvdes@ibpci.ysn.ru

Целью исследования является изучение трансформации морфогенетических показателей на заброшенных сельскохозяйственных угодьях Центральной Якутии, расположенных на ледовом комплексе, под влиянием термокарстовых процессов. Под влиянием глобальных изменений климата происходит деградация ледового комплекса, результатом которой является формирование на поверхности начальных термокарстовых форм рельефа – былларов. Быллары – небольшие бугры диаметром 5-6 м с просадками и полигональной сетью ложбин над жилами льда, амплитуда высот доходит до 1.5-2 м.

Для изучения динамики морфогенетических признаков почв при термокарстовой деградации бывших пахотных угодий разрезы были заложены с учетом возникающих форм микрорельефа: на вершине былларов, на их склонах и в днищах западин между ними. Сравнение морфологических характеристик разрезов позволяет выявить тренд трансформации почвенного покрова в результате проявления начальных стадий аласообразования. На заброшенных пахотных угодьях в основном распространены мерзлотные палевые солонцеватые почвы с выделением пахотного и нижележащего подпахотного горизонтов, образовавшихся во времена активного земледелия. При образовании начальных термокарстовых форм микрорельефа изначальный тип почв сохраняется только на вершинах былларов (P-01-12). Из-за прекращения хозяйственной деятельности пахотный горизонт трансформирован в светлогумусовый горизонт (AJ/P), а подпахотный – в солонцовый. В результате процессов криогенеза подпахотный и солонцовый горизонты перемешаны и характеризуются наиболее темным цветом в профиле и наличием криогенных трещин с затеками гумусированной массы. В профиле разрезов, заложенных на склоне быллара (P-02-12) и в западине между ними (P-03-12), выделяется задренованный горизонт (Ad). Под задренованным горизонтом в P-02-12 залегает характерный для солонцов светлых светлогумусовый горизонт светло-серого цвета.

В результате деформации рельефа бывший пахотный горизонт оказался на склоне микрорельефа, улучшение дренажа в последние два 10-летия, по-видимому, привело к вымыванию водорастворимых веществ, включая лабильные фракции органических веществ, и об-

условило осветление окраски почвы. Солонцовый горизонт залегает на глубине от 20(28) до 34(40) см, мощность его составляет 12-14 см. В отличие от первого разреза, здесь криогенные процессы менее выражены – подпахотный и иллювиальный горизонты четко дифференцированы. В Р-03-12 в процессе проседания профиля почвы гумусовый горизонт частично перемешан с элювиальным. Солонцовый горизонт здесь серовато-бурого цвета и залегает на глубине от 23(30) до 52(60) см. Элювиальный горизонт ярко выражен и имеет характерный светло-серый с белесым оттенком цвет. Данный разрез по морфологическому строению схож со вторым (Р-02-02). Отличается менее выраженными следами криогенных процессов и дифференциацией горизонтов вымывания и вмывания. Здесь в отличие от предыдущих двух почвенных профилей элювиальный и солонцовый горизонты гораздо мощнее, что объясняется «растяжением» данных слоев при оседании нижней части профиля почвы при исчезновении фундамента из повторно-жильных льдов. Все три разреза подстилаются многолетней мерзлотой с небольшой разницей в глубине залегания – 161, 171 и 156 см соответственно.

Трансформация почвенного покрова сопровождается существенной динамикой параметров плотности, рН и полевой влажности по профилю почв. При оседании поверхности склонов происходит уплотнение нижней части профиля их почв, а в надмерзлотных горизонтах почв западин наоборот наблюдается резкое разрыхление в результате обвала почвенного субстрата и защитного слоя грунтов в результате таяния подстилающих их льдов. Усиление промывного режима приводит к удалению растворимых солей и, как результат этого, снижению щелочности, а аккумуляция влаги в понижениях рельефа способствует увеличению влажности в нижней половине профиля почв западин и их оглеению.

Исследования выполнены в рамках проекта СО РАН по теме 0376-2019-0006 (регистрационный номер АААА-А19-119040990002-1) и гранта РФФИ № 19-29-05151\19.

УДК 631.41

ОСОБЕННОСТИ ПРОСТРАНСТВЕННОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ УГЛЕРОДА И АЗОТА В ПОЧВАХ ГОРНО-ТУНДРОВЫХ ЛАНДШАФТОВ ПОЛЯРНОГО УРАЛА

Шамрикова Е.В., Жангуров Е.В., Кулюгина Е.Е.
Институт биологии ФИЦ Коми НЦ УрО РАН, Сыктывкар
E-mail: shamrik@ib.komisc.ru

Почвы арктической и субарктической территорий являются актуальным объектом для географо-генетических исследований и выявления роли органического вещества в процессах почвообразования.

Слабая изученность горной ландшафтной зоны Полярного Урала и пестрота почв, обусловленная разнообразием горных почвообразующих пород, делают исследования в этой области необходимыми.

Цель работы – выявление закономерностей распределения различных форм углерода и азота в почвах геохимически подчиненных ландшафтов в пределах горной катены (на примере хребта Большой Пайпудынский).

Объекты исследований – почвы, сформированные на элювиально-делювиальных продуктах выветривания карбонатных пород (отделы криометаморфических почв, литоземы, органо-аккумулятивных, глееземы).

Специфика факторов и условий почвообразования (мозаичность растительного покрова, гидротермический режим, различная мощность мелкоземисто-щебнистой толщи и др.) обуславливает разное проявление и сочетание элементарных почвообразовательных процессов: оглеение, криогенный метаморфизм минеральной массы (криогенное оструктурирование), дезинтеграция щебня/дресвы до стадии мелкозема. Отношение масс CaO и CO₂ в породе, равное 1.4, указывает на доминирование в ее составе карбоната кальция. Выщелачивание породы подтверждает увеличение содержания неорганического углерода с глубиной при колебании в 0-12.2% (0-100% общего почвенного углерода).

Выражено накопление органических форм углерода и азота в грубогумусовой подстилке, где варьирование их содержания (16-40 и 0.9-2.5% соответственно) связано как с различной продуктивностью растительных сообществ (запасы сырой надземной фитомассы равны 20-1600 г/м²), так и со спецификой состава опада и условиями его разложения. В нижележащих слоях показатели резко снижаются, хотя в отдельных минеральных горизонтах остаются существенными (до 8 и 0.6%), миграцию органического вещества в профилях обеспечивает промывной водный режим. Отмечено снижение C/N при продвижении по катене от элювиальной позиции (темногумусовая/полигональные дриадовые тундры; 25) к транзитно-аккумулятивной (перегнойно-криометаморфическая/высокотравный луг; 15) и аккумулятивной (дерново-криометаморфическая/пятнистые дриадово-моховые тундры; 18). Значения C/N поверхностных горизонтов почв и фитомассы соответствующих участков близки. Минеральный азот (сумма N-NO₃⁻ и N-NH₄) составляет менее 1% общего азотного фонда почв.

Особенности течения процессов гумификации, такие как высокое содержание карбонатов, щелочная реакция всего профиля (рН_{H₂O} 7.6-8.5), доминирование кальцефитной растительности в виде *Dryas octopetala*, специфика пигментации, консервации, разложения и биологической активности микрофлоры приводят к темному (до черного)

окрашиванию верхней части темногомусовой почвы, развивающейся на вершине увала. Помимо прокраски меланином темный цвет почве придает специфическое почвенное органического вещества, характеризующееся по Д.С. Орлову фульватно-гуматным типом ($C_{ГК}/C_{ФК} = 1.1-1.9$). На этом участке четко выражен криогенно-пятнистый характер микрорельефа. Соотношение органических и неорганических форм углерода в профиле под растительным пятном указывает, что пласт в 35 см на 180° «перевернут» криотурбационными процессами, вызванными максимальным промерзанием почвы.

Органические соединения количественно перераспределяются и закрепляются в пределах верхних горизонтов почв без выноса с водораздельных поверхностей, о чем свидетельствует химический состав водоемов исследуемой территории. Вместе с тем имеет место механический перенос органического вещества с поверхности плато в геохимически сопряженные элементы ландшафта за счет эоловых процессов, движения со склона снежных масс, увлекающих органические остатки, смыва верхних слоев почвы в период активного снеготаяния и выпадения большого количества осадков, на что указывают русла ручейков, идущие от вершины хребта к его подножью.

Исследования выполнены в рамках проекта РФФИ № 20-04-00445а «Факторы и механизмы стабилизации органического вещества в почвах экстремальных условий (на примере арктических экосистем)».

УДК 631.42.

СПЕЦИФИКА КАЧЕСТВЕННОГО И КОЛИЧЕСТВЕННОГО СОСТАВА НОВООБРАЗОВАНИЙ В ТУНДРОВЫХ ПОЧВАХ ЕВРОПЕЙСКОГО СЕВЕРО-ВОСТОКА РОССИИ

Шахтарова О.В., Денева С.В., Лаптева Е.М.

Институт биологии ФИЦ Коми НЦ УрО РАН, Сыктывкар
E-mail: olga.shakhtarova@mail.ru

Особый интерес к формированию почв Субарктики вызван необходимостью оценки экологических последствий изменения климата и возрастающих темпов антропогенных воздействий. Новообразования различного состава и генезиса в почвах криолитозоны отражают особенности почвообразовательных и криогенных процессов, а также играют роль диагностических признаков, учитывая специфику распределения в них химических элементов. Под рассматриваемыми новообразованиями в тундровых почвах подразумеваются скелетаны (песчано-пылеватые кутаны), глинистые кутаны и Fe-Mn конкреции.

Изучение специфики качественного и количественного состава новообразований проводилось на примере двух почв (Воркутинский

район, Республика Коми), формирующихся на пылевато-суглинистых отложениях в зоне распространения массивно-островной многолетней мерзлоты (глубина залегания мерзлоты 2-5 м), на холмисто-грядовой возвышенности в кустарниковой бугорковой южной тундре.

Первый разрез (глеезем криометаморфический: O-G-CRM-BC) заложен на целинном участке, второй (агроглеезем криометаморфический: AY-Bg-CRM-BC) – на участке сеяного луга, находящегося в процессе постагrogenной эволюции. Оба объекта характеризуются кислой реакцией среды, особенно глеевый горизонт, который отличается наибольшим выносом поглощенных оснований. Верхняя часть профиля целинной почвы обеднена илистой фракцией, в освоенной наблюдается ее увеличение из-за усиления процессов физического выветривания при залужении. Результаты валового анализа почв подтверждают унаследованную дифференциацию профилей по подзолистому типу. В освоенной почве профиль сохраняет черты природной тундровой почвы с ослаблением морфохроматических признаков оглеения и тиксотропии.

Для обеих почв отмечен схожий характер распределения скелетан. В горизонте Bg(G) происходит концентрация пятен белесых скелетан на верхних гранях агрегатов. Местами скелетаны заполняют внутрипедные поры. В горизонте CRM скелетаны сконцентрированы на поверхности агрегатов: на боковых гранях их толщина увеличивается, на нижних – лишь в виде пятен. Толщина скелетан 0.2-0.8 мм, уменьшается в нижних горизонтах до 0.1 мм. В нижней части профиля появляются обломки кутан.

Анализ валовых форм R_2O_3 в скелетанах показал накопление в горизонте Bg и уменьшение в горизонте CRM, что характеризуется окислительно-восстановительными процессами и Al-Fe-гумусовым иллювирированием. Валовое содержание SiO_2 и CaO в скелетанах повышено в нижнем ярусе почвенного профиля (горизонт CRM), тогда как изменение MgO выражено слабо. Анализы внутрипедной массы выявили элювиально-иллювиальную дифференциацию профиля.

В целинной почве наибольшее количество конкреций отмечено в средней части, что связано с сезонной динамикой окислительно-восстановительного процесса. Преобладают новообразования эллипсоидной формы, но встречаются трубчатые конкреции. В нижней части горизонта CRM и нижележащих слоях редкие конкреционные образования рыхлые, темно-бурые, с неровными краями. В нижней части профиля преобладают зерна размером менее 1 мм. В верхней части профиля освоенной почвы конкреции черные, твердые, с четко очерченными краями. Ниже по профилю конкреции становятся более рыхлыми, неровными, охристо-бурого цвета с мелкими черными пятнами, также распространены мелкие трубчатые конкреции. Большое количество новообразований обнаружено в горизонте CRM2,

на глубине 38-60 см, где, по-видимому, происходит смена окислительно-восстановительных условий. Вниз по профилю количество конкреций уменьшается.

Под влиянием залужения на участке сеяного луга происходило изменение воздушного и водного режимов, морфологических и физико-химических свойств почв, что соответственно оказало воздействие на количество и фракционный состав конкреций, а также на содержание в них макро- и микроэлементов.

Поскольку в исследуемых тундровых почвах преобладают конкреции мелких размеров (в основном до 3 мм), изменение накопления макро- и микроэлементов в разных выделенных фракциях новообразований не наблюдается.

Более существенные различия по химическому составу Fe-Mn новообразований обнаруживаются в переходных от органогенных к минеральным горизонтам и при увеличении степени оглеения.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 20-34-70005.

Рабочая группа
ПО ИССЛЕДОВАНИЮ ЧЕРНОЗЕМОВ

Председатель – д.б.н. О.С. Безуглова

УДК 551.50

**ОСОБЕННОСТИ ГИДРОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ
И ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ВЛАГИ
В ТОЛЩЕ ОБЫКНОВЕННОГО И ВЫЩЕЛОЧЕННОГО ЧЕРНОЗЁМА**

Анисимов К.Б.¹, Муромцев Н.А.¹, Семенов Н.А.², Витязев В.Г.³

¹ Почвенный институт им. В.В. Докучаева, Москва

E-mail: moi-07.79@mail.ru

² Федеральный НЦ кормопроизводства и агроэкологии им. В.Р. Вильямса,
Лобня

E-mail: semenov4040@mail.ru

³ Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Москва

E-mail: Vityazev.victor@yandex.ru

Известно, что обыкновенные и выщелоченные мощные черноземы Армавирского ветрового коридора функционируют в условиях периодически промывного водного режима. Уровень грунтовых вод вскрыт гидрологической скважиной на глубине 7 м от дневной поверхности. В соответствии с результатами глубокого бурения литологический профиль слагают делювиальные и аллювиальные отложения четвертичного периода, перекрытые с поверхности до глубины полуметрового почвенного слоя. Влияние почвозащитной системы по сравнению с обычной на эти величины – суммарные и суточные значения суммарного испарения – незначительно. Определяющим фактором здесь является содержание влаги в расчетном слое почвы.

Наиболее активный влагооборот имеет место в слое почвы 0-100 см, хотя содержание почвенной влаги во всей исследованной толще (0-300 см) подвержено в той или иной мере изменениям. Эти изменения обусловлены в основном испарением влаги с поверхности почвы и инфильтрацией (проникновением вниз по почвенному про-

филю) дождевых осадков, а также поднятием (в небольших объемах) влаги из нижних более влажных слоев.

Запасы влаги в самых нижних слоях почвенного профиля (270-300 см) не превышают значений наименьшей влагоемкости (НВ) 27-31 мм, что свидетельствует об отсутствии вблизи них (около 5 м) зеркала грунтовых вод. Если бы вблизи границы исследуемой почвенной толщи (300 см) находился горизонт грунтовых вод, то содержание влаги здесь (в слое 270-300 см) было бы примерно равно водовместимости (53-57 мм). В случае, если зеркало грунтовых вод стояло на глубине, при которой середина капиллярной каймы приходилось бы на уровне 300 см, то содержание влаги на нижней границе составило бы величину около капиллярной влагоемкости, примерно 43-45 мм. Несмотря на некоторое отличие в физиолого-биологических свойствах культур (соя и пшеница на разных предшественниках) и разных почвах (черноземы обыкновенные и выщелоченные) динамика влажности почвы во всех вариантах имеет много общего. Это, прежде всего, восстановление содержания влаги после зимне-ранневесеннего периода во всем 300-сантиметровом слое почвы в целом до значений оптимальной степени увлажнения – 0.7 НВ, достигая в некоторых слоях преимущественно значений НВ.

Таким образом, пополнение запасов влаги на нижней (300 см) границе почвенной толщи происходит при периодическом промачивании атмосферными осадками и незначительном подпитывании почвы, характеризуемой «вековыми» большими запасами влаги (около НВ).

Подпитывание глубинной толщи чернозема (глубже 5-7 м) из наземных протяженных водных источников (водохранилищ и больших прудов, а также рек) возможно в очень небольших пределах.

УДК 631.4

ТЕРМИЧЕСКАЯ И ОКИСЛИТЕЛЬНАЯ СТАБИЛЬНОСТЬ ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА ЧЕРНОЗЕМОВ РАЗЛИЧНОГО АГРОГЕНЕЗА

Волков Д.С.^{1,2}, Рогова О.Б.¹, Проскурнин М.А.²

¹ Почвенный институт им. В.В. Докучаева, Москва

E-mail: dmsvolkov@gmail.com

² Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Москва

Одним из главных механизмов стабилизации углерода в почве – это включение его в состав почвенного органического вещества (ПОВ), устойчивого к разложению. На сегодняшний день считается, что стабильность ПОВ связана с его молекулярной структурой, а также с накоплением в почве биохимически стабильных к микробиологиче-

ской деструкции органических веществ, пространственной недоступностью ПОВ для разложения микробами и образованием стабильных органоминеральных комплексов. Устойчивость ПОВ оценивают по времени оборота углерода в экосистеме, выделяя лабильный пул, время оборота которого десятки лет, и стабильный пул с временем оборота в сотни и тысячи лет. ПОВ ввиду крайней сложности своего состава на сегодняшний момент не поддается изучению с точки зрения изменения структуры напрямую, поэтому активно разрабатываются косвенные методы, которые давали бы количественные и воспроизводимые характеристики, связанные с изменением структуры и применимые для прогнозирования изменения состояния ПОВ. Одним из таких методов является классический метод термического анализа.

Нами на примере исследования почв в целом и выделенных фракций сухого отсева черноземов типичных целинных и агрогенных Курской области определялись энергетические параметры устойчивости органического вещества агрегатов чернозема методом TGA. Исследовали агрегаты размером меньше 0.25, 0.5-1, 1-2, 7-10 мм.

Результаты исследований энергетических параметров устойчивости ОВ показали, что агрегаты всех вариантов размеров, а также почва в целом, теряют большую часть массы в диапазоне 170-380 °С. Наибольшими потерями ОВ характеризуется совокупность агрегатов почвы лесополосы. Другие варианты значимо не различаются между собой, однако наблюдается тенденция изменения термостабильности ОВ в ряду залежь > севооборот > пар >> лесополоса при равной устойчивости ОВ почвы степи, no-till и севооборота.

В диапазоне температур 380-600 °С описанная тенденция проявляется еще сильнее. По термической устойчивости почвы образуют ряд степь > no-till = залежь > пашня > пар = лесополоса, отличия подтверждаются статистически.

Изменение температуры полуразложения T50 в диапазоне 170-600 °С при увеличении степени агрохозяйственного воздействия от нулевого (нетронутая степь) до максимального (многолетний пар) подтверждает увеличение в этом ряду числа высокоэнергетических молекулярных связей, разрыв которых требует больших энергий.

Таким образом, показано, что длительное сельскохозяйственное использование существенно изменяет термические характеристики ПОВ, причем это проявляется для агрегатов различного размера. ОВ почвы, сформированной под лесополосой, и «степь», сформированная под злаковой травянистой растительностью, наименее термически устойчиво во всем диапазоне температур, а также содержит максимальное количество термически нестабильных соединений. В составе агрегатов этих почв наиболее термически устойчивы агрегаты размером 1-2 мм, наименее устойчивы — размером 7-10 и меньше 0.25 мм. Процессы восстановления ПОВ происходят в вариантах за-

лежь, no-till, по сравнению с исходными (пар, пашня, соответственно) неравномерно. Преимущественное накопление происходит в агрегатах 1-2 и 0,5-1 мм. При систематическом наблюдении используемых сельскохозяйственных земель статистически значимое повышение показателя T50 в диапазоне 170-600 °С, а также уменьшение впервые введенного нами индекса относительной термостабильности могут указать на развитие процессов деградации ПОВ и необходимость проведения мероприятий, компенсирующих снижение доли термически нестабильной компоненты SOM.

УДК 631.412

ЭЛЕМЕНТНЫЙ СОСТАВ ЧЕРНОЗЕМОВ ОБЫКНОВЕННЫХ КАРБОНАТНЫХ СЕВЕРНОГО ПРИАЗОВЬЯ

Волошина М.С., Гончарова Л.Ю.

Южный федеральный университет, Ростов-на-Дону

E-mail: goncharova_1958@mail.ru

Валовой, или элементный состав почв – первая и необходимая химическая характеристика почв, на которой базируется понимание свойств почв, их генезиса и плодородия. Без знания элементного состава почв углубленные почвенно-химические исследования невозможны.

Отличительной чертой почвенного покрова Северного Приазовья является большое участие в нем эродированных почв, что обусловлено особенностями рельефа и климата (преимущественно ливневый характер летних осадков, быстрое нарастание температур, ведущее к быстрому снеготаянию) и т.д.

Территория учебно-опытного хозяйства Южного федерального университета является типичной для Северного Приазовья как по рельефу (склон южной экспозиции, пересеченный оврагами), так и по качественному составу почвенного покрова. Преобладающим типом почв являются черноземы обыкновенные, занимающие около 70% площади исследуемой территории.

Автоморфные зональные почвы – черноземы обыкновенные – содержат от 3,9 до 4,4% гумуса. Мощность гумусового горизонта у них составляет 62-70 см. Они занимают водораздельное плато и слабопологие склоны и террасы р. Мертвый Донец.

Изучение элементного состава черноземов обыкновенных водораздела и террас Северного Приазовья показало, что для них характерно постепенное убывание с глубиной таких элементов, как SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , MnO , K_2O . Это свидетельствует о том, что в черноземной почве не произошло заметного перераспределения по профилю минеральных

компонентов, а одним из главных процессов является прогрессирующее накопление гумуса без последующего его переноса в профиле.

Также для всех черноземов характерно снижение содержания биогенного элемента P_2O_5 , что связано с уменьшением поступления органического вещества в почву.

Для CaO и MgO наблюдается обратная зависимость: с глубиной их количество увеличивается в 2-5 раз, что связано с карбонатностью почвообразующих пород.

При изучении загрязнения почв тяжелыми металлами можно сказать, что по основным загрязнителям – марганцу, свинцу, хрому, меди и цинку – превышения ПДК не зафиксировано.

Профильное распределение Co, Ni, Cu, Zn, Sr, V, Cr в черноземах характеризуется некоторым их увеличением в нижних горизонтах, что связано с особенностями элементного состава почвообразующих пород.

Изучение поверхностного распределения радионуклидов в различных типах почв важно для оценки загрязнения территорий. Почвы поглощают радионуклиды, что препятствует их проникновению в грунтовые воды и, в конечном счете, определяет их аккумуляцию в верхних почвенных слоях.

В верхних горизонтах чернозема обыкновенного зафиксировано максимальное содержание радионуклида ^{137}Cs , которое уменьшается с глубиной.

Распределение ^{226}Ra , ^{232}Th и ^{40}K в почвах на территории УОХ «Недвиговка» в пределах погрешности 10% практически равномерное.

УДК 631.417.2

ГУМУСОВОЕ СОСТОЯНИЕ ПОЧВ РИСОВЫХ АГРОЛАНДШАФТОВ

Гуторова О.А.^{1,2}, Шеуджен А.Х.^{1,2}

¹ Кубанский государственный аграрный университет им. И.Т. Трубилина,
Краснодар

E-mail: ashad.sheudzhen@mail.ru

² Федеральный научный центр риса, Краснодар

E-mail: oksana.gutorova@mail.ru

Одним из основных факторов плодородия почв является содержание в ней гумуса, входящего в состав почвенного коллоидного комплекса и имеющего большое значение в формировании поглощательной способности, обеспечивая большую емкость поглощения. Исследования проведены на Марьяно-Чебургольском оросительном массиве рисовой оросительной системы «Красное» Красноармейского района Краснодарского края.

Объекты: лугово-черноземная и лугово-болотная почвы рисового севооборота; лугово-черноземная почва богары и залежи, расположенной на рисовой оросительной системе.

По количеству гумуса лугово-черноземная почва рисового севооборота слабогумусная (2.85-3.52%), оно постепенно снижается по профилю, достигая в почвообразующей породе 0.60-0.82%. Запасы гумуса в пахотном горизонте варьируют в пределах 75-92 т/га. Наибольшие его запасы сосредоточены в горизонте А и могут достигать 170 т/га, что связано с миграцией водорастворимых органических веществ по почвенному профилю. Диапазон общего запаса гумуса в Апах + АВ составляет 198-390 т/га в зависимости от мощности почвы. Доля содержания водорастворимого гумуса в составе органического вещества достигает 0.11-0.15%. По профилю водорастворимый гумус распределен неравномерно: наблюдается его вынос из пахотного в подпахотный горизонт. Для почвы характерен гумус гуматного или фульватно-гуматного типа с отношением Сгк:Сфк, равном 1.62-2.12 в пахотном и 1.52-2.06 – в подпахотном горизонтах.

В лугово-болотной почве рисового севооборота содержание гумуса в пахотном горизонте составляет 3.43-3.92%, в почвообразующей породе – 0.57%. По содержанию гумуса эта почва не сильно отличается от лугово-черноземной почвы, но уступает ей по общему запасу в толще Апах + АВ, который меньше в среднем на 73 т/га. Гумус относится к гуматно-фульватному или фульватно-гуматному типу при отношении Сгк:Сфк, равном 1.01-1.22 и 0.98-1.18 соответственно для пахотного и подпахотного горизонтов. Содержание негидролиземого остатка меньше, чем в лугово-черноземной почве (46-49 против 51-54%). Важно отметить, что если в лугово-черноземной почве вынос водорастворимого гумуса за пределы пахотного слоя ограничивается его накоплением в горизонте А, то в условиях лугово-болотной вынос отмечен на большую глубину профиля – в горизонты АВ или В. Отсюда следует меньшее его содержание в Апах лугово-болотной почвы на 0.00101-0.00166% С по сравнению с лугово-черноземной.

Лугово-черноземная почва, используемая под богарные культуры, по количеству общего гумуса малогумусная (4.08-4.15%). Содержание в ней водорастворимого органического вещества по сравнению с почвами рисовых полей относительно небольшое (0.08-0.09% от общего). Наибольшее содержание общего (6.01%) и водорастворимого (0.16% от общего) гумуса отмечено в дерновом горизонте Ад залежи, что связано с наличием слаборазложившихся растительных остатков. Под дерновым залегает горизонт А с меньшим в 2.5-3.0 раза содержанием органических веществ. В среднем, для верхнего 0-30-сантиметрового слоя залежи характерно довольно высокое количество общего и водорастворимого гумуса – 4.71 и 0.00647% соответственно, что в полтора и два раза больше, чем в полях рисового севооборота. На

залежи с глубиной профиля содержание общего гумуса постепенно уменьшается, водорастворимого – увеличивается, что связано с развитием в нижних горизонтах анаэробных процессов.

Таким образом, вовлечение лугово-черноземной и лугово-болотной почв под возделывание риса ведет к уменьшению общего гумуса в пахотном горизонте на 0.45-0.98% по сравнению с богарой и на 1.04-1.57% по сравнению с залежью. Запасы гумуса снижаются на 24-30 и 69-73 т/га соответственно.

Работа выполнена в рамках гранта РФФИ и Министерства образования, науки и молодежной политики Краснодарского края в рамках проекта № 16-44-230473.

УДК 631.465

ПРОСТРАНСТВЕННОЕ И ВРЕМЕННОЕ ВАРИИРОВАНИЕ АКТИВНОСТИ ПОЧВЕННЫХ ФЕРМЕНТОВ ЧЕРНОЗЕМА

Даденко Е.В., Курохтина И.П.

Южный федеральный университет, Ростов-на-Дону

E-mail: evdadenko@sfedu.ru

Ферментативная активность почв занимает уверенную позицию в диагностике и мониторинге состояния почвенного покрова как в российских исследованиях, так и в работах иностранных коллег. Методы почвенной энзимологии широко используются при оценке состояния почв, подвергающихся различным воздействиям. Учитывая масштабы использования активности почвенных ферментов в диагностических целях, а также динамичность почвенных свойств, важно оценить степень варьирования этих показателей как в пространстве, так и во времени.

Изучено сезонное и пространственное варьирование ферментативной активности залежного чернозема обыкновенного (чернозем миграционно-сегрегационный) Ботанического сада ЮФУ. Для этого образцы отбирались в разные сезоны в течение года по трансекте через 1 м. Изучена активность каталазы, дегидрогеназ, пероксидазы, полифенолоксидазы, инвертазы и интенсивность ферментативного гидролиза диацетата флюоресцеина (ФДА). Также рассмотрено изменение температуры, влажности и характеристики органического вещества почвы – содержание гумуса и активного углерода. Изучены основные показатели вариационной статистики исследуемых почвенных характеристик (среднее, дисперсия, стандартное отклонение, коэффициент вариации) при оценке пространственного (т.е. по трансекте в отдельные месяцы) и сезонного (т.е. за все сроки исследования) варьирования.

Сезонное варьирование показателей ферментативной активности более значительно, чем пространственное. Для показателей органического вещества, в меньшей степени динамичного по сезонам, пространственное и временное варьирование сходно. Сезонное варьирование интенсивности ФДА гидролиза, активности каталазы, дегидрогеназы и пероксидазы можно охарактеризовать как значительное, активности полифенолоксидазы и содержания гумуса и активного углерода – как среднее и активности инвертазы – как слабое. Пространственное варьирование всех показателей (за редким исключением в отдельные сроки) можно охарактеризовать как слабое и среднее. Самым консервативным показателем как в пространстве, так и по сезонам оказалась активность инвертазы.

Показана высокая прямая корреляционная зависимость активности каталазы от температуры и обратная от влажности. Эта зависимость позволяет объяснить значительный рост активности фермента в жаркий сезон. Необходимо отметить, что для всех изученных оксидоредуктаз август с высокой температурой и низкой влажностью является месяцем максимальных значений активности, что подтверждает связь окислительно-восстановительных ферментов с этими характеристиками. Наибольшая активность пероксидазы и полифенолоксидазы в августе свидетельствует о высокой степени минерализации лигнина, поступающего с растительными остатками, и синтезе вторичных соединений, участвующих в гумификации.

Варьирование активности инвертазы самое незначительное по сравнению с другими показателями, хотя в более холодные месяцы активность фермента ниже, чем в более теплые. Основным фактором, определяющим динамику фермента, является развитие растений и поступление их остатков в почву.

Показатель активности дегидрогеназы, связанный с численностью и активностью микроорганизмов в почвах, варьирует значительно и зачастую отличия достоверно не значимы. Это затрудняет обнаружение закономерностей временного варьирования. Также как и для других оксидоредуктаз, для этого фермента максимальные значения зафиксированы в августе. сезоном с наименьшим уровнем пространственного и временного варьирования является весна.

Таким образом, изученные показатели имеют ярко выраженную сезонную динамику. Варьирование ферментативной активности зависит от сочетания температуры и влажности и вида ферментов. Динамика различных ферментов отличается как по направлению, так и по амплитудам колебания во времени. Эти факты необходимо учитывать при организации научных исследований и планировании сроков отбора образцов. Многолетние исследования лучше проводить в одно и то же время, как и сравнение разных почв или участков.

УДК 631.412:631.67

ОЦЕНКА ИЗМЕНЕНИЯ СВОЙСТВ ЧЕРНОЗЁМА ВЫЩЕЛОЧЕННОГО НОВОСИБИРСКОГО ПРИОБЬЯ В УСЛОВИЯХ ДЛИТЕЛЬНОГО ОРОШЕНИЯ

Добрянская С.Л.

Новосибирский государственный аграрный университет, Новосибирск
E-mail: slb85@bk.ru

Проблема выявления влияния орошения черноземов на их состав и свойства – ключевая в ирригационном земледелии лесостепной и степной зон Сибири. Исследования проводили на черноземе выщелоченном среднегумусном среднемощном в условиях целины и пашни с орошением. Сравнимые объекты сформированы в идентичных условиях почвообразования и расположены в непосредственной близости друг от друга. Интенсивное сельскохозяйственное использование черноземов в условиях орошения привело к значительным изменениям их свойств, затрагивающих основу почвенного плодородия – органическое вещество. Анализ проведенных исследований показал заметное уменьшение содержания гумуса в пахотных вариантах в сравнении с целинным аналогом. Размеры потерь варьируют в зависимости от характера антропогенной нагрузки. Наиболее значимые изменения гумусового состояния отмечены в овощном севообороте, где содержание гумуса по сравнению с естественным аналогом в пахотном слое уменьшилось на 43%. Высокие темпы снижения органического вещества отмечены по всему гумусовому профилю. Существенное уменьшение запасов гумуса (на 42.5%) можно объяснить более интенсивной минерализацией органического вещества при длительном регулярном орошении овощных культур нормой 1500 м³/га и развитием водной эрозии, в том числе и ирригационной. Несколько меньше произошла убыль гумуса в полевом севообороте. Пахотный слой потерял около 15% гумуса, так как растительные остатки возделываемых культур в севообороте и вносимые органические удобрения являются источником образования гумусовых веществ, хотя их количество недостаточно даже для простого воспроизводства гумуса. Между содержанием гумуса и суммой поглощенных катионов прослеживается прямая зависимость. При недостаточном поступлении органических остатков имеющиеся в почве гумусовые кислоты превращаются в инертный углеродосодержащий материал с весьма слабой катионообменной способностью.

На основании полученных данных было установлено, что в черноземе овощного севооборота в пахотном горизонте значительно уменьшилась сумма кальция и магния – на 37%, в зернопропашном – на 15%, что связано и с более интенсивным выносом кальция

овощными культурами. Вместе с тем, содержание обменных кальция и магния в почве полевого севооборота остается довольно высоким (до 35.6 мг-экв/100 г), что свидетельствует о достаточной устойчивости коллоидного комплекса чернозема выщелоченного. В составе поглощенных катионов гумусированной части профиля чернозема весьма значительно преобладает обменный кальций, и только в нижележащих горизонтах этих почв повышается роль обменного магния. Значительное содержание гумуса и фракции ила (27-33%) определяет высокую степень насыщенности его основаниями (до 96%). Реакция почвенного раствора близка к нейтральной, т.е. оптимальная для большинства сельскохозяйственных культур. При орошении реакция среды в черноземах сохраняется в пределах, свойственных типу почвообразования. Функционирование изучаемых черноземов не сопровождается продуцированием кислотных или щелочных соединений, способных изменить реакцию в ту или иную сторону.

Результаты проведенных исследований свидетельствуют о негативных последствиях интенсивного орошения чернозема выщелоченного, приведших к значительному снижению содержания гумуса, уменьшению содержания обменных катионов кальция и магния. Поэтому необходим поиск оптимальных соотношений между получением высоких урожаев сельскохозяйственных культур и сохранением эффективного плодородия черноземов.

УДК 631.42

ДИНАМИЧНОСТЬ СОСТОЯНИЯ КОМПОНЕНТОВ ПОЛИДИСПЕРСНОЙ СИСТЕМЫ ПОЧВ ЧЕРНОЗЕМА ОБЫКНОВЕННОГО КАРБОНАТНОГО РОСТОВСКОЙ ОБЛАСТИ

Замулина И.В., Минкина Т.М.

Южный федеральный университет, Ростов-на-Дону

E-mail: ivzاملина@sfedu.ru

Многофакторность почвообразования и динамика внутренних и внешних факторов способствует тому, что один и тот же почвенный горизонт во времени пребывает в различных состояниях динамического равновесия, что обусловлено свойством полидисперсности и открытости системы, способной к саморегуляции. Полидисперсность почв, с одной стороны, определяет величину удельной поверхностной энергии и вовлеченность в ряд почвенных процессов, а с другой обусловлена различным химическим составом, в том числе, изменяющимся в ходе сезонного цикла. Анализ пределов варьирования содержания соединений, участвующих в формировании микроструктурного состояния почв (органического вещества, в том числе в виде гуматов кальция,

карбонатов, микроорганизмов и др.), представляется важным для оценки состояния и свойств почв.

Целью исследования являлось выявление пределов динамических состояний в годичном цикле компонентов полидисперсной системы чернозема обыкновенного карбонатного, обеспечивающих формирование микроструктурного состояния. Для этого на территории Ботанического сада ЮФУ был заложен стационарный разрез, в котором ежегодно с 2009 г. в мае, июле и октябре в одних и тех же почвенных горизонтах проводили пробоотбор. Содержание гумуса определяли бихроматным окислением с титриметрическим окончанием, обменные формы кальция и магния – комплексонометрическим методом вытеснением NaCl, содержание карбонатов – газовольюметрическим (по Шейблеру) и ацидометрическим (по Кудрину) методами.

Сезонное исследование содержания гумуса позволило выявить закономерность его изменения в периоде весна-лето-осень. Характерной особенностью этой динамики является увеличение количества гумуса (3.9%) в начале вегетационного периода. За счет смещения равновесия в сторону увеличения доли лабильных компонентов возрастает и степень окисляемости углерода органического вещества. К концу лета наблюдается стабилизация состава и свойств гумуса, проявляющаяся в уменьшении его содержания и возрастании количества фракций гумусовых кислот, связанных с кальцием. Особенность динамики сезонного цикла находит свое отражение и в результатах определения обменных кальция и магния, когда именно осенний период соответствует максимальному количеству обменного кальция. Содержание обменных Ca^{2+} и Mg^{2+} в исследуемом периоде варьирует в диапазоне 34-42 мг-экв./100 г почвы. Минимальные значения величины обменных кальция и магния приходятся на весенний период, при этом доля магния в этот период максимальна (в среднем по профилю 8 мг-экв./100 г), снижаясь к осени (6.5 мг-экв./100 г). Повторяемость данных по срокам отбора в разные годы позволяет говорить о цикличности превращений в годичном круговороте.

Запасы общих карбонатов в слое 0-100 см в черноземе обыкновенном карбонатном меняются в диапазоне от 275 до 310 т/га при расчете на основании аналитических данных, полученных по методу Шейблера, и от 900 до 1100 т/га – по методу Кудрина. Максимальное содержание карбонатов в метровой толще отмечается в осенний период, минимальное – в весенний. Решающий фактор подобной дифференциации карбонатов в профиле черноземов – генетическая связь этого показателя с гидротермическим режимом почв. Близкое залегание к поверхности карбонатного горизонта обуславливает его участие в нисходяще-восходящих токах почвенной влаги в различные по количеству осадков и температур периоды. Таким образом, в ходе многолетних исследований в сезонном цикле выявлена дина-

мика основных связующих агентов, формирующих микроструктуру почв, что позволит оценить параметры состояния полидисперсной системы чернозема.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ № 19-05-50097.

УДК 631.8

ЭЛЕМЕНТНЫЙ СОСТАВ ЗЕРНА КУКУРУЗЫ ПРИ ВНЕСЕНИИ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ НА ЧЕРНОЗЕМЕ ОБЫКНОВЕННОМ

Зиборов А.С.¹, Носов В.В.², Бирюкова О.А.¹, Пропастина Е.П.¹

¹ Южный федеральный университет, Ростов-на-Дону

E-mail: anton.ziborow@yandex.ru

² АО «Апатит», Группа «ФосАгро» Москва

E-mail: vvnosov@phosagro.ru

Черноземы занимают 50% пахотного фонда России, на них производится 75% валовой продукции зерновых культур. Применение минеральных удобрений позволяет сохранить плодородие почв и устойчивость агроценозов. Элементный состав растений является не только показателем качества продукции растениеводства, но и критерием экологического состояния почв.

Полевые опыты проведены на территории госсортоучастка «Целинский» Ростовской области в 2017-2018 гг. совместно с Международным институтом питания растений.

Почва – чернозем обыкновенный карбонатный среднемощный тяжелосуглинистый на лессовидном суглинке. Характеристика пахотного слоя: рН – 7,7, содержание гумуса – 3,22%, аммонийного азота – 14 мг/кг, нитратного азота – 16 мг/кг, подвижного фосфора и обменного калия (по Мачигину) – 24 и 332 мг/кг соответственно.

Опытная культура – кукуруза (лат. *Zea mays*). В качестве минеральных удобрений использовали аммиачную селитру, аммофос и калий хлористый, цинк серноокислый. Схема опыта: 1) N30P40 под предпосевную культивацию, 2) N9P40 под предпосевную культивацию, 3) N85P70K40 (N50P50K20 под предпосевную культивацию, N5P20K20 при посеве, N30 в подкормку) + Zn (обработка семян), 4) N17P70K40 (N12P50K20 под предпосевную культивацию, N5P20K20 при посеве) + Zn (обработка семян).

Определение содержания гумуса, минерального азота, подвижного фосфора, обменного калия в почве и N, P, K в растениях проведено по соответствующим ГОСТам. Содержание Zn, Cu, Co, Mn, Fe, Ni, Pb, Cd в зерне кукурузы определяли в солянокислом растворе сухой золы с атомно-абсорбционным окончанием. Математическую обработку данных выполнили с использованием программы Statistica 13.3.

Установлено, что изменения содержания гумуса по вариантам опыта статистически не значимы. Минеральные удобрения повышают интенсивность процессов аммонификации и нитрификации. Уровень накопления нитратного азота в 1.5-2.0 раза выше, чем аммонийного. Внесение N85P70K40 способствует достижению оптимального уровня минерального азота, подвижного фосфора и обменного калия в почве, что позволило сформировать максимальную по опыту урожайность кукурузы.

Содержание N в зерне кукурузы варьировало от 1.74 до 1.98%, P – от 0.43 до 0.48, K – от 0.53 до 0.61. Наибольшее накопление азота, фосфора и калия в зерне кукурузы установлено при внесении полного минерального удобрения N85P70K40 с обработкой семян Zn.

Содержание Zn в среднем по опыту колеблется от 16.02 до 19.32 мг/кг, Cu – от 1.29 до 1.97, Co – от 0.061 до 0.074, Mn – от 11.66 до 15.24, Fe – от 28.92 до 34.36, Ni – от 0.53 до 0.67, Pb – от 0.21 до 0.27, Cd – от 0.017 до 0.038. Количество микроэлементов можно представить следующим рядом: Fe > Zn > Mn > Cu > Ni > Pb > Co > Cd. Санитарно-гигиеническая оценка показала отсутствие превышения предельно допустимых концентраций и максимально допустимого уровня содержания тяжелых металлов в зерне.

Выявлены элементы, в наибольшей степени влияющие на минеральное питание растений кукурузы и ее продуктивность. Установлена тесная зависимость урожайности кукурузы от содержания нитратного азота и обменного калия в черноземе обыкновенном ($r = 0.8$ и 0.9 соответственно) и накопления в зерне P ($r = 0.7$), K ($r = 0.9$), Zn ($r = 0.9$) и Cu ($r = 0.8$ при $p = 0.05$), что характерно для данного региона и обусловлено как биологической характеристикой культуры, так и генетическими особенностями чернозема.

УДК 631.465

**ДЕГИДРОГЕНАЗНАЯ АКТИВНОСТЬ
ТЕХНОГЕННО ЗАГРЯЗНЕННЫХ ПОЧВ
ПОЙМЫ РЕКИ СЕВЕРСКИЙ ДОНЕЦ ПОД ВЛИЯНИЕМ
БИОЧАРА И ШТАММОВ МЕТАЛЛОУСТОЙЧИВЫХ БАКТЕРИЙ**

**Зинченко В.В.¹, Федоренко Е.С.¹, Лысенко Д.С.¹, Горовцов А.В.¹,
Антоненко С.А.¹, Сушкова С.Н.¹, Бауэр Т.В.²**

¹ Южный федеральный университет, Ростов-на-Дону

E-mail: zinj007@gmail.com

² Южный НЦ РАН, Ростов-на-Дону

E-mail: bauertatyana@mail.ru

Одним из основных факторов, влияющих на плодородие почв, является жизнедеятельность почвенной микробиоты, которая во многом определяет ферментативную активность почв. Данный

показатель наиболее объективно отражает степень нарушенности почв, так как живые организмы способны реагировать на комплекс негативных воздействий. Дегидрогеназная активность является чувствительной почвенной характеристикой и изменяется раньше, чем другие показатели биологической активности почв.

Целью данной работы было изучение взаимодействия дегидрогеназной активности с биочаром и смесью штаммов металлоустойчивых бактерий в загрязненной почвенной среде.

Объектом исследования были почвы поймы р. Северский Донец, отобранные на территории высохшего оз. Атаманское. Основной фон почвенного покрова территории, прилегающей к озеру, составляют черноземы южные слабогумусированные различного гранулометрического состава и лугово-черноземные почвы. Почвообразующие породы исследуемого района в основном представлены аллювиальными и древнеаллювиальными отложениями, песками и супесями. Для закладки модельного опыта были выбраны участки, расположенные вдали (лугово-черноземная почва (Fluvisols) и по краю высохшего оз. Атаманское (техногенно нарушенная почва (Spolic Technosols). В качестве контроля использовали незагрязненную лугово-черноземную почву. В загрязненную техногенно нарушенную почву вносили биочар из шелухи подсолнечника, изготовленный при температуре 500 и 700 °С (2.5% по массе), смесь металлоустойчивых штаммов бактерий р. *Bacillus* и сочетание биочара и микроорганизмов. После внесения данных компонентов почва помещалась в вегетационные сосуды, доводилась до 60% полной влагоемкости и инкубировалась в течение 30 дней. Далее в вегетационных сосудах выращивали яровой ячмень (*Hordeum vulgare* L.) в течение 51 сут., после чего производили уборку и отбор проб почвы для проведения анализа. Для определения активности дегидрогеназ измерялось количество образовавшегося трифенилформазана при восстановлении трифенилтетразолия хлористого.

По результатам исследования наблюдается резкое снижение ферментативной активности в загрязненной почве по сравнению с контролем в 2.4 раза. При этом при внесении сорбентов ремедиации наблюдается достоверное увеличение дегидрогеназной активности по сравнению с загрязненной почвой, и сила этого увеличения возрастает в ряду Бактерии–Бактерии+Биочар 700–Биочар 700–Бактерии+Биочар 500–Биочар 500. Последний вариант обработки приводит к повышению дегидрогеназной активности, которая оказывается на 10% выше контроля. Таким образом, сочетанное применение биочара и бактерий способствует снижению токсичности загрязненных почв для растений и может использоваться в ремедиации. Более высокие показатели активности дегидрогеназ при использовании Биочара 500 и его сочетаний со штаммами бактерий можно объяснить физическими свойствами биочара, которые зависят от температуры пиролиза.

Таким образом, применение биочара, изготовленного при температуре 500 °С, и его сочетания с бактериями способствует снижению токсичности загрязненных почв для почвенной микробиоты и может использоваться в ремедиации.

Работа выполнена при поддержке грантов Президента № МК-2973.2019.4 и РФФИ № 19-29-05265 мк., 19-34-60041.

УДК 631.416.2

ИЗМЕНЧИВОСТЬ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ФОСФАТНОГО СОСТОЯНИЯ В ЧЕРНОЗЕМАХ ОБЫКНОВЕННЫХ РОСТОВСКОЙ ОБЛАСТИ

Кравцова Н.Е.

Южный федеральный университет, Ростов-на-Дону
E-mail: nekavrtsova@sfedu.ru

В соответствии с природно-сельскохозяйственным районированием земельного фонда Ростовская область расположена в умеренном природно-сельскохозяйственном поясе в двух зонах: степной – обыкновенных и южных черноземов и сухостепной – темно-каштановых и каштановых почв. В общей структуре почвенного покрова преобладают черноземы, на долю которых приходится 5347.0 тыс. га. Среди черноземов наибольшие площади занимают черноземы южные и черноземы обыкновенные двух фаций – 23.7%. Одно из важнейших мест в комплексе мероприятий по улучшению плодородия черноземов занимает оптимизация его фосфорного режима. Это обусловлено, прежде всего, первостепенной ролью фосфора в важнейших процессах, обеспечивающих рост и развитие растений, а также низкой подвижностью его природных соединений.

Целью работы было изучение изменчивости показателей фосфатного состояния черноземов Ростовской области. В задачи исследований входило формирование банка данных показателей фосфорного режима изучаемых почв. Математическая обработка данных проводилась с помощью статистических функций пакетов программ Microsoft Excel, Statistica 13.3. Для статистической оценки результатов нами использовались методы вариационной статистики подсчета среднего арифметического значения (\bar{x}), стандартного отклонения (s), ошибки средней арифметической величины (m), дисперсии (S^2), коэффициента вариации ($V, \%$), доверительного интервала. Определяли структурные средние: моду (M_0), медиану (M_e), квартили (Q), размах (d). Также были рассчитаны коэффициенты асимметрии (α) и эксцесса (ϵx). Процедура аппроксимации эмпирического распределения «законам распределения» выполнялась в модуле «подгонка распределения» программы Statistika 13.3. При установлении взаимосвязи

между изучаемыми переменными использовали параметрический и непараметрический корреляционный анализ. Результаты считали статистически значимыми при $p \leq 0.05$.

Данные статистической обработки показали, что вариабельность распределения валового фосфора в черноземах обыкновенных Ростовской области не подчиняется нормальному закону распределения, однако наблюдается некоторое согласие между теоретическими и эмпирическими частотами распределения. На особенности распределения валового содержания фосфора могли оказать влияние следующие факторы: высокие показатели варьирования глубины залегания почвенных горизонтов, различное происхождение почвообразующих пород, температура, влажность почв и количество органического вещества.

Анализ данных фракционного состава фосфатов черноземов обыкновенных показывает, что основными формами минеральных соединений являются рыхло- и прочносвязанные фосфаты кальция. Закономерности распределения по профилю фракций минерального фосфора следующие: доля кислых фосфатов кальция, магния (Са-Р1) с глубиной уменьшается, фосфатов кальция типа Са-РII и Са-РIII – повышается, а фракции Al-Р и Fe-Р остаются почти без изменения. Растворимость фосфатов кальция с глубиной уменьшается. Высокая вариабельность состава минеральных фосфатов в большей степени характерна для пахотных горизонтов. Вниз по профилю вариабельность понижается. Наибольшей изменчивостью в гумусовом горизонте исследуемых почв обладают следующие показатели: содержание трехзамещенных фосфатов кальция ($V = 70\%$) и фосфатов алюминия ($V = 56\%$). Наименьший уровень природной изменчивости отмечен в горизонте АВ изучаемых почв: содержание одно- и двухзамещенных фосфатов кальция и магния $V = 8-9\%$. Содержание P_2O_5 в черноземе обыкновенном находилось в зависимости от химических свойств почвы, таких как реакция почвенного раствора, содержание полуторных окислов закисного железа и обменного кальция. Установлена прямая корреляционная зависимость между содержанием фосфора и рН почвенного раствора: чем выше рН, тем больше фосфора в почве. В массиве среднесуглинистых почв установлена достоверная обратная сильная зависимость между однозамещенными и двухзамещенными фосфатами щелочных металлов и физико-химическими показателями почвы: рН ($r = -0.56$; $p = 0.05$) и содержанием азота ($r = -0.46$; $p = 0.05$), в массиве тяжелосуглинистых почв – между содержанием карбонатов кальция и высокоосновными фосфатами кальция ($r = 0.63$; $p = 0.05$) и рН ($r = -0.42$, $p = 0.05$).

УДК 631.41

СОСТАВ МИКРОАГРЕГАТОВ ЧЕРНОЗЕМА ТИПИЧНОГО НА РАЗЛИЧНЫХ ВАРИАНТАХ ДЛИТЕЛЬНОГО ОПЫТА

Куваева Ю.В., Фрид А.С.

Почвенный институт им. В.В. Докучаева, Москва

E-mail: kuvaevayv@mail.ru

Для статистического обоснования использования смешанных образцов почвы при характеристике ее показателей были проанализированы образцы чернозема типичного на разных агрофонах длительного опыта Петринского опорного пункта при ВНИИАПП (Курская область). Ранее для этих целей был проведен анализ содержания общего углерода (% С) в почве; установлено, что по сравнению с бесменным паром (БП) в почве залежи (З), которая была выделена из варианта БП и не пахалась 11 лет, содержание С за это время достоверно увеличилось на 0.29%.

Затем на вариантах БП и З был исследован микроагрегатный состав почвы: на каждом агрофоне для четырех пробных площадок проанализированы смешанные образцы, из которых выделены фракции: коллоидная <0.2 мкм, предколлоидная 0.2-1, тонкая пыль 1-5, средняя пыль 5-10, крупная пыль 10-50, >50 мкм (т.е. 0.05-1 мм).

Многомерное сравнение методами главных компонент и дендрограмм сходства вариантов БП и З по всей совокупности фракций от <0.2 до >50 мкм показало очень высокое сходство содержания фракций микроагрегатов на каждом агрофоне между четырьмя площадками.

По результатам анализа четырех смешанных образцов для каждого агрофона рассчитано среднее содержание фракций микроагрегатов в процентах к весу почвы.

Для однофакторного дисперсионного анализа содержание фракций микроагрегатов в процентах было преобразовано по Доспехову (пробиты или $\arcsin\sqrt{\%}$). Несмотря на небольшие различия среднего содержания фракций между вариантами, они оказались высокозначимыми. На З по сравнению с БП выше доля коллоидной (в З – 18.3%, БП – 14.8% от массы почвы) и предколлоидной (в З – 14.3%, БП – 12.6%) фракций, которые в сумме составляют илстую. Более ранними исследованиями установлено, что органическое вещество илистой фракции прочно связано в органо-глинных комплексах, здесь сосредоточено порядка 60-80% углерода почвы. Видимо, в условиях залежи активно накапливаются и прочно закрепляются минеральной матрицей продукты преобразования органических остатков и гумификации. Здесь также выше доля частиц средней пыли (в З – 7.5%,

БП – 6.2%), органическое вещество которой представлено в основном зрелыми гумусовыми веществами гуматной природы, не связанными прочно с минеральной матрицей. Эти компоненты гумуса содержат элементы питания в наиболее доступной для растений форме, а также служат формированию оптимальных водно-физических свойств почвенных агрегатов. Следовательно, увеличение доли частиц средней пыли в почве З по сравнению с БП говорит об активном формировании ее ценных агрономических качеств. Увеличение доли частиц крупнее 50 мкм (З – 13.3%, БП – 10.9%), видимо, обусловлено поступлением большого количества растительных остатков в залежных условиях, продукты их преобразования и гумификации поступают в илистые и пылеватые фракции.

Результаты проведенного исследования позволяют рекомендовать смешанные образцы для характеристики микроагрегатного состава типичного чернозема. Полученные данные дают возможность составить представление о механизмах преобразования пулов органического вещества почвы в залежном состоянии по сравнению с почвой под бессменным паром, ведущие к улучшению ее гумусового и структурного состояния.

УДК 631.42

ВАЛОВОЙ ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ЧЕРНОЗЕМА ЮЖНОГО ПРИ РАЗЛИЧНОМ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОМ ИСПОЛЬЗОВАНИИ

Кучеренко А.В., Кучменко Е.В., Медведева А.М.
Южный федеральный университет, Ростов-на-Дону
E-mail: alkucherenko@bk.ru

Плодородие почвы является важнейшим показателем как для сельского хозяйства, так и для агроэкологического состояния в целом. Основные свойства, определяющие плодородие почвы, зависят от ее химического состава, а точнее, от количества того или иного элемента. Одной из важных характеристик, оказывающих влияние как на почву, так и на развитие сельскохозяйственных культур в целом, является содержание в почве макро- и микроэлементов. Все исследованные нами элементы (марганец, цинк, медь, свинец, никель, железо, фосфор, титан, калий, магний, кальций) были выбраны с учетом их важной биологической роли в экосистемах и жизнедеятельности растений. Основные их функции в растениях связаны с процессами фотосинтеза, роста, развития, плодоношения и синтезом главных ферментов. При различном сельскохозяйственном использовании земельных участков меняется и валовой хими-

ческий состав в почве, что может негативно сказаться на качестве получаемого урожая.

Полевые исследования проводили в ОАО «Янтарное» Мартыновского района Ростовской области. Почва – чернозем южный карбонатный среднemocный тяжелосуглинистый. На территории хозяйства с различными сельскохозяйственными культурами было заложено шесть полнопрофильных разрезов: два под озимой пшеницей, два под виноградными растениями; один чистый пар; один под плодовым садом. Анализы образцов выполнены в лаборатории кафедры почвоведения и оценки земельных ресурсов Южного федерального университета. Для определения валовых форм элементов использовали рентгено-флуоресцентный анализ.

В результате проведенных исследований установлено, что при возделывании различных сельскохозяйственных культур содержание валовых форм химических элементов в профиле чернозема южного находится в рамках нормы ОДК (ГН 2.1.7.2511-09) и ПДК (ГН 2.1.7.2041-06).

Анализируя полученные данные, следует отметить, что по величине средней валовой концентрации исследованные макроэлементы в почве изучаемого хозяйства образуют ряд $Ca > K > Mg > P$. Микроэлементы можно ранжировать в следующем порядке: $Mn > Zn > Ni > Cu > Pb > Fe > Ti$.

Виноградные растения активно участвуют в перераспределении микроэлементов в корнеобитаемом слое почвы: элементами сильной биологической аккумуляции являются Mn, Zn, Cu, Ni , к элементам слабого накопления и среднего захвата относится Fe , слабого захвата – Ti .

Под озимой пшеницей в верхнем горизонте почвы отмечается накопление Zn, Cu, Mn . Это явление – результат действия разных факторов, но, прежде всего, концентрация данных микроэлементов в верхнем слое почвы (Ап и А) отражает их биоаккумуляцию, а также современное антропогенное влияние.

УДК 631.445.4

ЧЕРНОЗЕМЫ НА ПЛОТНЫХ ПОРОДАХ: ГЕНЕЗИС, СВОЙСТВА, ОХРАНА

Литвинов Ю.А., Безуглова О.С., Горбов С.Н.
Южный федеральный университет, Ростов-на-Дону
E-mail: litvinov_ua@mail.ru

Чернозем – один из наиболее полно изученных типов почв, однако в разных национальных школах имеются различные точки зрения даже на такой, казалось бы, общий признак, как строение профиля

чернозема. Так, в российском почвоведении черноземы – это почвы, преимущественно с полноразвитым профилем, наличием переходного по гумусу горизонта В, для которого характерно накопление глины за счет процессов оглинивания и вторичных карбонатов за счет процессов иллювиирования и миграции. Большинство европейских национальных научных школ рассматривают черноземы как почвы, имеющие профиль А-С, где А – это мощный органогенный горизонт.

С этой точки зрения интерес представляют черноземы, развивающиеся на плотных породах. В силу весьма неблагоприятных для почвообразования свойств таких пород почвы имеют целый ряд особенностей. В то же время работ, посвященных их изучению, мало. В Национальном атласе России черноземам на плотных породах внимания не уделено совсем, упоминается только, что «черноземы встречаются и на дериватах плотных пород». Черноземы на известняках, мергелях и мелах, известные также как черноземы остаточно-карбонатные, в классификации WRB (2006) называются *Leptic Chernozems Skeletic*, в классификации FAO (1988) – *Naptic Chernozems*. Черноземы на сланцах и песчаниках в Едином государственном реестре почвенных ресурсов России (2014) отнесены в группу «Черноземы без разделения», по классификациям FAO (1988) и WRB (2006) – это *Mollic Leptosols*.

Черноземы на плотных породах встречаются на западе Ростовской области в пределах Донецкого кряжа, занимая довольно компактным массивом примерно 50 тыс. га, что составляет 0.49% от территории Ростовской области. Основные площади их находятся в подзоне черноземов южных, встречаются эти почвы и среди черноземов обыкновенных.

Морфологические особенности изученных черноземов обусловлены характером почвообразующей и подстилающей породы, ее химическим составом, а также положением почвы по рельефу. Почвообразующими породами для этих почв служат элювий плотных пород, под которым залегают невыветрившиеся монолитные плиты известняка, сланцев, мергелей, мела, песчаника.

Изучены черноземы, развивающиеся на сланцах, известняках, песчаниках и меловых отложениях. Независимо от того, какая именно порода служит источником почвообразующего материала, мощность А+В составляет примерно 45 см. Интересные варианты встречаются на двучленных отложениях, когда плотная порода перекрыта тонким плащом мелкоземистого материала. Мощность таких почв несколько больше, что обусловлено более разнообразным химическим составом двучленной породы.

Так как почвы чаще всего залегают на склонах, они не распаиваются, богатое степное разнотравье своими корневыми системами предохраняет почвы от развития эрозии. Этим объясняется довольно

высокая гумусированность изученных почв и повышенная по сравнению с литературными данными мощность этих почв.

Высокое содержание гумуса в дерновом горизонте (6-9%) характерно для черноземов, развивающихся на карбонатных породах, что объясняется богатством почвенных растворов обменным кальцием, связывающим гуминовые кислоты в малорастворимые гуматы кальция. Почвы, развивающиеся на сланцах, содержат в дерновом горизонте 2.5-4% гумуса.

Черноземы на плотных карбонатных породах отличаются от почв того же типа на мелкоземистых породах не только пониженной мощностью и щебнистостью, но и отсутствием карбонатных новообразований – мицелия и «белоглазки», поэтому подтиповая принадлежность этих почв не идентифицируется. Эти почвы можно рассматривать как переходный подтип к дерново-карбонатным почвам, от которых их отличает карбонатность с поверхности, в то время как рендзины, достигшие в своем эволюционном развитии такой мощности, обычно уже выщелочены от карбонатов.

УДК 631.42

ПРИМЕНЕНИЕ КОМБИНИРОВАННОЙ СХЕМЫ ФРАКЦИОНИРОВАНИЯ В УСЛОВИЯХ ЭКСТРЕМАЛЬНОЙ ТЕХНОГЕННОЙ НАГРУЗКИ НА ПОЧВЫ ЧЕРНОЗЕМНОЙ ЗОНЫ

**Манджиева С.С., Бурачевская М.В., Минкина Т.М., Замулина И.В.,
Брень Д.В., Мальцева Т.А.**

Южный федеральный университет, Ростов-на-Дону

E-mail: msaglara@mail.ru

Прогрессивно возрастающее воздействие человека на окружающую среду приводит к нарушению естественных биогеохимических циклов веществ, накоплению токсикантов в трофических цепях, конечным звеном которых является человек, причем большая часть антропогенных выбросов в той или иной форме аккумулируется в почве, делая ее токсичной для растений и других организмов. Примером, когда многолетнее техногенное воздействие сказывается губительно на окружающую среду, являются окрестности г. Каменск-Шахтинский. Систематический сброс (с начала 1950-х до середины 1990-х гг.) промышленных стоков в пойменные озера привели к формированию на месте высохшего оз. Атаманское техногенной территории – опаснейшего источника вторичного загрязнения тяжелыми металлами и прежде всего Zn.

Уровень общего содержания загрязняющих веществ в почве не дает возможности оценить реальную угрозу для биосферы – опреде-

лить их мобильность и способность переходить в сопредельные среды. С этой целью информативно изучать фракционно-групповой состав металлов, базовый для выявления диагностической группы соединений при определении уровня негативного влияния на окружающую среду и оценке устойчивости почвенной системы. Комбинированная схема фракционирования предусматривает выделение семи фракций тяжелых металлов сочетанием экстракционных и расчетных методов. Соотношение групп и входящих в них фракций показывает изменения прочности связи металла с почвенными компонентами при изменении уровня техногенной нагрузки.

Выявлено, что в природных лугово-черноземных почвах преобладание группы прочно связанных соединений Zn (87-94% от суммы фракций) обеспечивается удержанием первичными и вторичными минералами (70-77% в группе прочно связанных соединений). Экстремальное загрязнение (до 66 000 мг/кг Zn) почвы Ростовской области привело к нарушению естественного соотношения в них соединений металлов. Участие прочно связанных соединений в формировании возросшего общего содержания Zn снижается (на 23-39%) за счет активного вовлечения ионов металла в состав группы непрочно связанных соединений. Чем выше нагрузка, тем активнее идет этот процесс. Высокую буферную способность лугово-черноземной почвы обеспечивают тяжелый гранулометрический состав, физическая глина (52.1%), высокое содержание органического вещества ($C_{орг}$ 2.6%), наличие карбонатов (5.3%), высокая емкость поглощения (33 смоль(+)/кг). Однако высокий уровень техногенной нагрузки привел к увеличению относительного содержания группы непрочно связанных соединений Zn – от 6 до 52% от валового содержания.

Изменение подвижности Zn в основном связано с образованием обменных и специфически сорбированных соединений на оксидах Fe и Mn. Основными механизмами, определяющими удерживание Zn в непрочно связанном состоянии, являются процессы специфической сорбции.

На основе комбинированной схемы фракционирования выявлена роль органического вещества и оксидов Fe-Mn и их полифункциональность в закреплении Zn в условиях экстремального загрязнения почв. Показано, что с повышением техногенной нагрузки меняется механизм взаимодействия металла с почвенными компонентами: рост содержания непрочно связанных соединений Zn с органическим веществом и оксидами Fe опережает увеличение содержания их прочносвязанных форм. Участие оксидов Fe в иммобилизации металла в почвах с высокой техногенной нагрузкой незначительно (2% от суммы фракций).

В целом выявлено, что содержание и состав группы непрочно связанных соединений Zn является индикатором уровня техногенной

нагрузки на почвенную систему и определяет экологическую опасность загрязненных почв. Предлагаемый способ оценки состояния почв может быть использован для широкого спектра почв при различных уровнях техногенной нагрузки.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФ № 19-74-00085.

УДК 631.412

АГРОХИМИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ЧЕРНОЗЕМА ОБЫКНОВЕННОГО ПРИ РЕСУРСОБЕРЕГАЮЩИХ АГРОТЕХНОЛОГИЯХ

Медведева А.М., Кучеренко А.В., Ильченко Я.И.
Южный федеральный университет, Ростов-на-Дону
E-mail: medvedeva.estelior@yandex.ru

Обработка почвы является одним из важнейших факторов воздействия, определяющим физические и химические свойства агрогенных почв, приводящим к изменению в структуре и функционировании почвенного микробного сообщества; фактором, влияющим на экологическое состояние и плодородие почвы и в конечном итоге на показатели урожайности возделываемых культур. При возделывании сельскохозяйственных культур в Ростовской области в большинстве случаев используют технологию отвальной вспашки.

Объектом исследования послужил чернозем обыкновенный карбонатный мощный тяжелосуглинистый на лессовидном суглинке ЗАО им. С.М. Кирова Песчанокопского района Ростовской области. Возделываемая на полях хозяйства культура – озимая пшеница (*Triticum aestivum* L.). В производственных посевах в период с 2013 по 2017 г. нами были отобраны пробы почвы по горизонтам из 18 полнопрофильных разрезов: шесть – при использовании нулевой обработки почвы – технология прямого посева (No-till); пять – минимальная обработка на глубину 10-12 см (БДТ-3); три – традиционная обработка (вспашка на глубину 25-27 см (ПЛН-4-35) и четыре разреза на целинном участке. Для изучения влияния различных способов основной обработки на агрохимические параметры чернозема обыкновенного проводили анализ содержания органического вещества по методу Тюрина в модификации ЦИНАО (ГОСТ 26213-91), общего азота по ГОСТ 26107; аммонийного азота по ГОСТ 26489 в модификации ЦИНАО; нитратного азота по методу Грандваль-Ляжу; подвижных форм фосфора по Мачигину. Математическую обработку полученных результатов проводили в программе STATISTICA 10.

Результаты исследований показали, что многолетнее использование ресурсосберегающих технологий способствует постепенной стабилизации гумусного состояния чернозема обыкновенного карбонатного исследуемой территории. Применение прямого посева увеличивает содержание гумуса по сравнению со вспашкой на 0.72%, минимальной обработки – на 0.9%, степень гумусированности повысилась практически до уровня почвы целинного участка. Систематическое поступление растительных остатков, применение рациональных доз минеральных удобрений, благоприятные экологические условия (влажность, температура) способствовали восполнению органического вещества над его минерализацией при использовании ресурсосберегающих технологий. Многолетнее применение минимальной обработки (16 лет) и прямого посева (8 лет) после длительной вспашки позволяет повысить уровень запаса гумуса в метровой толще (554.83 и 476.66 т/га соответственно), что подтверждается результатами дисперсионного анализа.

Используемые агротехнологии не оказали достоверного влияния на содержание общего азота в почве. Однако, можно отметить несколько более низкий уровень азота при вспашке (0.22%) по сравнению с ресурсосберегающими технологиями (0.26% – нулевая и 0.28% – минимальная).

За годы исследования существенного влияния используемых агротехнологий на интенсивность процессов аммонификации в черноземе обыкновенном карбонатном выявлено не было. Содержание аммонийного азота при исследуемых способах обработки отличается незначительно.

Применение ресурсосберегающих технологий в исследуемой зоне недостаточного увлажнения позволяет добиться накопления большего количества влаги, нежели при вспашке, что создает благоприятные условия для микроорганизмов и обуславливает достаточно высокую интенсивность биологических процессов. Процессы нитрификации протекают с высокой скоростью, в результате чего накапливается большее количество нитратного азота (27.0-29.0 мг/кг) при нулевой и минимальной обработках, чем в производственных посевах с отвальной вспашкой (20.0 мг/кг).

Выявлено, что содержание подвижных фосфатов в верхних горизонтах почвы при нулевой и минимальной обработке меньше, чем при использовании отвальной обработки. Вероятно, процесс минерализации фосфорорганических соединений усиливается при вспашке в большей мере, чем при минимизации обработки.

ВЛИЯНИЕ АССОЦИАТИВНЫХ БАКТЕРИЙ НА МИКРОБНЫЕ СООБЩЕСТВА ЧЕРНОЗЕМА ЮЖНОГО РИЗОСФЕРЫ *TRITICUM AESTIVUM*

Мельничук Т.Н.¹, Абдурашитов С.Ф.¹, Еговцева А.Ю.¹, Андронов Е.Е.²,
Абдурашитова Э.Р.¹, Радченко А.Ф.¹, Ганоцкая Т.Л.¹, Радченко Л.А.¹

¹ НИИ сельского хозяйства Крыма, Симферополь

E-mail: melnichuk7@mail.ru

² Всероссийский НИИ сельскохозяйственной микробиологии, Санкт-Петербург

E-mail: eeandr@gmail.com

Метагеномный анализ ризосферы пшеницы сортов Лидия, Ермак и Багира показал наличие представителей 18 фил, относящихся к доменам археи и бактерии. Значительную долю составляли неопределенные представители среди доменов, показатели которых колебались от 40.3 до 43.3% в зависимости от сорта и его инокуляции штаммом. В состав доминирующих (доля выше 1%) фил прокариот вошли семь: *Thaumarchaeota*, *Acidobacteria*, *Actinobacteria*, *Bacteroidetes*, *Firmicutes*, *Proteobacteria* и *Verrucomicrobia*. Доля неопределенных филотипов из домена *Bacteria* составила 1.3-1.7%.

Представленность архей филы *Thaumarchaeota* находилась в пределах 1.7-2.1% у сорта Лидия и Ермак и 1.5-2.4% – у сорта Багира. Штамм L1 способствовал незначительному ее увеличению. Инокуляция способствовала увеличению доли бактерий филы *Acidobacteria*, за исключением варианта со штаммом M3 у сорта Лидия и R1 у двух других сортов, где отмечено незначительное снижение по сравнению с контролем. Максимальные показатели их доли отмечены при инокуляции B5 и M3, которые были выше контроля в 1.7 и 1.3 раза соответственно на сорте Ермак и 1.5 и 1.7 раза на сорте Багира, тогда как у сорта Лидия – в 1.2 раза при инокуляции штаммом B5.

Представители филы *Actinobacteria* приспособлены к сухим и теплым условиям. На сорте Ермак максимальный показатель их доли 14.7% отмечен в варианте с L1, в контроле 13.2%, на сорте Багира в этом варианте также отмечено повышение, но максимальное с долей 15.4% со штаммом R1 при 14.8% в контроле. Доля представителей филы *Bacteroidetes* увеличивалась под влиянием инокуляции у сорта Багира с 10.96% в контроле до 11.13% в варианте с R1 и 15.9% с P4. У сорта Ермак их представительство в контроле составило 14.26% и увеличивалось под влиянием штаммов R1, M3 и B5 до 15.08, 15.20 и 17.62% соответственно. У сорта Лидия наблюдалось увеличение доли при инокуляции штаммами L1 и R1.

У представителей филы *Firmicutes*, участвующих в разложении сложных органических веществ и поддержании стабильности

микробиома ризосферы, в условиях чернозема южного под влиянием штаммов на сорте Лидия увеличение доли отмечено в большинстве вариантов, максимальное (в 1.5 раза) – в вариантах с Р4 и М3, на сорте Ермак доля была незначительно (на 0.3%) выше с L1. Инокуляция другими штаммами способствовала снижению доли у сортов Ермак и Багира.

Снижением доли реагировали на инокуляцию представители флоры *Proteobacteria* в ризосфере сортов Лидия и Ермак, наиболее значительным (на 1.0 и 1.5% соответственно) в варианте с М3. В варианте с R1 на сорте Ермак отмечено незначительное повышение доли на 0.3%. У сорта Багира снижению доли на 0.8% также способствовала инокуляция штаммом М3, увеличению на 0.6% – штаммом В5, в остальных вариантах показатели были близки к контролю. В исследуемых нами образцах под влиянием инокуляции отмечены тенденции к незначительному увеличению доли *Verrucomicrobia*, представители которой чувствительны к плодородию почвы.

Таким образом, установлено влияние ассоциативных с *T. aestivum* штаммов на таксономическую структуру ризосферы в условиях полевого опыта на черноземе южном степной зоны Крыма.

Работа выполнена в рамках государственного задания фундаментальных исследований № 0834-2019-0005 и при поддержке гранта РФФИ № А18-016-00197.

УДК 631.445.4(470.620)

СОСТОЯНИЕ ЧЕРНОЗЕМА ВЫЩЕЛОЧЕННОГО ЗАПАДНОГО ПРЕДКАВКАЗЬЯ

Онищенко Л.М., Шеуджен А.Х.

Кубанский государственный аграрный университет, Краснодар
E-mail: Onishhenko.l@kubsau.ru, Sheudzhen.a@kubsau.ru

Исследования проведены на стационарном опыте кафедры агрохимии Кубанского государственного аграрного университета в южной части Азово-Кубанской низменности Западного Предкавказья, где реализуется 11-польный зернотравяно-пропашной севооборот. Почва – чернозем выщелоченный слабогумусный сверхмощный легкоглинистый на лессовидных тяжелых суглинках.

Минеральные удобрения в дифференцированных нормах (N0P0K0; N2P2K2; N3P3K3) повышали кислотность почвенного раствора (на момент закладки опыта 6.80 единиц рН), и показатель с повышением норм минеральных удобрений снижался от 6.50 до 6.27 единиц рН. При внесении N1P1K1 наблюдалась лишь тенденция к повышению активной кислотности.

В черноземе выщелоченном сумма поглощенных оснований на вариантах N0P0K0, N1P1K1, N2P2K2 и N3P3K3 уменьшилась на 9.04, 10.8, 11.4 и 12.7 мг-экв./100 г относительно ее величины до закладки опыта. Сумма обменных оснований, унаследованная от материнской лессовидной глины, частично приобретенная в процессе почвообразования, свидетельствует о достаточно высоком уровне плодородия чернозема выщелоченного.

При внесении дифференцированных норм удобрений в Апах содержание гумуса составило 2.93, 2.95, 3.06 и 3.07% соответственно. В настоящее время прослеживается тенденция восполнения его содержания на 0.020, 0.022, 0.025 и 0.018% относительно этих же показателей, выявленных во второй ротации севооборота. Ежегодный прирост варьировал от 0.22 до 0.27%. Компенсации потерь гумуса способствовали оставляемые растительные остатки, используемые минеральные удобрения и выращиваемые в севообороте люцерна и соя. В агроценозе сои определено значительное накопление в Апах растительных остатков (1.81-2.08 т/га), а невысокая их минерализация (0.40-0.41 т/га) способствует образованию гумуса (0.36-0.55 т/га). Накопление гумуса – от 2.72 до 3.32 т/га (после распахки люцерны третьего года жизни), при его минерализации, изменяющейся от 0.69 до 0.86 т/га. Баланс гумуса в почве бездефицитный: после выращивания сои он был от +0.04 до +0.12 т/га, а после люцерны изменялся в пределах от +2.03 до +2.46 т/га.

Доля органической формы азота определялась в довольно высоких значениях – 98.3-99.2%, а минеральная форма азота, понижающаяся с глубиной, в горизонтах АВ1 и АВ2 составила 2.05 и 0.74% от общего содержания элемента. Чернозем выщелоченный характеризуется высокой фиксирующей способностью по отношению к аммонии. Доля фиксированного азота в составе минерального значительна – от 79.3 до 80.8%. Содержание минерального фосфора в слое Апах составляет 430 и 365 мг/кг, или 27.9 и 25.0% от валового. За ротацию севооборота в горизонтах Апах и А без удобрений наметилась тенденция к его понижению на 23.5 и 10.4%. Система удобрения культур способствовала повышению содержания валового фосфора на 6.8 и 2.4% соответственно. Содержание обменного калия в Апах почвы определяется в пределах 350 и 380 мг/кг, а водорастворимого калия – от 28 до 39 мг/кг. Содержание кальция в горизонтах Апах и А – 30.60 и 31.51 мг-экв./100 г почвы.

Результаты экспериментальных данных о физико-химических свойствах чернозема выщелоченного, трансформации соединений азота, фосфора, калия, а также рассчитанный баланс биогенных элементов являются теоретическими предпосылками для корректировки норм удобрений с целью соблюдения экологического равновесия в системе почва–растение–удобрение.

УДК 631.465

ВЛИЯНИЕ ВТОРИЧНОГО ГИДРОМОРФИЗМА НА АКТИВНОСТЬ ПОЧВЕННЫХ ФЕРМЕНТОВ УГЛЕРОДНОГО ЦИКЛА В ЧЕРНОЗЕМАХ МИГРАЦИОННО- СЕГРЕГАЦИОННЫХ РОСТОВСКОЙ ОБЛАСТИ

Русева А.С., Тищенко С.А.

Южный федеральный университет, Ростов-на-Дону

E-mail: ruseva.ann@yandex.ru

Степные ландшафты юга России в последние 10-летия испытывают на себе постоянно усиливающуюся антропогенную нагрузку. Совместно с комплексом различных природных факторов это способствует развитию на территории области ряда деградационных процессов, важное место среди которых занимают явления роста площадей локально переувлажненных ландшафтов. Переувлажнение становится причиной изменения почвенных свойств, утраты плодородия черноземов и исключению таких почв из сельскохозяйственного оборота.

Целью данной работы являлось изучение влияния переувлажнения черноземов миграционно-сегрегационных Ростовской области на активность почвенных ферментов углеродного цикла. Объектом исследования был выбран участок переувлажнения в Зерноградском районе, который расположен в депрессии рельефа на сельскохозяйственном поле и вследствие особенностей увлажнения и растительного покрова не обрабатывается последние 40 с лишним лет. Почвенный покров залежного участка представляет собой комбинацию из черноземов квазиглееватых солончаковых и черноземов квазиглееватых незасоленных родов. На территории участка произрастают многолетние растительные сообщества влаголюбивых видов с доминированием тростника обыкновенного (*Phragmites australis*) и вейника наземного (*Calamagrostis epigejos*). Для сравнения полученных результатов на том же сельскохозяйственном поле отбирались образцы чернозема миграционно-сегрегационного, который не несет признаков переувлажнения. Определение активности ферментов пероксидазы и полифенолоксидазы в почвах проводили по методу Л.А. Корягиной, Н.А. Михайловой. Для определения активности инвертазы использовали модифицированный колориметрический метод Ф.Х. Хазиева.

Проведенные ранее исследования переувлажненных черноземов Зерноградского района выявили увеличение содержания общего гумуса в полтора, а иногда и в два раза по сравнению с окружающими их автоморфными черноземами. Наиболее важными ферментами, которые принимают участие в процессах гумусообразования, являются полифенолоксидаза и пероксидаза. Первый фермент принимает

участие в разрушении лигнина, а второй способствует превращению органических ароматических соединений в компоненты гумуса. Инвертаза (β -фруктофуранозидаза) катализирует расщепление различных углеводов. В исследуемых черноземах наибольшая активность пероксидазы и полифенолоксидазы в целом отмечается для переувлажненного чернозема квазиглееватого по сравнению с автоморфным черноземом миграционно-сегрегационным, причем для полифенолоксидазы разница является более выраженной. Коэффициент корреляции Спирмена указывает на сильную достоверную корреляцию ($p < 0.5$) между содержанием гумуса и активностью обоих ферментов. Выявлено также неодинаковое изменение активности обоих ферментов с глубиной. Для чернозема миграционно-сегрегационного активность пероксидазы и полифенолоксидазы закономерно снижается с глубиной. В черноземе квазиглееватом наблюдается обратная тенденция: увеличение активности обоих ферментов с глубиной. Причиной такого явления могут выступать повышенная влажность нижней части профиля, растянутость гумусового профиля переувлажняемого чернозема за счет потечности гумуса. Из литературы известно, что активность инвертазы в большой степени коррелирует с количеством органического углерода в почвах. Наши исследования, однако, не выявили достоверной разницы по данному показателю в переувлажненных и автоморфных черноземах. Тем не менее, в абсолютных значениях активность инвертазы для верхнего 20-сантиметрового слоя в черноземе квазиглееватом значительно превышает данный показатель в черноземе миграционно-сегрегационном, не подверженном переувлажнению (20 и 4 мг глюкозы/г почвы соответственно).

Таким образом, при переувлажнении черноземов миграционно-сегрегационных изменяется активность ферментов углеродного цикла. Активность вышеупомянутых ферментов возрастает вслед за увеличением количества общего гумуса, а также наблюдается рост активности этих ферментов с глубиной.

УДК 631.434

ОРГАНИЧЕСКОЕ ВЕЩЕСТВО ЧЕРНОЗЕМОВ ПАРКОВО-РЕКРЕАЦИОННЫХ ЗОН РОСТОВА-НА-ДОНУ

Скрипников П.Н.

Южный федеральный университет, Ростов-на-Дону

E-mail: pav.sc@yandex.ru

Органическое вещество является одним из важнейших составных компонентов почвы, обеспечивающих стабильное выполнение ею ряда экологических функций. Основным источником поступления органи-

ческого вещества в почву в естественных условиях являются отмершие части растений на разных стадиях разложения. Объективным же фактором развития почвы в условиях городской среды становится влияние антропогенной нагрузки на формирование ее физико-химических свойств. Содержание гумуса в поверхностном 10-сантиметровом слое почв лесопарков Ростова-на-Дону примерно на 2% выше, чем в почвах близлежащих нативных территорий. В среднем оно составляет 5.7% с колебаниями от 4.4 до 7.6%. Созданные в середине прошлого столетия в черте города и за его пределами лесопарки и посадки лесозащитного пояса способствовали изменению микроклимата и развитию травянистого покрова, который на открытых местах в летнее время выгорает. Вследствие этого наблюдается усиленное поступление в почву растительного опада и, соответственно, увеличение гумусности.

С целью исследования влияния травянистой растительности, сформированной под древесными насаждениями, на характер накопления органического вещества был проведен отбор почвенных проб в лесопарках различных частей г. Ростова-на-Дону и его пригородов в разное время вегетации растений – весной и в конце лета. В местах исследования были выделены растительные ассоциации с учетом доминирующих видов трав или их полного отсутствия. Участки, на которых проводились наблюдения, условно были обозначены как «Злаки» – ячмень заячий (*Hordeum*), кострец японский (*Bromus japonicus* Thunb); «Гравилат» – гравилат городской (*Geum urbanum*) и фиалка опушенная (*Viola hirta*), «Разнотравье» – места без четко выраженного доминанта, встречается чесночница черешковая (*Alliaria petiolata*), подмаренник цепкий (*Galium aparine*); «Без травянистой растительности» – места с полным отсутствием травянистой растительности.

Для определения содержания органических соединений углерода был использован метод высокотемпературного каталитического сжигания на анализаторе общего органического углерода TOC-L CPN Shimadzu с последующим детектированием двуокиси углерода.

По результатам проведенных исследований было выяснено, что на участках, где произрастает злаковая растительность и гравилат, наблюдается наибольшее содержание $C_{орг}$: в среднем оно составляет 4.7% с колебаниями от 4.5 до 4.8%. Превышение по сравнению с другими участками статистически достоверное. На участках с отсутствием травянистой растительности и там, где не удалось выявить доминирующую группу растений, содержание $C_{орг}$ в среднем не превышало 4.1%.

По результатам исследования сезонной динамики была выявлена тенденция к снижению от весны к концу лета содержания органического вещества в черноземе под всеми ассоциациями. Однако достоверная разница, судя по критерию Стьюдента с 90%-ной ве-

роятностью, в содержании $C_{\text{орг}}$ между результатами весеннего (май) и летнего (август) отборов прослеживается только для участков, на которых в растительном сообществе доминировал гравилат. В августе его содержание приблизилось к величинам, соответствующим участкам, где травянистая растительность отсутствовала. Вероятно, такой характер динамики органического углерода обусловлен особенностями вегетации гравилата городского.

Исследование выполнено при государственной поддержке ведущей научной школы Российской Федерации (НШ-2511.2020.11) с использованием оборудования ЦКП «Биотехнология, биомедицина и экологический мониторинг» и ЦКП «Высокие технологии» Южного федерального университета.

УДК 631.436

ТЕПЛОВОЙ РЕЖИМ АГРОЧЕРНОЗЕМА В ПРЕДЕЛАХ ПРЕДУРАЛЬСКОЙ ЛЕСОСТЕПНОЙ ЗОНЫ РЕСПУБЛИКИ БАШКОРТОСТАН

Сулейманов Р.Р.^{1,2}, Адельмурзина И.Ф.², Миннегалиев А.О.²

¹ Уфимский Институт биологии УФИЦ РАН, Уфа
E-mail: soils@mail.ru

² Башкирский государственный университет, Уфа
E-mail: adelmur@mail.ru

Продовольственная и сельскохозяйственная организация Объединенных Наций отмечает, что температура является одним из важных свойств почв, которая в определенных пределах контролирует возможность роста растений и процессы почвообразования. При этом каждый почвенный профиль имеет определенный температурный режим, который может быть измерен и описан. Тепловой режим почв зависит от положения в рельефе, экспозиции склона, вида сельскохозяйственных угодий, наличия мелиоративных систем, способов обработки почвы. При внедрении почвосберегающих адаптивно-ландшафтных систем ведения земледелия возникает необходимость более детального изучения теплообеспеченности сельскохозяйственных ландшафтов.

Согласно природно-климатическому районированию территории Республики Башкортостан, район исследования относится к Предуральской степной зоне. Опытный участок находится в междуречье рек Демы и Уршака. Рельеф представлен приподнятой крупноволнистой равниной с высотами 200-300 м. Средние температуры января -14.5 , июля $+19$ °С. Длительность безморозного периода составляет 125 дней. Годовая сумма осадков 400 мм, из них на теплый период

приходится 300 мм, мощность снежного покрова 40 см, повторяемость засух до 40%. Территория изучения относится к зоне умеренно тепло-го засушливого климата. Особенности природных условий изучаемой территории обусловили специфику структуры почвенного покрова на ее территории. Преобладающим типом почв является чернозем типичный (Voronich Chernozems).

Исследования температурного режима проводились на агрочерно-земе в условиях зерно-паро-пропашного севооборота за период июнь 2018–июнь 2019 г. В вегетационный период 2018 г. выращивалась сахарная свекла, в 2019 г. – яровая пшеница, обработка почвы – вспашка с оборотом пласта. Температурные датчики с функцией за-писи измерений в памяти помещались в едином почвенном профиле на глубину 20, 40, 60 и 80 см.

Анализ полученных температурных данных показывает, что в летний период 2018 г. максимальные значения отмечались 4 июля и в 9 ч утра (часовой пояс Asia/Yekaterinburg, UTC +5) составили на глубине 20 см 25.6 °C, 40 см – 25.6 °C, 60 см – 26.4 °C и 80 см – 25.6 °C. Следует отметить, что в течение дня эти показатели возрастали и достигли максимальных значений в 6 ч вечера – 27.8, 28.3, 28.9 и 27.2 °C соответственно. Следующий пик температуры пришелся на 26 июля и в 6 ч вечера составил 27.8, 28.3, 29.5 и 28.5 °C соответ-ственно. В дальнейшем по мере снижения температуры атмосферного воздуха отмечалось постепенное снижение температуры в профиле почвы. При этом за летний период наблюдений среднемесячная тем-пература воздуха для данной территории составила за июнь 16.2 °C, июль – 21.7 и август – 17.8 °C. Наименьшие значения были зафик-сированы 12 января 2019 г. в 9 ч вечера и составили для глубины 20 см –4.5 °C, 40 см –2.0 °C, 60 см –0.8 °C и 80 см –0.2 °C. Граница перехода через 0 °C в сторону положительных температур для глуби-ны 20 см произошла 11 апреля в 9 ч утра, а полностью почвенный профиль прогрелся до положительных температур 20 апреля – 1.1, 0.2, 0.1 и 0.2 °C соответственно. Если взять минимальную температу-ру, необходимую для прорастания зерен яровой пшеницы 2-4 °C, то устойчивое прогревание профиля агрочернозема до 80 см наступило в конце апреля (27-29 апреля 2019 г.).

УДК 631.46

АГРОХИМИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ЧЕРНОЗЕМОВ ЮГО-ВОСТОЧНОГО РЕГИОНА РЕСПУБЛИКИ БАШКОРТОСТАН

Суюндуков Я.Т., Хасанова Р.Ф., Суюндукова М.Б.

Институт стратегических исследований Республики Башкортостан,
Сибайский филиал, Сибай

E-mail: rezeda78@mail.ru

Башкирский государственный университет, Сибайский институт (филиал),
Сибай

E-mail: yalil_s@mail.ru

Башкирское Зауралье расположено в юго-восточной части республики в виде полосы шириной от 25 до 80 км и длиной 375 км. Доминирующим фоном почвенного покрова являются черноземы, занимающие более 96% территории пашни. Почвообразующие породы преимущественно представлены элювиальными и делювиальными отложениями основных и средних пород. Мощность гумусового слоя уменьшается с севера на юг от 50-60 до 40-45 см, среди обыкновенных и южных черноземов широко распространены маломощные виды. Преобладают тяжелые почвы, составляющие 95% площади пашни.

Почвенно-агрохимическими исследованиями были охвачены территории административных районов Зауралья с севера на юг: Учалинский – 46 182 га, Абзелиловский – 31 931, Баймакский – 59 987, Хайбуллинский – 105 292 га.

В почвах Учалинского района содержание общего гумуса колеблется в пределах от 6.1 до 12.5%, подвижного фосфора (P_2O_5) – от 36.0 до 198.0 мг/кг почвы, обменного калия (K_2O) – от 123.0 до 250.0 мг/кг, нитратного азота ($N-NO_3$) – от 1.8 до 19.5 мг/кг, $pH_{вод.}$ – от 6.3 до 7.3, гидролитическая кислотность (Н) – от 1.1 до 5.5 мг.-экв./100 г почвы, емкость катионного обмена (ЕКО) – от 41.0 до 51.0 мг.-экв. на 100 г почвы. Почвы Абзелиловского района характеризуются следующими средневзвешенными показателями: общий гумус 7.6%, P_2O_5 – 59, K_2O – 155, $N-NO_3$ – 9.9 мг/кг, $pH_{вод.}$ – 7.0, Н – 2.04, ЕКО – 41 мг.-экв./100 г почвы. Почвы Баймакского района: гумуса – 7.1%, P_2O_5 – 82.8, K_2O – 176.2, $N-NO_3$ – 17.7 мг/кг, $pH_{вод.}$ – 7.1, Н – 2.0, ЕКО – 42.7 мг.-экв./100 г почвы. Почвы Хайбуллинского района: гумуса – 5.7%, P_2O_5 – 60.6, K_2O – 149.5 мг/кг, $N-NO_3$ – 16.3 мг/кг, $pH_{вод.}$ – 7.5, Н – 0.88, ЕКО – 40.0 мг.-экв./100 г почвы.

Общей тенденцией изменения параметров плодородия почв Зауралья в градиенте север-юг является снижение содержания общего гумуса, подвижного фосфора, обменного калия и нитратного азота, изменение реакции среды от слабокислой до щелочной.

Для сравнения приводим результаты агрохимического обследования почв территорий соседних районов – Белорецкого и Бурзянского, которые относятся к горно-лесной зоне республики. Пахотных угодий относительно немного, обследованные площади составляют соответственно 12 070 и 4644 га и представлены преимущественно серыми лесными почвами и частично – черноземами оподзоленными. В этих почвах содержание общего гумуса варьирует от 5.3 до 10.4%, подвижного фосфора – от 13 до 49, обменного калия – от 60 до 152 и нитратного азота – от 1.3 до 21.6 мг/кг, $pH_{вод.}$ – 5.1-6.6, Н – от 2.68 до 9.08, ЕКО – в среднем 39.7 мг.-экв./100 г почвы.

В результате проведенной бонитировки выявлено, что наиболее высоким плодородием обладают пахотные почвы Учалинского района с преобладанием чернозема выщелоченного – 69 баллов. Далее следуют почвы Абзелиловского (62 балла, черноземы выщелоченные и обыкновенные), Баймакского (59 баллов, черноземы выщелоченные, обыкновенные и южные) и Хайбуллинского (48 баллов, черноземы обыкновенные и южные) районов. Средневзвешенный бонитетный уровень пахотных почв Бурзянского и Белорецкого районов составил соответственно 54 и 45 баллов.

Работа подготовлена за счет финансового обеспечения государственного задания ГАНУ «Институт стратегических исследований Республики Башкортостан» на 2020 г. (руководитель темы – Я.Т. Суюндуков).

УДК 631.46

БИОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ЧЕРНОЗЕМОВ МИГРАЦИОННО-СЕГРЕГАЦИОННЫХ МОЧАРНЫХ ЛАНДШАФТОВ

Тищенко С.А.

Южный федеральный университет, Ростов-на-Дону
E-mail: tischenko@sfnedu.ru

На территории юга России (Южный и Северо-Кавказский федеральные округа) широко развиты процессы подтопления земель. Этому способствуют как естественные причины, так и в значительно большей степени антропогенная деятельность. Важная особенность этого явления – его медленное развитие и накопительный характер последствий, что является причиной неприметности протекания этих процессов до достижения критической ситуации. Переувлажнение земель становится не только причиной снижения их ценности для сельскохозяйственного производства, но и в целом ухудшает экологическую обстановку в степной зоне. Формирование мочарных ландшафтов в очагах переувлажнения усложняет структуру почвен-

ного покрова, и в большинстве случаев вследствие невозможности проведения полевых работ в оптимальные сроки такие участки оставляются в залежь, лишь иногда распахиваясь в сухие годы. Изменение гидрологического и гидрохимического режимов почв вносит серьезные изменения в ход природных процессов, взаимосвязанных с гидросферой и литосферой, вызывая трансформацию черноземов, которая осуществляется катастрофически быстро и необратимо, в результате чего развиваются почвы гидроморфного ряда с четко выраженными деградационными признаками.

Цель настоящей работы – изучить изменения биологических свойств черноземов миграционно-сегрегационных, подвергающихся интенсивному переувлажнению.

В качестве объекта исследования был выбран локально переувлажненный ландшафт в Зерноградском районе Ростовской области, сформировавшийся более 40 лет назад в депрессии рельефа на сельскохозяйственном поле. Почвы на этом поле представлены черноземами миграционно-сегрегационными, почвенный покров мочарного ландшафта представляет собой комбинацию из черноземов квазиглееватых солончаковых и черноземов квазиглееватых незасоленных родов. Совокупность почвенно-экологических факторов в переувлажненном ландшафте служит основной причиной смены агрофитоценозов на естественные сообщества растений. Естественная флора изученного локально переувлажненного ландшафта представлена следующими семействами: Злаковые (*Poaceae*), Астровые (*Asteraceae*), Вьюнковые (*Convolvulaceae*), Крестоцветные (*Cruciferae*). Между фитоценозом переувлажненного ландшафта и агрофитоценозом существует переходная зона, которая занята сорными видами, а культурные растения сильно угнетены. Растительный покров участка не представляет собой единого целого, а состоит из отдельных очагов с доминированием тростника обыкновенного или вейника наземного.

Исследование биологических свойств показало, что общая микробная численность немного увеличивается в переувлажненных почвах, особенно в верхних горизонтах, по сравнению с черноземами миграционно-сегрегационными, однако, согласно шкале оценки обогащенности почв микроорганизмами по Звягинцеву, степень обогащенности характеризуется как очень бедная. Также выявлено повышенное образование углекислого газа в почвах переувлажненного ландшафта. Особенно заметно эмиссия CO_2 возрастает весной за счет повышенной влажности почвы. Между скоростью образования углекислоты и численностью бактерий в июньских образцах чернозема наблюдается слабая прямая корреляционная зависимость. Кроме того, процесс переувлажнения приводит к повышению активности некоторых почвенных ферментов. Наблюдается увеличение активности ферментов углеродного цикла, так как процесс переувлажнения

сопровождается увеличением количества органического вещества в черноземах миграционно-сегрегационных.

Наиболее ярко изменяется активность дегидрогеназных систем (Fe_2O_3 -редуктаз), участвующих в процессах восстановления железа. В исследуемых почвах обнаружено, что активность фермента весной в переувлажненных черноземах была выше в среднем в четыре-пять раз, чем в автоморфном черноземе. Осенью активность фермента ферриредуктазы в переувлажненных почвах снизилась, но, тем не менее, была выше в среднем в полтора-два раза, чем в автоморфном черноземе. Активность фермента практически не изменяется по профилю, оставаясь стабильно высокой с поверхности, что говорит о том, что восстановительные процессы проявляются во всем профиле, несмотря на преимущественно грунтовый тип питания данного ландшафта.

УДК 631.412

ИЗМЕНЕНИЕ ХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ЧЕРНОЗЕМОВ ОБЫКНОВЕННЫХ ПОД ВЛИЯНИЕМ АНТРОПОГЕННЫХ ГРУНТОВЫХ ВОД

Чернов В.А.¹, Чернов А.В.²

¹ Государственный центр агрохимической службы «Ставропольский»,
Михайловск

E-mail: stavhim@mail.ru

² Ставропольский государственный аграрный университет, Ставрополь
E-mail: Chernoval.2000@mail.ru

Черноземы обыкновенные являются лучшими почвами Ставропольского края, они получили распространение на площади 1321.6 тыс. га, что составляет 19.97% от общей площади сельхозугодий региона. На этих почвах собирают наибольшие урожаи сельскохозяйственных культур. Но автоморфные черноземы под воздействием антропогенных факторов, в частности, поднятия минерализованных грунтовых вод, приобретают негативные свойства, связанные и с изменением их химических свойств.

При характеристике изменения химических свойств почвы использовался сравнительный анализ по результатам почвенных обследований, проведенных в 2002 и 2019 гг. Обследованный участок расположен на пологих склонах, почвообразующие породы представлены делювиальными отложениями, площадь – 88 га. Выше участка по рельефу был создан водоем суточного регулирования для орошения, без изоляции его дна и стенок. В настоящее время водоем не используется, уровень грунтовых вод на участке менее 2.5 м.

В 2002 г. почвенный покров исследуемого участка был представлен черноземами обыкновенными карбонатными мощными сла-

богумусированными слабосмытыми с легкоглинистым гранулометрическим составом. Вскипание от 10%-ной соляной кислоты с поверхности, «белоглазка» с 138 см, «карбонатная плесень» 31-112 см. Реакция почвенного раствора ($\text{pH}_{\text{водн}}$) по профилю составила в горизонтах Апах и А 7.9-8.2, В1 и В2 – 8.1-8.2, ВС и С – 8.2. Количество обменного натрия в горизонтах В1 и В2 – 0.10 и 0.16 мг-экв/100 г соответственно, что составило 0.4 и 0.8% от суммы обменных оснований. Почвы не засолены водорастворимыми солями, сухой остаток менее 0.1%, сумма токсичных солей менее 0.04%, химизм засоления хлоридно-сульфатный.

Результаты почвенного обследования 2019 г. показали, что почвенный покров изменился, стал комплексным и вскрывались следующие почвы: черноземы обыкновенные карбонатные не солонцеватые, слабо-, среднесолонцеватые слабосолончаковые, слабосолончаковатые, слабоглубокосолончаковатые, слабоглубокозасоленные, а также солонцы черноземные корковые и глубокие слабо- и очень сильносолончаковые.

Реакция почвенного раствора ($\text{pH}_{\text{водн}}$) в 2019 г. по профилю составила в горизонтах А 8.0-8.7, В1 и В2 – 8.1-8.9, ВС и С – 8.2-9.0. Щелочность возросла по всем горизонтам, в горизонте А в пределах 0.1-0.5, ниже по профилю до 0.7-0.8 единиц. Содержание обменного натрия увеличилось и составило в горизонтах В1 и В2 1.35-17.0 мг-экв, что составило 1.3-30.10% от суммы обменных оснований. Это способствовало появлению солонцеватости практически на всем исследованном участке. В горизонте А содержание обменного натрия в пределах 1.2-29.6%, что повлекло также формирование солонцов корковых и глубоких (аналитически).

За характеризуемый период произошло засоление водорастворимыми солями практически всего участка наблюдений. Химизм засоления, как и в предыдущий период наблюдений, в большей мере хлоридно-сульфатный, но стали вскрываться горизонты почвы с сульфатно-содовым, сульфатно-гидрокарбонатным и содово-сульфатным составом солей. Возросло количество токсичных солей, в основном за счет нейтральных: сульфатов натрия и магния, их содержание по профилю составило 0.4-20.30%. Сухой остаток в пределах 0.068-3.175%, сумма ионов 0.055-3.517%, солевые горизонты располагались по профилю на различных глубинах и степень их засоления от слабой до очень сильной.

За достаточно короткий период наблюдений, который составил 17 лет, в черноземах обыкновенных, имеющих мощные гумусовые горизонты без негативных свойств, связанных с засолением, солонцеватостью и щелочностью, изменились химические свойства, которые повлекли за собой снижение их продуктивности и для их улучшения необходимо проведение дорогостоящих мелиоративных мероприятий.

УДК 631.445.4(571.51)

АГРОЧЕРНОЗЕМЫ ПРИЕНИСЕЙСКОЙ СИБИРИ: ОЦЕНКА СОВРЕМЕННОГО СОСТОЯНИЯ И НАПРАВЛЕНИЕ ЭВОЛЮЦИИ

Шпедт А.А.

Красноярский НИИ сельского хозяйства Красноярского НЦ СО РАН,
Красноярск

E-mail: shpedtaleksandr@ Rambler.ru

Площадь черноземов равнинной части Приенисейской Сибири составляет 5114.8 тыс. га, из них 4886.5 тыс. га находится в Красноярском крае и Хакасии и 228.3 тыс. га – в Республике Тыва. В Красноярском крае в структуре почвенного покрова распаханых массивов на долю агрочерноземов приходится 62%. Благодаря наличию черноземных почв край является одним из главных производителей товарного и продовольственного зерна в СФО. Согласно современным оценкам, почвенно-экологический индекс агрочерноземов разных подтипов изменяется от 33 до 48 баллов. Наибольшим количеством баллов оценены высокогумусные глинисто-иллювиальные и дисперсно-карбонатные агрочерноземы. Проявление дефляции и эрозии средней степени снижает ценность почв на 6-15 баллов.

Агрочерноземы обладают хорошими физическими, водно-физическими, физико-химическими и агрохимическими свойствами. Температурный режим агрочерноземов резко континентальный и более напряженный по сравнению с западно-сибирскими и европейскими почвами, именно он определяет ряд провинциальных особенностей: укороченный гумусовый горизонт, повышенная гумусированность верхней части почвы, низкая биологическая активность, карманность, наличие признаков мерзлотного оглеения, слоистая текстура, повышенная эффективность азотных удобрений. Качество гумуса отличается более узкими значениями отношений C:N и углерода ГК:ФК.

Агрочерноземы представлены разными подтипами, родами, видами и разновидностями – от малоплодородных укороченных мало-гумусных, часто карбонатных, до высокоплодородных, среднемогучных и мощных, тучных. Для данных почв характерна комплексность почвенного покрова и литологическая неоднородность почвообразующих пород.

Использование агрочерноземов влияет на строение почвенного профиля и агрохимические свойства. В почве под пашней утрачиваются дерновый и иллювиально-карбонатный горизонты. В целинном черноземе содержание гумуса и подвижных гумусовых веществ, как правило, наиболее высокое. В пахотном и залежном агрочерноземах

в темногомусовом горизонте содержание данных форм гумусовых веществ снижается соответственно в 1.4-1.5 и 1.1-1.4 раза.

Антропогенное воздействие на черноземные агроландшафты заключается в прогрессирующем развитии эрозийных процессов, механическом перемешивании гумусового и иллювиального горизонтов при обработке почв. Это приводит к формированию маломощных, мало гумусированных, вспаханных агрочерноземов, содержащих карбонаты с поверхности или на небольшой глубине (10-20 см).

Климатические изменения на территории региона направлены на увеличение тепла и осадков. В этой связи, меняется соотношение черноземов, лугово-черноземных и серых лесных почв. Полагаем, что лугово-черноземные и темно-серые лесные почвы можно будет диагностировать как черноземы глинисто-иллювиальные. Содержание, запасы и состав гумуса, вероятнее всего, останутся прежними на непахотных землях. Почвы, находящиеся под пашней, подвергнутся дальнейшей дегумификации. На части пахотных массивов мощность гумусового горизонта будет уменьшаться. При уменьшении гумусового горизонта <20-22 см будет происходить припахивание почвообразующих пород. Выход на дневную поверхность и поступление в гумусовый горизонт позднелейстоценовых, высококарбонатных пород сартанской свиты резко ухудшит свойства почв, приведет к снижению их плодородия и сельскохозяйственной значимости.

В пахотных агрочерноземах содержание лабильного органического вещества (ЛОВ) колеблется в пределах 0.15-1.55% от массы почвы. По сравнению с почвами, занятыми сельскохозяйственными культурами, в почвах под чистыми парами содержание легкоразлагаемой органики уменьшается на 30.0%, а в почвах разновозрастных залежей возрастает на 59.3%. Для оценки содержания ЛОВ пахотных почв земледельческой части региона предлагается градация (%): <0.30 – очень низкое, 0.31-0.60 – низкое, 0.61-0.90 – среднее, 0.91-1.20 – повышенное, 1.21-1.50 – высокое, >1.51 – очень высокое. Для оценки степени выпашивания почв пашни можно использовать относительное содержание ЛОВ от органического вещества почв. Применительно к пахотным почвам предлагается градация (балл): <3.0 – очень слабая, 3.1-6.0 – слабая, 6.1-9.0 – средняя, 9.1-12.0 – сильная, >12.1 – очень сильная.

УДК 551.311.234.7

ГУМУСНОЕ СОСТОЯНИЕ ЧЕРНОЗЕМОВ ОБЫКНОВЕННЫХ В СОВРЕМЕННЫХ АГРОЛАНДШАФТАХ РОСТОВСКОЙ ОБЛАСТИ

Юдина Н.В.

Донской государственный технический университет, Ростов-на-Дону

E-mail: udi-natasha@yandex.ru

Основу агроландшафтов Ростовской области составляют черноземы обыкновенные, традиционно используемые для получения высоких урожаев зерновых сельскохозяйственных культур. Интенсивная эксплуатация почв в течение последних 30-40 лет привела к сложившемуся дисбалансу между эффективным и потенциальным плодородием, выразившемся в отрицательном балансе запасов гумуса от 186 до 275 кг/га в зависимости от используемых севооборотов в сочетании с различными технологиями возделывания, такими как экстенсивная, беспестицидная, экологическая, интенсивная, альтернативная. В современных условиях использования пахотные почвы подвергаются увеличивающейся антропогенной нагрузке, влияющей на физико-химические параметры, состав и свойства органического вещества.

Сложившаяся отрицательная динамика в распахиваемых почвах по органическому углероду усиливается посредством сдачи в аренду и субаренду без проведения торгов земель сельскохозяйственного назначения казачьим обществам, которые используют выделенную территорию без соблюдения агрохимических технологических карт получения урожаев пшеницы. Сравнительный анализ коэффициента водопрочности почвенных агрегатов с диаметром 2-3 мм как наиболее устойчивых к размыванию водой на целинных и пахотных участках верхних горизонтов единого почвенного контура чернозема обыкновенного показал, что для распахиваемых черноземов коэффициент составляет 13.6% по сравнению с 40.7% на целинных участках, что подтверждает факт деградации структуры почвы. Сравнительный вариационно-статистический анализ содержания общего углерода выявил интервал от 3.62 до 10.62% на пахотных участках разных арендаторов (кадастровый номер участка 61:34:600018:1019, 61:34:600018:0078) и 24.62% ($n = 5$, при $P = 0.95$, $t_{st} = 2.78$) на целинных территориях (кадастровый номер участка 61:34:600018:1027), расположенных в рамках единого почвенного контура черноземов обыкновенных Сальского района Ростовской области.

Для достижения бездефицитного баланса гумуса на черноземах обыкновенных в севооборотах Ростовской области необходимо вносить органоминеральные удобрения в дозе 100 кг/га. Расширенное воспроизводство почвенного плодородия возможно при внесении органоминеральных удобрений в дозе 162 кг/га и введении в севооборот 40% многолетних трав.

Рабочая группа
ПО АРИДНЫМ ЗЕМЛЯМ

Председатель – д.б.н. З.Г. Залибеков

УДК 631.48 630.11

ТЕНДЕНЦИИ ОПУСТЫНИВАНИЯ ПОЧВ
ГОРНЫХ ЛАНДШАФТОВ ДАГЕСТАНА

Аличаев М.М., Казиев М.-Р., А. Султанова М.Г.
Федеральный аграрный НЦ Республики Дагестан, Махачкала
E-mail: niva1956@mail.ru

Горная зона Дагестана (включая предгорье) занимает 2.91 млн. га, охватывая территорию с высотными отметками 200-4400 м над ур.м. По почвенно-географическому районированию территория относится к горным сухим областям Внутренне-Дагестанской горной провинции.

В характере влияния засушливого климата и формирующихся признаков опустынивания наблюдается определенная зональность в системе высотной поясности. Четкое проявление признаков опустынивания отмечается с нижней границы предгорной зоны у подножья гор. Здесь распространены каштановые, темно-каштановые, коричневые почвы сухих лесов и кустарниковых лугостепей, где процессы опустынивания и аридизации проявляются в средней и сильной степени. В эту группу почв входят формирующиеся в надпойменных террасах предгорий лугово-каштановые, луговые, алювиально-луговые террасовые почвы. В узких долинах восточных и западных склонов распространены эродированные горно-степные почвы, подверженные дегумификации, водной эрозии и иссушению почвенного профиля. Развитие эрозии в сильной степени привело здесь к потере плодородия почвы и представляет деградированные варианты.

В зоне с отметками 600-1000 м распространены коричневые выщелоченные, бурые лесные, мезофильных лесов, горно-степные, горно-каштановые почвы со слабой и средней степенью развития процессов остепнения, где основными факторами являются влияние сель-

скохозяйственного использования и современного климатического потепления. По характеру и интенсивности аридизации рассматриваемая территория относится к умеренной зоне, где проявляется ведущая роль одностороннего воздействия отраслей животноводства и богарного земледелия. Повышение высоты местности среднегорной полосы от 1000 до 2000 м приводит к уменьшению интенсивности аридизации с постепенным переходом к стадии формирования горно-луговых субальпийских почв без признаков влияния засушливого климата. Почвы горных ландшафтов эволюционируют в сторону приближения к режиму развития горных лугово-степных и горно-каштановых почв. Экологическое состояние почв горно-лугового типа почвообразования определяется признаками достаточного увлажнения и воздействием пастбищного использования. Эволюционный ряд формирования стадий остепнения и аридизации согласуется с показателями гидротермического режима в системе вертикальной зональности.

По степени аридной деградации в условиях горного рельефа основные типы почв располагаются в ряду каштановые–карбонатные, коричневые типичные сухих лесов и кустарников–горно-каштановые–горные черноземы–горные лугово-степные–горно-луговые субальпийские.

Особое значение имеет выявление процессов дегумификации, водной эрозии, степени уплотнения подгумусовых слоев, обусловленных склоново-экспозиционной ориентацией рельефа.

Выгорание растительности, уменьшение проективного покрытия растений южных склонов выступают в качестве определяющих факторов остепнения и аридизации почв среднегорной полосы. Промежуточное положение между показателями почв склонов южной и северной ориентации занимают восточные и западные экспозиции, сочетающие процессы слабой степени аридной деградации с остепнением до высоты 1000 м, остепнение проявляется в ограниченных размерах выше отметок 2000 м.

В высотно-экспозиционной дифференциации горных ландшафтов обнаруживается повышение долевого участия ареалов лугово-степных аналогов, в верхних спектрах образуя «нишу» для проникновения горно-луговых слаборазвитых почв. При увеличении высотных отметок выявлена общая особенность аридизации в горных условиях – постепенный переход от аридных к гумидным в среднегорной полосе и от гумидных к переувлажненным – в высокогорной. Процессы аридизации и современное климатическое потепление способствуют миграции разновидностей всей горной системы, начиная с предгорий и равниной зоны до вершинной части главного хребта характеризую прогрессирующую роль человеческого фактора и глобального потепления климата.

УДК 631.48 554.12

ДИФФЕРЕНЦИАЦИЯ АРЕАЛОВ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ОПУСТЫНИВАНИЯ ПОЧВ ПО ПРИРОДНЫМ ЗОНАМ ДАГЕСТАНА

**Асгерова Д.Б., Абдурашидова П.А., Батырмурзаева П.А.,
Желновакова В.А.**

Прикаспийский институт биологических ресурсов, Махачкала
E-mail: asdi7408@mail.ru

Закономерности распространения отдельных типов почв, подверженных опустыниванию и остепнению, изучены по природным зонам Дагестана, где представлено уникальное разнообразие почвенного покрова по генетическим, географическим и производственным свойствам. Здесь представлено разнообразие по характеру и степени влияния горизонтальной, вертикальной и высотно-экспозиционной зональности почв по стадиям опустынивания в результате усиления дегумификации, ветровой эрозии, засоления и солонцеватости почв.

Основные показатели, характеризующие происходящие изменения, сводятся к усилению сухости профиля, уменьшению содержания гумуса, питательных элементов и уплотнению поверхностных горизонтов. Процессы ветровой эрозии развиваются до слабой и средней степени, появляются признаки накопления солей. Эти изменения сопровождаются потерей разнообразия растений и уменьшением их проективного покрытия. В относительно меньшей степени подвергаются опустыниванию и остепнению лугово-каштановые луговые, лугово-болотные почвы, формирующиеся в условиях дополнительного грунтового и поверхностного увлажнения. Общей закономерностью опустынивания является ослабление аридной деградации в зависимости от влияния грунтового увлажнения. Сдвиг почвенных процессов к аридизации, остепнению связан также с интенсификацией антропогенного фактора, способствующего в современных условиях потере плодородия почв и естественного разнообразия. Наземные экосистемы рассматриваемого региона по динамике развития тяготеют к засушливым условиям и формированию признаков аридного почвообразования.

Переход к почвам вертикальной зональности приводит к увеличению влияния факторов, оказывающих существенное воздействие на характер и степень проявления опустынивания и аридизации. Основным фактором, определяющим процессы аридного типа почвообразования, является высотная и высотно-экспозиционная ориентация горных экосистем в соответствии с вертикальными почвенными зонами.

Горная территория условно подразделяется на горную и предгорную зоны, в которых идет дифференциация процессов аридизации и опустынивания: 1) предгорье – полоса перехода от равнинной зоны к горной части высотой <1000 м, где увеличивается степень засушливости с уменьшением количества атмосферных осадков и отмечается значительное снижение среднесуточных и среднемесячных показателей температуры воздуха. Смена полупустынного климата равнин умеренно-ксерофитным режимом предгорий в пределах Внешнегорного Дагестана приводит к формированию сухостепного типа ландшафтов. При этом в предгорьях формируются почвы лесостепного, умеренно влажного типа, способствующего смене стадий опустынивания остепнением. Такой переход характерен для коричневых почв сухих лесов и кустарниковых лугостепей и бурых лесных почв мезофильных лесов; 2) горная зона включает территорию, расположенную в пределах отметок >1000 м, где количество осадков значительно увеличивается с понижением среднемесячных и среднегодовых температур. Направление эволюции почв – лугово-степное, степное, умеренно-увлажненное, горно-луговое. С переходом к горной зоне ослабляются процессы остепнения, дифференцируясь по экспозициям склонов северной ориентации, где формируется горно-луговое направление; на южных склонах развиваются почвообразовательные процессы лугового типа при участии элементов остепнения.

Однако процессы деградации почв отмечаются на всех экспозициях, обусловленные водной эрозией и высокой степенью пастбищной дигрессии. Комплекс факторов воздействия способствует эволюции почв горно-лугового режима с переходом к лугово-степному и горно-каштановому.

Тенденция иссушения остепнения иллюстрируется также олуговением, остепнением бурых горно-лесных почв после сведения лесов с переходом к горно-луговому типу субальпийских почв. Влияние антропогенного фактора способствует миграции границ менее увлажненных контуров к верхним спектрам горно-луговых почв с прогрессивно развивающимися признаками современной аридизации. Главной закономерностью развития процессов опустынивания и остепнения природных зон Дагестана является проявление всех форм и стадий опустынивания и аридной деградации в зональных условиях равнинного Дагестана и их уменьшение в горных условиях в зависимости от высотных отметок и склоново-экспозиционной ориентации.

УДК 631.4

**СТРУКТУРА ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА
ПРИРОДНЫХ ОАЗИСОВ ГОБИ
КАК РЕЗУЛЬТАТ ПЕРЕРАБОТКИ ЛИТОГЕННОЙ МАТРИЦЫ
ЛАНДШАФТНО-ГЕОХИМИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ**

Бажа С.Н.¹, Панкова Е.И.², Голованов Д.Л.³, Андреев А.В.¹, Мандахбаяр Ж.⁴

¹ Институт проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова, Москва
E-mail: sbazha@inbox.ru

² Почвенный институт им. В.В. Докучаева, Москва
E-mail: pankova22@mail.ru

³ Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Москва
E-mail: dm_golovanov@mail.ru

⁴ Институт географии и геоэкологии АН Монголии, Улан-Батор
E-mail: mandaa990@yahoo.com

В теории структуры почвенного покрова (СПП), разработанной В.М. Фридландом (1972), породы и рельеф выступают основными факторами его дифференциации. В то же время современные активные ландшафтно-геохимические процессы также способны контрастно дифференцировать относительно однородную литогенную матрицу. Представление о ландшафтно-геохимических процессах было сформулировано и обосновано М.А. Глазговской (1988) как дальнейшее развитие теории элементарных почвообразовательных процессов применительно к более высокому иерархическому уровню организации почвенного покрова, чем индивидуальное почвенное тело.

Объектом нашего исследования послужил наиболее крупный и достаточно хорошо изученный природный оазис Заалтайской Гоби Монголии – оазис Эхийн-Гол. Ранее он выполнял задачу самообеспечения Монголии семенным материалом для развития овощеводства. Ныне это станция мониторинга глобальных изменений на крайнем юге пустынь Монголии: метеостанция, егерский центр Большого Гобийского заповедника, пункт дистанционного видеонаблюдения за пустынным медведем.

В пределах оазисов южной Монголии происходит наложение двух основных групп ландшафтно-геохимических процессов: собственно оазисных и процессов опустынивания, чем обусловлено не только высокое биоразнообразие, но также и почвенное, и ландшафтное разнообразие.

К оазисным ландшафтно-геохимическим процессам, формирующим природниковую радиально-кольцевую СПП, относятся: 1) современный галогенез, находящий здесь свое максимальное выражение; 2) сочетание процессов глеегенеза и детритогенеза в лугово-болотных почвах – ограниченное по площади, но чрезвычайно важное

для функционирования оазисов; 3) уникальное для крайнеаридных пустынь активное развитие гуматогенеза в луговых темноцветных почвах наледных полей – яркая специфика оазисов Монголии по сравнению с оазисами пустынь более южных регионов; 4) крио-гидратационное выветривание, приводящее к формированию пылевато-тяжелосуглинистого гранулометрического состава почв наледных полей; 5) гидрогенный кальцитогенез, сопровождающий гуматогенез, проявляется в формировании крупных шоховых конкреций; 6) гипсонакопление наиболее ярко проявляется в солончаках сульфатных ближней периферии водных источников.

Отличие засоления оазисов Гоби от проявления этого процесса в более южных регионах заключается в формировании здесь зимой сезонных криопэггов – отпрессовывании незамерзших почвенных растворов-рассолов вглубь почвенного профиля, а не подтягивание их к фронту испарения и/или промерзания.

Процесс опустынивания также складывается из целой группы процессов: эоловых, отакыривания, сайровой морфолитодинамики. Отпечаток отакыривания, по мнению И.П. Герасимова, лежит на всех почвах пустынных областей, и этот процесс в большей степени способствует конвергенции, а не дивергенции почвенного покрова пустынь. В пределах оазисов такыровидные и в различной степени отакыранные почвы формируют краевую буферную зону между почвенным покровом оазисов и окружающих их пустынь.

Процессы сайровой морфолитодинамики приводят к омоложению почв в составе почвенного покрова пустынь, стиранию педогеохимических реликтов, формированию линейно-струйчатого характера рисунка почвенного покрова.

Пространственная структура почвенного покрова оазисов Гоби определяется соотношением интенсивности всех перечисленных выше процессов и их наложением друг на друга.

Антропогенное воздействие приводило к деградации естественного растительного покрова, активизации эрозионных процессов, перераспределению почв разной степени засоления: с одной стороны, к дефляции солей в результате перевыпаса, понижения уровня грунтовых вод; с другой – засолению периферии орошаемых участков в результате подъема уровня грунтовых вод. Ныне антропогенный пресс на экосистемы оазиса значительно снижен.

УДК 631.461.72

СОПРЯЖЕННЫЙ ГИДРОФИЗИКО-БИОГЕОХИМИЧЕСКИЙ (ГИДРОФИЗИКО-МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИЙ) МЕХАНИЗМ ФОРМИРОВАНИЯ КОРКОВОГО ГОРИЗОНТА И ПУСТЫННОГО ЗАГАРА ПОЧВ ГАММАД ЦЕНТРАЛЬНОЙ АЗИИ

**Батхишиг О.¹, Голованов Д.Л.², Лебедева М.П.³, Кутовая О.В.³,
Абросимов К.Н.³, Шишков В.А.⁴, Мандахбаяр Ж.¹**

¹ Институт географии и геоэкологии АН Монголии, Улан-Батор
E-mail: batkhishig@gmail.com

² Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Москва
E-mail: dm_golovanov@mail.ru

³ Почвенный институт им. В.В. Докучаев, Москва
E-mail: m_verba@mail.ru

⁴ Институт географии РАН, Москва
E-mail: vshishkov@yandex.ru

Результаты полевых морфологических и лабораторных микробиологических, микроморфологических, микротомографических и электронно-зондовых исследований почв гаммад Центральной Азии (Монголии, Казахстана), а также пустынь Северной Америки позволяют рассматривать формирование пустынного загара и осветленного везикулярно-пористого горизонта пустынных крайнеаридных почв в качестве взаимосвязанного гидрофизико-микробиологического процесса, в котором ведущую роль играют взрывной микробиологический механизм мобилизации элементов с переменной валентностью и восходящее движение пленочной влаги.

Слабая водопроницаемость коркового горизонта (в связи с преобладанием замкнутых пор, установленном микроморфологически и подтвержденном микротомографически), низкая растворимость газов, в частности, кислорода при высокой температуре в почвенных растворах-рассолах с участием сульфатов приводят при ударной гидратации, обусловленной ливневым характером летних осадков, к запуску микробиологических процессов восстановления Fe и Mn, сульфатредукции. Активность железобактерий в пустынных почвах была подтверждена прямыми наблюдениями на стеклах обрастания. Промежуточным этапом реакции становится образование сульфидов железа и марганца, вовлечение в миграцию ранее малоподвижного в присутствии сульфатов бария. Барий в ассоциации с марганцем в составе пленочной влаги, имеющей щелочную реакцию, подтягивается на поверхность иссушенной пустынной отморстки и соосаждается с гидроксидами марганца на совмещенном кислородно-сорбционном барьере. Ассоциация железа и титана формируется при окислении сульфидов до сульфатов с локальным подкислением на следующей

стадии. На контакте коркового горизонта и щебнистой отмостки происходит формирование встречных локальных геохимических барьеров. Подобный процесс предлагается называть криптоосолодением.

УДК 631.48

ОБ ИЗМЕНЕНИИ СВОЙСТВ ПОЧВ ЗАПАДНОГО ПРИКАСПИЯ ПОД ВЛИЯНИЕМ АНТРОПОГЕННОГО ОПУСТЫНИВАНИЯ

Биарсланов А.Б.¹, Пайзулаева Р.М.²

¹ Дагестанский ФИЦ РАН, Махачкала

E-mail: axa73@mail.ru

² Дагестанский университет народного хозяйства, Махачкала

E-mail: ragimat@mail.ru

Опустынивание и аридная деградация земель, свойственные регионам европейского юга России, в наиболее четкой форме проявились в Прикаспийской низменности. Негативные последствия отразились преимущественно на состоянии пастбищных угодий, занимающих более 80% территории региона. Ухудшение экологического и экономического состояния почвенно-растительного покрова связано с падением урожайности естественных пастбищ, основной причиной которого является применение нерегулируемой системы выпаса скота и значительное превышение оптимальной плотности выпасаемого поголовья.

Установлено, что количество выпасаемого поголовья скота в отдельных административных районах Дагестана и Калмыкии, Астраханской области колеблется в большом диапазоне – 1-5 голов/га.

Максимальная площадь пастбищ с нагрузкой <2 овцепоголовья/га приходится на Республику Калмыкия, где тенденция оптимизации нагрузок продолжается на всей территории региона. Примерно такая же картина и в Астраханской области, где площади пастбищ значительно меньше по сравнению с Республикой Калмыкия. Принципиальные отличия в состоянии почвенного покрова и величине пастбищных нагрузок выявлены на территории Республики Дагестан. Отличия состоят в увеличении абсолютных величин нагрузок при перевыпасе.

С увеличением пастбищных нагрузок отмечаются закономерное уменьшение содержания гумуса, уплотнение поверхностных горизонтов почв и накопление солей в гумусированных горизонтах. Происходящие изменения по типам почв дифференцируются в светло-каштановых и лугово-каштановых почвах изменением гумусового состояния, сложения и структуры. В засоленных вариантах упомянутых типов почв, включая солончаки типичные луговые, происходит накопление солей, уплотнение и развитие процессов ветровой эрозии.

Для выявления ареалов и их роли в почвообразовательных процессах проведено картографическое изучение, где выявлена приуроченность максимальной степени пастбищной дигрессии к ареалам типов почв, обладающих потенциальными возможностями. На светло-каштановых карбонатных, лугово-каштановых и луговых слабозасоленных почвах плотность выпасаемого поголовья увеличивается до 5 голов/га с развитием деградационных процессов в сильной степени.

Общими показателями, характеризующими влияние выпаса скота, является развитие процессов опустынивания почв и дигрессии растительного покрова. Функциональная связь аридной деградации и опустынивания с величинами пастбищных нагрузок отражается в характере влияния современного потепления климатического режима. Влияние этого фактора сопровождается повышением щелочного резерва почв до максимальной допустимой величины. Отмечается изменение свойств почв, способствующих иссушению профиля до 1.5-2.0 м глубиной, уменьшение содержания питательных элементов и проективного покрытия растений. Это связано с высокими среднемесячными температурами летнего периода и активизацией испарительной концентрации солей.

С увеличением нагрузок и плотности выпасаемого поголовья наблюдается изменение водно-теплового, солевого режимов почв с иссушением корнеобитаемого слоя до уровня влажности завядания растений.

Сравнительная оценка коэффициентов дисперсности, структурности, агрессивности отражает зависимость региональных различий в устойчивости почвенного покрова от величины плотности выпасаемого скота и степени воздействий современного климатического потепления. Отрицательно коррелируя с величиной пастбищных нагрузок, гумусированность и структурные свойства почв характеризуются максимальной устойчивостью, способствуя уменьшению потенциала почв до минимальных величин.

Изучение устойчивости почв к опустыниванию и ранжирование их свойств представляют проблему для отдельного рассмотрения. В данном случае отмечается закономерное проявление этой тенденции на типовом уровне. Группируя типы почв по водному режиму и степени влияния фактора увлажнения, их располагают в один ряд по нарастающей устойчивости к антропогенному опустыниванию: автоморфные–полугидроморфные–гидроморфные–переувлажненные.

Основные закономерности изменения генетических и водно-физических свойств и плодородия почв регионов Западного Прикаспия характеризуются прогрессирующим ростом устойчивости к процессам опустынивания при оптимизации пастбищных нагрузок и водного режима почв.

УДК 574.4: 631.585 (470.67)

СПОСОБ УЛУЧШЕНИЯ ВОДНО-СОЛЕВОГО РЕЖИМА СОЛОНЧАКОВ ПРИКАСПИЯ

**Гаджиев К.М., Гасанов Г.Н., Баширов Р.Р., Асварова Т.А., Абдулаева А.С.,
Салихов Ш.К.**

Прикаспийский институт биологических ресурсов ДФИЦ РАН, Махачкала
E-mail: kamil5555372@mail.ru

Почвенно-растительный покров Северо-Западного Прикаспия подвергается усиленному антропогенному воздействию, в результате которого 24% территории занимают песчаные массивы, около 80% почв засолены, из них более 50% отнесены к солончакам; регион признан районом экологического бедствия. Исследования почвенно-растительного покрова Северо-Западного Прикаспия проводятся давно, но по вопросам реградации засоленных почв, в частности солончака коркового, в этом регионе их практически нет. Он характеризуется наличием в поверхностном горизонте 0.5-0.8% водорастворимых солей (в нижележащих слоях их еще больше) и полным отсутствием растительности. Корковые солончаки встречаются в комплексе с каштановыми почвами, заросшими естественным фитоценозом, и образуют площадки и бугорки разных величин среди бесплодных солончаков.

До настоящего времени известны различные способы вовлечения засоленных почв, в том числе и солончака коркового, в продуктивные земельные угодья: гидромелиоративный, агромелиоративный, фитомелиоративный и химический. Но ни один из них не может быть использован для мелиорации (коренного улучшения) солончаков в Северо-Западном Прикаспии. Общим недостатком указанных способов мелиорации в полупустынных дефляционных ландшафтах является то, что они предусматривают механическое воздействие на почву машинами и орудиями при нарезке коллекторно-дренажной сети, запашке химикатов, смеси навоза, песка с землей, предпосевной подготовке почвы и посеве трав. Эти приемы вызывают усиленную дефляцию почв и последующее опустынивание земель и к тому же требуют немалых финансовых затрат.

Нами сделана попытка трансформации солончака коркового в иной род или вид почвы путем создания на его поверхности сплошного слоя наносной илисто-песчаной массы (ИПМ) с семенами дикорастущих видов растений, в последующем зарастающего естественным фитоценозом. Указанная масса образуется под влиянием постоянного перемещения воздушных потоков по поверхности полупустыни, вызванного динамикой атмосферных процессов в условиях засушливого

климата. Осуществили это путем устройства на его поверхности искусственных препятствий из досок, выступающих над поверхностью почвы на 20 см (площадка 2×2 м, повторность двукратная). В течение восьми лет на поверхности солончака коркового образовался W_{ae1} – светлогумусовый эолово-аккумулятивный горизонт (вместо AJ_k – светлогумусового коркового), срединные горизонты (BCAs – аккумулятивно-карбонатный солончаковый) и почвообразующая порода не изменились. Создание на поверхности почвы илисто-песчаного слоя способствует улучшению катионного состава почвы и уменьшению солеобразующих ионов в ней. Улучшение водно-солевого и питательного режимов в солончаке реградированном сопровождалось улучшением биологической активности почвы. Различия на таксономическом уровне между солончаком корковым и реградированным вызваны динамикой поверхностного горизонта в семилетнем цикле естественно-антропогенной трансформации солончака коркового. Из светло-гумусового коркового он превратился в светло-гумусовый эолово-аккумулятивный с вытекающими из этого последствиями по составу и свойствам почвы.

В перспективе (через 10-15 лет) на месте реградированного эолового горизонта W_{ae1} возможно образование стратифицированного эолового горизонта RJ и светлогумусового горизонта AJ с более высоким содержанием органического вещества и высокой продуктивностью. Согласно классификации почв, принятой в России с 2004 г., такой солончак следует отнести к реградированному. Можно также считать, что это новый способ мелиорации солончака, несравненно более дешевый и экологичный по сравнению с известными до сих пор способами.

УДК: 631.46

БИОДИАГНОСТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ОЦЕНКИ СТЕПЕНИ УСТОЙЧИВОСТИ ЗАСОЛЕННЫХ ПОЧВ ПРИАРАЛЬЯ К ВНЕШНИМ ФАКТОРАМ НА ОСНОВЕ ИНФОРМАТИВНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ БИОЛОГИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ ПОЧВ

Гафурова Л.А.¹, Саидова М.Э.²

¹ Национальный университет Узбекистана им. М. Улугбека, Ташкент
E-mail: glazizakhon@yandex.ru

² Ташкентский государственный аграрный университет, Ташкент
E-mail: munisa.saidova@mail.ru;

На сегодняшний день в мире засоленные почвы занимают огромные площади – около 25% всей поверхности суши, при этом особенно высокой степенью засоленности отличаются почвы пустынных и полу-

пустынных зон в условиях засушливого и аридного климата. Поэтому определение факторов, обуславливающих засоление, предотвращение его, а также сохранение, восстановление плодородия засоленных почв и рациональное использование их в сельском хозяйстве являются актуальными задачами.

В современных условиях в мире проводятся научные исследования по предотвращению процессов засоления, возникающих в условиях глобального изменения климата, и смягчению его последствий, выявлению влияния внешних факторов на свойства почвы с учетом природно-климатических условий. В этом отношении особое внимание уделяется использованию биодиагностических методов оценки степени устойчивости засоленных почв к внешним факторам на основе информативных показателей биологической активности почвы. Этот метод позволяет оценить общую биологическую активность почв, провести комплексный и сравнительный анализ в условиях пустынного почвообразования, описать влияние основных свойств и степень засоления почвы на ее биологическую активность, иметь представление об изменениях микробиологических и биохимических процессов и выявить эколого-генетические особенности почв. Следует отметить, что при оценке эколого-биологического состояния почвы биодиагностическими методами требуется одновременное и взаимосвязанное изучение наиболее информативных показателей, отражающих различные параметры биологической активности почвы. С помощью этого метода можно выявить значение интегрального показателя эколого-биологического состояния почв на основе определения общей относительной биологической активности. В связи с этим в целях выявления интегрального показателя эколого-биологического состояния почвы был использован ряд информативных показателей, таких как содержание гумуса, численность микроорганизмов, активность ферментов и дыхание почвы.

Объектом исследования являлись в различной степени засоленные староорошаемые и новоорошаемые лугово-аллювиальные почвы и солончаки, распространенные в Амударьинском и Чимбайском туманах Республики Каракалпакстан.

Биологическая активность как многофункциональная характеристика почвы меняется в зависимости от целого ряда факторов окружающей среды и свойств почвы. На основе значения интегрального показателя экологического и биологического состояния почв (ИПЭБСП, %) были разработаны критерии биодиагностики, позволяющие оценить уровень общей биологической активности почвы, и почвы подразделены на соответствующие группы: очень высокая – значение ИПЭБСП составляет 81-100% – к этой группе относятся незасоленные и слабозасоленные староорошаемые лугово-аллювиальные почвы; высокая – 61-80% – новоорошаемые слабозасоленные

лугово-аллювиальные почвы; средняя – 41-60% – новоорошаемые средне- и сильнозасоленные лугово-аллювиальные почвы; слабая – 21-40% – новоорошаемые очень сильно засоленные лугово-аллювиальные почвы; очень слабая – менее 20% – луговые солончаки.

Таким образом, комплексное изучение биологической активности изучаемых почв выявило их экологические и генетические особенности. По значению ИПЭБСП их можно распределить в следующий убывающий ряд: староорошаемая незасоленная лугово-аллювиальная > старо- и новоорошаемая слабозасоленная лугово-аллювиальная > новоорошаемая средnezасоленная лугово-аллювиальная > новоорошаемая сильнозасоленная лугово-аллювиальная > новоорошаемая очень сильнозасоленная лугово-аллювиальная > луговой солончак. Эта закономерность определяется биологическими показателями, содержанием гумуса, механическим составом, степенью и типом засоления, а также почвенно-климатическими условиями региона.

В целом, диагностика эколого-биологического состояния засоленных почв с использованием биологических методов имеет важное значение при правильной характеристике хода почвенных процессов и определении их взаимосвязей, управлении почвенными процессами, разработке оптимальных агрономелиоративных мероприятий по повышению их плодородия.

УДК 631.48 574.54

ОСОБЕННОСТИ РАЗВИТИЯ СОВРЕМЕННОЙ СТРАТЕГИИ БОРЬБЫ С ОПУСТЫНИВАНИЕМ И ДЕГРАДАЦИЕЙ ПОЧВ

Залибеков З.Г.

Институт геологии Дагестанского ФИЦ РАН, Махачкала
E-mail: bfdgu@mail.ru

Развитие почвенного покрова аридных территорий в современных условиях происходит в двух направлениях: сохранение, улучшение, воспроизводство почвенных ресурсов с созданием благоприятных биосферных условий; разрушение деградация биологического потенциала почв под влиянием природных и антропогенных факторов. Проявление их сопровождается прогрессирующей скоростью в пределах аридного климатического пояса.

Анализ состояния почв, подверженных опустыниванию, выявил достаточно высокий уровень научных исследований. Однако наличие теоретических разработок не находит соответственного применения на практике. Анализ изученности проблемы и состояния почв, подверженных опустыниванию, выявляет необходимость исследования человеческого фактора и состояния людей, работающих в аридных

регионах, для обеспечения устойчивого социально-экономического развития.

Переход к устойчивому развитию усматривается формированием «Зеленой экономики» как экономики повышения благосостояния людей, способствующей уменьшению риска деградации почвенного покрова. В аридных регионах мира возникла необходимость поиска новых экономических отношений, связанных с рыночными условиями и развитием бизнеса. Это в большой степени относится к южным регионам РФ и Центрально-Азиатским странам, входящим в состав СНГ.

При анализе взаимоотношений в стратегии нового подхода, создаваемого при «Зеленой экономике», выдвигается важное направление – развитие социальных аспектов борьбы с опустыниванием. Возникла необходимость разработки новых методов и технологий, способствующих улучшению материального состояния работников сферы отраслей народного хозяйства, ориентированных на охрану почвенных ресурсов и восстановление экосистемных услуг.

Активную помощь производству, ожидаемую в результате применения «Зеленой экономики», рекомендуется оказать разработкой технологий, применяемых для аридных регионов юга России, подверженных ветровой эрозии, дегумификации, засолению, загрязнению почв. Развитие теоретических основ предлагаемого направления представит новую концепцию социально-экономических аспектов борьбы с опустыниванием и деградацией почв. Актуальность такой концепции объясняется тем, что общая площадь пустынь мира – 31.4 млн. км² (22% суши Земли), ежегодно расширяется под влиянием антропогенного фактора на 12 млн. га.

В настоящее время в пределах аридных земель живет более 30% населения (2 млрд. человек), причем наибольшей густотой отличаются периферийные регионы пустынь и засушливые области ксеротермального географического пояса. Их ареалы отличаются разнообразием климатических, экологических, геоморфологических условий формирования почвенно-растительного покрова.

Увеличение площадей земель, подверженных опустыниванию, аридной деградации, с одной стороны, и ухудшение жизненных условий населения большинства регионов пустынь и засушливых земель мира – с другой, выделяется в качестве особенностей нового направления, призванного отразить изменения в условиях, оказывающих влияние на динамику взаимодействия природы и общества.

Почвенный покров как важнейший компонент природной среды засушливых областей характеризуется максимальной нагрузкой населения на потребление потенциала почв, где водно-солевой, пищевой и воздушный режимы полностью зависят от современного климатического потепления и интенсивности воздействий антропогенного фак-

тора. Для изучения возникших условий эволюции отдельных типов почв и характера влияния их свойств на потенциал растительного и животного мира необходимо разработать закономерности формирования устойчивого социально-экономического развития.

По подсчетам экспертов, под угрозой опустынивания земель находятся 1.5 млрд. человек в мире. Ежегодно около 100 млн. человек мигрируют из-за процессов опустынивания, засух, суховеев и пыльных бурь. Выявляется определенная зависимость между количеством работающих людей в аридной зоне, с одной стороны, и расширением площадей пустынь и опустыненных земель – с другой. В динамике численности населения и соотношения функционирующих и нарушенных площадей почв наблюдается общая тенденция усиления антропогенного опустынивания и масштабов демографических изменений. В отличие от общепринятого понятия «антропогенного фактора почвообразования» для деградированных аридных почв целесообразно использовать понятие «человеческий фактор» с вложением в содержание и жизнеспособность общества, где воздействие человека способствует формированию нейтральной деградации почв и экосистем и восстановлению биологического потенциала. Человеческий фактор в аридных условиях включает вклад общественной деятельности людей, направленной на повышение их благосостояния. Приоритетами современной стратегии борьбы с опустыниванием и деградацией почв становятся факторы социально-экономического развития с учетом местных особенностей опыта, обычаев и традиций.

УДК 631.47

СОЛЕВОЙ СОСТАВ И СВОЙСТВА ЗАСОЛЕННЫХ ПОЧВЕННЫХ КОМПЛЕКСОВ СУХОСТЕПНЫХ И ПОЛУПУСТЫННЫХ ЛАНДШАФТОВ ДОЛИНЫ МАНЫЧА

Ильина Л.П., Сушко К.С., Шматко В.Ю.
Южный НЦ РАН, Ростов-на-Дону
E-mail: iljina@ssc-ras.ru, kirrka@yandex.ru

Долина Маныча в системе почвенного и физико-географического районирования расположена в Доно-Сало-Манычской провинции. В климатическом отношении эта территория относится к зоне недостаточного увлажнения и отличительной особенностью является засушливость, которая связана с высокими температурами в летний период и небольшим количеством осадков в течение года. Структура почвенного покрова включает сухостепные и полупустынные почвенные комплексы. На фоне приуроченных к каштановым почвам степных ценозов выделяются, с одной стороны, пятна влаголюбивой

растительности микро- и мезопонижений на лугово-каштановых почвах, а с другой стороны – пятна полупустынной растительности на каштановых солонцеватых почвах и солонцах каштановых. Основной тип – каштановые почвы. Встречаются подтипы каштановых, темно-каштановых, светло-каштановых почв, а также тип лугово-каштановых. Они представлены следующими родами: карбонатные, солонцеватые, солончаковатые. Среди засоленных типов почв отмечены солонцы каштановые и солончаки.

Исследования проводили в период 2016-2019 гг. в долине Маньча (Кумо-Маньчская депрессия, 46°28' с.ш.; 42°40' в.д.) на территории Орловского района Ростовской области (охранная и заповедная зоны Государственного природного заповедника «Ростовский»), на базе НЭС «Маньч» ЮНЦ РАН. При изучении почвенного покрова использовался сравнительно-географический метод. На ключевых участках с разным климатическим индексом аридности (NIA) закладывались почвенные разрезы. Ключевые участки с засоленными сухостепными почвенными комплексами – почвы каштаново-солонцового комплекса (равнинная территория, охранная зона заповедника «Ростовский»), комплекс каштановых солонцеватых и солонцов каштановых) и солончаковые почвенные комплексы (прибрежные территории озер Лопуховатое, Круглое, Лебяжье с гидроморфными типичными и корковыми солончаками) относятся к умеренно аридной зоне с NIA = 0.4-0.6 со среднегодовыми осадками 300-400 мм и теплым летом, гидротермический коэффициент (ГТК) = 0.5-0.6. Засоленный полупустынный почвенный комплекс (граница с Калмыкией, ключевой участок «Кираста» со светло-каштановыми солонцеватыми и бурыми полупустынными солонцеватыми почвами) расположен в среднеаридной зоне с NIA = 0.6-0.7, среднегодовыми осадками 250-300 мм и жарким летом, ГТК = 0.4-0.5.

В результате проведенных исследований установлено, что с увеличением индекса аридности в ряду сухостепные каштаново-солонцеватые – солончаковатые – полупустынные засоленные комплексы происходит изменение степени и химизма засоления. Накопление легкорастворимых солей в профиле почв подтверждается увеличением величины плотности остатка от слабозасоленной до сильнозасоленной степени. Все солончаковатые комплексы сильно засолены с поверхности. Химизм засоления сухостепных каштаново-солонцеватых комплексов сульфатно-хлоридный, солончаковатых комплексов – преимущественно сульфатно-хлоридный, засоленных полупустынных комплексов – хлоридно-сульфатный и хлоридный.

В результате проведенных многолетних исследований выявлено, что комплексность почвенного покрова со значительным распространением ареалов засоленных почв (солонцеватых и солончаковатых)

обусловлена взаимосвязью природных и антропогенных факторов. Основные причины формирования засоленных почвенных комплексов:

- засушливый климат ($ГТК < 0.7$, сумма осадков 358-400 мм в год);

- микрорельеф (неравномерное распределение атмосферных осадков приводит к формированию различного режима поверхностного увлажнения и ареалы засоленных почв имеют резко выраженные очертания);

- высокий уровень минерализации грунтовых вод (2-6 г/л), в солончаковых почвах близкое залегание грунтовых вод к поверхности;

- состав засоленных почвообразующих пород (карбонатные лесовидные суглинки и глины; карбонатно-сульфатные лесовидные суглинки и глины, в некоторых местах глиногипсы (сульфатные породы); глинистые и тяжелосуглинистые породы аллювиального происхождения);

- антропогенное воздействие (распашка целинных почв, выбивание почв в результате высокой пастбищной нагрузки, использование при орошении вод повышенной минерализации, развитие эрозионных процессов, особенно дефляции, в результате уничтожения естественного растительного покрова и др.).

УДК 631.415.12

БУФЕРНАЯ СПОСОБНОСТЬ КАШТАНОВОЙ СРЕДНЕСОЛОНЦЕВАТОЙ КАРБОНАТНОЙ ПОЧВЫ ГОСУДАРСТВЕННОГО БИОСФЕРНОГО ЗАПОВЕДНИКА «РОСТОВСКИЙ»

Матяш Н. А., Гончарова Л.Ю.

Южный федеральный университет, Ростов-на-Дону
E-mail: goncharova_1958@mail.ru

Объектом исследований являлась каштановая среднесолонцеватая карбонатная тяжелосуглинистая среднемощная почва на желто-бурых суглинках на участке «Водный» биосферного заповедника «Ростовский». Уникальность заповедника состоит в том, что это единственная в европейской части России степная зона, имеющая статус биосферного заповедника.

Согласно методике определения буферности почвы по Аррениусу были определены значения рН в почвенной суспензии горизонтов каштановой среднесолонцеватой почвы при добавлении кислоты и щелочи.

При подщелачивании генетических горизонтов каштановой почвы зафиксированы значения рН от 11.22 до 10.12. При данных зна-

чениях вносимые количества щелочи компенсируются в основном фенольными гидроксидными органического вещества почвы.

При добавлении возрастающих объемов (мл) 0.1н HCl pH каштановой почвы снижается по всем генетическим горизонтам и изменяется в пределах от 6.29 до 4.2. Это означает, что основными процессами взаимодействия почвы и кислоты являются:

1. Растворение карбонатов при $\text{pH} > 6.2$;
2. Растворение силикатов при pH от 5.0 до 6.2;
3. Вытеснение протоном обменных оснований из ППК при pH от 4.2 до 5.0;
4. При $\text{pH} < 4.2$ основным буферным механизмом является вытеснение протоном в раствор алюминия, который в исходных образцах может быть представлен тонкодисперсными аморфными гидроксидами, комплексами Al с органическими лигандами, прослойками гидроксида Al в почвенных хлоритах, а также Al в кристаллических решетках других глинистых минералов.

По полученным данным изменения pH были построены кривые буферности и рассчитаны площади буферности. Каштановая среднесолонцеватая почва в целом и по отдельным генетическим горизонтам имеет площади буферности при подкислении в 1.3-3.91 раза больше площади буферности при подщелачивании. Это означает, что почва сильно буферит в кислую сторону, т.е. противостоит изменению pH при добавлении кислоты.

Установлено, что каштановая почва проявляет одинаковую устойчивость к подщелачиванию ($S = 9.0-9.5 \text{ см}^2$) за исключением горизонтов A и B1. Здесь происходит резкое снижение площади буферности (в два раза) по сравнению с другими горизонтами, что объясняется процессами осолонцевания.

Проведенные расчеты показали, что устойчивость почв к подкислению возрастает вниз по почвенному профилю, что связано как с увеличением содержания карбонатов, так и с процессами осолонцевания, приводящими к перераспределению илистых частиц по почвенному профилю.

Следует отметить, что максимальная площадь буферности – 24.0 см^2 – зафиксирована в нижних горизонтах B2 и Bca при содержании карбонатов 10.2 и 13.3% соответственно. Следовательно, на площадь буферности и устойчивость почв при подкислении увеличение содержания карбонатов больше 10% не влияет.

УДК 631.4

ФИТОИНДИКАЦИЯ ЗАСОЛЕННОСТИ ПОЧВ СУХОЙ СТЕПИ СЕВЕРА КАЛМЫКИИ

Прокопьева К.О.^{1,2}, Конюшкова М.В.^{1,2}, Новикова Н.М.³, Улюмджиев У.Ю.¹

¹ Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Москва

² Почвенный институт им. В.В. Докучаева, Москва

³ Институт водных проблем РАН, Москва

E-mail: prokopyeva@ecfs.msu.ru

Растительность является информативным показателем, отражающим свойства почв.

Цель настоящей работы – определить численные градации засоленности почв сухой степи в зависимости от присутствия видов растительности, характерных для данной территории. На ключевом участке на севере Калмыкии (северо-запад Прикаспийской низменности) были проведены детальные почвенно-геоботанические исследования для выяснения статистических связей между видами растительности и уровнем засоленности почв. Вдоль трансекты длиной 64 м с шагом 1 м был определен видовой состав растительного покрова, а также измерена засоленность почв ($EC_{1,5}$ и aNa) в образцах с глубин 0-2, 2-10, 10-20, 20-30, 30-40, 40-50, 50-70, 80-100 см. На данном участке были встречены следующие разновидности почв: лугово-каштановые (Кл), светло-каштановые несолонцеватые (К1), светло-каштановые солонцеватые (К1сн), солонцы корковые (Сн0 – надсолонцовый горизонт мощностью 0-5 см), мелкие (Сн1 – 5-10 см), средние (Сн2 – 10-15 см), глубокие (Сн3 – надсолонцовый горизонт более 15 см), почвы сусликовин (Снсусл). Наиболее распространены из них светло-каштановые солонцеватые почвы, солонцы мелкие и светло-каштановые несолонцеватые почвы. На изученной трансекте встречаются все варианты засоленных почв, начиная от поверхностно-засоленных и заканчивая глубоко- и потенциально засоленными. Высокая засоленность характерна для солонцов корковых, мелких и почв сусликовин. Наименьшая засоленность характерна для лугово-каштановых и светло-каштановых почв микропонижений. Растительность участка представлена сообществами с господством видов, характерных для солонцовых комплексов степной зоны. На данной трансекте встречены 16 видов растений (с частотой встречаемости $N > 5$): *Stipa capillata*, *Tanacetum achilleifolium*, *Festuca valesiaca*, *Limonium caspium*, *Anisantha tectorum*, *Anabasis aphylla*, *Artemisia lerchiana*, *Poa bulbosa*, *Parmelia*, *Polygonum aviculare*, *Bassia sedoides*, *Artemisia austriaca*, *Leymus ramosum*, *Kochia prostrata*, *Artemisia pauciflora*, *Salsola laricina*. Для каждого вида растения характерен свой диапазон засоления, в пределах которого он был встречен. На

основе подсчетов разброса значений засоления для каждого вида растений было выделено три группы. Первая группа – *Stipa capillata*, *Tanacetum achilleifolium*, *Festuca valesiaca*, *Limonium caspium* – встречаются только на незасоленных почвах. Вторая группа – *Anisantha tectorum*, *Anabasis aphylla*, *Artemisia lerchiana*, *Poa bulbosa* – тяготеют к незасоленным почвам (медиана расположена в зоне незасоленных почв), но встречаются также и на засоленных почвах. Третья группа – *Parmelia*, *Polygonum aviculare*, *Bassia sedoides*, *Artemisia austriaca*, *Leymus ramosum*, *Kochia prostrata*, *Artemisia pauciflora*, *Salsola larinica* – тяготеют к засоленным почвам (медиана расположена в зоне засоленных почв) и очень редко встречаются на незасоленных почвах.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ_Иран_а (грант № 17-55-560006).

УДК 631.47

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА ОСТРОВОВ ДЕЛЬТЫ ДОНА В УСЛОВИЯХ ИНТЕНСИФИКАЦИИ АНТРОПОГЕННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Сушко К.С.^{1,2}, Ильина Л.П.¹, Беспалова Л.А.²

¹ Южный НЦ РАН, Ростов-на-Дону

E-mail: kirkka@yandex.ru

² Южный федеральный университет, Ростов-на-Дону

E-mail: kssushko@sfedu.ru

На протяжении последнего столетия береговые экосистемы Донского Приазовья находятся под сильным влиянием антропогенного фактора (рекреационная нагрузка, распашка степных участков, добыча полезных ископаемых, загрязнение окружающей среды и т.д.). В современный период дельта Дона представляет заболоченную низину, пересеченную прирусловыми валами современных рукавов и большим количеством ериков и протоков. Множество мелких островов ограничивают дельту со стороны моря. Мелкие острова – приморская часть, остальные – внутренняя часть. Дельтовые острова (Джулька, Бирючий, Свиной и др.) поднимаются невысоко над уровнем воды, на некоторых из них имеются небольшие озера, из которых вытекают ерики с извилистыми очертаниями. Количество ериков, протоков, рукавов, их густота увеличиваются по мере приближения к морю, а размеры островов уменьшаются.

По результатам проведенных нами экспедиционных исследований установлено, что в настоящее время для почвенного покрова дельты Дона повсеместно характерна неоднородность и комплексность, обусловленная формированием различных типов аллювиальных отложе-

ний, интенсивностью аллювиального осадконакопления в водотоках дельты, особенностями гидрохимического режима и др.

Вместе с этим, усиление комплексности почв напрямую связано как с прямым антропогенным воздействием (выпас скота, сенокосение, рекреационное и селитебное строительство, свалки ТБО), так и с косвенным воздействием на почвы, вызванным усилением антропогенного давления (регулирование жидкого и твердого стока рек, обвалование русел, интенсификация грузоперевозок). Почвенный покров островных ландшафтов формируется при развитии основных почвообразовательных процессов: поемного, аллювиального, дернового и глеевого.

Центральная части дельты Дона характеризуется большим разнообразием почвенных комплексов (между гирлом Кутерьма и ериком Церковный; площадь изученных островов 32.81 км²). В структуре почвенного покрова широко распространены аллювиально-луговые карбонатные почвы в комплексе с лугово-аллювиальными солонцеватыми, а также лугово-болотные, болотные и почвенные разновидности под древесными насаждениями. В качестве ведущих антропогенных процессов необходимо выделить абразию берегов, активизацию плоскостного смыва, развитие засоленных почв на водораздельных пространствах.

Южная часть дельты Дона между ериком Церковный и протокой Каменик до впадения р. Кагальник в Таганрогский залив (площадь изученных островов 13.48 км²) характеризуется формированием комплексов почв, включающих маломощные аллювиальные почвы на слоистом песчаном аллювии, аллювиально-луговые карбонатные почвы, лугово-аллювиальные солонцеватые, аллювиальные слоистые оглеенные почвы на аллювиальных супесчаных отложениях. В развитии таких комплексов активно участвуют аллювиальный и поемный процессы. Эта часть дельты подвержена наиболее интенсивной антропогенной нагрузке, что связано с высокой плотностью населения, развитием морских и речных грузоперевозок, износом гидротехнических сооружений, загрязнением вод. Динамика накопления аллювиальных отложений, а также состав осадочных пород (аллювий разного происхождения, дельтовые пески и др.) претерпели изменения, обусловленные как природными, так и техногенными факторами: развитием гидротехнического строительства, смывом пляжей и почв в результате крупнотоннажных перевозок, усилением рекреационной нагрузки, строительством и сельскохозяйственной деятельностью.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 18-05-80022 «Реконструкция и изменение палеоландшафтов в эпоху голоцена под влиянием природных и антропогенных процессов на примере акватории Таганрогского залива и прилегающего участка дельты Дона».

ПРОБЛЕМА АРИДИЗАЦИИ КЛИМАТА И ПРОЯВЛЕНИЯ ПРОЦЕССОВ ЗАСОЛЕНИЯ В ПОЧВАХ ВОСТОЧНОЙ СИБИРИ И МОНГОЛИИ

Черноусенко Г.И., Панкова Е.И.

Почвенный институт им. В.В. Докучаева, Москва

E-mail: chergi@mail.ru

В последние 10-летия в мире широко обсуждается проблема аридизации климата и процессы опустынивания, влияние изменения климата на агроценозы, агроландшафты и прогнозы рисков в сельском хозяйстве, разрабатываются десятки возможных сценариев развития климата на планете. Аридизация климата приводит к активизации ряда деградационных почвенных процессов, в первую очередь процессов засоления в гидроморфных и полугидроморфных условиях. Наиболее тесно связь климата и засоления почв описывает коэффициент увлажнения Высоцкого-Иванова (КУ). Зависимость процента засоленных почв и КУ обратно пропорциональная. При КУ больше 0.85 засоление почв обычно не встречается. КУ задает верхний предел возможной доли засоленных почв в контуре, но не гарантирует обязательного наличия засоления в нем. Это объясняется тем, что при близких климатических условиях засоленные почвы не всегда распространены, что определяется грансоставом, степенью карбонатности, водно-физическими свойствами почв.

Анализ данных, характеризующих аридность климата по коэффициенту (индексу) аридности котловин юга Восточной Сибири за 50 лет показал, что в целом для изучаемых регионов имеет место разнонаправленность процессов аридизации климата. Это подтверждает вывод А.Н. Золотокрылина (2005) об неоднозначном тренде выпадения осадков в Центральной Азии, когда в одних районах наблюдается их снижение, а в других рост. Так, в Минусинской котловине за последние 50 лет наблюдалось некоторое понижение аридизации, хотя согласно классификации Лобовой с соавторами (1977) изменения категории за этот период не произошло, территория к 2015 г. осталась в той же категории аридной и субаридной, как и в 60-е гг. XX в. Во всех котловинах Тувы и Бурятии наблюдался достоверный рост аридизации климата, но большинство их них также сохранили категорию аридности. Тем не менее, в ряде котловин юга Восточной Сибири мы констатировали рост аридизации с переходом в более аридную категорию. Это относится к Еравненской и Баргузинской котловинам Бурятии, перешедшим из слабоаридных в субаридные, а также к Убсунурской котловине Тувы, которая из аридной пере-

шла в сильноаридную. Для котловин юга Восточной Сибири, где констатирована аридизация климата, решался вопрос о возможной активизации процесса засоления почв.

Для решения этой проблемы были привлечены материалы по засоленности почв аридных регионов Монголии и юга Восточной Сибири. Было констатировано, что повышение аридности климата не влияет на засоленность автоморфных почв, на которых засоленность определяется исходным засолением почвообразующих пород. Засоленность в автоморфных почвах аридных регионов проявляется в районах распространения девонских гипсоносных красноцветов в Минусинской котловине и на мел-палеогеновых засоленных породах в Монголии. В гидроморфных условиях котловин юга Восточной Сибири так же, как и в Монголии аридизация климата неизбежно приводит к активизации процесса соленакопления.

Таким образом, можно констатировать, что однонаправленного тренда повышения аридизации на юге Восточной Сибири не наблюдается, имеет место как его спад, стабильное состояние так и рост. В гидроморфных ландшафтах котловин Тувы и Бурятии, испытывающих аридизацию климата, следует ожидать активизации процесса засоления почв и увеличения их площадей, тогда как в Минусинской котловине в естественных условиях процент участия засоленных почв в контуре не должен расти.

УДК 631.4

ВЛИЯНИЕ МОРФОМЕТРИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ РЕЛЬЕФА НА ПРОЯВЛЕНИЕ ПРОЦЕССОВ ЗАСОЛЕНИЯ ПОЧВ В ДЕЛЬТЕ РЕКИ ВОЛГА

Яковлева Л.В.¹, Федотова А.В.¹, Еськова В.А.², Скокова А.С.²

¹ Астраханский государственный университет, Астрахань

E-mail: yakovleva_lyudmi@mail.ru

² Центр пространственной аналитики и промышленного развития

Астраханской области, Астрахань

E-mail: gisagp@mail.ru

Ландшафты низовьев дельты Волги формируются при сложном взаимодействии пустынно-степных зональных и дельтовых интразональных факторов, в результате чего весьма жесткие климатические условия (незначительное количество атмосферных осадков, высокое испарение, сухость воздуха, частые и сильно иссушающие почву ветры восточного направления и резкие перепады температур) сглаживаются под влиянием пресных вод многочисленных водотоков в дельте Волги, определяющих режим увлажнения этой территории и развивающихся в ее пределах почв. Процесс эволюции дельты Волги

сопровождается закономерным изменением ландшафтов, а значит и основных факторов почвообразования и, как следствие, определяет основное направление эволюции дельтовых почв с последовательным уменьшением в почвенном профиле выраженности признаков гидроморфизма и возрастанием засоленности, а в северном направлении и солонцеватости.

Рельеф является одним из ведущих факторов формирования ландшафтов.

Целью настоящего исследования явилось изучение влияния морфометрических показателей рельефа на проявления процессов засоления почв в дельте р. Волга.

В качестве объектов исследования были выбраны засоленные почвы восточной части дельты (ВД) и района западных подстепных ильменей (ЗПИ).

Территория ВД представляет собой плоскую равнину, разрезанную рукавами и протоками, территория ЗПИ находится в пределах современной эоловой равнины и новокаспийской морской аккумулятивной равнины, для которых характерен пустынный тип ландшафта. Ландшафтной особенностью этих районов является сочетание бугров Бэра, вытянутых грядами в широтном направлении, и озер (ильменей), расположенных в межбугровых понижениях. Ильмени и связывающие их протоки и ерики на территории ЗПИ фактически утратили связь с постоянными водотоками и доминирующей тенденцией развития значительной части ландшафта ЗПИ является засоление и опустынивание.

Для определения засоления почв исследуемых ландшафтов использовались снимки Landsat 5 (с пространственным разрешением 30 м), Sentinel-2 (с пространственным разрешением 10-60 м). Для получения изображения была произведена геокоррекция с помощью универсального поперечного меркатора (UTM-38 zone) и Всемирной геодезической системы координат (WGS-84). Основным инструментом для идентификации ареалов засоленных почв на территории ВД и ЗПИ послужил программный комплекс ArcMap 10.4. Сначала с помощью метода предварительной обработки, где применяются поправки по атмосферным и радиометрическим параметрам, для снимков, полученных с помощью Landsat 5, применили радиометрическую коррекцию. Вторым этапом проводится атмосферная корреляция (удаление облаков и прочих атмосферных явлений) для уменьшения влияния атмосферного слоя на конечный итог исследования.

Для оценки внутренних различий в геоморфологическом строении и определении потенциала территорий был проведен детальный подспутниковый морфометрический анализ территории путем сравнения космических снимков Landsat 5, Sentinel-2, разновременных топографических карт и данных полевого обследования территории.

Отслеживая трансформацию почвенного покрова по количеству концентрации солей удалось установить, что за период 2010-2018 гг. в связи с изменением гидрологического режима Волги и сокращения площадей бугров Бэра наблюдается увеличение концентрации солей в почве. Устойчивый маловодный период с 2007 по 2015 г. не позволил обеспечить достаточное увлажнение почв для снижения концентрации легкорастворимых солей. В районе ЗПИ по сравнению с ВД в период с 2010 по 2018 г. наблюдается высокая динамика образования сильнозасоленных участков. Это происходит потому, что в результате естественного стока при гипертонизации вод, поступающих по почвенным капиллярам, ильмени заполняются исключительно соленой водой, что при высокотемпературных показателях способствует образованию устойчивой соляной корки.

УДК 631.427

ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ЗАПАСОВ ГУМУСА И МИКРОБНОЙ БИОМАССЫ В ПРОЦЕССЕ РАЗВИТИЯ КАШТАНОВЫХ ПОЧВ

Якутин М.В.

Институт почвоведения и агрохимии СО РАН, Новосибирск

E-mail: yakutin@issa-siberia.ru

Особенностью почвенного покрова аридной зоны является постоянное обновление почв благодаря высокой активности дефляции. Условия для развития дефляции создаются из-за разреженности растительного покрова и наличия фенопауз в сухой период. Данное исследование было проведено в Южной Тыве на территории Убсунурской котловины. Убсунурская котловина является частью территории Озерных равнин Западной Монголии (одного из наиболее засушливых регионов Центральной Азии). В Убсунурской котловине широко представлены песчаные массивы, образующие протяженные гряды. С подветренной стороны таких гряд движение песка замедляется, происходит его постепенное закрепление растительностью и начинается формирование светло-каштановых и далее каштановых почв. В качестве одного из объектов исследования была выбрана песчаная гряда Цугер-Элисс. Пески, слагающие массив Цугер-Элисс, имеют элювиальное происхождение. После опускания местного базиса эрозии речная терраса оказалась «обезвоженной» и была развеевана ветрами. Мощность эоловых отложений достигает 10-12 м. На элювиальной позиции этой гряды был описан эмбриозем инициальный (инициальная стадия почвообразования). В качестве терминальной стадии почвообразования на подгорной равнине хребта Сангилен

была выбрана находящаяся вблизи гряды Цугер-Элисс почва светло-каштановая маломощная супесчаная.

Эмбриозем инициальный характеризовался низким содержанием органического углерода, С-биомассы, доли С-биомассы в $C_{орг.}$ и низкой метаболической активностью микробобиомассы, оцененной по показателям базального дыхания и величины активной биомассы. Важной особенностью эмбриозема инициального является высокий уровень удельной активности биомассы микроорганизмов, определенный по величине метаболического коэффициента и показателю доли активной биомассы в ее общем запасе. Это свидетельствует о том, что относительно небольшая биомасса микроорганизмов в этой почве метаболически более активна, чем относительно более значительная микробная биомасса окружающих песчаный массив сформировавшихся светло-каштановых почв. В процессе развития эмбриозема инициального и формирования светло-каштановой почвы происходит значительный рост содержания $C_{орг.}$, С-биомассы и доли С-биомассы в содержании $C_{орг.}$, базального дыхания и величины активной биомассы. При этом биомасса микроорганизмов увеличивается гораздо значительнее, чем показатели метаболической активности. Одновременно происходит резкое снижение уровня удельной активности микробобиомассы.

Таким образом, несмотря на значительную пространственную близость друг к другу, микробиологический блок деструкционного звена биологического круговорота в инициальном эмбриоземе резко отличается по степени своего развития от такового в сформировавшейся светло-каштановой почве. Молодые почвы, развивающиеся в подзоне сухих степей, испытывают значительный дефицит влаги и поэтому скорость их развития и формирования в них микробиологического компонента может быть сильно замедлена.

Дефицит влаги значительно осложняет освоение почвообразующих субстратов растениями, что замедляет процесс формирования запаса мортмассы, а это в свою очередь замедляет развитие комплекса деструкторов. Сдерживает заселение песков растительностью и крайняя бедность элементами питания.

Рабочая группа

**НОРМАТИВНО-ПРАВОВОЕ СОПРОВОЖДЕНИЕ
ОХРАНЫ И ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПОЧВЕННЫХ РЕСУРСОВ**

Председатель – д.б.н. А.С. Яковлев

УДК 631.4

**ПОЧВЕННЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ
В РАМКАХ ИНЖЕНЕРНО-ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ИЗЫСКАНИЙ**

Булышева А.М.

Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург
ООО «Эко-Экспресс-Сервис», Санкт-Петербург
E-mail: anny_by@mail.ru

Инженерно-экологические изыскания должны обеспечивать комплексное изучение и оценку экологических условий предполагаемого участка строительства. Одним из таких компонентов окружающей среды, изучаемых в ходе работ, являются почвы. До недавнего времени изыскатели уделяли недостаточное внимание правильному проведению почвенных исследований. К сожалению, до сих пор достаточно часто данные работы осуществляют специалисты, не имеющие профильного образования, что приводит к неверной оценке почвенных условий. Сложившаяся ситуация также во многом обусловлена состоянием современной нормативно-правовой базы в данной области, в том числе отсутствием ясных и предметных указаний по почвенным исследованиям в действующем Своде правил на инженерно-экологические изыскания СП 11-102-97 и государственных стандартов, используемых для оценки снятия плодородного слоя почвы. На настоящий момент ведется подготовка нового СП по выполнению инженерно-экологических изысканий. Но для качественной оценки почвенных условий при проведении инженерных изысканий необходимо перевыпустить следующие государственные стандарты: ГОСТ 17.4.3.02-85 «Охрана природы (ССОП). Почвы. Требования к охране плодородного слоя почвы при производстве земляных работ»,

ГОСТ 17.5.3.06-85 «Охрана природы (ССОП). Земли. Требования к определению норм снятия плодородного слоя почвы при производстве земляных работ».

Большим минусом нормативной документации является отсутствие четких рекомендаций по количеству заложения разрезов и по методике отбора проб для определения агрохимических показателей. Отсутствуют четкие рекомендации о том, что пробы требуется отбирать из генетических горизонтов почв, учитывая мощности этих горизонтов и не допуская их перемешивания. Норматив должен содержать пояснения о том, что отбор проб следует производить в достаточном количестве для определения нижней границы плодородного слоя почвы. Такие рекомендации позволят не только избежать неверной трактовки государственных стандартов, но и обосновать необходимые объемы агрохимических исследований при планировании изысканий. Государственные стандарты на определение норм снятия плодородного слоя содержат требования к плодородному слою по нескольким показателям в зависимости от классификационной принадлежности почвы. Но в тексте ГОСТов рассматриваются всего несколько основных типов почв. Полученные в ходе почвенного обследования данные о тех почвах, требования для которых не прописаны, приходится сравнивать с требованиями для других почв, что делает такое сравнение некорректным. Вопросы вызывает определение норм снятия потенциально плодородного слоя почвы, требуемое экспертами. В существующих стандартах нет четкого определения этого термина, и если для лесостепной, степной, сухостепной и пустынной зон даны некоторые характеристики для выделения данного слоя (п. 2.1.1 ГОСТ 17.5.3.06-85), то для таежно-лесной зоны таких указаний нет.

На настоящий момент нет четких, полагающихся на современные научные исследования и методики, указаний в нормативных документах, регламентирующих оценку норм снятия плодородного почвенного слоя. Существующие требования прописаны в разных документах, противоречивы и не полны. Необходимо провести актуализацию и обобщение разрозненных нормативных требований при совместной работе специалистов-почвоведов и разработчиков проектной документации.

УДК 351.777.6

НОРМАТИВЫ СОДЕРЖАНИЯ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ И МЕТАЛЛОИДОВ В ПОЧВАХ РАЗЛИЧНЫХ СТРАН: ОЦЕНКА ПРИМЕНИМОСТИ В РОССИЙСКИХ РЕАЛИЯХ

Королева Т.В., Семенов И.Н.

Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Москва

E-mail: semenkov@geogr.msu.ru

Российская система нормирования содержания поллютантов в почвах базируется на подходах, длительно не пересматривавшихся в свете прогресса в инструментальных методах анализа веществ и оценки риска негативного воздействия. Хотя предельно допустимая концентрация (ПДК) – это максимальный уровень содержания вещества в пахотном слое абсолютно сухой почвы, не вызывающий отрицательного влияния на здоровье человека и самоочищающую способность почвы, действие российских нормативов распространяется на населенные пункты, сельхозугодия, зоны санитарной охраны источников водоснабжения, территории курортных зон и отдельных учреждений. По итогам обзора систем нормирования содержания тяжелых металлов и металлоидов в почвах различных стран (Австралия, Канада, Китай, Новая Зеландия, страны Европейского союза (Германия, Нидерланды, Польша, Финляндия, Швеция), США, Южно-Африканская республика) выявлены параметры, наиболее существенно влияющие на итоговое значение норматива:

- субъект нормирования (экосистема и/или человек);
- учет геохимического фона, риска канцерогенных эффектов, действий в случае превышения норматива;
- универсальность показателя (применимость для всей страны или специально оговоренных почв/функциональных зон).

В России используют максимально жесткие нормативы (за редким исключением) для всех типов почв, безопасные для нормального функционирования биоты и человека. На настоящий момент утверждены российские ПДК валового содержания Cr^{6+} , Mn, Pb, S, V и содержания подвижных форм Mn, Cu, Ni, Pb по общесанитарному показателю вредности; валового содержания Sb – по миграционно-водному показателю; валового содержания As, Hg и содержания подвижных форм Zn, F – по транслокационному показателю. Рекомендованная в России оценка устойчивости и изменения подвижности поллютантов в почвах с разной гумусностью, кислотностью и влажностью реализована только для Mn.

Несмотря на лидерство нашей страны по общему числу нормативов для валовых и подвижных форм тяжелых металлов и метал-

лоидов, для различных функциональных зон возможно применение зарубежных нормативов с учетом местного геохимического фона в качестве ориентировочных величин для оценки актуального экологического состояния почв по содержанию Ag, В, Ва, Ве, Сl, Сr, Cr³⁺, F, Fe, I, Li, Mo, Sn, Те, Тl, U и Zr, не нормируемых в нашей стране. Этот подход актуален и для тех элементов, лимитирующим показателем вредности которых в России является транслокационный (As, F, Hg, Zn) или миграционно-водный (Sb), при оценке почв городской застройки. Напротив, слабо применим к российским реалиям опыт нормирования качества почв населенных мест Австралии, Новой Зеландии и Южно-Африканской республики из-за существенных различий в особенностях поселений и образа жизни местных жителей в отличие от стран ЕС, США, Канады и Китая.

По аналогии с опытом Чехии и Финляндии для совершенствования системы нормирования качества почв, а также научного обоснования разрабатываемых нормативов необходима почвенно-геохимическая съемка страны по регулярной сети с привлечением современных методов количественного химического анализа и статистической обработки данных элементного состава.

Российская система нормирования качества почв может быть усовершенствована за счет применения местоспецифичного мониторинга; разработки нормативов для конкретных функциональных зон в городах и земель сельхозназначения с ограниченным набором выращиваемых культур или используемых для выпаса определенных животных; обоснования нормативов для территорий с повышенным литолого-геохимическим фоном; актуализации существующих нормативов за счет сопоставления изначально используемых и современных методов анализа элементного состава почв.

Исследование выполнено в рамках проекта РНФ № 19-77-30004.

УДК 631.4

НОРМАТИВНО-ПРАВОВОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ОРГАНИЧЕСКОГО ЗЕМЛЕДЕЛИЯ В РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Нестерова О.В.¹, Семаль В.А.^{1,2}, Брикманс А.В.¹

¹ Дальневосточный федеральный университет, Владивосток
E-mail: nesterova.ov@dvfu.ru

² ФНЦ Биоразнообразия наземной биоты Восточной Азии ДВО РАН
E-mail: semal.va@dvfu.ru

С 1 января 2020 г. вступил в силу Федеральный закон № 280-ФЗ «Об органической продукции и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации». Каким образом переход к органическому земледелию отразится на использовании почвенных

и земельных ресурсов? Закон предусматривает государственную поддержку мероприятий по повышению плодородия и охране сельскохозяйственных земель, а для понимания, какие продукты следует относить к органическим и как получить сертификат на органическую продукцию, дается ссылка на ГОСТ Р 57022-2016, согласно которому производитель органической продукции обязан предоставить в орган по сертификации доказательства неиспользования запрещенных в органическом производстве средств и веществ в течение последних трех лет. Кроме этих сведений производитель органической продукции растениеводства для получения сертификата соответствия должен предоставить информацию об агроэкологическом состоянии почв.

Норматив составлен на основе межгосударственного стандарта (используется в России, Белорусии, Киргизии и Таджикистане), в нем есть правила переработки, маркировки и реализации органической продукции (ГОСТ 33980-2016) и он введен в действие в качестве национального стандарта РФ с 2018 г. В стандарте есть разъяснения по поводу контроля за качеством почв при органическом земледелии. В частности, документ говорит о запрете использования веществ для улучшения почвы и некоторых типов удобрений. Производство органической продукции должно быть расположено вдали от источников загрязнения окружающей среды, объектов промышленной деятельности, территорий интенсивного ведения сельского хозяйства. В органическом растениеводстве рекомендованы методы обработки почвы, направленные на сохранение ее естественного сложения, предотвращение развития деградационных процессов и поддержание биоразнообразия экосистем. Для сохранения и повышения плодородия и биологической активности почв рекомендуются специальные севообороты, в том числе с возделыванием бобовых и других сидеральных культур, а также почвоулучшающие вещества и вещества животного и растительного происхождения, полученные в системе органического сельского хозяйства и прошедшие стадию компостирования или анаэробной ферментации.

Данный документ включает в себя список удобрений и почвоулучшающих веществ, разрешенных при органическом производстве. Отдельно есть запрет на применение минеральных азотных удобрений, синтетических гербицидов, фунгицидов, инсектицидов, пестицидов и гидропонного производства. Для оценки агроэкологического состояния почв рекомендовано использовать гигиенические нормативы, предъявляемые к почвам в соответствии с нормативными правовыми актами государств, принявших стандарт. Общее количество внесенных в почву в хозяйстве органических удобрений на основе отходов животноводства не должно превышать 170 кг азота в год на 1 га сельхозугодий. Для улучшения общего состояния почвы или увеличения содержания питательных веществ в почве или

урожае допускается использование препаратов на основе продуктов жизнедеятельности микроорганизмов, а также содержащих живые микроорганизмы. Таким образом, мы видим, что при органическом земледелии воздействие на почву должно быть минимальным, а значит и затраты углерода при производстве такой продукции значительно уменьшаются, что говорит о следующем этапе переходя от органического земледелия к низкоуглеродному.

В целом новый федеральный закон должен стать основой для создания службы агроэкологического контроля, без которой просто невозможно документально подтвердить соответствие почв гигиеническим нормативам и агроэкологическим показателям, требуемым для сертификации органической продукции.

УДК 631.471

ДЕЙСТВУЮЩАЯ НОРМАТИВНАЯ ДОКУМЕНТАЦИЯ, РЕГЛАМЕНТИРУЮЩАЯ ПРОЦЕСС ИНЖЕНЕРНО-ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ИЗЫСКАНИЙ И ЕЁ ПОНИМАНИЕ В ЧАСТИ ИССЛЕДОВАНИЯ ПОЧВ

Новосельцев А.С.

АО «ТомскНИПИнефть», Томск
E-mail: extempore83@gmail.com

Действующие в настоящее время государственные стандарты, по большей части составленные в 1970-1980 гг., были написаны для использования в работе специалистами, имеющими профильное образование.

В современных условиях недооцененного значения инженерно-экологических изысканий (ИЭИ) как отдельного комплекса работ в проектно-изыскательских организациях наблюдается острый дефицит специалистов узкого профиля. В результате в большей части проектно-изыскательских организаций квалифицированные специалисты полностью отсутствуют, а написанием разделов отчетов по ИЭИ занимается один «специалист широкого профиля». При этом полевую часть работ также выполняют работники, не имеющие профильного образования. Так, работник, не имеющий образования почвоведом, в силу отсутствия необходимых знаний при выполнении полевого исследования почв допускает массу технических ошибок, начиная с описания почвенного профиля и заканчивая отбором проб. Это не дает возможности правильно оценить природные условия, собрать материал для написания отчета, а в ходе камеральных работ специалист без специального образования не в силах корректно оценить полученные результаты и сделать верные выводы.

Одной из самых распространенных ошибок при исследованиях почв является ошибка при определении наличия и мощности плодородного слоя почв. Зачастую происходит отождествление его с почвенно-растительным слоем (ПРС). ПРС выделяется геологами при проведении инженерно-геологических изысканий. Данные объекты не должны отождествляться друг с другом. В процессе инженерно-геологических изысканий осуществляется изучение геологического профиля грунтов, не имеющее отношения к изучению почвенного профиля. Почвенно-растительный слой, входящий в состав геологического профиля грунтов, может включать в себя часть почвенного профиля с присущими ему генетическими горизонтами.

Дополнительной проработки требует вопрос снятия плодородного слоя почв облесенной территории. Так, плодородный слой мощностью до 20 см в условиях леса снять будет практически невозможно. В процессе расчистки площадки под строительство в ходе работ по сведению растительности широко применяется тяжелая техника, работа которой приводит к перераспределению и перемешиванию верхних генетических горизонтов почв. К потере плодородного слоя также приведет последующая раскорчевка. Подобное развитие событий неизбежно приведет к снятию вместе с плодородным слоем перемешанных подстилающих горизонтов, следствием чего будет значительное расхождение показателей плодородия почв, изученных в период полевого этапа изысканий, с показателями плодородия снятого «плодородного слоя» вплоть до возможного несоответствия снятой смеси требованиям ГОСТ 17.5.3.05-84 и невозможности ее использования в целях рекультивации.

Большое количество ошибок допускается также на этапе отбора проб. Часто встречается неверное толкование п. 5 ГОСТ 17.4.4.02, когда исследователи при отборе точечных проб из разных горизонтов смешивают их для получения объединенной пробы либо отбирают пробу из слоя 0-30 см как установлено п. 4.19 СП 11-102-97.

Отдельно следует отметить наличие неточностей в содержании действующих государственных стандартов. Примером этого является ГОСТ 23740-79, актуализированный в ГОСТ 23740-2016, в процессе актуализации которого упразднили коэффициент пересчета органического углерода на гумус, при этом сам гумус стал приравниваться к валовому органическому веществу почвы.

Для повышения качества выполнения работ в части ИЭИ необходимо привлечение к специальным видам исследований профильных специалистов. С целью исключения неоднозначной трактовки нормативных документов необходима актуализация действующих в настоящее время государственных стандартов, а также введение дифференцированных в зависимости от категории землепользования гигиенических нормативов для почв и грунтов.

УДК 631.95:631.6.02:632.125

О НЕОБХОДИМОСТИ АКТУАЛИЗАЦИИ МЕТОДИЧЕСКИХ РЕКОМЕНДАЦИЙ ПО ОЦЕНКЕ СТЕПЕНИ ДЕГРАДАЦИИ ПОЧВ ЗЕМЕЛЬ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Титова В.И.

Нижегородская государственная сельскохозяйственная академия,
Нижний Новгород
E-mail: titovavi@yandex.ru

Деградация земель в настоящее время – одна из важнейших проблем, создающая угрозу экологической, экономической и в целом национальной безопасности России. По каждому типу и подтипу деградаций существует свой перечень диагностических признаков, хотя оценочные критерии в настоящее время разработаны еще не для всех. Основной перечень диагностических показателей, используемых в практике выявления деградированных почв и земель и оценки интенсивности проявления деградационных процессов, приведен в «Методике определения размеров ущерба от деградации почв и земель» (1994, далее – Методика) и «Методических рекомендациях по выявлению деградированных и загрязненных земель» (1995).

Однако в реальных условиях попытка оценить степень деградации, строго ориентируясь на вышеназванные документы, не всегда возможна. Например, к прямым диагностическим признакам деградации почв по типу агроистощения, согласно Методике, относят уменьшение запасов гумуса в профиле почвы (А + В) в % от исходного; рН; уменьшение содержания физической глины (%), качественный состав гумуса, уменьшение валового запаса основных элементов питания, обеспеченность растений подвижными формами элементов питания и др. Однако критерии для диагностических признаков приводятся лишь для двух из них: уменьшение запасов гумуса в профиле почвы (в кг/га) и содержание физической глины.

Встречаются также нечеткость и (или) некорректность обозначения самих диагностических признаков, а также подмена одних показателей другими, схожими. Например, показатель «уменьшение запасов гумуса» на практике трактуется как уменьшение его содержания (в процентах) в верхнем пахотном слое (а не в слоях А + В), а признак «обеспеченность растений подвижными формами элементов питания» (именно так он записан в Методике) нельзя признать полным аналогом признака «обеспеченность почв подвижными соединениями фосфора и калия», который обычно и используют в подобных случаях. При этом для показателя «обеспеченность почв

подвижными соединениями фосфора и калия» разработаны критерии, хотя как диагностический признак он при оценке степени деградации по типу агроистощения не назван.

Есть признак «уменьшение валового запаса основных элементов питания». Но поскольку в агрохимической практике валовые запасы элементов определяют очень редко, обычно ограничиваясь определением содержания подвижных соединений фосфора и калия, есть соблазн заменить вышеназванный диагностический признак на «уменьшение запаса подвижных соединений фосфора и калия». Еще один признак – качественный состав гумуса: в материалах агрохимического мониторинга таких данных нет, в связи с чем широкого использования в практике оценки состояния почв после антропогенного воздействия он не имеет.

Для деградации почв по типу «агроистощение» выписаны еще и дополнительные диагностические признаки: минералогический состав илистой фракции, снижение уровня активной микробной биомассы (число раз), фитотоксичность, уменьшение ферментативной активности почв, биомасса почвенной мезофауны, уменьшение биоразнообразия (индекс Симпсона, % от нормы). Нельзя не признать, что все они действительно могут быть весьма информативными в части отражения качества почвы, но широкого использования в оценочной деятельности они, к сожалению, не имеют (прежде всего из-за отсутствия методических материалов, четко регламентирующих трактовки численных значений отдельных признаков).

К сожалению, актуализации требуют и многие другие позиции документа «Методические рекомендации по выявлению деградированных и загрязненных земель», а также ряд позиций руководства «Методика определения размеров ущерба от деградации почв и земель», которые до настоящего времени носят нормативный характер.

Комиссия

ПО ПАЛЕОПОЧВОВЕДЕНИЮ

Председатель – д.б.н. А.О. Макеев

УДК 631.48

**ЗАСОЛЕННЫЕ ПОЧВЫ
МЕЗОЗОЙСКИХ КОТЛОВИН ЗАПАДНОГО ЗАБАЙКАЛЬЯ:
РОЛЬ ЭНДОГЕНЕЗА И ПАЛЕОРАЗГРУЗОК МИНЕРАЛЬНЫХ ВОД**

Аюшина Т.А., Убугунова В.И.

Институт общей и экспериментальной биологии СО РАН, Улан-Удэ
E-mail: tuyana2602@mail.ru

Мезозойские котловины Западного Забайкалья в тектоническом отношении представляют собой участки рифта с умеренной активацией. Это проявляется разрывными нарушениями, разгрузкой трещинно-жильных вод в виде озер и минеральных источников, наличием грязевулканических структур, выбросами и самовозгоранием углеводородных газов.

Объектом исследования были засоленные почвы Иволгинской и Оронгойской котловин. Всего было проанализировано 76 почвенных разрезов и прикопок. Климат региона резкоконтинентальный, характеризуется низкими среднегодовыми температурами (-1.1°C), малой годовой суммой осадков (234 мм). Почвообразующими породами являются продукты разрушения субщелочных силикатных пород карбонатитов, трахибазальтов, трахиориолитов, щелочных гранитов.

Исследуемая территория характеризуется большой засоленностью (до 40% почв). В пределах Иволгинской котловины преобладают засоленные почвы сульфатно-натриевого состава (43% от всех засоленных почв), особенно в центральной ее части. Почвы хлоридного типа засоления локально отмечены в центральной части (5%), также встречаются почвы хлоридно-сульфатного (10%), сульфатно-хлоридного (14%), сульфатно-хлоридно-бикарбонатного (12%) типов засоления. Высокая плотность засоленных почв на небольшой территории, разнообразие химического состава солей в почвах, преобладание

сульфатно-натриевого типа засоления при отсутствии сульфатов и натрия в почвообразующих породах и грунтовых водах позволили предположить влияние процессов эндогенеза и палеоразгрузок минеральных вод на засоление почв.

В Иволгинской и Оронгойской котловинах выражены тектонические разломы разного порядка (Аршанский, Ключевской, Гильберинский, Шаманский, Иволгинский, Каленовский, Оронгойский и др.). Проведенные многолетние исследования показали, что сильно засоленные почвы приурочены к зонам глубинных разломов, по которым идет разгрузка преимущественно холодных термальных вод, часто несбалансированного химического состава. Вынос дополнительных элементов, особенно сульфатов, хлора и натрия, и осаждение их на испарительном, сорбционном, щелочном, глеевом, механическом барьерах способствуют интенсивному засолению почвенного покрова территории, а химический состав трещинно-жильных вод оказывает непосредственное влияние на тип засоления и пространственную неоднородность распределения почв. По бортовым частям позднемезозойских рифтовых впадин встречаются карбонатитовые массивы, также являющиеся индикаторами прохождения глубинных разломов. В Иволгинской котловине это Ошурковский, Халютинский, Аршанский массивы. Карбонатиты характеризуются обогащенностью Na, K, Sr, P, S и служат дополнительным источником солей в котловинах.

Большая часть сильнозасоленных почв имеет сульфатно-натриевый состав и представлена солончаками светлыми, солончаками светлыми квазиглеевыми криотурбированными галоморфного отдела; значительно реже встречаются солонцы светлогумусовые квазиглеевые щелочно-глинисто-дифференцируемого отдела. Средняя и слабая степень засоленности характерна преимущественно для аллювиальных перегнойно-квазиглеевых, аллювиальных темногумусовых квазиглеевых, аллювиальных светлогумусовых почв. В почвах аллювиального отдела тип химизма различный.

Влияние эндогенного поступления минеральных вод на элементный состав почв изучали в местах разгрузки холодного гидрокарбонатно-магниево-кальциевого источника Ута-Булаг. В воде содержатся избыточные количества фтора, бария, кобальта, серы, урана, лантана, европия – спутников вод глубинных разломов. В исследуемых почвах отмечено значительное превышение кларка по сравнению с земной корой: Sr6; W14; Mg2; La3.5; As11; Ce3; Li3; Ba2; Ca2; P2. Причиной аномальных содержаний элементов может быть приуроченность к разлому флюоритовой минерализации мезозойского возраста (Иволгинское рудопроявление флюорита).

Формирование почвенного покрова мезозойских котловин Западного Забайкалья происходит при большом влиянии рифтогенных процессов. В зоне геохимического воздействия разломов и палеораз-

грузок минеральных вод расположены наиболее засоленные почвы. Химизм засоления и геохимические ассоциации элементов указывают на проявление эндогенеза.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ № 18-04-00454 А и средств бюджетного проекта по теме № АААА-А17-117011810038-7.

УДК 562

ПАЛЕОЭНТОМОФАУНА МЕРЗЛОТНЫХ ПОЧВ ЯНСКОГО ПЛОСКОГОРЬЯ

Боескоров В.С., Саввинов Г.Н.

Северо-Восточный федеральный университет им. М.К. Аммосова, Якутск
E-mail: vstepb@mail.ru

Ископаемые находки насекомых даже в неполноценной сохранности предоставляют очень ценную информацию о том, что происходило в определенные геологические периоды, и тем самым дают основу для раскрытия некоторых важных этапов. Позднеплейстоценовые насекомые дают нам наиболее прямые сведения о прошлой эволюции (какой вид леса произрастал в этой местности), также они помогут выяснить, какого рода почва преобладала здесь в древности.

Макроэнтомологический метод в четвертичной палеонтологии сформировался в современном виде в конце 1960-х гг. Ископаемых насекомых находили и раньше, но описывали как стандартные палеонтологические объекты, нередко с выделением новых видов, которые впоследствии были ревизованы. Подробно история метода описана в ряде монографий. В России исследования начались практически одновременно с пионерными работами в Канаде. Изучение обширной территории бывшего СССР началось именно с Сибири.

Преимущества макроэнтомологического метода состоят в более точном определении ископаемых остатков (их часто удается определить до вида и даже до подвида) и дополнительных возможностях при реконструкциях. Насекомые более чутко, чем растительность, реагируют на природную обстановку. Кроме того, они более мобильны и во время межледниковий теплолюбивые виды имеют шансы заселить территорию раньше, чем она успевает зарости лесом.

Исследования ископаемых насекомых нами начаты с 2016 г. Несмотря на их относительно малые размеры и хрупкость, они обнаружены в термокарстовом котловине в многолетней мерзлоте Батагайка и Улахан Сууллар.

В основном ископаемых насекомых обнаружили там, где есть залежи органического горизонта или на мелкозернистых осадочных

породах – многолетнемерзлые породы, представленные едомными отложениями. Обнаруженные нами останки ископаемых насекомых найдены на глубинах от 8 до 44.5 м.

Ископаемые насекомые исследованных территорий в основном принадлежат трем семействам жуков: долгоносики (род *Nyctelia*), жуки-пилюльчики (*Morychus viridis*) и жужелицы (род *Pterostichus*). Эти представители насекомых типичны для тундростепных комплексов, живут в основном на сухих лугово-подобных пятнах с богатой растительностью и в лесных районах вблизи границы леса.

Таким образом, экологическая близость этих ископаемых насекомых указывает на то, что в позднеплейстоценовых средах преобладают сухая тундра и степная тундра, так как жук-пилюльчик *Morychus viridis* является чисто тундростепным индикатором.

Палеознтомологические находки дают более достоверную информацию при проведении реконструкции природных обстановок прошлого.

УДК 631.4

РЕКОНСТРУКЦИЯ ПАЛЕОСРЕДЫ НА ОСНОВЕ КОМПЛЕКСНОГО ИССЛЕДОВАНИЯ ПОЧВ СРУБНЫХ ПАМЯТНИКОВ

Васильева Д.И.¹, Приходько В.Е.², Трегуб Т.Ф.³, Денисов А.А.⁴

¹ Самарский государственный экономический университет, Самара
E-mail: vasilievadi@mail.ru

² Институт физико-химических и биологических проблем почвоведения РАН,
Пушино
E-mail: kpve00@mail.ru

³ Воронежский государственный университет, Воронеж
E-mail: ttregub108@yandex.ru

⁴ ООО «Научно-производственный центр «Бифас»

В 2018 г. совместно с археологической экспедицией ООО «Научно-производственный центр «Бифас» исследованы почвы под курганами срубной культуры Верхнесъезженского некрополя (XIX (XVIII)–XVII вв. до н.э.), расположенного в Нефтегорском районе Самарской области на первой надпойменной террасе р. Съезжая. Изучены общепринятыми методами пробы фоновых и подкурганых почв. Образцы на палинологический анализ взяты из слоя 0-2 см изученных почв.

Изученные фоновые и древние почвы характеризуются значительной изменчивостью свойств. Пределы колебания содержания $C_{орг.}$ в слое 0-10 см фоновых и погребенных почв близки (2.6-4%), в других слоях до 50 см реконструированное содержание $C_{орг.}$ в погребенных срубных почвах больше, чем в фоновых аналогах. Средневзвешенное

содержание CO_2 -карбонатов в слое 0-1 м составляет для фоновых почв 2.4 и 3.4%, для подкурганых аналогов – 6 и 8%. Большая обогащенность почв срубного времени карбонатами объясняется их природными особенностями и перекрывает различия, которые могут быть обусловлены изменением климата.

На основании проведенного палинологического и почвенного исследований современных фоновых и древних подкурганых почв выполнена реконструкция палеоклимата. Состав и количество пыльцы и спор указывает, что в округе Верхнесъезженского некрополя в срубное время площадь лесов была обширнее и составляла более 60% территории, преобладали ареалы сосны обыкновенной с можжевельником, расселяющимся по опушкам и большим полянам, занимающим большие локусы, чем сейчас. В древнее время в составе хвойных лесов также встречалась примесь лиственницы сибирской, которая отсутствует в настоящий период. Лиственница требовательна к влажности почвы и воздуха. Наличие обширных площадей, занятых сосняками и смешанными лесами или куртинами, подтверждается обилием пыльцы растений – спутников лесов: льянки обыкновенной (*Linaria vulgaris*), бузины черной (*Sambucus nigra*), дрока германского (*Genista germanica*) и фиалки болотной (*Viola palustris*). Споры папоротника орляка крымского (*Pteridium aquilinum*) также указывают на наличие лесов из сосны обыкновенной в сочетании с березняками по пониженным участкам рельефа. При этом содержание спор было значительно больше в палеобразце, чем в современной пробе.

Все это позволяет резюмировать, что во время создания некрополя развивались лесостепные ландшафты с сосновыми и смешанными лесами и луговыми степями с богатым разнотравьем. Вышеотмеченное может характеризовать климат срубного периода эпохи бронзы в окрестностях Верхнесъезженского некрополя как немного более влажный, чем в настоящее время. По теплообеспеченности климатические условия были близки современным, о чем свидетельствуют близкие площади локальных теплолюбивых широколиственных пород: липы, дуба, вяза и орешника в срубное и настоящее время.

Проведен анализ результатов реконструкции палеосреды в период функционирования срубной культуры в эпоху поздней бронзы, полученных разными исследователями для сопредельных территорий: Воронежской, Оренбургской, Челябинской областей, Республики Башкортостан и Тоболо-Ишимского региона. Наши выводы подтверждают данные многих исследователей, свидетельствующих о повышенной увлажненности климата в срубный период.

Материал подготовлен по теме Государственного задания № 0191-2019-0046 и гранта РФФИ № 20-05-00284.

УДК 56.074.6

ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ СПЕКТРОВ ПАЛЕОМИКРОФОСИЛИЙ И ВОЗМОЖНОСТИ РЕКОНСТРУКЦИИ ПРИРОДНЫХ УСЛОВИЙ В ЗОНЕ РАСПРОСТРАНЕНИЯ МНОГОЛЕТНЕМЕРЗЛЫХ ПОРОД

Занина О.Г.¹, Лопатина Д.А.²

¹ Институт физико-химических и биологических проблем почвоведения РАН,
Пушино

E-mail: oksana.g.zanina@gmail.com

² Геологический институт РАН, Москва

E-mail: dalopat@mail.ru

Определение механизмов формирования и преобразования четвертичных отложений в криолитозоне представляет особую ценность для понимания развития взаимосвязей внутри криосферы для интерпретации этих изменений при реконструкциях палеогеографических условий. Особая специфика разрушения горных пород и остатков биогенного происхождения характерна для низкотемпературных условий и многократных фазовых переходов «вода–лед».

Изучение биоценозов современных почв и подстилающих их отложений ледового комплекса Колымской низменности показало, что субфоссильные микробиоморфные спектры отражают состав продуцирующей их растительности с некоторым искажением. Вопрос об адекватности отражения компонентов биогеоценоза в спектрах палеофоссилий остается открытым.

В настоящей работе приведены предварительные результаты изучения криогенных нарушений микрофоссилий из поверхностных отложений низовий р. Колымы. Основное внимание было уделено повреждениям: в органической части спектра микрофоссилий – анализу палиноморф с разрывными нарушениями и в минеральной – корродированных опаловых биолитов (фитолитов и спикул).

Большинство исследованных голоценовых (в том числе современных) и позднелейстоценовых образцов в спектре микрофоссилий имели 30-55% фитолитов и около 20% спикул губок с корродированной поверхностью. Ранее считалось, что корродированность в этом регионе связана с нехваткой минеральных веществ в период роста либо с неблагоприятными погодными условиями в течение периода вегетации. Однако не исключается химическое и механическое эрозионное воздействие на микрофоссилии.

Сохранность спор и пыльцы гораздо выше для отдельных видов типично тундровых растений в условиях криолитозоны по сравнению с более южными районами. С одной стороны, это связано с процессами криоконсервации биогенного материала в многолетнемерзлых

отложениях. С другой стороны, в поверхностных пробах тундры преобладает тип разрывных нарушений (75-86%) по сравнению с химическим и биологическим видами разрушений. Разрыв оболочек палиноморф происходит в процессе промерзания-оттаивания при образовании кристаллов льда, а также при разбухании в воде и последующем высушивании.

Установлено, что пробы с поврежденными палиноморфами в количестве 0-10% определены практически в 90% образцов, а с более высоким их содержанием (10-30%) – в 10%. Наиболее часто встречалась пыльца с разрывами семейства Pinaceae – Larix и Pinus s/g Narloxylon. Более устойчивыми являются пыльца Cupressaceae и Poaceae, споры Polypodiaceae. На пыльце Caryophyllaceae и Ericaceae разрывных повреждений не обнаружено.

Изучение сохранности палиноморф имеет важное значение, так как эта характеристика не только свидетельствует о способности к фоссилизации, но и о способе их переноса. Пыльца одного таксона имеет примерно одинаковую степень повреждения, если пыльца разрушается на месте.

При интерпретации результатов комплексного анализа микрофоссилий в Арктике необходимо принимать во внимание криогенный фактор, поскольку ряд особенностей спектров обусловлен формированием их в криолитозоне.

Работа выполнена в рамках госзадания ИФХиБПП РАН АААА-А18-118013190181-6, ГИН РАН АААА-А18-118021690155-7 и гранта РФФИ № 20-05-00559 А.

УДК 551.89; 631.48

ПАЛЕОКЛИМАТИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ ФОРМИРОВАНИЯ ЛЁССОВО-ПОЧВЕННОЙ ФОРМАЦИИ ПРИАЗОВЬЯ В ПЛЕЙСТОЦЕНЕ

Калинин П.И., Алексеев А.О.

Институт физико-химических и биологических проблем почвоведения РАН,
Пушино
E-mail: kalinin331@rambler.ru

Приазовье представляет собой наиболее значимую в палеогеографическом отношении область распространения лессово-почвенной формации. Лессовые серии региона можно рассматривать как наиболее полные субаэральные природные архивы четвертичного периода в Евразии, где спектр разновозрастных горизонтов лессов и погребенных почв позволяет прочитать историю почвенного покрова, а значит и климата, на протяжении более 1 млн. лет.

Целью работы являлось изучение химического состава лессовых отложений Приазовья для выявления особенностей их формирования и оценки природных условий региона в плейстоцене. Объектом исследования были разрезы «Порт Катон», «Шабельское», «Беглица», «Чумбур-Коса» и «Мелекино», содержащие горизонты лессов и ископаемых почв плейстоценового возраста. Лессово-почвенные комплексы располагались на территории Азово-Кубанской низменности в северной и южной части Таганрогского залива и Азовского моря. Большую часть территории занимают лессовые аккумулятивно-эрозийные равнины. Береговой обрыв здесь вскрывает участки террасовой поверхности высотой до 40 м. В изученных разрезах представлены до пяти комплексов ископаемых почв (снизу вверх): воронский, инжавинский, каменский, роменский, мезинский и четыре горизонта лессов: коростылевский, борисоглебский, днепровский и валдайский.

Химический состав палеопочв и лессов характеризуется преобладанием в составе отложений Si, Al, Ca, Fe, K и Mg. Большинство элементов не превышают кларковых концентраций, характерных для осадочных пород. Исключения составляют Ca, Na, Mg и As – элементы, связанные с карбонатами и легкорастворимыми солями, которые широко распространены в лессовых отложениях этого региона. В почвенных комплексах содержание Si, Al, Fe и K выше, чем в горизонтах лессов. Отмечается аккумуляция в почвах ряда тяжелых металлов (Cr, Zn), а также P, Mn, Fe и Rb, накапливающихся за счет увеличения атмосферной увлажненности и связанной с этим активизацией процессов выветривания и почвообразования, а также увеличения интенсивности биологической активности в межледниковые периоды. Высокое содержание Si и Zr в лессовых горизонтах разрезов северной части Таганрогского залива может говорить о том, что терригенный материал поступал в зону аккумуляции из источника, который находился ближе к Северному Приазовью. Это объясняется сортировкой зерен по размеру в процессе транспортировки и является индикатором относительно короткой траектории пыли.

Установлено, что более древние отложения изученных лессово-почвенных комплексов характеризовались более высокой степенью преобразованности под воздействием процессов выветривания и почвообразования. В течение плейстоцена интенсивность этих процессов снижалась. Накопления SiO и Zr и уменьшение содержания Al и K во всех изученных разрезах от более древних эпох к современным говорит об активизации эолового переноса и уменьшении интенсивности почвообразования в более поздние холодные эпохи плейстоцена, в частности, в валдайское оледенение. Это говорит о том, что на территории Приазовья в плейстоцене существовал направленный сдвиг гидротермического режима межледниковых эпох от условий с более высокой влагообеспеченностью к условиям роста аридизации.

Наиболее гумидные условия на исследуемой территории существовали в период мучкапского межледниковья (500-600 мм/год), наиболее аридные – в эпоху каменского межледнековья (400-500 мм/год). В ледниковые эпохи на территории Приазовья в среднем выпадало 300-400 мм осадков.

Исследование выполнено при финансовой поддержке грантов РФФИ № 18-05-00869-А и 19-54-45008 ИНД_а.

УДК 631.445.24

**ВОЗМОЖНОСТИ ДИАГНОСТИКИ
ЭРОЗИОННЫХ И ПИРОГЕННЫХ СОБЫТИЙ
ДЛЯ ТЕРРИТОРИИ СРЕДНЕЙ ТАЙГИ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ
НА ОСНОВЕ ИЗУЧЕНИЯ ПОГРЕБЕННЫХ ПОЧВ
И СЕДИМЕНТОВ**

Курасова А.О.

Томский государственный университет, Томск
E-mail: kurasovalina@gmail.com

Одним из важных факторов трансформации ландшафтов Западной Сибири в позднем голоцене является присутствие древнего человека. В то же время необходимо отметить, что изученность процессов природно-антропогенной эволюции природной среды обширного макрорегиона крайне неоднородна. Основной объем археологических данных и материалов по динамике экосистем Западной Сибири в голоцене, полученных по результатам исследования различных природных архивов, приходится на южную часть этой территории.

С одной стороны, данная ситуация обусловлена сравнительно недавним освоением Западной Сибири в связи с разработкой месторождений углеводородного сырья, с другой – своеобразием рельефа и ландшафтов, преобладающих в центральной и северной частях макрорегиона. Для значительной части рассматриваемой территории характерен низменный, слабо расчлененный рельеф, что в значительной степени способствует ее заболачиванию и широкому распространению органогенных торфяных почв. В таких условиях основным природным архивом, позволяющим реконструировать динамику природной среды центральных частей Западной Сибири и в первую очередь таежной зоны, являются отложения озер и торфяников, а потенциал минеральных почв и седиментов с этой точки зрения незначителен.

В то же время для западной, периферийной, части Западносибирской низменности геоморфологические, ландшафтные и почвенные условия в таежной зоне могут существенно отличаться, поскольку для этих территорий характерна другая история развития, значительно более расчлененный рельеф и большее разнообразие почвообразующих

пород. Подобная ситуация наблюдается для приуральских районов Ханты-Мансийского автономного округа, в частности, для севера Кондинской низменности и Сургутского Приобья. Для рассматриваемой территории характерно чередование участков заболоченной равнины и останцов с крутыми склонами («минеральных островов»), покрытых сосновыми лесами. Таким образом, для данной части Западной Сибири представляется перспективным поиск и исследование седиментов и погребенных почв в позициях под крутыми склонами высоких минеральных островов.

В работе представлены результаты исследований, проведенных в 2018-2019 гг. на территории природного парка Кондинские озера и в районе среднего течения р. Большой Юган. Территория исследований представляет собой плоскую заболоченную равнину с отдельными участками хорошо дренированных минеральных островов. Сосновые беломошные леса являются преобладающим типом растительности. Для почвенного покрова характерно преобладание подзолов иллювиально-железистых на песках. Для детальных исследований были выбраны минеральные острова на ключевых участках. В почвенных разрезах под крутыми склонами были обнаружены погребенные почвы или отдельные седименты, обогащенные древесными углями или крупными фрагментами обугленной древесины. Из данных разрезов был проведен отбор образцов для аналитических исследований и радиоуглеродного датирования.

Положительные формы рельефа в пределах исследуемого района часто имеют крутые склоны, что в свою очередь предопределяет довольно высокую интенсивность эрозионных процессов на рассматриваемой территории, особенно по сравнению с другими районами средней тайги Западной Сибири. Соответственно, подзолы глеевые с погребенными подзолами и отложениями, образовавшимися у подножий крутых склонов, являются уникальными природными архивами, в которых хранится информация о различных этапах эрозионной активации. Аналогичная ситуация, связанная с появлением нескольких этапов древней человеческой деятельности, может наблюдаться для археологических памятников прилегающих районов Западной Сибири.

Палеогеографические реконструкции для среднетаежной зоны Западной Сибири также поддерживают идею о тесной взаимосвязи между человеческой деятельностью и историей пожаров для заболоченных ландшафтов восточной и центральной частей Ханты-Мансийского автономного округа. Дальнейшие исследования, включая радиоуглеродное датирование материала из захоронений, позволят нам более точно установить время эрозионных и пирогенных событий для рассматриваемой территории, а также расширить географию исследований.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ, проект № 18-34-20129_мол-а-вед.

УДК 631.46

ДИНАМИКА ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ НА ЮГЕ ЛЕСНОЙ ЗОНЫ РУССКОЙ РАВНИНЫ ПО ДАННЫМ ГЕОАРХЕОЛОГИЧЕСКИХ АРХИВОВ

**Макеев А.О.¹, Русаков А.В.², Курбанова Ф.Г.¹, Хохлова О.С.³, Куст П.Г.⁴,
Денисова Е.А.¹**

¹ Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Москва
E-mail: makeevao@gmail.com

² Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург
E-mail: spp-ob@mail.ru

³ Институт физико-химических и биологических проблем РАН, Пущино
E-mail: olga_004@rambler.ru

⁴ Почвенный институт им. В.В. Докучаева, Москва
E-mail: pavelkust@yandex.ru.

Изучение хронорядов фоновых почв и почв, погребенных под археологическими памятниками, позволяет выявить эволюционные тренды природной среды центра Русской равнины. Особый интерес представляет анализ устойчивости в голоцене положения южной границы лесной зоны. На южной окраине подзоны широколиственных лесов изучены почвы Тохмеевского курганного могильника (Чебоксарский район, Республика Чувашия) – одного из наиболее масштабных захоронений эпохи средней бронзы (абашевская культура), представленного группой из 48 курганных насыпей высотой до 2 м. Как погребенные, так и фоновые почвы (Glossic, Follic, Albic, Dystric Retisol (Abruptic, Loamic, Cutanic, Differentic, Humic, Siltic) сформированы на единой поверхности в краевой части водораздельной поверхности (170 м над ур.м.) на однотипных породах (покровные суглинки) под широколиственным лесом. Они имеют однотипное строение профиля и сходные (макро-, мезо-, микро-) морфологические и аналитические характеристики. Погребенная почва характеризуется хорошо выраженным гумусовым горизонтом темного цвета (7.5 YR 3/1). В фоновой почве гумусовый горизонт более светлый (10 YR 4/2).

Насыпь укреплялась земляными кирпичами (блоками), состоящими преимущественно из материала верхних горизонтов аналогичного горизонту E фоновых и погребенных почв, с забутовкой тяжелосуглинистым материалом горизонтов Bt. Использование разнородных материалов при сооружении насыпи является независимым подтверждением наличия горизонтов E и Bt в почве бронзового века.

В составе пыльцевых спектров фоновых и погребенных почв из четырех курганов доминирует пыльца древесных пород, присутствует пыльца широколиственных пород (дуб, липа). Фитолитные спектры также подтверждают, что погребенные почвы не срезаны и формировались под лесной растительностью с участием широколиственных

пород. Сходные морфологические и аналитические свойства, а также микробиоморфные спектры фоновых и погребенных почв свидетельствуют о сходстве природных условий с начала суббореала и до настоящего времени. Радиоуглеродная дата верхней части гумусового горизонта погребенной почвы составила 5581±55 calBP, SPB 2996. Это согласуется с многочисленными датами по возрасту гумусовых горизонтов погребенных почв эпохи позднего неолита – бронзы, что подтверждает предположение о том, что формирование темноцветных гумусовых горизонтов всех этих почв ложится на время до конца атлантического периода. Этот период часто рассматривается как время степного почвообразования. Однако отсутствие кротовин и глубокое залегание карбонатов в профиле погребенных почв, а также характер микробиоморфных спектров позволяет признать наиболее вероятным существование на юге лесной зоны в это время открытых лесных сообществ с широким участием лугово-степных трав. Вывод о возможности формирования темноцветных гумусовых горизонтов под пологом открытых лесных сообществ находит многочисленные подтверждения.

Данные по Тохмеевскому могильнику согласуются с материалами по хронорядам почв расположенных неподалеку Таушкасинского могильника (эпоха бронзы, абашевская культура), а также Сареевского городища раннего железного века. Сопряженный анализ трех хронорядов позволяет выстроить единый хроноряд, убедительно свидетельствующий о постоянстве лесных условий на южной границе лесного пояса Восточно-Европейской равнины с эпохи бронзы и по настоящее время.

Исследование выполнено при поддержке РФФ, проект № 16-17-10280-А.

УДК 631.48

ДЕФОРМАЦИИ В ПОЧВАХ ПРЕРЫВИСТОЙ КРИОЛИТОЗОНЫ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ И ИХ ВЛИЯНИЕ НА ПОЧВООБРАЗОВАНИЕ

Матышак Г.В., Гончарова О.Ю., Тархов М.О.

Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Москва
E-mail: matyshak@gmail.com

Ландшафты, развивающиеся в пограничных, переходных условиях, характеризуются высокой контрастностью и наличием широкого разнообразия вариантов развития экосистем. Особенно это характерно для северной границы северотаежных экосистем Западной Сибири в связи с чередованием участков с наличием и отсутствием мерзло-

ты и разным вкладом криогенных процессов в их формирование. Район исследований (Надымский район, ЯНАО) характеризуется крайне высокой контрастностью геокриологических условий. На современное состояние ландшафтов оказали влияние несколько этапов потеплений и похолоданий, прошедших в течение последних 20 000 лет, сопровождающиеся аградацией и деградацией мерзлоты. Здесь широко распространены как лесные экосистемы, где мерзлые породы отсутствуют, так и экосистемы бугристых торфяников с островами мерзлоты. Таким образом, мы можем одновременно наблюдать активные современные криогенные явления (на торфяниках), а также следы их проявления в прошлом (в лесных экосистемах). Эти события хорошо читаются в почвенных профилях района исследований и они представлены в основном криотурбациями, морозобойными трещинами и псевдоморфозами по оттаявшим полигонально-жильным льдам. В почвах мерзлых торфяников вызванные ими деформации представлены хаотичной системой трещин, часто с вихревым рисунком в минеральном горизонте почв, заполненных вышележащим торфяным материалом. Основной механизм их формирования связан с неравномерным пучением и современным морозобойным растрескиванием в пределах деятельного слоя. В результате происходит перемешивание органогенных и минеральных горизонтов, активизация физического разрушения торфяных горизонтов и, в целом, активизация минерализации органического вещества почв. Деформации в почвах лесных экосистем можно разделить на несколько типов. Это регулярная сеть крупных (высотой до 2 м) четких клиновидных структур (псевдоморфоз), образование которых связано с вытаиванием жильных льдов во время климатического оптимума голоцена. Зачастую именно к деформациям данного типа приурочены мощные языки подзолов, что обусловлено ускоренной фильтрацией почвенных растворов и вод вдоль границ и внутри псевдоморфоз благодаря наличию большого количества трещин внутри последних. Также активизации подзолообразования (за счет элювиально-глеевого механизма) способствует выраженный микрорельеф и формирование микропонижений именно над псевдоморфозами.

Другая группа деформаций – это небольшие (до 0.5 м) нерегулярные структуры вихревой, кольцевой, каплевидной и других типов хаотичной формы, развитие которых связано с чередованием процессов промерзания-оттаивания отложений и механизмом криогенно-конвективных деформаций в реликтовом деятельном слое и современном слое сезонного промерзания. Эти процессы приурочены, как правило, к определенному типу ландшафтам (бывшее термокарстовое озеро) и приводят к развитию почв с сильнодеформированными профилями, лишенными классического горизонтального распределения почвенных горизонтов. Минеральные почвы, развивающиеся здесь,

сильно турбированы, с языковатыми границами горизонтов, часто с инверсиями горизонтов.

Еще один тип деформаций, широко встречаемый в минеральных горизонтах почв как торфяников, так и лесных экосистем, представлен специфическими вариантами, нарушающими горизонтальное распространение почвенных горизонтов. Это так называемые микросбросы, микронадвиги, пламенные структуры, образование которых связывается рядом специалистов с бывшими землетрясениями, оползневыми процессами и таянием мерзлоты. Их влияние на почвообразование минимально в связи с небольшими размерами, однако важна правильная интерпретация генезиса, которая позволяет восстановить условия развития территории и особенностей почвообразования соответственно.

Таким образом, почвы Надымского района характеризуются широким набором современных и реликтовых деформаций, отражающих палеогеографию района. Происхождение деформаций обусловлено сочетанием разных механизмов, в основном это криогенные процессы растрескивания и криотурбирования, таяния и новообразования мерзлоты, конвективные деформации, а также наложенные на них и усложняющие их форму биогенные, золотые и тектонические процессы.

УДК 631.48:631.41

ПАЛЕОКРИОГЕНЕЗ И СОВРЕМЕННОЕ ПОЧВООБРАЗОВАНИЕ В ЦЕНТРЕ ВОСТОЧНО-ЕВРОПЕЙСКОЙ РАВНИНЫ

Овчинников А.Ю.

Институт физико-химических и биологических проблем почвоведения РАН,
Пушино
E-mail: ovchinnikov_a@inbox.ru

Взаимоотношения почвы и ее формирующей природной среды – одна из актуальных проблем изучения почвенного покрова Земли. Без ее решения невозможно подойти к пониманию места почвы в экологической системе природных комплексов плейстоцена и голоцена. Проблема эта решается путем изучения древних (погребенных и реликтовых) и современных почв. К числу носителей, наиболее достоверно сохраняющих информацию о естественноисторических условиях формирования почв, относятся весьма устойчивые к изменениям палеокриогенные почвенные структуры, сохранившиеся в профилях современных почв. В связи с этим исследование истории развития и современного состояния почвенного покрова центра Восточно-Европейской равнины представляется необходимым и своевременным.

Многолетние исследования почв центра Восточно-Европейской равнины (от Вологодской области на юг до Воронежской и на восток до Самарской) показали, что динамика современных почвенных процессов и история развития почв этих территорий находятся в сильной зависимости от наличия в почвах особенностей, рожденных мерзлотными процессами предшествовавших эпох почвообразования – палеокриогенезом. Для этой территории на весь срок периода формирования современных почв (начиная от позднего Валдая и до голоцена) палеогеографами установлены факты значительной изменчивости климатических условий и характера растительности. Вместе с тем история одного из наиболее важных палеогеографических аспектов для понимания генезиса почв центра Восточно-Европейской равнины – почвенного палеокриогенеза – изучена еще недостаточно.

В задачи выявления роли палеокриогенеза в формировании и функционировании современных почв и почвенного покрова центра Восточно-Европейской равнины входило изучение и систематизация палеокриогенных свойств в почвах и почвенном покрове; установление роли палеокриогенных признаков в формировании современного почвенного покрова, почвенного профиля и почвенных горизонтов.

Рассматривается влияние палеокриогенеза на формирование трех типов почв (включая разные подтипы), расположенных в разных географических и природно-климатических зонах и на разном удалении от валдайского оледенения. Рассматривается влияние палеокриогенеза на дерново-подзолистых почвах, серых лесных почвах и черноземах, подстилаемых песками и суглинками.

Для центра Восточно-Европейской равнины выявлены региональные палеоэкологические условия формирования современного почвенного покрова в ареалах от дерново-подзолистых до черноземов. Показано, что дифференциацию современного почвенного покрова на подтиповом и типовом уровнях определяют особенности почвообразующих пород, сформированные под воздействием поздневалдайского палеокриогенеза – погребенной палеокриогенной полигональной сети в виде блоков-повышений и разделяющих их межблочных понижений, образующих современный микрорельеф. В центре Восточно-Европейской равнины отчетливо проявляется палеокриогенная полигональная сеть в виде блоков-повышений и разделяющих их межблочных понижений, образующая микрорельеф. Компоненты микрорельефа, их размеры и относительные превышения с продвижением с севера на юг и с севера на восток исследованной территории приобретают менее отчетливые формы. Как оказалось, палеокриогенный микрорельеф может быть обусловлен не только наличием в профилях почв погребенных палеокриогенных клиновидных грунтовых структур, но и наличием скоплений (сгущений) относительно небольших языков-клиньев. Каждому из элементов

палеокриогенного микрорельефа (блок, межблочье) соответствует свой тип профиля, определяемый наличием или отсутствием определенных генетических горизонтов, формой и степенью выраженности отдельных морфологических признаков, изменчивостью физических и химических свойств почв и палеокриогенных деформаций генетических горизонтов.

Влияние процессов палеокриогенеза во всех исследованных почвах проявляется на разных уровнях структурной организации почв: на уровне почвенного покрова, почвенного профиля, генетического горизонта. Почвенный покров от дерново-подзолистых почв до черноземов представляет собой кольцеобразные циклические комплексы.

Работа выполнена в рамках Госзадания № АААА-А18-118013190 175-5, 0191-2019-0046, экспедиционные и лабораторные исследования осуществляли при финансовой поддержке РФФИ (проект № 17-04-00078-а).

УДК 631.48(571.63)

РОЛЬ КЛИМАТА В ФОРМИРОВАНИИ ПОЛИГЕНЕТИЧНЫХ БУРОЗЕМОВ ПРИБРЕЖНО-ОСТРОВНОЙ ЗОНЫ ЮГА ПРИМОРЬЯ

Пшеничников Б.Ф.¹, Лящевская М.С.², Пшеничникова Н.Ф.²

¹ Дальневосточный федеральный университет, Владивосток
E-mail: bikinbf@mail.ru

² Тихоокеанский институт географии ДВО РАН, Владивосток
E-mail: lyshevskay@mail.ru, n.f.p@mail.ru

В последнее 10-летие утвердилось мнение о широком распространении развитых почв с полигенетичным профилем, отражающим влияние климатических условий на процессы почвообразования. Это четко прослеживается по данным формирования полигенетичных буроземов (ПБ) на красноцветных и желтоцветных корах выветривания прибрежно-островной зоны юга Приморья – на побережье бухты Спасения и островах Дальневосточного морского биосферного заповедника, на островах Попова, Рикорда, п-ове Муравьев-Амурский. Верхняя часть почвенного профиля ПБ представлена современными буроземами, сформированными на погребенных реликтовых корах выветривания. При исследованиях были использованы сравнительно-географический, профильно-генетический, аналитический, палинологический и радиоуглеродный методы. Установлено, что пространственно-временная динамика изменения климата отражается в своеобразии морфологического строения, физико-химических свойствах, составе спорово-пыльцевых спектров каждого генетического горизонта. Палинологические данные свидетельствуют о том, что

горизонты С и нижняя часть горизонтов ВМС ПБ формировались при более теплых климатических условиях: сумма пыльцы широколиственных пород в составе спорово-пыльцевых спектров достигает 88%, тогда как в субфоссиальном спорово-пыльцевом спектре она составляет 70%. В лесной растительности этого периода господствовали липа, калопанакс семиллопастный (*Kalopanax septemlobus*), ясень, ильм горный (*Ulmus laciniata*), граб сердцелистный (*Carpinus cordata*), береза даурская (*Betula davurica*). В травянистом покрове преобладали папоротниково-полынно-разнотравные группировки. Полученные радиоуглеродные датировки (на о-ве Рикорда 4530 ± 180 тыс. кал. лет (ЛУ-7127), на о-ве Попова – 5230 ± 250 тыс. кал. лет (ЛУ-7462) позволяют отнести время формирования горизонтов С и нижней части горизонтов ВМС к атлантическому и суббореальному периодам голоцена. Потепление климата способствовало оглиниванию и каолинитизации почвенной массы этих горизонтов. Формирование аккумулятивно-гумусовых АУ и оподзоленных горизонтов АУЕЛ проходило в более холодных климатических условиях субатлантического периода позднего голоцена, что подтверждается радиоуглеродными датировками, в частности, на о-ве Рикорда – 1550 ± 110 тыс. кал. лет (ЛУ-7563). Почвенная масса этих горизонтов отличается повышенной скелетностью, что связано с активным развитием солифлюкционных процессов в данный период.

Из-за более холодных климатических условий в составе лесной растительности склонов значительно увеличилась доля берез, в том числе появилась береза кустарниковая (*Betula fruticosa*), сократилось участие липы и несколько возросла доля дуба. В травяно-кустарниковом ярусе преобладали папоротниково-полынно-разнотравные сообщества. На побережье видовой состав дубняков стал более бедным. Возможно, в древостое присутствовала сосна густоцветковая (*Pinus densiflora*), о чем свидетельствует высокий процент содержания ее пыльцы в спорово-пыльцевых спектрах. Формирование подстилки происходило при современном потеплении климата: сумма пыльцы широколиственных пород (особенно граба, липы, дуба) в спорово-пыльцевых спектрах значительно увеличивается по сравнению со спектрами горизонтов АУ и АУЕЛ. В XX столетии стабильное потепление повлияло на становление современной растительности прибрежно-островной зоны залива Петра Великого.

Таким образом, изучение почвенных разрезов ПБ с помощью спорово-пыльцевого и радиоуглеродного методов позволяет выявить основные особенности пространственно-временной динамики ландшафтов. ПБ отражают ритмичную смену стадий эволюции ландшафтов и их компонентов: рельефа, почв, растительности во второй половине среднего-позднего голоцена. Стадийность развития прослеживается как в перестройке морфологического строения почв – в формиро-

вании полигенетического почвенного профиля, так и в растительных сменах, подтвержденных данными проведенного палинологического исследования.

Исследования выполнены при финансовой поддержке Программы фундаментальных научных исследований ДВО РАН «Дальний Восток» на 2018-2020 гг. (проект № ВАНТ-18-010) и гранта РФФИ № 09-04-00923 «Роль реликтовых и современных элементарных почвообразовательных процессов в формировании и эволюции буроземов островных и континентально-прибрежных территорий Дальнего Востока».

УДК 631.42

ПОЧВЫ СРЕДНЕГО ПОВОЛЖЬЯ КАК ИСТОЧНИК ПАЛЕОЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ

Решетникова Р.А.

Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Москва
E-mail: rada3025@mail.ru

Многостадийная эволюция почв в голоцене, в том числе на территориях речных пойм, оставляет следы в почвенном профиле. Расшифровка свойств почв и культурных слоев поселений оказывается важной с точки зрения сопоставления климатических колебаний, влияющих на почвообразовательный процесс, и хозяйственной деятельности людей, развития их культуры и приспособления к окружающей среде. Представляют интерес почвы поселений на берегах р. Волги, претерпевавшие изменения, связанные как с влиянием климата, так и с антропогенной деятельностью (например, строительство водохранилищ).

Объекты исследования разного возраста расположены в среднем Поволжье и представляют собой фоновые почвы и почвы поселений (Нижняя Банновка, Щербаковка, Галка, Дубовка) с культурными слоями разных археологических эпох исторического времени. Во всех изученных профилях в границах поселений есть культурные слои, содержащие антропогенные артефакты (предположительно золотордынской культуры и поселений поволжских немцев).

Морфологические свойства почв ясно указывают на наличие культурных слоев с более темной окраской и присутствием артефактов и погребенных почв с зональными признаками: столбчатая структура, признаки осолодения и оподзоливания.

Реакция среды всех почв в основном колеблется от нейтральной до среднещелочной, что обусловлено присутствием карбонатов и солей, а также наличием в почвенной массе обломков фундаментов старых строений, подщелачивающих почвенный раствор.

Изменение гидрологического режима Волги в XX в. в результате строительства водохранилищ привело к осушению ландшафтов поселений в верхнем течении и прогрессирующему засолению почв в нижней части бассейна.

Групповой состав фосфора для разрезов характеризуется неоднородным распределением по профилю. Максимумы органического фосфора диагностируют следы деятельности человека. Повышенное содержание органического вещества характерно для культурных слоев, кроме того, неорганический фосфор может накапливаться в результате аллювиальных процессов, чем может быть обусловлена неоднородность его распределения. Распределение форм фосфора в фоновых почвах не имеет ярко выраженных максимумов.

Величины магнитной восприимчивости подтверждают результаты выделения культурных слоев и коррелируют с максимумами содержания органического фосфора, которые также приурочены к средним частям профилей почв. Органическое вещество определяет увеличение магнитной восприимчивости до максимальных величин в поверхностных гумусовых горизонтах. Распределение величин магнитной восприимчивости в фоновых почвах – убывающее с глубиной без ярко выраженных максимумов, за исключением разреза в Щербаковке, где магнитная восприимчивость увеличивается к глубине 40 см.

Таким образом, культурные слои различных исторических эпох в разных почвах Волжского бассейна имеют общие черты: темный цвет, структура, наличие артефактов, повышенная магнитная восприимчивость и содержание органического фосфора. Культурные слои средневековья отличаются от современных более высоким биоклиматическим потенциалом. К реликтовым почвенным признакам можно отнести повышенное содержание органического вещества по сравнению с вмещающей толщей и некоторые морфологические признаки, что свидетельствует об отличных от современных условиях формирования изученных горизонтов. Различия в свойствах культурных слоев, таких как реакция среды, карбонатность, засоленность, определяются зональными почвенными процессами и последствиями изменения водного режима.

Работа выполнена при поддержке РНФ № 17-14-01120.

УДК 631.46

ПОГРЕБЁННЫЕ ПОЧВЫ ЛАДОЖСКОЙ ТРАНСГРЕССИИ**Семенова К.Е.**Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург
E-mail: thevisage@mail.ru

Принципиальное значение для решения проблемы генезиса раннесредневековых поселений Нижнего Поволжья имеет хронология снижения уровня воды после максимума Ладожской трансгрессии. Тема взаимовлияния природной среды и общества актуальна для представителей не только естественных, но и исторических наук, а датировка и изучение разновозрастных почв позволяет подойти к вопросу о скорости и направленности педогенеза в данном регионе во второй половине голоцена.

Объектами исследования являются погребенные почвы, вскрытые в ходе полевых экспедиций в 2004-2015 гг. на территории южного Приладожья. Было заложено и описано 42 почвенных разреза, а также проведены физико-химические исследования почвенных образцов. Почвенные разрезы были заложены на территории археологического памятника Старая Ладога, а также на реках Оять и Свирь, в дер. Заостровье и пос. Селиваново.

В разрезе на Свири под отложениями Ладожской трансгрессии залегают эутрофная торфяная почва, представленная низинным торфом мощностью 55 см. По данным Т.А. Константиновой, для него получены две ^{14}C -датировки: возраст кровли равен 4480 ± 130 л.н., подошвы – 5630 ± 170 л.н. Под торфом выделяется профиль подзола с мощностью 15 см. Минеральные горизонты характеризуются низким содержанием углерода (не более 0.5%) и кислой реакцией среды. Похожие физико-химические и морфологические особенности наблюдаются в почвенных профилях пос. Селиваново (мощность погребенных торфов – 40 см, E горизонта – 15 см).

Погребенная почва в дер. Заостровье располагается на 3 км дальше от современного берега Ладожского озера, чем изучаемая почва на р. Свирь. Возраст кровли погребенного торфа мощностью 25 см по радиоуглеродной датировке – 5300 ± 130 л.н., что можно объяснить понижением уровня грунтовых вод около 5000 л.н., что привело к прекращению торфонакопления. В пользу данной гипотезы говорит наличие пирогенного угля и древесный состав верхнего слоя торфа.

Погребенная на глубине 60 см почва берега р. Оять (горизонт мощностью 5 см темно-серого цвета и содержанием углерода органических веществ 1.8%, с датированным возрастом 6180 ± 140 л.н.) на одной из стенок имеет «разорванный» горизонт: часть его смещена

вниз, а в образовавшейся западине произошло вторичное отложение песка. Подобная особенность может указывать на древние сейсмические или оползневые процессы.

Анализ характеристик палеопедагокомплекса Замляного городища Старой Ладogi показал наличие двух погребенных гумусовых горизонтов. Возраст верхнего серогумусового горизонта 1580 ± 100 л.н., мощностью 20 см и содержанием углерода 7.3% (на контакте с культурным слоем 12%). Возраст нижнего темногоумусового горизонта нижележащей погребенной почвы 4640 ± 150 л.н., мощностью от 1 до 4 см и содержанием углерода от 1.5 до 3%. По видимому, формирование почв шло под лесной растительностью в течение около 200 лет (4600-4800 л.н.). На резкую смену условий накопления озерных осадков указывают границы по цвету между слоистыми глинами. После отступления вод озера 2000 л.н. начался педогенез верхних погребенных почв с формированием лесолуговых сообществ. Образование этих почв прекратилось, вероятно, с возникновением Ладожского поселения, т.е. продолжалось не менее 700 лет.

УДК 631.48:551.89:911.2

РАЗНООБРАЗИЕ ПОЧВ НА ЛЕССОВЫХ ПОРОДАХ ЗАПАДНОГО ЗАБАЙКАЛЬЯ КАК ОТРАЖЕНИЕ ЛАНДШАФТНО-КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ ПЕРЕХОДНОЙ ЗОНЫ

Сымпилова Д.П.

Институт общей и экспериментальной биологии СО РАН, Улан-Удэ

E-mail: darimasp@mail.ru

Западное Забайкалье расположено в переходной зоне между североазиатскими таежными и центральноазиатскими степными ландшафтами, которые занимают пограничное положение между аридными и гумидными областями Палеоарктики. Лессовые породы широко распространены в Западном Забайкалье, территория которого входит в умеренную перигляциально-лессовую зону Азии. В палеогеографическом аспекте эта зона рассматривается как перигляциальная область, где процессы криолитогенеза отразились на свойствах лессовых пород и их структурно-текстурных характеристиках.

Согласно В.Н. Конищеву, ареал распространения лессовых пород Западного Забайкалья совпадает с ареалом современной криолитозоны. Формирование лессовых пород происходило в условиях антициклонального режима атмосферной циркуляции, когда атмосфера была насыщена пылью, которая, осаждаясь, образовывала лессовые покровы. Эоловая аккумуляция лессов происходила в условиях пе-

ригляциального климата верхнего неоплейстоцена, когда в условиях сухого и холодного климата преобладали ветра северного и северо-западного направлений.

Почвы, формирующиеся на лессовых породах, наследуют состав и свойства этих пород и характеризуются большим разнообразием. Дискусионность и недостаточная изученность лессовой проблемы и формирования на них современных почв в условиях холодного аридного климата Западного Забайкалья определяет актуальность данной работы.

Исследование генезиса лессов как самой «парадоксальной» породы является предметом многолетних дискуссий. Генезис лессовых пород Западного Забайкалья освещался в трудах В.А. Обручева, Э.И. Равского, В.Н. Олюнина, Д.Б. Базарова и др. В.А. Обручев сформулировал концепцию о субаэральном (эоловом) генезисе образования лессов из пыли. Э.И. Равский лессовые породы относит к образованиям пролювиального и делювиально-солифлюкционного или овражного делювиально-аллювиального генезиса, не исключая возможности эолового накопления. В.Н. Олюнин относит их к эолово-пролювиальным, делювиальным, делювиально-пролювиальным отложениям. Автор считает, что в образовании лесса принимала участие атмосферная вода, прибивая частицы эоловой пыли к земле и перемещая их вниз по склонам. Далее в нижних частях склонов к чисто эоловому материалу присоединялся материал, непосредственно вымываемый струйками дождевой и снеговой воды из продуктов разрушения коренных пород. Согласно Д.Б. Базарову и нашим исследованиям, источником эоловой пыли служат эоловые пески, образовавшиеся за счет мощной толщи полигенетических песков кривоярской свиты долин крупных транзитных рек Западного Забайкалья. Далее фракции, выдутые из этих песков, переносятся северными и северо-западными ветрами и пыльными бурями вглубь хребтов и осаждаются на водоразделах хребтов.

Карбонатность лессовых и супесчаных толщ делювиальных шлейфов обусловлена геохимическим сопряжением кор выветривания, где согласно Б.Б. Полюнову сиаллитный ортоэлювий сопрягается с обызвесткованным ортоэлювием в склоновых отложениях.

В ландшафтно-геохимической катене северного макросклона хребта Цаган-Дабан почвы составляют единый генетический ряд: в верхних частях хребтов на высотах от 1000-1400 (1600) м над ур.м. (грубообломочный ортоэлювий) на гранитоидах формируются подбуры грубогумусированные; на плоских водоразделах высот 900-1000 м над ур.м. (сиаллитный обызвесткованный элювий) на покровных бескарбонатных суглинках и лессах формируются дерново-подзолистые почвы, буроземы грубогумусовые, буроземы грубогумусовые оподзоленные. На склоновых частях на высотах 670-900 м над ур.м.

(обызвесткованный элювий и делювий) на лессовидных отложениях формируются темногумусовые остаточно-карбонатные почвы, серогумусовые метаморфизованные почвы, серогумусовые остаточно-карбонатные почвы. На речных террасах с широкими падами на высотах 580-670 м над ур.м. на песчаных наносах, подстилаемые обызвесткованным элювием, формируются дерново-подбуры и псаммоземы гумусовые.

Лессы характеризуются известковистостью, однородным строением, желтовато-бурой окраской, комковатой структурой, не слоисты, гранулометрический состав – легкосуглинистый с преобладанием фракций крупной пыли и мелкого песка. Мощность лессов на склонах, по данным Д.Б. Базарова, может достигать до 10-15 м. Лессовидные отложения характеризуются слоистым сложением с включением хряща и щебня, супесчаным гранулометрическим составом с преобладанием фракций мелкого песка и крупной пыли, желтовато-бурой окраской, непрочной структурой.

УДК 631.42:551.8

ПАЛЕОПОЧВЫ НА ГРАНИЦЕ БРЮНЕС-МАТУЯМА (ЮЖНЫЙ УРАЛ)

Учаев А.П.¹, Некрасова О.А.¹, Дергачева М.И.², Бажина Н.Л.²

¹Уральский федеральный университет
им. первого Президента России Б.Н. Ельцина, Екатеринбург
E-mail: uchaev89@inbox.ru

²Институт почвоведения и агрохимии СО РАН, Новосибирск
E-mail: mid555@yandex.com

Сарыкульские палеопочвы на Южном Урале, маркирующиеся границей Брюнес-Матуяма, являются источником информации о палеоприродной среде на рубеже эо- и неоплейстоцена. Они начали изучаться нами в последние годы в серии вскрывших их зачисток в бортах Миасского карьера (Челябинская область) с позиций палеопочвоведения. Сарыкульские палеопочвы представлены двумя гумусовыми горизонтами большой мощности (около 70 см для нижней и 90 см – для верхней). Полученные ранее физико-химические характеристики сарыкульских палеопочв (удельная магнитная восприимчивость, гранулометрический состав, рН, содержание общего органического углерода, карбонатов, а также обменных кальция и магния) были дополнены новыми данными соотношения гуминовых кислот (ГК) с другими компонентами гумуса, а также показателями состава и спектральных свойств ГК, что позволило провести более детальную диагностику и реконструкцию природной среды формирования палеопочв педогумусовым методом. Проведенная диагностика

показала, что нижние сарыкульские палеопочвы, среднее значение Сгк:Сфк которых составляет 1.72, можно считать аналогами чернозема выщелоченного, верхние сарыкульские палеопочвы (средняя величина Сгк:Сфк – 1.47) находятся на границе между серыми лесными почвами и черноземами выщелоченными. Следовательно, обе сарыкульские палеопочвы формировались в условиях лесостепных ландшафтов. В результате исследования выделенных из палеопочв ГК были получены материалы, характеризующие их элементный состав и спектральные свойства в видимой области спектра и свойства флуоресценции. Данные показывают, что гумусовые горизонты нижних сарыкульских палеопочв имеют невысокие абсолютные величины отношения Н:С в составе ГК (0.91 ± 0.03), повышенные значения положения максимума флуоресценции (495 ± 4.57) и величины первого момента (496 ± 4.60), а также величины Е4:Е6 (3.46 ± 0.03), которые характерны для современных почв, формирующихся в условиях лесостепи. Гумусовые горизонты верхних сарыкульских палеопочв отличаются более широким соотношением основных элементов – водорода и углерода (0.95 ± 0.04) и менее высокими значениями максимума флуоресценции (490 ± 4.95) и первого момента (489 ± 5.54) по сравнению с нижними сарыкульскими палеопочвами, что свидетельствует об относительно менее теплых и более влажных условиях их формирования. Величины коэффициента цветности, составляющие 3.88 ± 0.08 , не противоречат такому выводу.

Анализ данных позволяет заключить, что характеристики ГК сарыкульских палеопочв соответствуют аналогам современных почв, формирующихся в теплых и относительно умеренных, хотя и существенно отличающихся условиях увлажнения. Проведенная по параметрам соотношения основных структурообразующих элементов – Н:С – в составе ГК диагностика условий формирования объектов исследования с использованием графиков, отражающих положение полей распределения этого показателя ГК в координатах Н–С, свидетельствует о том, что формирование нижней сарыкульской палеопочвы протекало в теплых климатических условиях, аналогичных современной южной лесостепи, верхней палеопочвы – в близких, но относительно более влажных условиях. На основании выявленной ранее связи между соотношением Н:С и периодом биологической активности (ПБА) проведено определение ПБА для сарыкульских палеопочв. Полученные данные о соотношении величин Н:С ГК нижних и верхних сарыкульских палеопочв показывают, что ПБА составляет 142-155 дней и соответствует области значений ПБА, характерной для современных лесостепных условий формирования. Проведенная диагностика не противоречит физико-химическим свойствам палеопочв.

Таким образом, состав гумуса, а также характеристики состава и свойств ГК палеопочв сарыкульского стратиграфического горизонта

позволили установить, что преобладающим типом почвообразования в период их формирования было черноземообразование в лесостепных условиях, причем нижние сарыкульские палеопочвы формировались в условиях, характерных для южной части лесостепи, верхние – для более северных ее районов.

УДК 631.48

ПОЧВЫ И ЛАНДШАФТНО-КЛИМАТИЧЕСКАЯ ОБСТАНОВКА «ВРЕМЕНИ МАМОНТА» В СИБИРСКОЙ АРКТИКЕ

Фоминых Л.А.

Институт физико-химических и биологических проблем почвоведения РАН,
Пушино
E-mail: lfominyck@rambler.ru

Уникальные плейстоценовые лессово-ледовые толщи, пронизанные решеткой мощных ледяных жил, сохранились до наших дней в ландшафтах Сибирской Арктики и Северо-Американского континента. Их верхний рельефообразующий горизонт в регионе Сибирской Арктики носит название едомной свиты или едомы. Формирование этих отложений происходило в условиях чрезвычайно сухого и континентального климата на территориях, не затронутых покровными оледенениями и морскими трансгрессиями. Исследования опорных стратиграфических разрезов этих толщ показали, что за все время формирования многолетнемерзлых пород климат здесь не менялся. Даже в межледниковье голоцена на северо-востоке Азии массивы едом сохранились в условиях активизации термокарстовых процессов в ряде регионов. Одна из загадок плейстоцена – условия существования «мамонтовой фауны», в состав которой входили животные, ныне обитающие в разных ландшафтных зонах: тундровой, таежной и степной. Ландшафты плейстоценовой криолитозоны «времени мамонтов» представляли собой громадные пространства лессово-ледовых равнин с вложенными в них аласами и аласными долинами, подобно регионам современной Центральной Якутии. Едомные плакоры были заняты низкопродуктивными тундростепными группировками с участками сухой полигональной тундры и вкраплениями степных ассоциаций. По понижениям-канавкам мерзлотного микрорельефа над головами ледяных жил формировались примитивные торфянисто-глеевые почвы. Степные и тундростепные участки были разобщены в пространстве.

Причиной сочетания термически контрастных участков на равнинах была высокая континентальность климата, обеспечивавшая резкое возрастание температурных градиентов между почвой и воз-

духом и высокую контрастность гидротермических условий на разных элементах мезо- микрорельефа. Основной кормовой базой для гигантских травоядных и других млекопитающих были древние аласы – оазисы в суровой климатической обстановке плейстоцена Сибирской Арктики, житницы древней криолитозоны. А где они обнаруживаются в современных ландшафтах? В ареале едом существуют два типа обрывов ледового комплекса. Слагающие ныне плакоры междуречий многометровые толщи алевроитов и суглинков пронизаны решеткой мощных ледяных жил и выходят в вертикальных обрывах естественных обнажений по берегам рек, озер и морей. Грунтовые «столбы», заключенные между ледяными жилами, имеют монотонное строение, холодные серые тона окраски и пронизаны на всем протяжении тончайшими нитевидными корешками трав. Второй тип обрывов едомы – это грунтовые яры, термоэрозионные котловины, осложненные колониями байджерахов (Дуваный Яр, Воронцовский Яр, Мамонтовый Хайата и др.). В их основании находятся самостоятельные геологические тела – погребенные аласы, где древние почвы и торфяники чередуются с горизонтами перекрывающего их суглинка. Для этих урочищ характерно обилие костей крупных млекопитающих, представителей «мамонтовой фауны». Иногда процессы термоэрозии обнажают и целые трупы древних животных.

В отложениях древних аласов (как и в современных Центральной Якутии) обнаружен метан, а палеопочвы и перекрывающие их отложения обнаруживают признаки засоления. На костных остатках и трупах животных нередко встречается серовато-голубой налет минерала вивианита. Лессы и палеопочвы древней Берингии исследуются не одно 10-летие, однако состояние проблемы, охарактеризованное А.И. Поповым еще в 1983 г., актуально до сих пор: «Вопрос о стратификации ледового комплекса (едомы) еще не решен окончательно, поскольку применение здесь биостратиграфического и климатостратиграфического методов, а также метода абсолютных датировок по радиоуглероду пока что оставляет много неясностей. Однако есть надежда, что дальнейшие исследования ледового комплекса, учитывающие в еще большей степени, чем до сих пор, геологические и криолитологические условия его формирования, позволят дать всеобъемлющую картину его развития в целом и в деталях».

УДК 631.4

ПАЛЕОПОЧВЕННЫЕ РЕКОНСТРУКЦИИ В АРХЕОЛОГИЧЕСКИХ ЛАНДШАФТАХ РЕЧНЫХ ПОЙМ ЛЕСОСТЕПИ

Чендев Ю.Г.¹, Иванов И.В.²

¹ Белгородский государственный национальный исследовательский университет, Белгород

E-mail: Chendev@bsu.edu.ru

² Институт физико-химических и биологических проблем почвоведения РАН, Пущино

E-mail: ivanov-v-28@mail.ru

Исследованы разновозрастные почвы на территории памятников археологии в речных поймах на крайнем юге лесостепи (нижнее течение рек Савала и Елань в Воронежской области) и на границе между зоной широколиственных лесов и лесостепью (верхнее течение р. Ока в 5 км к северу от г. Орел). Почвы высоких пойм характеризовались синлитогенным развитием, в обоих случаях был выявлен стадийный характер аллювиального осадконакопления, однако по интенсивности этого процесса отмечаются разнонаправленные тенденции. В нижнем течении р. Савала максимальная интенсивность (0.5 мм/год) была характерна для древнего и раннего голоцена, тогда как в среднем и позднем голоцене темпы аккумуляции были снижены до 0.05 мм/год. В пойме р. Елань за последние 3500-4000 лет накопилось 35 см аллювия со средней интенсивностью процесса 0.08 мм/год. В пойме р. Ока на протяжении большей части голоцена интенсивность аккумуляции аллювия составляла не более 0.02 мм/год, а за последнее тысячелетие возросла до 1 мм/год.

Причинами стадийных изменений темпов аллювиальной аккумуляции на юге лесостепи были природные события (смена гумидного климата в древнем и раннем голоцене на семиаридный в среднем и позднем голоцене), а на севере лесостепной зоны – антропогенные нарушения природного ландшафта в позднем голоцене (вырубка лесов и изменение гидрологического режима р. Ока, начиная с XI в., но особенно интенсивно проявившиеся после XIV в.). На участке стоянки мезолита Каменка наиболее древняя дерновая палеопочва в супесчаных отложениях поймы р. Савала на глубине 1.6 м от соотносится с периодом аллереда.

В это время почвообразование могло развиваться под лесом, что усиливало подкисление почв и рост подвижности гумусовых веществ. Палеопочва аллереда перекрыта аллювиальными песками и супесями. Образование наноса произошло быстро, судя по четкой границе палеопочвы с вышележащей толщей осадков. Вторая луго-

вая палеопочва с гумусированной частью профиля мощностью 30-35 см формировалась в пребореальном–начале бореального периода голоцена. Позднее на ней был сформирован песчаный аллювиальный нанос, материал которого заполнил морозобойные трещины, проникающие в верхнюю палеопочву. Растрескивание почво-грунтов свидетельствует о фазе резкой аридизации и похолодания климата в интервале 8300-8000 л.н. Средне- и позднеголоценовые записи природной среды слабо сохранились в верхнем наносе мощностью 50-60 см, в матрице которого была сформирована современная черноземно-луговая поверхностно-глееватая легкосуглинистая почва. На пойме р. Елань (курганый могильник Елка-1) подкурганные почвы возраста 3500-4000 лет идентифицированы как лугово-черноземные, тогда как современные почвы относятся к черноземно-луговым слабосолонцеватым грунтово-глееватым.

Отличия палеопочв от современных аналогов указывают на развитие в позднем голоцене луговости и оглеения из-за поднятия грунтовых вод, а также на пульсационную динамику слабоминерализованных почвенных растворов, приводившую к осолонцеванию почв. Данные отличия возникли вследствие увлажнения климата в позднем голоцене. На участке раскопок поселения Плещеево, согласно палеопочвенным реконструкциям, в древнерусский период пойменная часть р. Ока формировалась под лугово-разнотравной растительностью на среднемощных, перерытых слепышами черноземах выщелоченных среднесуглинистых с запасами гумуса в метровой толще не менее 450 т/га. Правобережная и левобережная части речной долины (за пределами поймы) были покрыты лесами. На поверхности новейших пылевато-среднесуглинистых аллювиальных отложений мощностью около 1 м, слабо переработанных почвообразованием, в настоящее время формируются малопродуктивные луговые почвы с содержанием гумуса в слое 0-20 см 3.6-3.8%, тогда как в аналогичном слое палеочерноземов эпох раннего и развитого средневековья содержалось более 7% гумуса.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ, проект № 19-29-05012.

УДК 631.48

ИЗУЧЕНИЕ ИСТОРИИ ФОРМИРОВАНИЯ ТОРФЯНЫХ ПОЧВ В ГОЛОЦЕНЕ С ПОМОЩЬЮ БОТАНИЧЕСКОГО И ПАЛЕОПАЛИНОЛОГИЧЕСКОГО МЕТОДОВ

Шихова Л.Н., Филимонова А.В.

Вятская государственная сельскохозяйственная академия, Киров

E-mail: shikhova-l@mail.ru

Изменение климата – одна из глобальных проблем современности. Однако, климатические эпохи гораздо теплее современной уже были в истории голоцена. Известно, что с конца плейстоцена после завершения последней ледниковой эпохи, климат постепенно менялся в сторону потепления и примерно 6-8 тыс. лет назад в атлантический период голоцена достиг своего оптимума, после чего вновь началось похолодание. В течение голоцена на территории Русской равнины шло активное формирование торфяников. В слоях торфа консервируются остатки, споры и пыльца растений, произраставших на болотах и сопредельных территориях. Соответственно, изучение ботанического и спорово-пыльцевого спектра слоев торфа дает возможность до определенной степени реконструировать состав фитоценозов и климатические условия прошлых эпох, что необходимо для понимания изменения климата в современную эпоху.

Исследования проводились на болоте Бурмакинское в Куменском районе Кировской области. На неосвоенном участке болота были заложены разрезы глубиной более 180 см. Пробы торфа отбирали через каждые 10 см. Палеопалинологический анализ проведен по методике Поста.

По результатам ботанического и палеопалинологического анализов толща торфа довольно хорошо стратифицируется на основные периоды голоцена.

В слоях с глубины 180-130 см были обнаружены пыльцевые зерна тростника обыкновенного, пушицы влагалищной, осок, манника водного, пухоноса дернистого, кубышки желтой, что указывает на обводнение территории и развитие болота по верховому типу. Кроме типичных болотных видов обнаружена пыльца широколиственных пород, очевидно произраставших на сопредельных с болотом территориях: клена полевого, вяза гладкого, бука лесного, дуба обыкновенного, сосны обыкновенной. Из травянистых видов – пыльца птицемлечника, копытня европейского и других теплолюбивых травянистых видов. Вероятно, в данный период растительность вокруг болота представляла собой широколиственный лес – дубняк разнотравный с примесью сосны обыкновенной. Климат был более

мягким и влажным, чем в настоящее время. Данный период развития болота и окружающих его фитоценозов соответствует атлантическому.

На глубине 130-100 см наблюдается уменьшение количества пыльцы широколиственных древесных видов и увеличение количества пыльцы гигрофитов, что свидетельствует о похолодании и увеличении количества осадков или подтоплении. На окружающей болото территории произрастали смешанные леса (присутствует пыльца клена, березы пушистой, сосны обыкновенной). В травостое преобладали злаки и осоки, различные виды семейства Астровые. Данный этап развития болота и окружающих фитоценозов соотносится с переходным от атлантического к суббореальному периоду.

На глубине 100-50 см в спорово-пыльцевом спектре преобладает пыльца пихты сибирской и липы крупнолистной, а также осок, злаков, тростника, стрелолиста, ландыша, пушицы влагилицной, сныти, частухи, полушника щетинистого и других околководных и водных видов. В древостое на окружающих болото территориях преобладала липа крупнолистная с примесью пихты и сосны. Травянистый ярус был представлен злаково-осоковым разнотравьем. Болото развивалось по смешанному типу, но рядом располагались обводненные участки, на что указывает наличие пыльцы стрелолиста, тростника, белокрыльника и полушника. Образование этих слоев торфа можно отнести к суббореальному периоду голоцена, когда, по мнению некоторых исследователей, средние температуры были ниже, а влажность выше, чем в атлантическом периоде.

Верхние слои (50-20 см) содержат пыльцу видов, типичных для исследуемой территории в настоящее время. Фитоценоз прилегающей территории представлен ельником осоково-разнотравным.

Таким образом, применяя методы палеопалинологического анализа для торфяных почв возможно реконструировать состав фитоценозов и ландшафтные условия конца плейстоцена-голоцена.

Комиссия VI

МЕЛИОРАЦИЯ ПОЧВ

Председатель – д.с.-х.н. Н.Б. Хитров

УДК 631.10

**ВЛИЯНИЕ БИОУГЛЯ
НА pH И НА СОДЕРЖАНИЕ ОСНОВНЫХ МАКРОЭЛЕМЕНТОВ
В ПРОМЫВНЫХ ВОДАХ ИЗ ОРГАНОГЕННОГО ГОРИЗОНТА
ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ СУПЕСЧАНОЙ ПОЧВЫ**

Абрамова Т.В.

Агрофизический НИИ, Санкт-Петербург

E-mail: tv_ardasheva@mail.ru

Актуальность связана с расширением использования биоугля в сельском хозяйстве и отсутствием разносторонних научных исследований о его влиянии на накопление и выщелачивание основных элементов питания растений в сельскохозяйственных почвах.

Исследования проводили в лабораторном эксперименте при средней температуре воздуха 20 °С и средней влажности воздуха 30%. Для исследований использовали органогенный горизонт дерново-подзолистой супесчаной почвы Меньковского филиала ФГБНУ АФИ и мелкую фракцию (<1 мм) биоугля из древесины широколиственных деревьев.

Опыт проводился в четырехкратной повторности и включал четыре варианта: почва; почва + биоуголь 20 т га⁻¹; почва + удобрение: 120 кг N га⁻¹, 135.2 кг P га⁻¹, 259 кг K га⁻¹; почва + биоуголь 20 т га⁻¹ + удобрение: 120 кг N га⁻¹, 135.2 кг P га⁻¹, 259 кг K га⁻¹.

В пластмассовые цилиндры объемом 940 мл и высотой 12 см закладывали почву с плотностью сложения 1.3 г см⁻³, при этом верхние 8 см почвы в цилиндрах перемешивали с биоуглем и удобрением. Почва была увлажнена до наименьшей влагоемкости (20%). Цилиндры с почвой взвешивали и оставляли для стабилизации на пять суток. После стабилизации цилиндры с почвой снова взвешивали и доводили влажность почвы до наименьшей влагоемкости. В экс-

перименте почву в цилиндрах на протяжении трех дней поливали высокими дозами воды (345 см^3), соответствующими максимально высокому количеству осадков (44 мм), наблюдаемому в естественных условиях. Промывные воды собирали каждый день. В них определяли концентрацию доступного азота, фосфора, калия и значение рН по стандартным методикам.

В результате исследований установлено, что внесение минеральных удобрений в почву приводит к подкислению почвы и почвенного раствора, а при одновременном внесении удобрения и биоугля этого не происходит, что связано с щелочной природой биоугля.

Содержание аммиачного азота в промывных водах из неудобренных минеральным азотом почв с биоуглем и без него было довольно равномерным на протяжении исследования. Внесение минерального удобрения в почвы независимо от биоугля вызывало достоверное увеличение содержания аммиачного азота в промывных водах.

Содержание нитратов в промывных водах из неудобренных и удобренных минеральным азотом почв с биоуглем и без него изменялось на протяжении эксперимента от 11 до 250 мг дм^{-3} . Достоверно максимальные концентрации нитратного азота в промывных водах всех вариантов опыта были отмечены в первый день. При внесении минерального удобрения содержание доступного аммиачного и нитратного азота в промывных водах на третий день было достоверно выше в вариантах опыта с биоуглем. Ранее Е.Я. Рижия показала, что внесение биоугля в супесчаную дерново-подзолистую почву приводило к усилению процесса нитрификации в почве в связи с изменениями физических свойств почв под воздействием биоугля. Таким усилением процесса нитрификации можно объяснить увеличение концентрации нитрат-ионов в промывных водах.

Внесение биоугля в почву одновременно с минеральными удобрениями приводит к снижению содержания подвижного фосфора в почвенном растворе, что может быть связано с его адсорбцией. Эффект приписывается как к адсорбции ортофосфата, так и к адсорбции органического фосфора соединениями биоугля. Внесение биоугля в почву одновременно с минеральными удобрениями приводит к закреплению подвижного калия в почве и более равномерному его вымыванию с почвенным раствором.

УДК 631.4, 631.46

ХАРАКТЕР РАСПРЕДЕЛЕНИЯ МИКРОБНОЙ БИОМАССЫ И ЕЕ АКТИВНОСТИ ПО АГРЕГАТНЫМ ФРАКЦИЯМ ПОЧВ ПРИРОДНЫХ И СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ЭКОСИСТЕМ

Васильченко А.В.¹, Васильченко А.С.¹, Галактионова Л.В.²

¹ Тюменский государственный университет, Тюмень

E-mail: vasilchenko.av.83@gmail.com, avasilchenko@gmail.com

² Оренбургский государственный университет, Оренбург

E-mail: anilova.osu@mail.ru

Связь почвенной структуры, органического вещества и микроорганизмов отмечали многие исследователи. Органическое вещество почвы и почвенные микроорганизмы играют важную роль в формировании и стабилизации агрегатов, способствуют повышению устойчивости структурно-агрегатной матрицы. В свою очередь, агрегация обеспечивает физическую защиту органических веществ и микросайтов для поддержания микробной активности. Вовлечение почвы в сельскохозяйственный оборот приводит к изменению физико-химических параметров почвы. В результате трансформируются условия существования почвенного микробного комплекса. Изменяются видовой состав, биомасса, активность микробных сообществ, направленность и интенсивность микробиологических процессов. Понимание того, как управление почвами влияет на распределение функциональных микробных групп среди агрегатов, приведет к лучшему пониманию регулирования микробных процессов.

Исследования проводили на пахотных почвах Исетского района Тюменской области, используемых в режиме зонального севооборота: монокультура (бессменный посев твердой пшеницы), зернопаровой севооборот. Контрольный участок представлен островковым березовым лесом. Почва – серая. Почвенные образцы просеивали для получения агрегатов следующего размера: >5, 5-1, 1-0.5, 0.5-0.25, 0.25-0.1 и <0.1 мм. После взвешивания каждой выделенной фракции определяли их долю в общей массе почвенных образцов. Все агрегатные фракции хранили при температуре 4 °С до анализа. В почвенных агрегатах определяли содержание органического вещества ($C_{орг.}$), микробной биомассы (МБ), минерализационную активность, рассчитывали экофизиологические индексы функционирования микробного сообщества.

Исследования показывают, что сельскохозяйственное использование почв оказывает влияние на распределение агрегатных фракций по размерам. На долю макроагрегатов всех участков исследования пришлось более 90% от общей массы. Под лесом основная масса почвы была представлена фракциями 5-1 мм. В почвах зернопаро-

вого севооборота и монокультуры доля этих фракций снижалась на 20.4 и 35.6% соответственно, а доля фракций >5 мм, наоборот, возросла по сравнению с контрольным участком на 35.2 и 55.9%. В почвах леса наблюдали тенденцию к увеличению $C_{\text{орг.}}$ с уменьшением размера агрегатных фракций. Наиболее высокое содержание $C_{\text{орг.}}$ обнаруживалось в агрегатах размером <1 мм с преобладанием во фракции 0.25-0.1 мм. В агропочвах наблюдалось относительно равномерное распределение $C_{\text{орг.}}$ по фракциям с преобладанием в макроагрегатах. Иерархическое распределение агрегатов и структура порового пространства определяют доступную среду обитания для микроорганизмов. Следовательно, изменения в структуре почвы меняют взаимодействия между организмами и органическим субстратом почвы, влияя на доступность субстрата внутри и между агрегатами. Это подтверждается неоднородным распределением МБ и минерализационной активности по агрегатным фракциям разного размера. В почвах леса минерализационная активность и МБ возрастали с уменьшением размера агрегатов, достигая максимума в частицах размером 0.5-0.25 мм. Однако в агрегатах размером <0.25 мм отмечалось падение этих показателей. В почвах монокультуры содержание МБ было максимальным в агрегатных фракциях размером 0.25-0.1 и <0.1 мм, а повышенная минерализационная активность отмечена во фракциях 0.5-0.25 и 0.25-0.1 мм. Подобная тенденция складывается и в почвах зернопарового севооборота. Максимальное содержание МБ приходилось на агрегаты размером 0.5-0.25 и 0.25-0.1 мм. В агрегатах размером <0.1 мм отмечалось ее резкое снижение. Минерализационная активность была высока во фракциях <0.25 мм. Отмечена зависимость экофизиологических коэффициентов от типа ценоза и размера агрегатов. Значения $q\text{CO}_2$ и QR уменьшались, а $\text{МБ}/C_{\text{орг.}}$ и $q\text{CO}_2/C_{\text{орг.}}$ увеличивались в ряду контроль-зернопаровой севооборот-монокультура. В почвах леса значения $q\text{CO}_2$, QR , $\text{МБ}/C_{\text{орг.}}$ и $q\text{CO}_2/C_{\text{орг.}}$ снижались с уменьшением размера агрегатных фракций, и наоборот, в почвах агроценозов экофизиологические показатели достигают максимальных значений в микроагрегатах (<0.25 мм).

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 19-76-30005 «Модернизация методов мониторинга и контроля болезней полевых культур в России».

УДК 631.434.52

АГРОФИЗИЧЕСКИЙ АСПЕКТ ТЕХНОГЕННОЙ ДЕГРАДАЦИИ ПОЧВ АЗОВО-КУБАНСКОЙ НИЗМЕННОСТИ

Власенко В.П., Костенко В.В., Осипов А.В.

Кубанский государственный аграрный университет им. И.Т. Трубилина,
Краснодар
E-mail: kubsoil@mail.ru

В процессе антропогенного воздействия, различного по интенсивности и длительности, в почвенном покрове происходят различно направленные изменения, зачастую имеющие деградационный характер.

Вовлечение почв в сельскохозяйственное использование является главной причиной активизации техногенного воздействия на весь комплекс свойств, определяющих физическое состояние почв, параметрами которого являются гранулометрический состав, плотность почв, агрегатный (структурный) состав, водопроницаемость почв.

В структурном состоянии почв выявлена тенденция снижения содержания агрономически ценных агрегатов за 45-летний период наблюдений на 10% в нижней части профиля черноземов обыкновенных. Исследованиями установлено значительное различие в содержании агрономически ценных агрегатов в профиле черноземов и их полугидроморфных аналогов: 60.4-79.8% в черноземах обыкновенных; 50.4-52.1% – лугово-черноземных уплотненных; 36.0-32.0% – лугово-черноземных слитых почв.

Исследование динамики плотности почв позволило нам установить интервал различий в плотности почв: максимальная плотность наблюдается в образцах лугово-черноземных слитых почв – 1.8-2.05 г/см³, луговато-черноземных уплотненных почв – 1.6-1.8 г/см³, черноземов выщелоченных – 1.6-1.7 г/см³.

Нашими исследованиями установлена средняя корреляционная зависимость водопроницаемости от содержания физической глины (коэффициент детерминации 0.41-0.45 и 0.48). При этом выявлена высокая корреляционная зависимость между водопроницаемостью и содержанием илистой фракции (коэффициент детерминации 0.85), однако этот факт требует дополнительного изучения и обоснования.

В процессе передвижения влаги в профиле почв обычно выделяются два этапа: впитывание и фильтрация. Скорость впитывания постепенно снижается по мере насыщения почвы влагой, величина же коэффициента фильтрации является постоянной и служит важнейшей характеристикой водопроницаемости.

Главными критериями оценки качества почвенных (земельных) ресурсов являются экономические. Рассчитанный валовый доход в нашей работе является критерием уровня плодородия почв или убытком за счет недополученной продукции с учетом динамики площадей почв, который составил: Новокубанский район – 211 519.267 тыс. руб.; Тимашевский район – 816 250.817 тыс. руб.; г. Краснодар – 909 723.460 тыс. руб.

Амплитуда динамики плотности относительно первоначальной также максимальна у лугово-черноземных слитых почв (75%), меньше в уплотненных почвах (64%), еще меньше у черноземов, не затронутых гидрометаморфизмом (61%).

Для выявления динамики структуры почвенного покрова выполнены оцифровка и картографирование почв с применением современных геоинформационных технологий.

Работа опубликована на основании научных результатов, полученных при финансовой поддержке по гранту № 19-44-230008 РФФИ и администрации Краснодарского края.

УДК 574.4: 631.585 (470.67)

НОВЫЙ ПОДХОД К РЕАБИЛИТАЦИИ СОЛОНЧАКОВ В ПОЛУПУСТЫННЫХ ЛАНДШАФТАХ ПРИКАСПИЯ

**Гасанов Г.Н., Баширов Р.Р., Асварова Т.А., Гаджиев К.М., Абдулаева А.С.,
Салихов Ш.К.**

Прикаспийский институт биологических ресурсов ДФИЦ РАН, Махачкала
E-mail: nikuevich@mail.ru

Терско-Кумская низменность является наиболее крупным ландшафто-геоморфологическим районом равнинного Дагестана. Территория ее площадью 1.55 млн. га является естественной кормовой базой для 2 млн. овец и сотен тысяч голов крупного рогатого скота. Около 50% этой территории приходится на солончаки, поэтому решение проблемы реабилитации солончаков, особенно корковых, имеет важное научное и прикладное значение.

Повышение продуктивности солончаков, их реабилитация в аграрном производстве возможны лишь при проведении специальных мелиоративных мероприятий.

Применяемые в настоящее время способы освоения солончаков неприемлемы в полупустынных дефляционных ландшафтах, поскольку любое механическое воздействие на почву машинами и орудиями при запашке химикатов, смеси навоза с землей, предпосевной подготовке почвы и при посеве трав вызывает усиление процессов дефляции и опустынивания территории, кроме того, эти мероприятия

весьма затратные. Нами предлагается принципиально новый способ освоения солончака коркового в условиях развития дефляционных процессов, при котором исключается механическое воздействие на почву и усиление ее дефляции, не требуются затраты труда и средств на проведение химических и агромелиоративных приемов мелиорации почв. Поставленная цель достигается путем создания на поверхности солончака прослойки из песчано-илистых фракций с нейтральной реакцией.

В условиях полупустыни постоянно дуют ветры, меняющие свое направление в течение суток как минимум дважды. В зимний период в большинстве случаев преобладает направление более холодного воздуха с материка в сторону моря. Эти воздушные массы, постоянно перемещающиеся над поверхностью почвы, одновременно переносят с собой 10-15 т/га эолового материала с запасом семян растений, которых накапливается достаточно много на поверхности почвы. Этот материал, встретив на своем пути препятствия в виде кустарника, кустарничка, куста злакового растения, группы растений или любого другого предмета, оседает вокруг них на поверхности солончака и образует бугры и бугорочки разных форм и размеров, которые в последующем зарастают растительностью. В результате накопления прослойки илисто-песчаных фракций на поверхности солончака коркового и формирования высокопродуктивного естественного фитоценоза образуется светло-гумусовый горизонт почвы. Мощность горизонта составила 5 ± 0.8 см в центре площадки и 7 ± 0.6 см по ее краям, гумуса в нем содержится 1.16%.

Создание на полностью лишенном растительности солончаке типичном автоморфном такого слоя с помощью деревянных досок (шириной 20 см, толщиной 2 см) способствовало появлению на его поверхности в течение первого же года 58 экз. растений. В течение второго года количество растений увеличивалось в два раза, проективное покрытие в 2.2 раза, расширился их видовой состав в 1.3 раза, урожайность воздушно-сухой биомассы повысилась в 2.4 раза. Данный способ освоения солончака может обеспечить получение уже во втором году эксперимента более 2.0 т/га воздушно-сухой фитомассы. В последующие годы приросты были менее значительными.

Таким образом, мы предлагаем способ рационального управления продукционными процессами в полупустынных экосистемах, способствующий трансформации солончака коркового в иной тип почвы с более высокой продуктивностью.

УДК 631.4

ПРИРОДА ПЯТНИСТОСТИ ОРОШАЕМЫХ ПОЛЕЙ И ВОЗМОЖНОСТЬ РАСПОЗНАВАНИЯ ЕЕ НА КОСМИЧЕСКИХ СНИМКАХ

Горохова И.Н., Панкова Е.И.

Почвенный институт им. В.В. Докучаева, Москва

E-mail g-irina14@yandex.ru

На примере Светлоярской оросительной системы (Волгоградская область, территория солонцовых комплексов сухой степи) исследованы различные варианты пятнистости орошаемых полей, отраженные на космических снимках (Landsat), которые увязаны с результатами полевых исследований. Выявлено, что причины образования пятнистости, фиксируемой на снимках, неоднозначны и связаны с глубиной залегания уровня грунтовых вод и такими свойствами почв, как вторичное засоление, солонцеватость, карбонатность и др. Часто пятнистость сопровождается выпадом сельскохозяйственной культуры.

В данном сообщении рассмотрим пятнистость полей, связанную с окарбоначиванием орошаемых почв с поверхности. Такая пятнистость не зависит от уровня грунтовых вод. Основная причина появления пятнистости – планировка полей и длительный период орошения. На исследуемых орошаемых участках во время планировки полей при строительстве оросительной системы верхняя часть профиля солонцов, занимавших выпуклые элементы рельефа, была срезана, обнажив карбонатные горизонты. В результате на территории, в пределах которой до строительства отмечалось 25-50% солонцов и солонцеватых почв, в настоящее время солонцы встречаются крайне редко. На поверхности таких почв сформирован карбонатный пахотный горизонт и почвы выглядят как светлые пятна. Такая пятнистость хорошо проявляется на космических снимках на открытой поверхности почвы, на полях с озимыми зерновыми культурами и достигает размеров 10-20 тыс. м². На полях с люцерной поверхностно-окарбонированные почвы вызывают выпад культуры (до 2-3 тыс. м²). Согласно руководству (Soil Survey investigations ., 1979), орошение почв с повышенным содержанием мелко-зернистых карбонатов (>2-4%) способствует образованию корки при высыхании почв. Корка влияет на агрофизические и агрохимические свойства почвы и препятствует появлению всходов люцерны.

Помимо планировок и пахоты, приводящих к окарбоначиванию верхних слоев почвы, здесь присутствует и процесс ирригационного окарбоначивания, который был выявлен рядом авторов. Они считают, что дополнительное увлажнение при поливах приводит к

мобилизации кальцита срединного карбонатного горизонта и подтягиванию карбонатов (CaCO_3) в верхнюю часть почвенного профиля с почвенными растворами.

Содержание карбонатов в слое 0-25 см связано с изображением пятнистости на космическом снимке следующим образом: на крупных светлых пятнах (>1 тыс. м^2) количество CaCO_3 в среднем по всем орошаемым участкам достигает 11.06% и 4.58% – на мелких пятнах (от 100 м^2), а в пределах остального фона составляет 1.59%, т.е. в семь и три раза карбонатов кальция на светлых пятнах больше, чем на основном темном фоне. С глубиной (20-50 см) величина карбонатов может как снижаться, так и увеличиваться.

Следует еще раз отметить, что пятнистость орошаемых полей сухостепной зоны солонцовых комплексов Волгоградской области, связанная с окарбоначиванием почв с поверхности и отраженная на космических снимках, широко развита на орошаемых землях, но вместе с тем пятнистость может иметь и другую природу, поэтому интерпретация дистанционных материалов требует обязательного изучения современной обстановки района исследований и обоснования причин появления пятнистости на основе полевых и лабораторных исследований.

УДК 631.412

МЕЛИОРИРОВАННЫЕ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ УГОДЬЯ В УСЛОВИЯХ АЭРОТЕХНОГЕННОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ В РЕСПУБЛИКЕ КАРЕЛИЯ

Дубина-Чехович Е.В.¹, Бахмет О.Н.², Мингалеев А.В.¹

¹ Карельская государственная сельскохозяйственная опытная станция,
Петрозаводск

E-mail: d-chehovich@yandex.ru

² Карельский НЦ РАН, Петрозаводск

E-mail: obahmet@mail.ru

Мелиорируемые земли – это одна из главных основ обеспечения продовольственной безопасности и стабильности сельскохозяйственного производства. В результате организационно-экономических преобразований последнего, а также увеличения антропогенной нагрузки в Карелии на фоне отсутствия систематических мероприятий по уходу за осушительными сетями возникает необходимость оценки эколого-мелиоративного состояния осушенных земель. По результатам инвентаризации мелиорированных земель на территории Республики Карелия в 2011 г. в регионе общая площадь осушенных сельскохозяйственных угодий составляла 76 890 га. По показателям оценки и учета мелиоративного состояния осушенных сельскохозяйственных угодий

и технического состояния осушительных систем в 2018 г. в хорошем состоянии находилось только 12 440 га, в неудовлетворительном – 26 960 га. Эти земли на значительных площадях характеризуются низкой мелиоративной обустроенностью, неудовлетворительным культуртехническим состоянием и невысоким почвенным плодородием. В последние годы на фоне постоянных выбросов автомобильного и железнодорожного транспорта на осушенные сельскохозяйственные угодья возросла и техногенная нагрузка в результате интенсификации горнодобывающего и перерабатывающего производства.

В данном исследовании рассмотрены последствия техногенеза мелиорированных агроландшафтов Карелии на примере локально высокой седиментации дисперсной фазы пыли и загрязнения торфяных почв осушенных сельскохозяйственных угодий макро- и микроэлементами в ходе добычи и производства щебня. Определены критерии и дана оценка влияния пылевого загрязнения на торфяные почвы осушенных сельскохозяйственных угодий на основе региональных фоновых показателей и предельно допустимых концентраций химических веществ в природных средах. Объектами исследования являлись низинные торфяные почвы осушенных сельскохозяйственных угодий Республики Карелия, примыкающие к карьере по добыче и производству щебня.

На фоне очень высокого уровня среднесуточной пылевой нагрузки ($2101.9-1187.1 \text{ мг/м}^2\text{сут.}$) и поступления атмосферных осадков, имеющих нейтральную и слабощелочную реакцию ($\text{pH } 7.1-7.5$), происходит трансформация химических и физико-механических свойств почвы. Из-за большого содержания антропогенной пыли в верхних корнеобитаемых горизонтах почвенного покрова по мере удаления от источника изменяются показатели зольности (27.2-19.3%), кислотности почвы ($\text{pH } 5.3-4.6$), а содержание подвижных форм биофильных элементов – P_2O_5 (114.6-207.2 мг/кг) и K_2O (384.9-342.7 мг/кг) не имеет однонаправленных тенденций. Накопление в почвах основных загрязнителей (Fe, Mn, Ni, Cu, Co, Cr) выше региональных значений в 1.5-13 раз, но не превышает ПДК. Эти показатели позволяют отнести осушенные торфяные почвы сельскохозяйственных угодий к умеренно опасной категории загрязнения. Аккумуляция этих элементов в снеговом покрове как эффективном и достоверном индикаторе состояния окружающей среды превышает ПДК в два раза, а фоновые значения – 2-20 раз. Урожайность зеленой массы многолетних кормовых трав за сезон увеличилась по мере удаления от источника выбросов с 3.0 до 8.7 т/га. Выявленная геохимическая несовместимость характеристик естественных почв и загрязненных атмосферных осадков может свидетельствовать об увеличении буферности торфяно-болотной низинной почвы агроландшафта к техногенному воздействию. Превышение

содержания поллютантов в снеговом покрове относительно регионального уровня и ПДК и неравномерное распределение макро- и микроэлементов на водосборной площади агроландшафта указывает на диффузный характер загрязнения сельскохозяйственных угодий. Техногенные пылевые выбросы, поступая с талой снежной массой в почву и поверхностные воды мелиорированного агроландшафта, являются геохимическим фактором, изменяющим и перераспределяющим миграцию химических элементов, охватывая большие территории.

УДК 631.46

ВЛИЯНИЕ ЗАСОЛЕНИЯ ПОЧВЫ И ПРЕДПОСЕВНОЙ ОБРАБОТКИ СЕМЯН КРЕМНИЙСОДЕРЖАЩИМ МИКРОУДОБРЕНИЕМ НА ПРОРОСТКИ ОЗИМОГО ЯЧМЕНЯ

**Зайцева Р.И.¹, Комаров Н.М.², Фрид А.С.¹, Аникина Л.М.³, Панова Г.Г.³,
Чумакова В.В.², Володин А.Б.²**

¹ Почвенный институт им. В.В. Докучаева, Москва
E-mail: elrish@yandex.ru

² Северо-Кавказский федеральный научный аграрный центр, Михайловск

³ Агрофизический НИИ, Санкт-Петербург

Возделывание солеустойчивых сортов сельскохозяйственных культур и применение макро- и микроудобрений, включая предпосевную обработку семян, способствует продукционному процессу растений, повышению количества и качества урожаев. В лабораторном эксперименте испытывали ячмень озимый двуручку, перспективный сорт Шторм селекции Ставропольского НИИСХ. Использовалась почва горизонта А1 чернозема обыкновенного (Ставропольский край), среднесуглинистая, содержание гумуса 3.1%, pH 6.4, МГ 8.4%. Почву засоляли хлоридом и сульфатом натрия при отношении мг-экв. анионов $Cl^-/SO_4^{2-} = 0.5$ (хлоридно-сульфатный химизм). Степень засоления для четырех вариантов опыта в % составляла 1.0, 1.25, 1.4 и 1.5 при $W = 27.5 \pm 0.5\%$ и осмотическом давлении влаги (Р) –14.2, –17.8, –19, –23.2 атм. Предельное P_0 для прорастания семян близко к –30 атм. Семена обрабатывались растворами кремнийсодержащего хелатного гуминового микроудобрения КХМ-Г, разработанного в ФГБНУ АФИ. КХМ-Г образуют маточные концентрированные растворы микроэлементов с гумусовыми кислотами как комплексообразователь (№ 1) и 1%-ный раствор силиката калия (№ 2), содержащий кремний. Раствор для I варианта обработки семян содержит 20 мл раствора № 1 и 20 мл раствора № 2, разбавленные $H_2O_{\text{дист}}$ в объеме 1 л. Во II варианте раствор I варианта разбавлен в два раза, в III варианте – еще в два раза. Семена взбалтывали в растворах и в $H_2O_{\text{дист}}$ для контрольных вариантов в соотношении 1:5 в течение

5 мин. и высушивали. Девять воздушно-сухих семян каждого варианта обработки высевали в четыре стеклянных бюкса в слой почвы 3-4 см с указанной степенью засоления и выращивали проростки во влажных эксикаторах при комнатной температуре. Высота растений в конце опыта составила от 150 до 65 мм (по медиане). Определяли сырую биомассу срезанных двухнедельных растений (г/сосуд) в 16 вариантах опыта. Статистическая обработка полученных результатов проводилась методом дисперсионного анализа. В общей сумме квадратов отклонений признака (биомасса), принятой за единицу, доля влияния фактора 1 (засоления) составила 0.90763, фактора 2 (обработки семян) – 0.05075 и ошибки – 0.019075. По F-критерию действие засоления на снижение биомассы значимо на 5%-ном уровне значимости (вероятность 95%). Действие обработки семян на увеличение биомассы значимо на 10%-ном уровне (вероятность 90%). При 1%-ном засолении ни одна из концентраций раствора КХМ-Г не увеличила продуктивность растений по сравнению с контролем (0.87 г/сосуд) более чем на 2-3%. При засолении 1.25 и 1.4% средняя и наибольшая концентрации КХМ-Г существенно увеличили продуктивность в большинстве вариантов более чем на 12% (в контроле 0.60 г/сосуд). При 1.5%-ном засолении увеличение продуктивности в сравнении с контролем (0.36 г/сосуд) составило при наименьшей концентрации КХМ-Г 19%, при наибольшей – 44%. Обработка семян озимого ячменя сорта Шторм кремнийсодержащим микроудобрением КХМ-Г, судя по продуктивности растений в сравнении с контролем, способствует повышению солеустойчивости ячменя в соответствии со степенью засоления почвы.

УДК 631.4

УЛУЧШЕНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПОЧВЕННОГО ПЛОДОРОДИЯ НА ДРЕНАЖНЫХ И БЕЗДРЕНАЖНЫХ УЧАСТКАХ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ПОЧВ ПРИМОРСКОГО КРАЯ ПРИ ВНЕСЕНИИ РАЗЛИЧНЫХ ДОЗ БИОУГЛЯ

Карпенко Т.Ю.^{1,2}, Васнев И.И.³, Сакара Н.А.⁴

¹ Дальневосточный федеральный университет, Владивосток

E-mail: karpenko.tiu@dvfu.ru

² Институт химии ДВО РАН, Владивосток

E-mail: karpenkotu@ich.dvo.ru

³ РГАУ – МСХА им. К.А. Тимирязева, Москва

⁴ Приморская овощная опытная станция, Артем

Появление частной собственности на землю в Российской Федерации дает возможность собственникам самостоятельно выбирать виды возделываемых культур и способы обработки земельных участков. За-

частую это приводит к выращиванию монокультур и невозможности оставлять почвы под пар из-за возможных экономических издержек. Поиск новых технологий, при которых будут сохранены основные показатели плодородия почв, становится все более актуальным. Основные проблемы возделывания овощных культур в Приморском крае связаны с неблагоприятными водно-физическими свойствами почв (плотность сложения, гранулометрический состав, кислотность и т.д.). Потеря экологических функций почв в результате многолетнего использования пахотных земель выходит на первое место в поисках пригодных участков для выращивания органической продукции.

В Приморском крае чаще всего под овощные культуры распахивали подбелы темногумусовые (ПТ). Подбелы формируются в условиях гумидного континентального муссонного климата с резко выраженным летне-осенним максимумом осадков под разнотравными хвойно-широколиственными и широколиственными лесами на тяжелосуглинистых и глинистых породах в равнинных плохо дренированных условиях. Гумусовый горизонт имеет темно-серый цвет, хорошо оформленную мелкокомковатую структуру. Его мощность 10-20 см, иногда до 30 см. Элювиальный горизонт имеет белесую до белой в сухом состоянии окраску и плитчатую структуру. Особенности данных почв является обилие (до 10-20%) крупных (размером >3 мм) железистых конкреций, в которых сосредоточено более 50% содержащегося в горизонте валового железа. Гумусовый горизонт характеризуется высоким (6-10%) содержанием гумуса фульватно-гуматного состава (отношение $S_{гк}/S_{фк} = 1.0-1.3$) и слабокислой реакцией среды. В «Классификации и диагностике почв СССР» им более всего соответствует оподзоленный подтип в типе луговых подбелов.

Объектами исследования были ПТ ненарушенного строения, сформированные под лесной растительностью. Данные почвы соответствуют классическому описанию подбелов Приморского края по Г.И. Иванову, ПТ (залежь, 29 лет) под луговой растительностью, ПТ (пашня с дренажем и без дренажа, 28 лет) под овощным севооборотом на территории Приморской овощной опытной станции – филиала ФГБНУ «ФНЦ овощеводства». Пашня с 1992 г. обрабатывается методом отвальной вспашки и боронования с севооборотом следующих овощных культур: двойной сидеральный пар (овес + повторно соя); капуста; морковь, картофель или пасленовые; столовая свекла.

Сравнительный анализ морфологических свойств показал, что мощность гумусового горизонта пахотных участков больше как на дренажных, так и на недренажных участках по сравнению с гумусовым горизонтом ненарушенных почв почти в два раза. Гумусовый горизонт залежных участков больше в 1.7 раза, что связано с запахиванием при обработке подгумусового горизонта. Сложение ненарушенного гумусового горизонта более рыхлое, чем на залежных и

пахотных участках, а структура более выраженная, ореховато-зернистая, хорошо оформлена.

Сравнительный анализ кислотно-основных свойств показал, что в пахотных почвах верхних горизонтов слабокислая реакция среды, в залегающих – среднекислая. Для залежных почв прослеживается та же тенденция. Ненарушенные почвы имеют более кислую реакцию среды.

Внесение биоугля в гумусовый горизонт пахотных участков приводило к смещению значений pH в сторону нейтрального.

УДК 631.452:634.2(477.75)

ФИТОМЕЛИОРАЦИЯ ПОЧВ САДОВЫХ АГРОЦЕНОЗОВ КРЫМА

Клименко О.Е., Клименко Н.И., Новицкая А.П.

Никитский ботанический сад – Национальный научный центр РАН, Ялта

E-mail: olga.gnbs@mail.ru

Применение интенсивных технологий в садоводстве с высокой механической и химической нагрузкой на почвы и длительной монокультурой на фоне черного пара приводит к ухудшению водно-физических, химических и физико-химических свойств почв, вызывает загрязнение окружающей среды. Одним из путей преодоления сложившихся негативных тенденций в садоводстве, повышения устойчивости и экологичности садовых агроценозов является снижение химической нагрузки и активизация биологических процессов в агроценозах. К таким процессам относится фитомелиорация почв – использование естественной преобразующей функции растительности в оптимизации наземных экосистем. Это может быть достигнуто путем задернения междурядий сада многолетними травами. Снижение химической нагрузки достигается путем применения микробных удобрений.

Целью исследования было изучение влияния фитомелиорации на плодородие почвы и продуктивность агроценоза персика.

Для достижения поставленной цели в саду персика на черноземах предгорных карбонатных в предгорье Крыма был заложен полевой двухфакторный опыт. Первый фактор – задернение междурядий многолетними травами: 1. Смесь трав: райграс + люцерна (СТ2); 2. Смесь трав: овсяница + клевер (СТ3); 3. Смесь трав: райграс + люцерна + овсяница + клевер + кострец (СТ4). Контроль – естественное зарастание (ЕЗ). Второй фактор, изученный в опытах, – микробные препараты (МП): азотобактерин и комплекс МП (КМП), контроль 1 – без применения МП. Исходная почва чернозем предгорный карбонатный легкоглинистый на суглинисто-галечниковых отложениях, местами подстилаемых тяжелыми палеоценовыми глинами, имела

ряд свойств, неблагоприятных для плодовых растений: высокое содержание карбонатов (20-30%) и величины рН (8.3-8.8), высокую плотность (1.34-1.71 г/см³), низкое содержание гумуса (1.5-1.6%), тяжелый гранулометрический состав почвообразующей породы. Содержание нитратного азота в почве составляло 2-12 мг/кг, подвижных фосфора и калия – 10-30 и 150-350 мг/кг соответственно.

Установлено, что биомасса скошенных трав по ЕЗ в расчете на сухое вещество составила 4.5 т/га. Применение СТ2 и СТ3 существенно увеличивало биомассу в 1.8-2.0 раза относительно ЕЗ. Это способствовало изменению агрохимических свойств почвы. Так, величина рН почвы снижалась при применении всех приемов биологизации, максимально под влиянием СТ4 + КМП – на 0.68-0.74. Содержание гумуса увеличивалось в вариантах с применением КМП на всех видах задернения на 0.53-0.57%, или 33-36 относительных процента от контроля. Применяемые приемы биологизации увеличивали содержание нитратного азота в почве: КМП – на 26-30 мг/кг (35-58%), подвижных форм фосфора – в три раза относительно контроля, максимально при сочетании с СТ3.

Повышение плодородия почвы при фитомелиорации привело к увеличению продуктивности деревьев персика сорта Редхавен на подвое миндаль. Значительно увеличивалось число плодов и масса одного плода на 50-80%, в большей мере под воздействием задернения сеянными травами. Это привело к увеличению урожая плодов с дерева, максимальное – при сочетании СТ3 с КМП и достигало 40.3 кг/дер. Таким образом, фитомелиорация черноземов предгорных карбонатных Крыма, подверженных агродеградации в садах при сочетании многолетних трав и МП, приводит к повышению плодородия почвы и продуктивности персика. Наиболее эффективным признано задернение междурядий смесью овсяницы луговой и клевера лугового с применением КМП.

УДК [631.445:635.18] (470)

ТРАНСФОРМАЦИЯ ПЛОДОРОДИЯ СОЛОНЦОВЫХ ПОЧВ КРЫМСКОГО ПРИСИВАШЬЯ ПОД ВЛИЯНИЕМ РИСОСЕЯНИЯ И ОПТИМИЗАЦИЯ ЕГО ПАРАМЕТРОВ

Кольцов С.А., Титков А.А.

Крымский федеральный университет им. В.И. Вернадского, Симферополь
E-mail: koltsov.sa@mail.ru

В степной зоне Присивашья повышенное увлажнение создает условия для развития тенденций глубоких изменений в направлении интенсивности химических, физико-химических, биологических и других почвенных процессов. Новыми внешними факторами при

рисосеянии являются затопление поверхности почвы слоем воды, нарушение почвенного покрова при строительстве оросительных систем и воздействие на почву различных технологических приемов при возделывании риса, что приводит к качественным изменениям свойств почв, вплоть до создания нового культурного агроландшафта с антропогенным типом почвообразования.

В Крыму на основной площади Присивашья построены оросительные системы с картой краснодарского типа и по отдельным проектам некоторые другие типы: карточеки широкого фронта затопления и сброса, кубанского типа и другие. Большинство рисовых каналов построено в земляном русле, и только небольшая часть из них покрыта бетонными плитами, а дренажно-сбросная система вся в земляном русле.

Строительство оросительных систем краснодарского типа на водораздельных территориях при слабой естественной дренированности солонцовых и засоленных почво-грунтов привело к значительному изменению исходного состояния агроландшафта. Следует отметить, что степные комплексы изначально слабоустойчивы к резким изменениям факторов среды, которые сопровождают рисосеяние. На фоне общей слабой устойчивости темно-каштановые почвы (верхние элементы рельефа) занимают более выгодное положение и в процессе освоения под рисом быстрее улучшаются. Напротив, солонцы луговые (нижние элементы рельефа) в наибольшей степени подвержены воздействиям, а следовательно, и изменениям исходного состояния.

Растительный покров солонцов луговых рисовых оросительных систем значительно отличается от естественных территорий, занятых типичными галофитами с запасами биомассы от 8.5 до 13.8 т/га. Люцерна второго года жизни по запасам биомассы к концу вегетации не уступает солонцам луговым целинным, несмотря на отчуждение с урожаем значительной ее части. Основная подземная биомасса сосредоточена в слое 0-40 см. На темно-каштановых почвах до их распашки располагались настоящие степи с преобладанием ксерофильных дерновидных злаков.

В рисовых севооборотах под воздействием своеобразных экологических условий сформировались две принципиально новые растительные группировки: в посевах риса 12 видов растений, а в звене незатопляемых культур – 20 видов.

Грунтовые воды под солонцами луговыми (под рисом таких почв более 50%) в естественных условиях залегают до 2 м от поверхности с минерализацией 45-50 г/л с типом засоления хлоридно-сульфатно-натриевым.

Под влиянием рисосеяния изменился профиль солонцов луговых за счет образования антропогенного горизонта, сочетающего признаки элювиального, гумусово-аккумулятивного и глеевого горизонтов

естественных почв. Грунтовые воды залегают от 1.5 и выше, минерализация 18-24 г/л.

Лугово-каштановые почвы под влиянием рисосеяния изменили мощность гумусово-элювиального горизонта с 20.4 до 25.3 см, который приобрел более темную и неоднородную окраску за счет уменьшения гумусово-иллювиального горизонта с 20.2 до 12.9 см. Грунтовые воды залегают на глубине около 2 м, минерализация 7-11 г/л.

Темно-каштановые почвы в результате рисосеяния четко сформировали пахотный горизонт 18-20 см, рыхлого сложения, комковато-глыбистой структуры темно-серого цвета. Граница вскипания повысилась с 53 до 46 см, грунтовая вода залегает на 2.0-2.5 м от поверхности, минерализация 2-5 г/л.

В рисовом севообороте общие запасы гумуса в метровом слое солонцов луговых не сокращаются, на лугово-каштановых почвах по мере возделывания риса количество гумуса возрастает, повышается его подвижность, становятся прочнее связи гумусовых веществ с минеральной частью почвы. Длительное использование темно-каштановых почв в рисосеянии привело к росту запасов гумуса в метровом слое на 34.1 т/га, или на 23.7%.

В целом, территория рисовых оросительных систем рассоляет-ся, хотя темпы этого процесса постоянно снижаются. Выращивание риса также способствует рассолонцеванию почв до глубины 40 см, доля натрия поглощающего комплекса сократилась в пять-семь раз, а магния на 8%.

УДК 631.6.02

АНАЛИЗ ПОЧВЕННО-МЕЛИОРАТИВНОГО СОСТОЯНИЯ ОРОШАЕМЫХ ЗЕМЕЛЬ НИЖНЕЙ КУБАНИ

Малышева Н.Н.¹, Тешева С.А.¹, Кизинек С.В.²

¹ Кубанский государственный аграрный университет им. И.Т. Трубилина,
Краснодар

E-mail: satecheva@mail.ru

² Рисоводческий племенной завод «Красноармейский» им. А.И. Майстренко,
Краснодар

E-mail: malisheva@kmvh.ru

Мелиоративный комплекс Кубани представлен 12 рисовыми оросительными системами, которые используются в растениеводстве и являются составляющей частью агропромышленного комплекса Краснодарского края. Черноерковская оросительная система, которая располагается в Славянском районе Краснодарского края на общей площади 33 200 га, является наиболее типичной по почвенным условиям для западной природно-климатической зоны региона. По

геоморфологическому районированию входит в состав Кубанского дельто-плавневого района, причем северная часть находится на территории подрайона Приазовских плавней, а большая южная – на территории переходного района к Старой дельте. На Черноерковской оросительной системе широко распространены перегнойно-глеевые, торфяно-глеевые и лугово-болотные почвы, которые под воздействием постоянного затопления в период вегетации риса претерпели значительные изменения и нуждаются в улучшении их плодородия.

В этой связи мониторинг почвенно-мелиоративного состояния орошаемых земель на Черноерковской оросительной системе позволяет объективно оценить возможности ее эксплуатации по целевому назначению для производства риса, своевременно проводить комплекс мероприятий по предотвращению деградации почв и выбытию их из сельскохозяйственного оборота. С этой целью эксплуатирующей государственные мелиоративные системы организацией ФГБУ «Управление «Кубань-мелиоводхоз» заложены стационарные скважины, с использованием которых проводится оценка гидрогеолого-мелиоративной обстановки и ежегодная солевая съемка.

Исследованиями на стационарных площадках установлено, что вскрытие грунтовых вод на Черноерковской оросительной системе в среднем за последние три года (2017-2019 гг.) находилось в пределах 1.62 м и колебалось в пределах от 0.93 (скважина № 75с) до 2.77 м (скважины № 42, 48). По глубине залегания грунтовых вод площади системы распределились в следующем порядке: менее 1.0 м – 378 га (1% от общей площади системы), от 1.0 до 1.5 м – 11 187 га (34%), от 1.5 до 2.0 м – 18 079 га (54%), от 2.0 до 3.0 м – 3194 га (9%), от 3.0 м и более – 362 га (1%).

По результатам химического анализа грунтовых вод выявлено, что средняя их минерализация за указанный выше период составляет 4.6 г/л. Площадь обследованных орошаемых земель с минерализацией грунтовых вод свыше 3 г/л составляет 18 337 га, или 56% от обследованных земель, что характеризует их как сильно солоноватые. На остальной площади 14 863 га грунтовая вода солоноватая с минерализацией от 1 до 3 г/л. Пресных вод с минерализацией менее 1 г/л не обнаружено. При этом необходимо отметить, что при ретроспективном анализе минерализации грунтовых вод выявлено их значительное засоление с начала эксплуатации Черноерковской оросительной системы (1977 г.), которое оставляло 10.2 г/л. На протяжении 27 лет эксплуатации земель для выращивания риса и сопутствующих культур севооборота этот показатель с 2002 г. стабилизировался на уровне 4.46-4.76 г/л, что обусловлено промывным режимом почв и доказывает еще раз необходимость выращивания риса в системе севооборота как мелиоранта.

По результатам комплексного обследования выявлено, что почвы на Черноерковской оросительной системе имеют различную степень засоления: сильно и очень сильно засоленных почв имеется 837 га (2%), средnezасоленных – 8742 га (26%), слабозасоленных – 10 093 га (37%), незасоленных – 11 528 га (35%).

По степени солонцеватости почвы изучаемой системы подразделяются на несолонцеватые – 32 120 га (97%) и слабосолонцеватые – 1082 га (3%).

Таким образом, результаты обследования земель сельхозназначения Черноерковской оросительной системы имеют научно-практическое значение и позволяют дифференцированно подходить к их использованию, планировать мероприятия по улучшению их состояния и предотвращению вторичного засоления, повышению почвенного плодородия с целью увлечения объемов производства сельскохозяйственной продукции.

УДК 631.46

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ МЕЛИОРАНТОВ РАЗЛИЧНОЙ ПРИРОДЫ ПРИ БИОРЕМЕДИАЦИИ НЕФТЕЗАРЯЗНЕННЫХ ПОЧВ

Минникова Т.В.

Южный федеральный университет, Ростов-на-Дону
E-mail: tminnikova@sfnedu.ru

Ежегодно в мире загрязнению нефтью и нефтепродуктами подвергаются миллионы гектаров почвы. Многими исследователями установлено, что при загрязнении нефтью происходит ухудшение биологического состояния почв и, как следствие, нарушение их экологических и сельскохозяйственных функций. В настоящее время для ликвидации загрязнения почв нефтью и нефтепродуктами используют различные способы мелиорации. В качестве мелиорантов применяют различающиеся по природе и механизмам вещества: бактериальные препараты, удобрения, минеральные сорбенты. При этом оценка эффективности разложения нефти в почве после внесения мелиорантов наряду с повышением плодородия почв остается мало изученным вопросом.

Цель работы – оценить эффективность рекультивации нефтезагрязненного чернозема разными мелиорантами.

Объект исследования – чернозем обыкновенный карбонатный. Место отбора – Ботанический сад Южного федерального университета (пашня, Апах 0-20). Для моделирования загрязнения использовали нефть, предоставленную Новошахтинским НПЗ. Для мелиорации чернозема, загрязненного нефтью, использовали глауконит как

природный глинистый адсорбент, «Dop-Uni» как бактериальный препарат, мочевины и нитроаммофос как источники азота, гумат калия и натрия как источники гуминовых веществ, необходимых для активизации почвенной нефтеразрушающей микробиоты. По истечении 30 сут. экспозиции определяли остаточное содержание нефти методом инфракрасной спектроскопии с использованием в качестве экстрагента четыреххлористого углерода. Применение глауконита способствовало эффективному связыванию нефти в почве: по истечении 30 сут. в почве осталось 55% нефти. Бактериальный препарат «Dop-Uni» содержит в себе три штамма нефтеструктивных микроорганизмов. Однако за 30 сут. экспозиции остаточное содержание нефти составляло 77% от исходного содержания. После внесения мочевины и гумата калия остаточное содержание нефти – 82 и 86% соответственно. Применение мочевины не приводило к существенному увеличению степени разложения нефти (5%). Внесение нитроаммофоса приводило к увеличению эффективности разложения нефти по сравнению с применением мочевины: по истечении 30 сут. в почве оставалось 65% нефти. Внесение гумата калия не приводило к существенному увеличению степени разложения нефти: остаточное содержание нефти составляет 82%. Применение гумата натрия способствовало наибольшему разложению нефти в черноземе: 65% от исходного содержания нефти в почве. Таким образом, связывание нефти глауконитовым песком наиболее эффективно, однако внесение нитроаммофоса и гумата натрия как биостимуляторов аборигенной биоты также способствует естественному разложению нефти аборигенной биотой почв. Внесение бактериального препарата «Dop-Uni» малоэффективно.

Изученные мелиоранты по экономической эффективности можно ранжировать в ряд по мере снижения стоимости, в тыс. руб./га: гумат натрия (8.5) > нитроаммофос (9.1) > мочевина (12.9) > гумат калия (19.7) > бактериальный препарат «Dop-Uni» (37.5) > глауконит (464.8). Экономическая выгода использования гумата натрия и нитроаммофоса заключается в его низкой стоимости и расходе при эффективном разложении нефти в почве и сохранении плодородия почв. Таким образом, в условиях Ростовской области при нефтезагрязнении черноземов наиболее эффективно применение гумата натрия и нитроаммофоса, поскольку это экономически выгодно и экологически целесообразно.

Исследование выполнено при государственной поддержке ведущей научной школы Российской Федерации (НШ-2511.2020.11).

УДК 551.58 : 63 (571.15)631.452

ДИНАМИКА ЗАПАСОВ ПРОДУКТИВНОЙ ВЛАГИ ПО ПРИРОДНО-ПОЧВЕННЫМ ЗОНАМ АЛТАЙСКОГО КРАЯ И ИХ ВЛИЯНИЕ НА УРОЖАЙНОСТЬ ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ

Морковкин Г.Г.¹, Максимова Н.Б.²

¹ Алтайский государственный аграрный университет, Барнаул

E-mail: ggmark@mail.ru

² Алтайский государственный университет, Барнаул

E-mail: ninmaxim@mail.ru

Продуктивность сельскохозяйственных культур во многом определяется их влагообеспеченностью, важной составляющей которой являются запасы продуктивной влаги перед началом вегетации растений. Накопление влаги в почве по природно-почвенным зонам определяется климатическими особенностями конкретных территорий. Алтайский край характеризуется существенной неоднородностью рельефа, наличием равнинных и горных ландшафтов, значительной протяженностью территории с севера на юг и с запада на восток, при этом горы на юге и востоке края определяют смещение природных зон к юго-востоку, быстрое и резкое изменение агроклиматических условий на небольших расстояниях.

Сохраняя всюду черты резкой континентальности, климат края отличается значительным разнообразием по территории. С запада на восток увеличивается количество атмосферных осадков (от 250-300 до 600 мм в год), с северо-востока на юго-запад и юг увеличивается количество тепла (от 2200 до 2700 °С положительных температур в возможный период вегетации, когда температура воздуха выше 5 °С).

В Алтайском крае за период 1964-2017 гг. наблюдается рост годовой суммы осадков и количества осадков за вегетационный период на фоне роста суммы температур и увеличения продолжительности вегетационного периода за счет смещения дат перехода температуры воздуха через 10 °С на более ранние сроки весной и более поздние осенью. Меняются показатели комплексных коэффициентов и индексов, отражающих условия влагообеспеченности территорий.

Результаты расчетов и характеристика весенних запасов продуктивной влаги за последний временной период (2003-2017 гг.) свидетельствуют о том, что наблюдается резкая дифференциация в накоплении продуктивной влаги в метровом слое почвы к началу вегетации по природно-почвенным зонам. Так, в зоне каштановых почв сухих степей (I природно-почвенная зона) формируются наименьшие запасы продуктивной влаги в метровом слое почвы (65-81 мм), что соответствует категории плохих запасов. В подзоне (IIa) южных черноземов засушливой степи к весне запасы влаги удовлетворительные

(102-120 мм), а в подзоне (Пб) обыкновенных черноземов умеренно засушливой и колючей степей – хорошие (129-143 мм). Очень хорошими запасами продуктивной влаги (173-194 мм) в весенний период характеризуются зоны выщелоченных черноземов и серых лесных почв средней лесостепи (III) и черноземов предгорных равнин, предгорий и низкогорий Алтая (VI).

Запасы продуктивной влаги весной в зоне сухой степи и в подзоне засушливой степи характеризуются значительным варьированием по годам (коэффициенты вариации 41 и 37% соответственно), что может указывать на нестабильную обстановку по увлажнению в ряду лет и варьированию возможной урожайности сельскохозяйственных культур.

Оценка динамики запасов продуктивной влаги и трендов их изменений по годам и природно-почвенным зонам дает возможность говорить о тенденции увеличения запасов влаги в последние годы в зонах выщелоченных черноземов и серых лесных почв средней лесостепи (III) и черноземов предгорных равнин, предгорий и низкогорий Алтая (VI).

Для оценки влияния запасов продуктивной влаги на формирование урожайности яровой пшеницы был использован информационно-логический анализ, по результатам которого представлена наиболее вероятная урожайность яровой пшеницы, соответствующая конкретным интервалам запасов влаги по природно-почвенным зонам Алтайского края и составляющая для современных почвенно-климатических условий: для зоны I – 4-8 ц/га, подзоны Па – 8-12, подзоны Пб – 8-16, для зон III и VI – 12-20 ц/га.

УДК 622.331:631.4

ИЗМЕНЕНИЕ СОСТАВА ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА ТОРФА ПОД ВЛИЯНИЕМ ОСУШЕНИЯ И СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ

Моторин А.С.

Государственный аграрный университет Северного Зауралья, Тюмень

E-mail: a.s.motorin.ru

НИИ сельского хозяйства Северного Зауралья –

филиал Тюменского НЦ СО РАН, Тюмень

Лизиметрическими исследованиями установлено, что через семь лет количество битумов в пахотном слое (0.2 м) среднемощной торфяной почвы при 0.5-метровом уровне грунтовых вод (УГВ) меньше на 1.65%, чем при глубине 1.0 м, и на 4.34% – на полтораметровых лизиметрах. Вниз по профилю почвы определенной зависимости от УГВ не установлено. Увеличение глубины залегания грунтовых вод с 0.5 до 1.5 м снижает количество в пахотном слое водораство-

римых и легкогидролизующихся при 100 °С веществ с 5.68 до 4.48%. При УГВ 0.5 м определено максимальное наличие (34.25%) веществ, гидролизующихся 2% HCl, что на 3.4-3.8% больше, чем при 1-1.5 м. Максимальное количество гуминовых кислот в торфяной почве (32.05%) установлено при УГВ 0.5 м. В пахотном слое превышение составляет 4.5% по сравнению с полуторфяным УГВ. Количество фульвокислот практически не зависит от уровня залегания грунтовых вод и находится в пределах 17.7-17.9%. При одинаковом ботаническом составе торфа увеличение глубины залегания грунтовых вод с 0.5 до 1.5 м снижает содержание трудногидролизующихся 80% H₂SO₄ веществ в пахотном слое с 2.82 до 2.31%. Количество соединений трудногидролизующихся кислотой представлено на 46-52% целлюлозой и не зависит от УГВ. Наличие лигнина в торфе в несколько раз больше, чем содержание целлюлозы. Просматривается зависимость снижения содержания лигнина при увеличении глубины залегания грунтовых вод с 0.5 (6.63%) до 1.5 м (5.23%).

В овощекормовом севообороте на протяжении пяти лет нами контролировались изменения состава органической массы торфа под капустой, картофелем, одно- и многолетними травами на трех фонах питания – без удобрений, N₁₂₀P₉₀K₁₂₀, N₂₄₀P₁₈₀K₂₄₀. Динамика содержания битумов не имела характерных особенностей и различий по всем полям севооборота. Содержание легкогидролизующихся водой и HCl компонентов органического вещества в торфяной почве увеличивалось к концу ротации на каждом поле севооборота, но существенных различий между ними не наблюдалось. Эти изменения происходили главным образом за счет накопления гемицеллюлоз. В первом поле севооборота, где вначале два года возделывались пропашные культуры, количество гуминовых кислот возрастало. Изменения в содержании фульвокислот в пахотном слое всех полей севооборота характеризуются или уменьшением их количества к концу четвертого года, или сохранением исходного уровня. Можно полагать, что фульвокислоты подвергаются деградации или входят в состав макромолекул гуминовых кислот как субъединицы, так как менее устойчивы при окислительно-гидролитическом воздействии. Динамика накопления трудногидролизующихся форм органического вещества более сложна и неоднозначна, поскольку имеет место многофакторное воздействие на почву, определяемое глубоким различием в обработке почвы под пропашные культуры и травы, с одной стороны, и неоднородностью количества и состава пожнивных и корневых остатков после этих культур – с другой. Тем не менее, следует отметить, что прослеживается общая направленность процессов трансформации органического вещества в сторону накопления «отбора» более термодинамически устойчивых форм: трудногидролизующихся (включая целлюлозу) и лигнина. Это наиболее выражено под

пропашными культурами в первом поле севооборота. Минеральные удобрения снижают скорость накопления трудногидролизующихся и негидролизующихся форм, очевидно, вследствие создания в почве более «жестких» окислительно-гидролитических условий. Кроме того, на их фоне в почве накапливается больше свежего растительного материала за счет пожнивных и корневых остатков.

УДК 631.415

О МЕХАНИЗМЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ МЕЛИОРАНТОВ С ПОГЛОЩАЮЩИМ КОМПЛЕКСОМ ПОЧВ РАЗНОЙ СТЕПЕНИ КИСЛОТНОСТИ

Окорков В.В.

Верхневолжский федеральный аграрный НЦ, Суздаль

E-mail: okorkovvv@yandex.ru

Без оптимизации реакции среды в почве нельзя создать высокопродуктивное земледелие и лугопастбищное хозяйство, решить продовольственную и экологическую проблемы, обеспечить эффективность факторов интенсификации земледелия. Кислотность почв обусловлена наличием в поглощающем комплексе ионов водорода и алюминия. Наиболее вредна для растений кислотность, обусловленная присутствием в почве подвижного алюминия, как в пахотном, так и подпахотном горизонтах кислых почв. Устранение ее в указанных горизонтах позволит увеличить мощность корнеобитаемого слоя почвы, стабилизировать ее продуктивность в засушливые и острозасушливые годы, что повысит окупаемость применяемых удобрений. Для устранения почвенной кислотности общепринято применение известковых удобрений. Механизм их действия связывают с вытеснением из почвенного поглощающего комплекса (ППК) ионов водорода и алюминия ионами кальция растворяющегося мелиоранта. Однако наблюдаемые коэффициенты использования доз извести на снижение гидролитической кислотности (H_p) чаще всего варьировали от 0.4 до 0.6 и не подтверждали данный механизм.

В 1980 г. для химической мелиорации почв, в том числе и кислых, были предложены смеси извести с фосфогипсом. Механизм действия их на изменение свойств ППК не обсуждали. Поэтому на образцах почв разной степени кислотности и агрегированности в колонках с разделяемыми слоями изучали взаимодействие мелиорантов с ППК при инфильтрации 0.5 нормы годовых осадков и выше.

На очень кислых слабо агрегированных образцах дерново-подзолистой почвы был установлен в четыре раза более высокий мелиоративный эффект применения доломитовой муки (ДМ), чем гипса, хотя в случае последнего концентрация суммы катионов кальция и

магния в жидкой фазе была в 34-44 раз более высокой. Установлено, что при применении ДМ наблюдали гидролиз карбонат- и бикарбонат-ионов растворенного мелиоранта с образованием ионов гидроксила. Последние связывали ионы водорода и алюминия соответственно в малодиссоциированное (вода) и малорастворимое (гидроксид алюминия) соединения. Взамен их обменными становились ионы кальция и магния.

В случае применения гипса 87% подвижного алюминия перешло в твердую фазу и 13% переместилось с фильтратом в виде растворимых комплексов алюминия с сульфатами. Для очень кислой почвы с низким содержанием обменного алюминия коэффициент использования ($K_{исп}$) гипса на снижение H_r снизился с 18.3 до 4-6%.

На образцах сильнокислой дерново-подзолистой почвы, характеризующейся более высокой агрегированностью ППК, небольшие дозы гипса ($0.33 H_r$) повышали эффективность ДМ ($0.66 H_r$). Высокая концентрация ионов кальция растворившегося гипса вызывала переагрегацию ППК и вытеснение из него внутриагрегатных ионов водорода. Это вело к подкислению, повышению степени гидролиза карбонат-ионов, росту $K_{исп}$ ДМ с 0.56 до 0.83. На более агрегированных слабокислых серых лесных почвах сочетание ДМ ($1 H_r$) с гипсом ($0.5 H_r$) повысило $K_{исп}$ растворенной ДМ с 65.4 до 75.7%. При инфильтрации через колонку с двойной дозой ДМ годового количества осадков $K_{исп}$ растворенного мелиоранта возрос с 65.4 до 75.7%, через колонку сочетания ДМ ($2 H_r$) с гипсом ($0.5 H_r$) – до 108%.

Для пахотных кислых почв предложено рассчитывать дозу извести на мелиорацию слоя 0-30 см почвы с учетом $K_{исп}$ (0.5) и безвредной доли H_r , зависящей от гранулометрического состава почвы. Предложен расчет доз извести и фосфогипса при их совместном применении.

УДК 631.43:633.18

ОСОБЕННОСТИ ВОДНО-ФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПОЧВ РИСОВЫХ АГРОЦЕНОЗОВ СОВРЕМЕННОЙ ДЕЛЬТЫ КУБАНИ

Осипов А.В., Шлюсарев В.Н., Власенко В.П.

Кубанский государственный аграрный университет им. И.Т. Трубилина,
Краснодар

E-mail: kubsoil@mail.ru

В Краснодарском крае рисовые оросительные системы расположены на пойменных и плавневых участках современной дельты р. Кубани. Водно-физические свойства почв, вовлеченных в рисовый севооборот, отличаются от богарных аналогов, это связано с антропогенным преобразованием вследствие строительных и экс-

плуатационных планировок. Одной из главных особенностей этих почв является их специфический водный и воздушный режимы, приводящие к существенному изменению свойств исходных почв. Воздействие водно-воздушных режимов значительно влияет на состав и свойства почвы различного генезиса и возраста, приобретающих одинаковый облик и свойства. Почвы рисового севооборота – это тип искусственных гидроморфных почв.

В теплый период года, с мая по сентябрь, почвы под рисом периодически затопливаются и в них искусственно создается болотный режим, ранее не свойственный большинству почв, вовлеченных в рисовые севообороты. В условиях затопления из-за недостатка кислорода окислительные процессы сменяются восстановительными (закисными) и в почве развивается искусственное оглеение. Степень его тем выше, чем ниже показатель восстановительных процессов – это редокс-потенциал или окислительно-восстановительный потенциал (ОВП), выражающийся в милливольтгах (mv).

До затопления рисовых чеков ОВП пахотных горизонтов почв составляет 250-400 mv, после затопления уменьшается и в мае-июне составляет 100-200 mv, в июле снижается до нуля, а в конце августа приобретает отрицательные значения. Именно во второй половине вегетации риса оглеение почвенного слоя достигает максимума. Этот процесс сопровождается набуханием почв, разрушением структуры, трансформацией порового пространства, резким уменьшением сквозной или активной пористости, значительным снижением водопроницаемости. В сентябре после сброса поверхностной воды с рисовых чеков и снижения уровня грунтовых вод начинается аэрация почвы и преобладание в почвенных горизонтах окислительных процессов. ОВП приобретает положительные возрастающие значения. В осенне-весенний период аэрирование почв приводит к подавлению оглеения и водно-физические свойства изменяются в обратном порядке, происходит увеличение плотности, пористости и водопроницаемости.

Плотность почв под рисом существенно отличается от динамики плотности почв богарных аналогов. В течение вегетации риса восстановительные процессы в почве приводят к ее набуханию, что сопровождается значительным снижением плотности пахотного горизонта до 0.85-1.02 г/см³. Таким почвам несвойственно осеннее равновесное состояние с высокой плотностью, и в августе-сентябре такая почва переувлажнена, а не иссушена, как богарные почвы.

Сезонные и годовые изменения водно-физических свойств являются сложным почвообразовательным процессом и одним из главных особенностей почв рисовых севооборотов независимо от их исходного генезиса. Под сопутствующими культурами в рисовых оросительных системах почвы полностью окисляются и процессы оглеения приостанавливаются.

Одной из главных причин, влияющих на изменения водно-физические свойства и деградационные процессы, является несоблюдение чередований в севообороте риса и сопутствующих культур, часто рис высевают на одном чеке более пяти лет подряд. В таком положении оказываются засоленные почвы и почвы тяжелого гранулометрического состава, что в многолетнем плане приводит к существенным различиям водно-физических свойств почв рисовых агроценозов одинакового исходного генезиса и состава.

УДК 631.432

ИРРИГАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ В УРБОЛАНДШАФТАХ ЮГА ЕВРОПЕЙСКОЙ ЧАСТИ РОССИИ: ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ

Романюта Е.М., Горбов С.Н., Безуглова О.С., Тищенко С.А.
Южный федеральный университет, Ростов-на-Дону
E-mail: rem-61@yandex.ru

Искусственные зеленые насаждения традиционно используются в современных агломерациях как один из основных факторов улучшения качества городской среды. Урбанофлора обеспечивает оздоровление городских ландшафтов, за счет парково-рекреационных территорий улучшается микроклимат в границах города, что в свою очередь благотворно влияет на психофизиологическое состояние горожан.

Для юга России основным лимитирующим фактором, обеспечивающим стабильность существования и выполнения растениями их экологических функций, является регулярное поступление в почву оптимального количества влаги. В условиях урбандшафтов это становится особенно актуальным в связи с искусственностью среды обитания, повышенной антропогенной нагрузкой на растения и неспецифичными климатическими и почвенными условиями для привнесенных (интродуцированных) видов растений.

В мировой практике все больше городов при благоустройстве их территории переходит на использование автоматических и полуавтоматических систем полива растений. Установка подобных систем позволяет учесть наличие разных видов растений на одной клумбе и обеспечить как равномерное орошение газона, так и подачу строго регламентированного объема воды под каждое дерево или даже кустарник, исключая недо- и переполив.

В этой связи при необходимости и возможности использования ирригационных систем особое внимание должно уделяться оценке пригодности воды для полива, в которой учитываются такие показа-

тели, как качественный состав солей, опасность засоления, возможность осолонцевания почв после полива, вероятность карбонатного подщелачивания орошаемых территорий. Вопрос качества поливной воды зависит прежде всего от источника водозабора и является первоочередной задачей при проектировании и внедрении систем полива не только в сельскохозяйственном производстве, но и в городском озеленении. В Ростовской агломерации водные источники для полива весьма разнообразны. Основные запасы вод питьевого качества дают поверхностные воды рек, озер и водохранилищ. Крупнейшие города агломерации – Ростов-на-Дону, Батайск, Шахты, Новочеркасск, Азов, Таганрог – используют для питьевого водоснабжения и поливов воду из р. Дон. Минерализация воды р. Дон у г. Ростова-на-Дону в зимнюю межень составляет 0.43 г/л, в летне-осеннюю – 0.71 г/л. По химическому составу воды реки – гидрокарбонатно-хлоридно-сульфатные кальциево-натриево-магниевые. Отсутствие масштабного внедрения систем полива при создании искусственных ландшафтов отчасти сопряжено с низкой популяризацией возможностей современных систем ирригации, зачастую неграмотным проектированием и монтажом систем. Другая причина заключается в сложности имплементации систем ирригации в новые проекты из-за отсутствия нормативно правовой базы по проектированию, монтажу, дальнейшей эксплуатации систем полива в условиях РФ и, как следствие, сложности постановки оросительной системы на баланс муниципальных организаций и образований.

Таким образом, основной задачей на современном этапе развития городского озеленения и его ирригационного обеспечения является внесение изменений в существующую нормативную документацию, связанную как с проектированием, так и с нормами полива. Используемые нормативы однозначно устарели и требуют существенной доработки при непосредственном участии специалистов разных сфер, как теоретиков, так и практиков – строителей, мелиораторов, почвоведов, ландшафтных дизайнеров.

Исследование выполнено при государственной поддержке ведущей научной школы Российской Федерации (НШ-2511.2020.11) с использованием оборудования ЦКП «Биотехнология, биомедицина и экологический мониторинг» и ЦКП «Высокие технологии» Южного федерального университета.

УДК 631.48

**МОРФОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ
И КЛИМАТООБУСЛОВЛЕННЫЕ ПРИЗНАКИ ЭВОЛЮЦИИ
ПОСТАГРОГЕННЫХ ПОЧВ ЯРОСЛАВСКОГО ПОВОЛЖЬЯ
В СВЯЗИ С ПОСЛЕДНИМИ КЛИМАТИЧЕСКИМИ
ТЕНДЕНЦИЯМИ**

**Симонова Ю.В., Русаков А.В., Попов А.И., Рюмин А.Г., Лемешко Н.А.,
Мишин Д.М.**

Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург
E-mail: uvsim@yandex.ru

При заселении почв агроценозов естественной растительностью предполагается дальнейшее их восстановление до биогеоценозов зонального типа. При наложении на процессы естественной эволюции почв залежей изменений климатического фактора возникает проблема идентификации в профиле постагрогенных почв педогенных и климатообусловленных признаков.

Исследовался ряд залежных почв на территории Пошехонского района Ярославской области. В последние 10-летия среднегодовая температура в бассейне верхней Волги имеет устойчивую тенденцию к повышению. Скорость изменения температуры в последние 30 лет возросла до 0.6 °C/10 лет. В целом глобальное потепление становится мощным фактором воздействия и на гидрологический цикл. Оно приводит к возрастанию интенсивности водных циклов, изменению частоты обильных осадков, водности рек, уровня грунтовых вод, поверхностного стока и, в конечном итоге, гидротермического режима почвы. Почвенными индикаторами последних климатических изменений могут стать морфологические признаки, связанные с характером увлажнения и окислительно-восстановительным режимом почвы.

Для выявления климатообусловленных морфологических признаков изучались почвы автоморфного ряда, представленные 10 разрезами. В зависимости от особенностей почвообразующих пород, мезо- и микро рельефа почвы дренированных водоразделов Ярославского Поволжья с промывным типом водного режима развиваются по пути дерново-подзолистых и серогумусовых почв.

Среди автоморфных почв исследовались те разрезы, по которым сохранились образцы пахотных (фоновых) почв, отобранных в 1988-1990 гг. На сегодняшний день они находятся под залежами возрастом 10-30 лет преимущественно в стадии зарастания разнотравно-злаковой растительностью.

Исследование современных (2019 г.) аналогов этих почв и сравнительный морфологический анализ почв 30-летнего хроносреза выявили значительные изменения, затрагивающие бывшие агрогоризонты

и являющиеся свидетельствами постагрогенной трансформации почв, среди которых следы усиленной зоотической активности, развитие дернового процесса, разделение пахотной толщи на горизонты, различающиеся по окраске, структуре, плотности.

Помимо типичных проявлений постагрогенеза в исследованных профилях неоднократно отмечались признаки переувлажнения почв, которые ранее при обследовании этих же почв 30 лет назад не наблюдались. В восьми из 10 разрезов в пределах почвенного профиля глубиной 1.5 м встретились грунтовые воды, из них в четырех разрезах – в пределах первого метра. Предположения об изменении гидротермического режима постагрогенных почв подтвердились морфохромотическими признаками оглеения, включающими сизые пятна и сизый оттенок в основном цвете, мраморовидность окраски. По сравнению с фоновыми почвами отмечено значительное увеличение числа марганцево-железистых новообразований, представленных разнообразными формами: охристые и ржавые пятна, разводы, примазки, железистые кутаны, округлые конкреции (1-5 мм), бобовины. В четырех разрезах признаки переувлажнения наблюдались только в поверхностных горизонтах на контакте с горизонтом ВЕL, в остальных – прослеживались во всем профиле либо начиная со срединного горизонта. Редкие ходы корней в горизонтах ВЕL и ВТ отдельных разрезов были выполнены сизоватыми и серыми кутанами, покрывающими стенки крупных пор, трещин и структурных отдельностей.

В разрезах почв на карбонатных породах карбонаты присутствовали в нижних горизонтах в виде журавчиков. Характерно появление в современных профилях также карбонатных прожилок, зачастую приуроченных к зонам оглеения, как результат вторичной трансформации карбонатных новообразований в профилях на покровных суглинках. При неглубоком подстилании карбонатной мореной выявлено усиление степени выветрелости обломков карбонатных пород за счет растворения, часть из которых становились мягкими и легко разламываемыми.

Исследованные морфологические признаки современных почвенных профилей диагностируют возрастание их поверхностного переувлажнения и появление условий для застоя влаги. Отклонение от типичного зонального ландшафта с промывным типом водного режима в сторону застойно-промывного может изменить сценарий дальнейшего постагрогенного развития почв.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 19-29-05243.

УДК 556.18:631.62:631.445.52

ИССЛЕДОВАНИЕ ГИДРОЛОГО-МЕЛИОРАТИВНОГО СОСТОЯНИЯ ЗЕМЕЛЬ НА РИСОВЫХ ОРОСИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМАХ КРАСНОДАРСКОГО КРАЯ И КОМПЛЕКС МЕР ПО РЕГУЛИРОВАНИЮ ИХ ПОЧВЕННОГО ПЛОДОРОДИЯ

Тешева С.А.¹, Малышева Н.Н.¹, Кизинек С.В.²

¹ Кубанский государственный аграрный университет им. И.Т. Трубилина,
Краснодар

E-mail: satecheva@mail.ru

² Рисоводческий племенной завод «Красноармейский» им. А.И. Майстренко,
Краснодар

E-mail: malisheva@kmvh.ru

Рисовые оросительные системы Краснодарского края размещены в основном на местах бывших плавней, болот и участков земли, не использовавшихся ранее для возделывания сельскохозяйственных культур. Это были большие земельные массивы с почвами болотного происхождения, тяжелого гранулометрического состава, зачастую минерализованные с повышенным содержанием солей, малопригодные для ведения сельскохозяйственного производства. Специфика возделывания риса в условиях затопления нарушает гидрохимическое равновесие в системе почва–вода–соли, так как соли привносятся с оросительными водами, меняется тип водного режима. Это сопровождается подъемом уровня грунтовых вод, осолнцеванием, вымываются минеральные и органические вещества. В настоящее время несмотря на интенсификацию сельскохозяйственного производства и успешное возделывание риса и культур рисового севооборота на мелиоративных системах региона проблема засоления почв, обусловленная минерализацией грунтовых вод, остается актуальной.

В этой связи в 2019 г. проведено гидролого-мелиоративное обследование орошаемых земель на Марьяно-Чебургольской оросительной системе с отбором почво-грунтов для проведения химического анализа. Почвы – рисовые аллювиальные лугово-болотные. Анализ водной вытяжки выявил, что из общего количества орошаемых земель, составляющих 144 га обследованной территории, по степени засоления относятся к слабозасоленным почвам и составляют 24 га (скважины № 2-4, 6) и сильнозасоленным – 6 га (скважина № 17). На площади 114 га почвы незасоленные. На слабозасоленных почвах (скважины № 2-4, 6) преобладает сульфатно-содовый тип засоления, на сильнозасоленных (скважина № 17) выявлено сульфатное засоление. Слабое солонцевание почв, которое вскрывается на глубине 25-50 см, определено на скважинах № 2, 3, 6, 8, среднее солонцевание – на скважине № 4. Поверхностное солонцевание отсутствует.

На площади 114 га солонцевание не выявлено. Проведенное солевое опробование почв свидетельствует о том, что они находятся в удовлетворительном состоянии и засоление значительного влияния на урожай риса и сопутствующих культур севооборота не оказывает. В то же время выявлены участки на скважинах № 6-9, 17, 18 с неблагоприятными водно-физическими свойствами почв (слизация, нарушение структуры, низкая фильтрация), что требует проведения комплекса агромелиоративных мероприятий, пересмотра структуры севооборота с насыщением фитомелиорантов и сидератов.

В целях определения уровня грунтовых вод проводилось бурение временных скважин и их замер согласно СНиП 2.06.15-85. В результате исследований выявлено, что уровень грунтовых вод колебался от 1.46 до 3.17 м со средним значением 2.64 м. По глубине залегания грунтовых вод обследованная площадь мелиоративной системы распределилась следующим образом: менее 1.0 м – отсутствует; от 1.0 до 1.5 м – 2.9 тыс. га, или 2% от обследованной площади (скважины № 21, 22); от 1.5 до 2.0 м – 43.2 га, или 30% от обследованной площади (скважины № 11-13, 3, 2); от 2.0 до 3.0 м – 5349 га, или 80.6% от обследованной площади (скважины № 18-20, 1, 4, 5); от 3.0 и более – 17.2 га, или 12% от обследованной площади (скважины № 6-10). Для понижения уровня грунтовых вод на участках скважин № 2, 3, 11-13, 21, 22 необходимо улучшить работу картонных распределительных и сбросных каналов внутрихозяйственной сети, систематически производить очистку от заиления и сорной растительности.

Таким образом, для улучшения гидролого-мелиоративного состояния почв на землях Марьяно-Чебургольской оросительной системы и регулирования их почвенного плодородия требуется проведение агромелиоративных мероприятий, ремонтной планировки чеков, устройство кротового дренажа и нарезка водоотводных борозд. Для окультуривания солонцов рекомендовано проведение химической мелиорации в сочетании с органическим удобрением. Наряду с внесением химических мелиорантов необходимы глубокая обработка почвы с целью использования карбонатов кальция или гипса самой почвы (самомелиорация почвы), внесение органических и минеральных удобрений, а также травосеяние на фоне орошения.

УДК 631.453: 676.08

БУЧИЛЬНЫЙ ЩЁЛОК ТРАВЯНОЙ ЦЕЛЛЮЛОЗЫ – НОВЫЙ МЕЛИОРАНТ ДЛЯ КИСЛЫХ ПОЧВ

Фасхутдинов Ф.Ш., Гилязов М.Ю., Миникаев Р.В.

Казанский государственный аграрный университет, Казань

E-mail: ditto1961t@mail.ru

Важнейшим условием устойчивого развития сельских территорий является диверсификация сельской экономики. Другим, не менее важным условием устойчивого развития сельских территорий представляется экологизация производства и расширенное воспроизводство плодородия почв. Обе эти задачи одновременно могут найти неплохое решение при освоении новой инновационной технологии производства целлюлозы из травяной растительности (травяная целлюлоза), а именно из побочной продукции растениеводства – соломы.

В настоящее время основное количество целлюлозы получают из древесины хвойных пород, так как лиственные породы для этого малопригодны. Истощение запасов хвойной древесины и необходимость постоянного роста объема производства целлюлозы вынуждают использовать в качестве сырья травяную растительность, так как темпы воспроизводства травяной массы существенно превосходят воспроизводство массы древесины.

Новая технология получения травяной целлюлозы, разработанная коллективом ученых ОАО «НИИнефтепромхим» (г. Казань), открывает новые возможности не только для развития целлюлозно-бумажной промышленности и является весьма существенным подспорьем для развития сельского хозяйства, но и более экологична. Она позволяет существенно снизить объемы и токсичность промышленных стоков. Данное обстоятельство делает возможным утилизацию бучильных щелоков относительно простым и дешевым способом, а именно в сельском хозяйстве в качестве химического мелиоранта.

Объектами исследования были различные виды бучильных щелоков: бучильный щелок после варки донника, топинамбура; отработанный щелок пятикратного рецикла получения целлюлозной массы рапса и сток после горячей промывки целлюлозной массы рапса. В модельных и полевых экспериментах установлено, что сильно разбавленные (1:100–1:200) бучильные щелоки повысили всхожесть семян и вес проростков (редька масличная, овес посевной) на 11-15%. Характер действия возрастающих доз щелока на первоначальный рост растений в огромной степени обуславливался степенью кислотности серой лесной почвы: если на сильнокислой почве возрастающие дозы щелока оказали положительное влияние на вес проростков редьки

масличной ($r = 0.31$), то на нейтральной почве заметно снизили накопления надземной массы проростков ($r = -0.55$).

На слабокислой ($pH_{\text{сол.}} = 5.2$) среднесуглинистой серой лесной почве дозы бучильного щелока от 2 до 12 л/м² обеспечили достоверное повышение урожайности семян редьки масличной и овса посевого на 10-18%. Существенное снижение урожайности семян редьки (на 24% к уровню контроля) обнаружилось при внесении 16 л/м² щелока. Более чем трехкратное снижение семенной продуктивности и почти полное отсутствие семян отмечено при внесении соответственно 32 и 48 л/м² бучильного щелока.

Анализы, проведенные по истечении девяти месяцев после внесения в сильнокислую ($pH_{\text{сол.}} = 4.1-4.5$) серую лесную почву возрастающих доз бучильного щелока, показали, что величина обменной кислотности находилась в тесной прямолинейной зависимости от доз щелока ($r = 0.99$). Существенное снижение $pH_{\text{сол.}}$ сильнокислой серой лесной почвы, в результате которого почва перешла в следующую группу кислотности (среднекислая, $pH_{\text{сол.}} = 4.6-5.0$), происходило при внесении 26.8-53.5 мл/кг щелока. Внесение бучильного щелока дозами 107 и 214 мл/кг обеспечило переход исходной сильнокислой почвы в группы соответственно «слабокислая» и «близкая к нейтральной». В случае внесения максимальной дозы щелока (267 мл/кг) испытанная почва стала нейтральной.

Следовательно, на сильнокислой серой лесной почве бучильные щелоки оказались весьма сильнодействующими мелиорантами, позволившими в широких пределах изменить величину обменной кислотности и заметно повысить урожайность испытанных сельскохозяйственных культур.

УДК 631.81

ИЗВЕСТКОВАНИЕ ЧЕРНОЗЕМОВ УЛЬЯНОВСКОЙ ОБЛАСТИ

Черкасов Е.А.¹, Куликова А.Х.²

¹ Станция агрохимической службы «Ульяновская», Ульяновск

E-mail: fgusas@mv.ru

² Ульяновский государственный аграрный университет им. П.А. Столыпина, Ульяновск

E-mail: agroec@yandex.ru

Проблема нейтрализации кислых почв в России остается одной из важнейших в земледелии, которая резко обострилась в связи с сокращением объемов известкования начиная с конца прошлого века. Достаточно сказать, что в настоящее время почти 37% пахотных угодий требуют первоочередного известкования. В такой же степени она касается Ульяновской области, где площадь кислых почв на

01.01.2019 г. составила 699.7 тыс. га, или 49.2% обследованной площади пашни, равной 1423.0 тыс. га. При этом процесс подкисления продолжается и значительная часть с нейтральной и близкой к нейтральной реакцией среды почв перешла в группу среднекислых. Учитывая, что почвенный покров области представлен в основном черноземами (64.6% от пашни) и близкими к ним темно-серыми лесными почвами (14%), ухудшение их кислотного режима вызывает особенную тревогу, так как именно кислотность почвы может стать лимитирующим урожайность сельскохозяйственных культур фактором.

Нет необходимости доказывать, что радикальным средством, нейтрализующим кислую реакцию почвенной среды, является внесение в почву материалов, содержащих CaCO_3 и MgCO_3 . Лучшими из них являются известняки и мел с высоким содержанием кальция и магния. Так, по нашим данным, сдвиг pH_{KCl} в первый же год применения мела Шиловского месторождения Ульяновской области с содержанием $\text{CaCO}_3 + \text{MgCO}_3$ 98.5% (доза 6 т/га) составил 0.21-0.38 единиц, гидролитическая кислотность уменьшилась с 3.43 до 2.86 мг-экв/100 г, урожайность яровой пшеницы повысилась на 0.47-0.49 т/га. Однако в настоящее время добыча мела и подготовка его для известкования не проводится несмотря на доказанную нами высокую эффективность при возделывании яровой пшеницы (наиболее требовательной к реакции среды) на черноземах выщелоченных.

В сложившихся условиях хорошей альтернативой извести может стать фильтрационный осадок Ульяновского сахарного завода с содержанием $\text{CaCO}_3 + \text{MgCO}_3$ 43.8%. Кроме кальция и магния в нем содержится 12.6% органического вещества, 74 мг/кг серы, 0.17% азота, 0.41% фосфора, 0.43% калия и микроэлементов: 6.6 мг/кг цинка, 1.1 мг/кг меди и 43.3 мг/кг марганца. В наших опытах известкование чернозема выщелоченного с pH_{KCl} 5.18 единиц дозой 6.1 т/га, рассчитанной по H_r , сопровождалось снижением обменной кислотности в первый же год после внесения на 1.10 единицы pH. При этом существенно улучшался питательный режим почвы: содержание минерального азота повышалось на 14% относительно контрольного варианта, увеличивалось количество доступных фосфора и калия.

Следует отметить, что эффективность фильтрационного осадка превышает мел Шиловского месторождения. По-видимому, в присутствии воды, содержащейся в нем в подсушенном виде до 20%, а также в виде примеси $\text{Ca}(\text{OH})_2$, происходит лучшее вытеснение водородных ионов в почвенный раствор и их нейтрализация.

УДК 631.45

ВЛИЯНИЕ ВОЗРАСТАЮЩИХ ДОЗ ИЗВЕСТКОВОГО МЕЛИОРАНТА НА НАКОПЛЕНИЕ ЦИНКА РАСТЕНИЯМИ ВИКИ И ОВСА

Шаврина К.Ф.¹, Витковская С.Е.^{1,2}

¹ Агрофизический НИИ, Санкт-Петербург

² Российский государственный гидрометеорологический университет,
Санкт-Петербург

E-mail: shavrik08@rambler.ru

Роль цинка в растительном организме чрезвычайно многообразна. Он является жизненно важным микроэлементом, влияющим на обмен веществ, формирование генеративных органов, рост и развитие растений. Цинк входит в состав более 200 ферментов. В то же время данный химический элемент относится к числу опасных экотоксикантов.

Обязательным приемом повышения плодородия дерново-подзолистых почв, преобладающих в агроландшафтах Нечерноземной зоны, характеризующихся кислой реакцией и низким естественным плодородием, является известкование. Изменение кислотно-основных свойств почвы при внесении известковых мелиорантов существенно влияет на распределение микроэлементов в системе почва–растение, может привести к дефициту цинка для сельскохозяйственных культур. Установление закономерностей распределения цинка в системе почва–растения при различных показателях плодородия почвы необходимо для управления качеством сельскохозяйственной продукции.

Влияние возрастающих доз доломитовой муки (ДМ) на распределение цинка в системе почва–растение изучали в условиях многолетнего микрополевого опыта, заложенного в Меньковском филиале Агрофизического института в полиэтиленовых сосудах без дна ($S = 1 \text{ м}^2$, глубина 25 см, $\approx 300 \text{ кг}$ почвы на сосуд) в мае 2012 г. Перед закладкой опыта из каждой делянки была вынута почва на глубину пахотного слоя. По периметру делянок размещали полиэтиленовые сосуды, которые наполняли кислой дерново-подзолистой почвой: $\text{pH KCl } 4.64 \pm 0.04$, $\text{Hg } 4.11 \pm 0.08$, Ca^{2+} и $\text{Mg}^{2+} \text{ } 2.68 \pm 0.14$ и $0.36 \pm 0.06 \text{ S}$ ммоль/100 г соответственно. Схема опыта: 1) Контроль; 2) ДМ 0.2 Нг; 3) ДМ 0.3 Нг; 4) ДМ 0.4 Нг; 5) ДМ 0.5 Нг; 6) ДМ 0.6 Нг; 7) ДМ 0.7 Нг; 8) ДМ 0.8 Нг; 9) ДМ 0.9 Нг; 10) ДМ 1.5 Нг. Доза ДМ по 1 Нг составила 5.54 т/га. Минеральные удобрения вносили ежегодно в мае в каждый сосуд. Суммарная доза внесенных минеральных удобрений за 2012-2016 гг. – $\text{N}_{330} \text{P}_{250} \text{K}_{250}$ кг д.в./га. Отбор смешанных почвенных проб проводили из каждого сосуда тростевым буром: первый отбор до внесения удобрений и мелиоранта – 22 мая 2012 г., далее – через 63,

359, 414, 713, 841, 1078, 1211, 1452, 1575, 1834 сут. после закладки опыта. Чередование опытных культур: 2012 г. – вико-овсяная смесь, 2013 г. – рапс, 2014 г. – овощные бобы, 2015 г. – ячмень, 2016 г. – смесь вики сорта Львовская-22 и овса сорта Аргамак.

Установлено, что накопление цинка растениями существенно зависело от их видовых особенностей. Зависимость содержания цинка в растениях вики, соломе и колосе овса от дозы ДМ по линейной модели характеризовалась коэффициентами корреляции (r) -0.777 , -0.481 и -0.169 соответственно (критическое значение r на 5% -ном уровне значимости 0.632). При внесении максимальной дозы ДМ содержание цинка в растениях вики снизилось в 2.4 раза по сравнению с контрольным вариантом опыта (16 и 39 мг/кг соответственно). При увеличении содержания обменных соединений Ca^{2+} и Mg^{2+} в почве в интервале доз ДМ 0-1.5 Нг содержание цинка в растениях вики линейно снижалось ($r = -0.854$ и 0.886 соответственно). Содержание цинка в растениях овса не зависело от содержания обменных оснований в почве. Зависимость содержания цинка в растениях вики от содержания подвижных соединений данного химического элемента в почве по линейной модели характеризовалась коэффициентами корреляции (r) 0.921. Выявлено конкурентное взаимодействие между цинком и магнием в растениях вики: содержание цинка линейно снижалось с увеличением содержания магния ($r = -0.909$).

Подкомиссия

ПО МЕЛИОРАЦИИ ИЗБЫТОЧНО-УВЛАЖНЕННЫХ ПОЧВ

Председатель – член-корр. РАН Л.И. Инишева

УДК 631.4

**ВЛИЯНИЕ ПОЖАРОВ
НА ФОРМИРОВАНИЕ ТОРФЯНОЙ ПОЧВЫ
ВЕРХОВОГО БОЛОТА
(ПЕЧОРО-ИЛЫЧСКИЙ ЗАПОВЕДНИК, РЕСПУБЛИКА КОМИ)**

Гончарова Н.Н.¹, Карпенко Л.В.², Старцев В.В.¹, Дымов А.А.¹

¹ Институт биологии Коми НЦ УрО РАН, Сыктывкар

E-mail: goncharova_n@ib.komisc.ru

² Институт леса им. В.Н. Сукачева СО РАН, Красноярск

Пожары как один из ведущих факторов, влияющих на лесные и болотные экосистемы, контролируют возрастную структуру насаждений и напочвенного растительного покрова, определяют его дальнейшую эволюцию, потоки органического вещества и энергии. На территории Республики Коми (РК) за предыдущее 10-летие возникло 2830 пожаров, которые покрыли территорию около 113 тыс. га, что делает исследование постпирогенных экосистем северных регионов актуальным для дальнейшего обобщения данных и получения новых результатов. К настоящему времени достаточно подробно изучено влияние пожаров на леса и почвы в хорошо дренируемых ландшафтах. Оценка влияния пирогенного фактора на особенности формирования торфяных почв к настоящему времени не проводилась. В связи с этим целью данной работы является на основе стратиграфии торфяной залежи лесных болот и наличия пирогенных прослоек в торфе реконструировать время пожаров и их влияние на развитие торфяной почвы.

Район исследований расположен на северо-востоке европейской части России на территории Печоро-Илычского заповедника. Объектами исследования являлись лесные болота, представленные олиго-

трофными сосново-кустарничково-сфагновыми фитоценозами. Болота данного типа широко распространены в таежной зоне европейской части России. В РК лесные болота представлены многочисленными, но небольшими по площади сосново-кустарничково-сфагновыми массивами, которые формируются во взаимодействии с окружающими их лесными экосистемами. Исследования включали в себя геоботанические описания, отбор поперечных спилов деревьев со следами пожара для дендрохронологических исследований, выполнение почвенного разреза, послыйный отбор образцов торфа с последующим определением их ботанического состава, радиоуглеродного возраста, физико-химических свойств.

Формирование болота началось с зарастания остаточного водоема гидрофильными осоково-травяными, травяно-гишновыми евтрофными сообществами. В торфе преобладают остатки осок (*Carex caespitosa*, *C. lasiocarpa*, *C. limosa* и др., 40-45%), *Equisetum fluviatile* (5-15%), *Menyanthes trifoliata* (до 10%), *Scheuchzeria palustris* (15-40%) и гипновых мхов (10-40%). На этой стадии пожары не оказывали существенного влияния на развитие болота, хотя прилегающая территория подвергалась пожарам, о чем свидетельствует наличие небольшого количества углей в придонном горизонте. На протяжении следующей стадии в растительном покрове преобладали облесенные сосной и березой евтрофные древесно-травяные фитоценозы, позже сменившиеся мезотрофными древесно-сфагновыми. В течение этих стадий, приходившихся, вероятно, на наиболее теплый атлантический период голоцена, отмечается максимальная пожарная активность. С глубины 50 см начинается олиготрофная стадия развития болота, в залежи преобладают остатки олиготрофных растений (*Pinus sylvestris*, *Eriophorum vaginatum*, *Sphagnum fuscum*, *S. angustifolium* и болотных кустарничков). В образцах торфа верхней стадии углей не выявлено. Вероятно, во влажный и прохладный субатлантический период голоцена частота пожаров и их интенсивность были минимальными. О низкой интенсивности пожаров может свидетельствовать отсутствие углей в верхнем горизонте залежи, при этом на живых деревьях *Pinus sylvestris* возрастом около 200 лет отмечены следы как минимум двух пожаров.

Показано, что пожары на рассматриваемой территории Печоро-Ильчского заповедника происходили неоднократно, о чем свидетельствуют микроскопические прослойки углей в слоях торфяной залежи. Максимальная частота и интенсивность пожаров приходится на наиболее теплые периоды голоцена (первую половину атлантика и суббореал, около 3500 л.н.). Следы пожара зафиксированы в разных по экологическим показателям фитоценозах, объединяет их только наличие древесного яруса

УДК 631.61

ТРАНСФОРМАЦИЯ АГРОФИЗИЧЕСКИХ И ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ МЕЛИОРИРУЕМЫХ ПОЧВ ОСТРОВА ВАЛААМ

Дмитричева Л.Е.^{1,2}, Омелечко Д.А.¹

¹ Российский государственный гидрометеорологический университет,
Санкт-Петербург

E-mail: dmitricheva.l.e@yandex.ru

² Агрофизический НИИ, Санкт-Петербург

При решении проблемы адаптации системы земледелия к условиям гумидного агроландшафта целесообразно исходить из необходимости обоснования применения конкретных способов регулирования режимов и свойств осушаемых почв. Резкая расчлененность рельефа, контрастность условий по влагообеспеченности, многообразие почвообразующих пород обусловили сложное строение почвенного покрова. К середине XIX в. на острове силами монахов было налажено образцовое хозяйство, значительные территории переувлажненных земель были осушены, но в связи с закрытием монастыря угодья были заброшены и не обрабатывались до начала 1990-х гг. На современном этапе восстановления инфраструктуры территории монастыря Валаам вторично осваиваются заброшенные почвы, отведенные под сельхозугодья. Среди них наиболее часто встречаются лугово-болотные, поверхностно-глеевые суглинистые и глинистые почвы, формирующиеся в бывших озерных депрессиях на тяжелых по гранулометрическому составу отложениях: озерных и озерно-ледниковых глинах и суглинка, иногда с прослоями песка разной степени сортированности. В настоящее время большая часть из них осушена с помощью внутрипочвенного дренажа. Луга в основном используют в качестве сенокосов и пастбищ.

В ходе работы рассматривались изменения строения профиля, агрохимических и физических параметров, водопроницаемости и температуры почв.

На полях, где работы уже завершены, почвы характеризуются значительным нарушением строения профиля, наличием погребенных и перемешанных горизонтов. В пониженных участках рельефа наблюдается увеличение мощности гумусового горизонта до 35-40 см, на повышениях его мощность варьирует от 10 до 20 см. Наблюдается увеличение плотности до 1.35-1.55 г/см³ и снижение оструктуренности верхних горизонтов.

Для всех почв характерна слабокислая реакция среды, рН 5-6.4. Луговые целинные почвы отличаются более высоким содержанием органического углерода (4.03-3.9%) по сравнению с уже освоенными землями (3.2-2.5%).

Самые высокие показатели аммонийного азота были отмечены на почвах, где выращивают клевер и зернобобовые смеси на корм скоту (7.41 и 11.29 мг/100 г). Содержание фосфора достигает наибольших значений в целинных дерновых почвах: от 162 мг/100 г с поверхности до 209.8 мг/100 г – в верхней части материнских пород и дерново-глееватых почвах. Мелиорированные почвы имеют гораздо более низкие значения этого показателя. Возможно, это связано с перемешиванием горизонтов при прокладке дренажных систем и другим характером почвообразовательных пород. Все почвы имеют низкую порозность и водопроницаемость.

Измерения температуры почвы проводили с помощью самописцев (логгеров) модели Термохрон на следующих горизонтах: поверхность, 5, 10 и 20 см, интервал измерения – 1 ч. Параллельно проводили измерения температуры воздуха.

Температурный режим почв определяется уклоном поверхности, ее характером и структурой, соотношением органического и минерального материала, содержанием илистой фракции. Местоположение участка по отношению к акватории Ладожского озера, водная масса которого прогревается до 10 °С только к середине июля, также оказывает влияние на динамику температуры. Прогрев почв по профилю в начале лета происходил медленно и неравномерно, запаздывание в прогреве до 10 °С составляет от недели до двух для верхних горизонтов, для 20-сантиметрового слоя – более 20 дней. Осеннее выхолаживание почвы происходило в короткие сроки, практически синхронно на всех горизонтах. С июня по сентябрь почва накапливает основную массу тепла (72-80% от суммы положительных температур), средние значения температуры для верхнего горизонта за этот период не превышали 18.5 °С. Значения среднегодовых температур почвы варьируют от 8.5 до 10.2 °С.

УДК 631.46

БИОХИМИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ В ЭВТРОФНЫХ БОЛОТАХ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ И ГОРНОГО АЛТАЯ

Порохина Е.В., Сергеева М.А.

Томский государственный педагогический университет, Томск
E-mail: porohkatrin@yandex.ru

Одним из показателей функционирования болот является активность микроорганизмов и ферментов. В работе приводятся результаты исследований динамики биохимических процессов, протекающих в течение одного вегетационного периода в торфяных залежах (ТЗ) двух эвтрофных болот, которые различаются по условиям торфо-

образования: Таган (Западная Сибирь, Томская область (56°21' с.ш., 84°47' в.д.) с мощностью ТЗ около 3 м и Турочакское (Горный Алтай (52°13' с.ш., 87°06' в.д.) с мощностью ТЗ 4.7 м.

Для изучения микробиологических и энзимологических характеристик проводился отбор проб торфа по глубинам, соответствующим ботаническому составу. Определение респирометрических микробиологических показателей (базальное дыхание, микробная биомасса, микробный метаболический коэффициент) проводилось методом субстрат-индуцированного дыхания на газовом хроматографе «Кристалл-5000.1». Каталазу определяли газометрическим методом в модификации Ю.В. Круглова и Л.Н. Пароменской. Статистическая обработка данных проведена с использованием программы Microsoft Excel.

Результаты исследований показывают, что биомасса микроорганизмов в болотах Таган и Турочакское различается незначительно (0.25-6.62 и 0.81-5.42 мг/г с.т. соответственно). С глубиной общая микробная биомасса (МБ) в ТЗ исследуемых болот изменяется неравномерно. Более высокие значения МБ зафиксированы в аэробном горизонте 0-25 см (Таган – 2.81, Турочакское – 3.70 мг/г с.т.), в переходном аэробно-анаэробном горизонте биомасса ниже в 2.5-3 раза, а в анаэробных горизонтах вновь отмечается ее увеличение. Интенсивность базального дыхания (БД) микроорганизмов в среднем за рассматриваемый период в исследуемых ТЗ различается незначительно (Таган – 2.64 мкг С/г торфа·ч; Турочакское – 2.66 мкг С/г торфа·ч). Более интенсивное дыхание, как и МБ, отмечается в аэробных горизонтах ТЗ. С глубиной интенсивность дыхания уменьшается и в анаэробных горизонтах, несмотря на увеличение МБ, она была минимальна.

Коэффициент метаболической активности (QR), который является критерием устойчивости микробных сообществ, показывает стабильное их функционирование в ТЗ обоих болот. Однако в ТЗ болота Таган зафиксированы более существенные колебания QR, что указывает на меньшую устойчивость микроорганизмов к воздействию внешних факторов среды. Известно, что активность каталазы может быть показателем функциональной активности микроорганизмов в различных экологических условиях. Результаты исследований показывают, что активность каталазы в среднем в 1.5 раза различается в болотах Таган и Турочакское (5.30-7.33 и 1.58-17.87 мл O₂ за 2 мин/ г с.т. соответственно). Максимум активности фермента, как и МБ и БД, зафиксирован в верхних аэробных слоях (0-25 и 25-50 см). Активность каталазы в ТЗ болота Таган распределяется относительно равномерно, что может характеризовать наличие окислительных условий по всей торфяной залежи. В сезонной динамике активности каталазы в аэробном слое 0-25 см отмечается летний максимум. В ТЗ болота

Турочакское активность фермента снижается с глубиной, при этом сезонная динамика активности наиболее выражена в слоях 0-25 и 150-175 см с максимумом в мае и сентябре. Таким образом, условия торфообразования эвтрофных болот Таган и Турочакское обусловили особенности биохимических процессов в ТЗ. Биохимические процессы активно происходят как в аэробной, так и в анаэробной части ТЗ болот Таган и Турочакское, а их сезонная динамика определяется погодными условиями вегетационного периода.

Подкомиссия

ПО ОХРАНЕ ПОЧВ ОТ ЭРОЗИИ

Председатель – д.с.-х.н. Н.П. Масютенко

УДК 631.452:631.459

**ВЛИЯНИЕ ДЛИТЕЛЬНОГО ПРИМЕНЕНИЯ УДОБРЕНИЙ
НА ПЛОДОРОДИЕ ЭРОДИРОВАННЫХ ПОЧВ**

Гаевая Э.А.

Федеральный Ростовский аграрный НЦ, пос. Рассвет
E-mail: emmaksay@inbox

Развитие эрозионных процессов на склоне влияет на показатели плодородия почвы. Предотвратить деградацию можно применяя на практике адаптивно-ландшафтные системы земледелия. Основным элементом ландшафтного земледелия остается почвозащитный севооборот, учитывающий особую роль чередования культур. Другой наиболее важный элемент – это почвозащитная обработка почвы. В последнее время много внимания ученые уделяют воспроизводству плодородия и обеспечению почвы органическим веществом. Регулярное внесение органических удобрений, растительных остатков для трансформации до гумуса и элементов минерального питания растений – одна из важнейших задач современного земледелия. В наших исследованиях, проведенных в 1986-2019 гг. в многофакторном стационарном опыте, расположенном на склоне крутизной до 3.5-4° балки Большой Лог Аксайского района Ростовской области, изучена динамика органического вещества в зависимости от процессов эрозии. Почва опытного участка – чернозем обыкновенный тяжелосуглинистый на лесовидном суглинке. Исходное содержание гумуса в почве 3.8-3.83%, общего азота 0.14-0.16%, подвижных фосфатов – 15.7-18.2 мг, обменного калия 282-337 мг/кг почвы. За 30-летний период наблюдения развития эрозионных процессов в течение пяти лет смыв почвы не наблюдался. В отдельные годы на участках пашни, не защищенных комплексом гидротехнических приемов и простейших

сооружений, смыв достигал 34 т/га. Применение системы контурно-ландшафтной организации территории склона позволило снизить сток талой и ливневой воды и смыв почвы до 4.0-4.6 т/га, или на 86-88%. Применение почвозащитных севооборотов с 20% многолетних трав и сокращение чистого пара с 20 до 10% сократило смыв почвы до 2.3-3.0 т/га. Увеличение доли многолетних трав в два раза и отсутствие чистого пара сократило смыв почв до безопасных пределов (1.6-2.1 т/га). Применение защитных обработок почвы с направлением вдоль горизонталей и оставлением на поверхности поля стерни снижает потери почвы на 13.0-28.8%. В условиях эрозионно-опасного склона конструкция севооборота имеет немаловажное значение.

Гарантированное получение урожаев в степных районах Ростовской области возможно при наличии поля чистого пара. Чистый пар является лучшим предшественником для озимой пшеницы – основной зерновой культуры. Три года из четырех являются засушливыми и позволяют получить до 5.0 т/га зерна озимой пшеницы высокого качества, тогда как во влажные годы урожайность при внесении повышенных доз удобрений достигает 6.0-6.5 т/га. Режим влажности почвы значительно хуже по непаровым предшественникам озимой пшеницы, чем по пару, урожайность при этом снижается до 3.0-4.0 т/га. Питательный режим почвы также оказывает влияние на продуктивность как отдельных культур, так и всего севооборота в целом.

За время использования земель сельскохозяйственного назначения содержание гумуса в почве за счет выноса с урожаем элементов питания и процессов эрозии сократилось с 3.8-3.83 до 3.58% в севообороте с 20% чистого пара, а введение в севооборот 40% многолетних трав и исключение чистого пара сокращает содержание гумуса только на 0.09%. Внесение удобрений ($N_{46}P_{24}K_{30}$ и 5 т навоза на 1 га севооборотной площади) в севооборотах с различным содержанием чистого пара не обеспечивает поддержание гумусированности на исходном уровне. Введение в севооборот 40% многолетних трав сохраняет его количество на уровне 3.83-3.87%. Систематическое внесение удобрений нормой навоз 8 т и $N_{84}P_{30}K_{48}$ способствует расширенному воспроизводству гумуса (3.95-4.11%) на черноземах обыкновенных в условиях эрозионно-опасного склона.

УДК: 631.459.2+504.064.37:528.8

КАРТИРОВАНИЕ ЭРОЗИИ ПОЧВЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИНТЕГРАЦИИ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ И ГИС

Гафурова Л.А.¹, Джалилова Г.Т.¹, Жулиев М.К.²

¹ Национальный университет Узбекистана им. Мирзо Улугбека, Ташкент

² Ташкентский институт инженеров ирригации и механизации сельского хозяйства, Ташкент

E-mail: mukhiddinjuliev@gmail.com

Эрозия почв является актуальной проблемой для стран Центральной Азии и для Узбекистана в частности. Изучая влияние факторов эрозии почвы на свойства почвы, принимая во внимание почвенно-климатические условия и изучая некоторые из диагностических характеристик эрозии почвы, используют современные информационные технологии и различные программные обеспечения. Ведутся исследования по использованию ГИС, которые предоставляют широкий спектр возможностей получения информации о почвах и их обработке в реальном времени, а также дешифровку данных дистанционного зондирования. Особое внимание уделяется внедрению научных исследований по применению современных методов дешифрирования дистанционных материалов, что дает ряд преимуществ для выявления и анализа эрозионных процессов, особенно в горных районах. Эти работы показали, что применяемые методы полезны для анализа эрозионных участков и с помощью этих методов можно определить такие параметры, как типы почв, литологические слои и растительный покров. Интегрированные модели ГИС и материалов дистанционного зондирования для оценки эрозионных процессов представлены в трудах многих исследователей.

При картировании и анализе эрозии почвы с использованием методов дистанционного зондирования и ГИС могут быть выявлены площади, которые могут подвергнуться смыву, и можно даже осуществить расчет объема потерь почвы при эрозии. На сегодняшний день темпы эрозии почвы и деградации земель растут почти во всех регионах.

Технологии ГИС являются хорошей платформой для разработки моделей путем сбора и хранения, управления, анализа и отображения различных данных. Технология дистанционного зондирования используется для предоставления информации о землепользовании с использованием цифровых методов обработки изображений.

Некоторые авторы утверждают, что объем работ методом обычного сбора данных для одного бассейна в 11 раз больше объема работ, получаемых при помощи спутника Landsat. Многие исследователи

использовали информацию о землепользовании, полученную на основе спутниковых снимков, и интегрировали ее в ГИС для проведения исследований стока, инфильтрации, испарения и эрозии.

Снимки, полученные со спутника Landsat, широко используются в исследованиях по картированию и мониторингу природных ресурсов во всем мире. Также для региона Центральной Азии востребованными являются снимки спутника ASTER. С помощью ASTER DEM можно получить цифровую модель рельефа, которая очень полезна для горных областей. Пространственное разрешение спутников Landsat и ASTER одинаково и равняется 30 м. Эти спутниковые данные очень полезны для областей, где существует дефицит данных. Здесь стоит упомянуть, что многие модели по эрозии почв требуют готовую базу существующих точек, где уже наблюдается эрозионный процесс. В этом случае многие исследователи пользуются методами дистанционного зондирования. Картирование точек эрозии выполняется с помощью Google Earth и снимков высокого разрешения, таких как GeoEye, WorldView и SPOT.

В результате исследований, проведенных в мире по картированию эрозии почвы с использованием интеграции дистанционного зондирования и ГИС, получен ряд научных результатов, в том числе доказано, что коррекция почвенных карт с помощью современных средств, таких как дистанционные снимки, дают возможность отчетливо характеризовать почвенный покров. Определено, что тематическое картирование морфометрических показателей рельефа горных районов часто ориентировано на использование ГИС. Доказано, что обработка дистанционных снимков на основе геоинформационных технологий дает возможность в разной степени генерализировать снимки, проводить границы площадей по типам почв, определять виды деградации почв.

УДК 365.1

ПОЧВОЗАЩИТНАЯ СПОСОБНОСТЬ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР

Жукова И.И.¹, Касьяненко И.И.²

¹ Белорусский государственный педагогический университет им. М. Танка,
Минск

E-mail: in.zhukova@mail.ru

² Институт почвоведения и агрохимии, Минск

Значительную роль в предотвращении потерь элементов питания растений на почвах, подверженных водно-эрозионным процессам, играет растительность. Как известно, основной почвозащитный эффект оказывают наземные части растений, однако существенно влияние и

корневой системы. Хорошее проективное покрытие почвы особенно важно в периоды выпадения ливневых дождей и стока талых вод.

В результате многолетних исследований, проведенных в лаборатории защиты почв от эрозии Института почвоведения и агрохимии НАН Беларуси, установлено, что в период весеннего снеготаяния с полей, не защищенных растительностью, смыв почвы достигает в разные годы 36.1 т/га, среднемноголетний – 6.9 т/га. Суммарные среднемноголетние потери гумуса, азота, фосфора и калия составляют соответственно 80.4, 5.4, 2.3 и 2.1 кг/га. При возделывании озимых зерновых культур эти потери сокращаются примерно в 2.5-3.5 раза, а под многолетними травами – в 11-16 раз.

При выпадении стокообразующих дождей смыв почвы под пропашными культурами достигает 9.6 т/га при среднемноголетней величине 7.5 т/га. Суммарный вынос гумуса, азота, фосфора и калия составляет соответственно 159.6, 7.8, 3.6 и 3.3 кг/га. При возделывании яровых зерновых культур потери гумуса сокращаются в шесть раз, а макроэлементов – в три-четыре раза. Потери гумуса под озимыми зерновыми и многолетними травами незначительные – 5.6 и 0.8 кг/га соответственно, а потери макроэлементов не превышают 1 кг/га.

Установлены коэффициенты почвозащитной способности сельскохозяйственных культур (Кз), которые являются нормативными показателями для формирования систем севооборотов и структуры посевных площадей в хозяйствах.

При расчете Кз учитывается смыв почвы с поля, занятого сельскохозяйственной культурой, и смыв почвы с чистого пара и/или зяби.

Для культур, период вегетации которых занимает почти круглый год (озимые зерновые, многолетние травы), достаточно учитывать потери с чистого пара.

Почвозащитную способность яровых зерновых культур, однолетних трав и пропашных культур наиболее точно отражают коэффициенты, рассчитанные с учетом потерь почвы с чистого пара и зяби, поскольку в этом случае также учитываются годовые потери почвы, а не потери за период вегетации данных культур.

Исходя из вышесказанного, были установлены следующие коэффициенты почвозащитной способности сельскохозяйственных культур: многолетние травы первого года пользования – 0.92, многолетние травы второго-третьего года и более длительного пользования – 0.98, озимые зерновые культуры – 0.89, яровые зерновые культуры – 0.67 (0.36), однолетние травы – 0.62 (0.36), пропашные культуры – 0.15 (0.08). В скобках указаны коэффициенты с учетом годовых потерь почвы.

На основании разработанных показателей противозерозионной способности сельскохозяйственных культур осуществляется формирование почвозащитных адаптивно-ландшафтных систем земледелия с учетом условий землепользования в Республике Беларусь.

УДК 502.521:606

ПРЕДОТВРАЩЕНИЕ ЭРОЗИОННОГО РАЗРУШЕНИЯ НАСЫПНЫХ ОСНОВАНИЙ

Качубей А.А.

ПАО «Сургутнефтегаз», Сургут

E-mail: kachubey_aa@mail.ru

В настоящее время идет активное освоение месторождений нефти и газа на обширных территориях Западной Сибири, в частности Ханты-Мансийском автономном округе – Югре. Возвышенность Белогорский Материк, на которой проводились исследования, отличается своими морфологическими характеристиками: холмисто-увалистым рельефом, значительными уклонами поверхности, сильным линейным расчленением, преобладанием субстратов легкого механического состава. Высота холмов достигает 230 м, на западном склоне встречаются обрывы до 100 м над урезом р. Обь.

Строительство насыпных оснований на данной территории обуславливает необходимость проведения локального нивелирования высот путем отсыпки грунтовых площадок. Чаще всего создаваемые площадки имеют прямоугольную форму, ровную поверхность с небольшим уклоном до 4‰ для организации поверхностного стока, периметральное обвалование. Вертикальное сечение площадки представляет собой трапецию. Негативные процессы на откосах площадки могут проявляться в виде ливнево-струйчатого и линейного овражного размывов, а также оползней. Грунты, слагаемые насыпные основания, характеризуются высокой подвижностью по причине слабых связей, особенно в верхнем слое, находящемся в естественном разуплотненном состоянии. Семена трав на такой поверхности не способны задержаться достаточное для прорастания время. Как правило, их смыывают осадки или сдувает ветер.

Набор приемов и методов по предотвращению эрозии на рассматриваемой территории во многом ограничен. Земли, на которых расположены площадки, берутся в аренду на ограниченный срок и к моменту прекращения действия договора аренды все земельные участки должны быть приведены в состояние, пригодное для дальнейшего ведения лесного хозяйства. Таким образом, исключается применение материалов и конструкций, ухудшающих лесорастительные условия территории, в частности, бетонных матов, габионов, композиционных геоматов и т.д.

Проведенные полевые эксперименты показали перспективность закрепления грунта откосов насыпных промышленных площадок биологическими методами с применением вяжущих веществ и муль-

чирующих материалов. При этом была отмечена особая важность создания условий для защиты семян от ветра и смыывания осадками, а также обеспечение необходимого запаса влаги в поверхностном корнеобитаемом слое. Применение вяжущих веществ и мульчирующего материала способствует удержанию семян до их прорастания, а также задержанию влаги.

В целях более жесткого связывания грунтов путем армирования верхнего слоя проведено испытание георешеток. Георешетка представляет собой полотно, образованное скреплением синтетических лент через равные промежутки. Такое полотно при растягивании образует ромбовидные ячейки со сторонами от 20 до 30 см и глубиной от 10 до 15 см. Для защиты семян от смыва и обеспечения растений питательными веществами ячейки георешетки заполнялись торфопесчанной смесью (60% торфа, 40% песка).

Предварительные результаты проведенных испытаний показали, что георешетка препятствует изменению геометрии откосных частей и не ухудшает растительных свойств участков, на которых она уложена. Однако выявлен ряд недостатков: высокая трудоемкость работ по заполнению ячеек торфопесчанной смесью вручную, низкая влагоудерживающая способность торфопесчанной смеси.

УДК 631.452

УСТАНОВКА ДЛЯ ФИЗИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ДОЖДЕВОЙ ЭРОЗИИ

Прущик А.В., Сухановский Ю.П., Вытовтов В.А.
Курский федеральный аграрный НЦ, Курск
E-mail: model-erosion@mail.ru

Метод дождевания стоковых площадок является одним из самых эффективных методов изучения дождевой эрозии почвы, позволяющий в короткие сроки (по сравнению с натурными наблюдениями) получать необходимые данные как в полевых, так и в лабораторных условиях. Данный метод относится к методам физического моделирования. Для получения достоверных данных по дождевой эрозии почв в полевых условиях при наблюдении за стоком необходимо проводить мониторинг в течение 20-25 лет. Физическое моделирование дождевой эрозии создается при помощи дождевальных установок.

В лаборатории защиты почв от эрозии ФГБНУ «Курский федеральный аграрный научный центр» разработана и успешно запатентована (патент на изобретение № 2519789) лабораторно-полевая дождевальная установка, которая применяется для изучения последствий воздействия дождевой эрозии на состояние почвы. Ис-

пользуя методику дождевания стоковых площадок, разработанную коллективом авторов под руководством д.с.-х.н. Ю.П. Сухановского, проводили следующие эксперименты: по изучению влияния степени проективного покрытия на кумулятивный смыв почвы, впитывающей способности почвы на черноземе типичном и выщелоченном, на темносерой и серой лесной почвах. Исследуемые агрофоны: пар (контроль), зерновые культуры: озимая пшеница, ячмень (всходы, фаза кущения, восковая спелость), кукуруза, сахарная свекла, горчица, стерня зерновых. Анализируя экспериментальные данные, полученные при дождевании стоковых площадок, с различной степенью проективного покрытия, при одинаковых характеристиках дождя (размер капли, скорость падения, интенсивность дождя), получили зависимость: с увеличением степени проективного покрытия уменьшается смыв почвенных частиц, увеличивается время начала стока, в некоторых вариантах отсутствовал сток (например, при мульчировании почвы соломой). При проведении дождевания также учитывались свойства почвы: влажность, плотность сложения, структурно-агрегатный состав, содержание гумуса в пахотном слое. Естественные дожди, выпадающая на пахотные склоны, могут образовывать поверхностный сток воды, в результате которого возможны как потери почвы, так и потери растворенных химических веществ (биогенные вещества, тяжелые металлы). Это ведет к снижению плодородия почвы, с одной стороны, с другой – к загрязнению окружающей среды (например, водных объектов).

Для изучения выноса биогенных веществ в растворенной форме была разработана и запатентована портативная лабораторно-полевая дождевальная установка (патент на изобретение № 184625). Используя эту установку, проводили дождевание искусственных почвенных образцов и монолитов, отобранных в полевых условиях, в лаборатории. Проведение экспериментов в лабораторных условиях позволяет повысить точность измерений при физическом моделировании на малых площадях исследований. Создание искусственных почвенных образцов позволяет изучить один фактор влияния, например, для изучения влияния температуры почвы и воды на вынос биогенных веществ. Для этого создаются почвенные образцы с одинаковой влажностью, плотностью сложения, структурно-агрегатным составом, содержанием изучаемых элементов (в пределах погрешности измерений).

Анализируя полученные результаты проведенных экспериментов, мы пришли к выводу, что для изучения выноса подвижных форм различных элементов необходимо увеличивать размер вносимых концентраций для наглядности расчета доли выноса из почвы к концентрации того же элемента в почве. Также необходимо добиться исключения из дождевой воды форм изучаемых веществ с целью

упрощения расчетов по выносу концентраций элементов. Использование дистиллированной воды в экспериментах значительно упрощает расчеты. Полученные зависимости выноса подвижных форм изученных веществ можно использовать для естественных дождей, имея сведения об их слое стока.

УДК: 631.4

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА ФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ЭРОДИРОВАННЫХ ПОЧВ СЕВЕРНЫХ И ЮЖНЫХ ГОР РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКИСТАН

Хакбердиев О.Э., Ахмедов Ш.М.

Ташкентский институт инженеров ирригации
и механизации сельского хозяйства, Ташкент
Национальный университет Узбекистана, Ташкент

Защита почв от эрозии – одно из важнейших условий прогрессивного роста урожайности возделываемых культур. Поэтому трудно переоценить всю важность этой проблемы с точки зрения охраны и рационального использования земельных ресурсов республики. В условиях Узбекистана борьба с эрозией почв должна получить еще больший размах, так как по распространению и темпам развития смыва и размыва почв наша республика является одной из наиболее эродированных среди стран СНГ. Развитие эрозионных процессов здесь происходит, с одной стороны, под влиянием природных факторов, с другой – вследствие нерационального использования склоновых земель и оросительных вод на равнинной части. В условиях сильно пересеченного рельефа распашка склонов без почвозащитных мероприятий создает условия для возникновения и интенсивного протекания эрозионных процессов, вследствие чего ухудшаются физические свойства почв, снижается урожай и качественные параметры продуктов сельскохозяйственных культур. Для Узбекистана эта проблема, над которой работали многие исследователи, представляет особую значимость. Различные аспекты изучения эрозии почв нашли отражение в трудах М.Н. Заславского, М.С. Кузнецова, Х.М. Махсудова, Л.А. Гафурова, Ш.Н. Нурматова, С.М. Елюбаева, О.Э. Хакбердиева, Т.Ш. Шамсиддинова, Г.С. Содикова и многих других.

Определение общих физических свойства коричневых почв, расположенных на северных склонах гор, показало, что с уменьшением количества гумуса почв вниз по профилю возрастает удельная масса. Объемная масса значительно изменяется по профилю. В верхнем слое эродированных почв этот показатель не превышает 0.9-1.12 г/см³. Это связано со значительным накоплением в них растительных

остатков и гумуса, а также с их оструктуренностью. Книзу объемная масса увеличивается и на глубине 91-170 см достигает 1.3-1.33 г/см³. Объемная масса верхних горизонтов коричневых почв, развитых на южных склонах гор, равна 1.3-1.33 г/см³, что обусловлено их меньшей гумусированностью и оструктуренностью. Варьирование объемной массы в генетических горизонтах, а также в почвах на склонах различной экспозиции обусловило изменение их порозности. Наибольшая порозность (рыхлое сложение) характерна для коричневых почв северных склонов (53-62% от объема). В почвах южных склонов этот показатель снижается до 46-52%. Во всех случаях на северных склонах порозность книзу уменьшается до 51-52%, на южных – до 46-50%. Высокая порозность горных коричневых почв, развитых под растительностью на северных склонах, объясняется их хорошей проработанностью корнями и дождевыми червями.

Одной из характерных физических свойств почв является водопроницаемость. Водопроницаемость коричневых почв, как показали наблюдения, весьма высокая. В связи с горным рельефом водопроницаемость почв определялась дифференциальным методом Н.А. Качинского с напором водного столба в 25 см. Наблюдения показали, что водопроницаемость верхних слоев в профиле коричневых почв, расположенных на северных склонах, равна 7.9 мм/мин, на эродированных коричневых почвах, расположенных на южных склонах, – всего 3.8 мм/мин. Это свидетельствует о развитии эрозионных процессов: стоке и смыве почв на южных склонах гор.

Сравнивая почв северных и южных склонов горных ландшафтов республики, мы пришли к следующим выводам. Эродированные почвы южных склонов по сравнению с северными характеризуются меньшей мощностью гумусового слоя и более низким содержанием гумуса. По нашим данным запасы гумуса находятся в прямой зависимости от степени смытости почв. В эродированных почвах на южных склонах не только уменьшаются общие запасы гумуса, но и изменяется его качественный состав: снижается содержание гуминовых кислот, увеличивается – фульвокислот. Снижение содержания гумуса (гуминовых кислот) в эродированных почвах – один из факторов, ослабляющих противоэрозионную устойчивость коричневых почв, развитых на южных склонах. Следует отметить, что высокая подверженность коричневых почв эрозии является результатом: 1) более значительной крутизны склонов; 2) слабого развития травянистого покрова; 3) отсутствия на большей части территории противоэрозионных мероприятий, особенно на богарных пахотных землях.

УДК 631.459.01

ВЛИЯНИЕ ЭРОЗИИ НА МЕХАНИЧЕСКИЙ СОСТАВ СЕРОЗЕМОВ НА БОГАРЕ

Хакбердиев О.Э.¹, Шамсиддинов Т.Ш.²

¹Ташкентский институт инженеров ирригации
и механизации сельского хозяйства, Ташкент
E-mail: obid_hakberdiev@mail.ru

²Ташкентский государственный аграрный университет, Ташкент
E-mail: tshamsiddinov@mail.ru

Механический состав почв является одним из основных показателей, определяющих наиболее важные физические и физико-химические свойства почв, а также сопротивляемость их воздействию эрозии. Типичные сероземы на лессах содержат повышенное количество пылеватых частиц, которые легко поддаются смыву. Следует отметить, что рассматриваемые почвы различной степени смывтости представлены преимущественно среднесуглинистыми разностями, они содержат большое количество фракции крупной пыли (0.05-0.01 мм), называемой обычно «лессовой фракцией». По данным механического анализа, богарные эродированные разности типичного серозема на лессах в верхних горизонтах содержат около 33-43% физической глины, т.е. частиц размером менее 0.01 мм; в то же время на несмытых почвах в этих же горизонтах физической глины содержится 46-47%. Данные показывают хотя и небольшую, но ясную и характерную тенденцию увеличения содержания физической глины на 2-8% в верхней части горизонтов. Некоторое утяжеление его механического состава связано с оглинением средней части профиля богарных сероземов. На шлейфах склона содержание физической глины достигает 50-51%, она в основном связана с аккумуляцией мелких частиц почвы, принесенных с расположенных выше участков склона. Полевые исследования и результаты анализов почв позволяют выявить связь механического состава со степенью эродированности: средне- и сильносмытые почвы обеднены илом и мелкой пылью и обогащены крупной. Разница между несмытой и намытой почвами заключается в том, что намытая содержит в верхних и нижних горизонтах больше ила и песка. Так, если в почвах водораздела, не затронутых эрозией, содержание физической глины в верхнем метровом слое почвы колеблется в основном в пределах 44-47%, то на почвах шлейфа оно заметно увеличивается и составляет около 49-52%. Такая же закономерность прослеживается при сравнении содержания илистой фракции (менее 0.001 мм) в почвах на различных элементах рельефа при разной степени эродированности. Среди почв различной степени эродированности и намыто-

сти наиболее обогащенными илистой фракцией являются намытые почвы на шлейфах склонов. Содержание в них тонкодисперсных частиц 0.001 мм составляет от 19-22% в верхних горизонтах и до 22-26% в горизонте В. С увеличением степени эродированности при возрастании крутизны склона механический состав почв облегчается, содержание илстых частиц <0.001 мм заметно уменьшается и составляет 9-15%. На почвах водоразделов ввиду отсутствия эрозии содержание илстых частиц несколько выше, чем на склонах, и по величине этой фракции они занимают промежуточное положение. Исследования механического состава твердого стока на среднесуглинистых почвах под разными культурами показали, что смыв частиц крупнее 0.05-0.01 мм наблюдался на посевах яровой пшеницы, незначительно – на люцерне. Больше всего смывалось частиц размером менее 0.01-0.005 мм (от 50 до 68%).

Таким образом, под влиянием эрозии на богаре резко изменяется механический состав почв различной степени эродированности. Верхняя часть профиля несмытых почв представлена тяжелым суглинком, нижняя – средним. Смывые почвы уже с поверхности среднесуглинистые, и чем сильнее смытость, тем легче их механический состав. Об этом свидетельствуют данные по двум средне- и сильносмывтым почвам, где в верхних горизонтах почв сумма физической глины составляет 33-37%.

УДК 364.1

ПОЧВЕННО-ЗЕМЕЛЬНЫЕ РЕСУРСЫ БЕЛАРУСИ И ЗАЩИТА ИХ ОТ ДЕГРАДАЦИИ

Цыбулько Н.Н.

Институт почвоведения и агрохимии, Минск
E-mail: nik.nik1966@tut.by

Природно-ресурсная основа аграрной экономики во многом определяется состоянием почвенного покрова. В составе сельскохозяйственных земель Беларуси преобладают дерново-подзолистые и дерново-подзолистые заболоченные почвы, составляющие 71.3%. Проведенная качественная (кадастровая) оценка земель показала, что регионы существенно различаются по производительной способности земель и экономическим показателям – нормативному чистому и дифференциальному доходу. Общий балл плодородия почв сельскохозяйственных земель республики составляет 29 баллов, а различия по областям колеблются от 26.1 до 32.9 балла. Различия между районами еще более существенные – от 19.4 до 42.4 балла. Значительное увеличение производительной способности пахотных и луговых земель может быть достигнуто за счет снижения процессов деградации почв.

В республике водной эрозии и дефляции подвержено 7.2% сельскохозяйственных земель. Из общей площади эродированных почв водной эрозии подвержено 85%, ветровой эрозии – 15%. Эродированные почвы приурочены преимущественно к пахотным. Для предупреждения эрозионных процессов требуется разработка и внедрение комплекса почвозащитных мероприятий, адаптированных к конкретным почвенно-ландшафтным условиям. В первую очередь необходимо сконцентрировать усилия и ресурсы по защите от дальнейшей эрозионной деградации средне- и сильноэродированных почв на пахотных землях. При планировании специализации сельскохозяйственного производства, структуры землепользования и посевных площадей основное внимание следует обратить на районы с высоким удельным весом почв, подверженных водной эрозии и дефляции.

По данным материалов почвенного обследования площадь деградированных торфяных почв в составе сельскохозяйственных земель составляет 4.2%. По сравнению с данными предыдущего почвенного обследования земель их площадь возросла в 1.6 раза. В отдельных районах деградированные торфяные почвы с разной степенью минерализации органического вещества занимают более 10% от площади сельскохозяйственных земель. Для районов, в которых удельный вес деградированных торфяных почв уже превышает 5%, необходима разработка системы мер по корректировке специализации сельскохозяйственного производства и оптимизации землепользования.

В сельскохозяйственном пользовании находится 864 тыс. га земель, загрязненных ^{137}Cs с плотностью 37 кБк/м² и выше, что составляет 10.3% от общей площади землепользования. Кроме этого, имеется 288 тыс. га земель, загрязненных ^{90}Sr с плотностью 5.55 кБк/м² и выше (3.5% от общей площади землепользования). На дерново-подзолистых почвах, загрязненных ^{137}Cs с плотностью до 5.0 Ки/км², эффективность защитных мероприятий, направленных на уменьшение поступления радионуклидов в продукцию сельскохозяйственных культур, несколько снизилась. В то же время сохраняется их высокая радиологическая эффективность на торфяно-болотных, торфяно-глеевых и деградированных торфяных, загрязненных ^{137}Cs , а также на всех почвенных разновидностях, загрязненных ^{90}Sr . Поэтому в настоящее время систему защитных мер необходимо сконцентрировать на сельскохозяйственных землях, загрязненных ^{137}Cs выше 5.0 Ки/км², и на всех землях, загрязненных ^{90}Sr .

УДК 631.432.2

**МНОГОЛЕТНЯЯ ДИНАМИКА
ПРЕДЗИМНИХ И ВЕСЕННИХ ЗАПАСОВ ВЛАГИ
В ПРОФИЛЕ ЭРОДИРОВАННЫХ ЧЕРНОЗЕМОВ
ЮГО-ВОСТОКА ЗАПАДНОЙ СИБИРИ**

Чумбаев А.С., Танасиенко А.А., Миллер Г.Ф., Соловьев С.В., Якутина О.П.
Институт почвоведения и агрохимии СО РАН, Новосибирск
E-mail: chumbaev@issa-siberia.ru

Вследствие значительной расчлененности рельефа юго-востока Западной Сибири и качества подстилающей поверхности (таяя или мерзлая почва) в предзимье снежный покров на естественных и пахотных угодьях распределяется крайне неравномерно, что сказывается на запасах почвенной влаги при снеготаянии.

Многолетние исследования проводились на Предсалаирской дренированной равнине в пределах Новосибирской области на черноземах разной степени эродированности, находящихся как в пахотном, так и в залежном состоянии.

Запасы воды в снеге перед началом снеготаяния в многоснежном цикле атмосферного увлажнения территории Предсалаирья (1988-2012 гг.) на целинном черноземе и сильносмытом его варианте под многолетней залежью благодаря наличию высокостебельной растительности превышали 200 мм. Минимальные запасы воды в снеге (81 мм) отмечались на поверхности самой крутой части склона, где почвенный покров представлен слабо- и среднеэродированными пахотными черноземами.

Установлено, что предзимние запасы влаги в полутораметровой толще неэродированных (целина и пашня) черноземов Новосибирского Предсалаирья в многоснежный цикл атмосферного увлажнения (1999-2012 гг.) превышают величину наименьшей влагоемкости. Эродированные почвы в предзимье имеют довольно большой резерв водовместимости, равный или даже превышающий количество выпадающих твердых атмосферных осадков.

Нормально- и многоснежные гидрологические годы в длинном ряду наблюдений по Западной Сибири составляют 54-67%. В такие годы в течение холодного периода (ноябрь-март) выпадает от 100 до 190 мм атмосферных осадков. Учитывая, что в предзимье в любые гидрологические годы лишь верхняя полуметровая часть профиля западносибирских неэродированных и эродированных черноземов увлажнена выше уровня наименьшей влагоемкости, количества выпадающих твердых атмосферных осадков в нормальные, многоснежные и очень многоснежные гидрологические годы гипотетически вполне достаточно для ликвидации возникшего дефицита влаги во всем почвенном профиле.

В мало- и нормальнoснежные циклы атмосферного увлажнения территории юго-востока Западной Сибири за период снеготаяния талые воды промачивают лишь верхний полуметровый слой неэродированных и эродированных черноземов. После окончания снеготаяния из-за сохранившегося внутрипочвенного мерзлотного экрана на глубине 30-50 см, препятствующего миграции талых вод вглубь почвенного профиля, запасы влаги в слоях 50-100 и 100-150 см либо равны осенним запасам, либо увеличены на 10-15 мм. В малоснежные циклы увлажнения накопленной за период снеготаяния влаги в слое 0-50 см недостаточно для устранения образовавшегося дефицита. В нормальнoснежные циклы отмечена незначительная прибавка влаги в профилях неэродированных пахотных черноземов и их вариантов с высокостебельной растительностью на поверхности (целина, многолетняя залежь). В слабоэродированных почвах практически ежегодно отмечается дефицит почвенной влаги, варьирующий от 15 до 41 мм.

Только в многоснежный цикл атмосферного увлажнения территории Новосибирского Предсалаирья (2013-2019 гг.) после окончания снеготаяния в профиле неэродированных черноземов и их сильноэродированных вариантов под многолетней залежью зафиксирован бездефицитный водный режим. В профиле слабоэродированных черноземов сохранялся дефицит влаги.

Подкомиссия

ПО РЕКУЛЬТИВАЦИИ НАРУШЕННЫХ И ЗАГРЯЗНЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ

Сопредседатели – д.б.н. В.А. Андроханов, д.б.н. Л.П. Капелькина

УДК 631.481

**ПОЧВЕННО-ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ СПЕЦИФИКА
РЕКУЛЬТИВИРОВАННЫХ ПОЧВ**

Андроханов В.А.

Институт почвоведения и агрохимии СО РАН, Новосибирск
E-mail androhan@rambler.ru

В настоящее время разработан и применяется на практике широкий спектр технологий рекультивации, направленных на восстановление различных компонентов экосистем, которые сильно различаются по эффективности восстановления нарушенного почвенного покрова. Применение той или иной технологии восстановления во многом зависит от уровня нарушения почв и природно-климатических условий проведения рекультивации. При полном разрушении почвенного покрова применяются методы рекультивации, направленные на создание новых почв с формированием искусственного корнеобитаемого горизонта. Такие почвоподобные образования в классификационном плане относят к техногенным поверхностным образованиям и к техноземам.

Как показали проведенные исследования, с момента появления растительности и начала функционирования всего комплекса биоценозов в этих искусственно созданных почвах восстанавливаются природные почвообразовательные процессы, приводящие к дифференциации почвообразующей толщи и восстановлению почвенно-экологических функций. Начинает формироваться новый почвенный профиль. На начальных этапах почвообразовательные процессы слаборазвиты и во многом определяются условиями применения той или иной технологии рекультивации. Тем не менее, созданные техноземы, прошедшие определенные этапы развития

почвенно-растительных сукцессий, приобретают зональные признаки. С этого момента их уже нужно считать почвенными образованиями в классическом почвенно-генетическом понимании. Таким образом, технозоны представляют собой искусственно созданные почвоподобные образования с различным уровнем восстановления плодородия и почвенно-экологических функций. Свойства и режимы технозоев формируются сознательно и целенаправленно согласно поставленной цели рекультивации. При этом главной задачей создания технозоев является формирование благоприятных эдафических условий в корнеобитаемом горизонте, ускорение процессов почвообразования и установление динамического равновесия как внутри профиля, так и с окружающей природной средой.

По мере восстановления растительного покрова и развития элементарных почвообразовательных процессов рекультивированные почвы постепенно вписываются в естественную природную среду, хотя и с очень специфическими свойствами и режимами функционирования. Понятно, что чем сильнее отличаются созданные эдафические условия в корнеобитаемом слое от естественных почв, тем более длительное время понадобится для восстановления нарушенных почвенно-экологических функций, тем дольше нарушенные участки будут функционировать в режиме экотона. Для ускорения восстановления почв в техногенных ландшафтах необходимо проведение мелиоративных мероприятий, направленных на регулирование почвенных режимов и приближение их к зональной норме.

Наиболее распространенными мелиоративными приемами являются нанесение плодородного слоя почвы, внесение удобрений, посев многолетних трав и создание лесных насаждений. Применение этих приемов позволяет улучшить агрохимические и агрофизические свойства поверхностных слоев, что способствует восстановлению всего комплекса почвенно-экологических условий на рекультивированных участках. Необходимо отметить, что в настоящее время отработанные приемы позволяют достаточно успешно регулировать свойства рекультивированных почв в пределах корнеобитаемого слоя. Нижележащие горизонты слабо затрагиваются процессами почвообразования и длительное время сохраняют техногенную специфику рекультивированных земель. Поэтому восстановление комплекса почвенно-экологических функций на нарушенных участках будет происходить длительный период (столетия) и рекультивированные почвы будут определять новый уровень функционирования биогеоценоза и влиять на свойства и условия формирования природно-техногенного комплекса.

Работа выполнена при поддержке РФФИ, грант № 19-29-05086.

УДК 631.41

ИНАКТИВАЦИЯ Cu В ЗАГРЯЗНЕННЫХ ПОЧВАХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГРАНУЛИРОВАННОГО АКТИВИРОВАННОГО УГЛЯ И ДИАТОМИТА

**Барахов А.В., Минкина Т.М., Манджиева С.С., Бауэр Т.В., Яковленко А.Н.,
Сазонов И.В., Константинова Е.Ю., Константинов А.О.**
Южный федеральный университет, Ростов-на-Дону
E-mail: tolik.barakhov@mail.ru.

Загрязнение окружающей среды тяжелыми металлами (ТМ) за последние тысячелетия стало серьезной проблемой, по последствиям сопоставимой с глобальными природными явлениями. Наиболее опасными поллютантами в урбоэкосистемах являются ТМ. К одним из таких металлов относится медь.

Целью исследований является снижение уровня загрязнения Cu путем использования различных углеродистых и минеральных сорбентов. В данной работе использовались два типа сорбента – гранулированный активированный уголь (ГАУ) и диатомит в дозах 2.5 и 5%. В чернозем обыкновенный карбонатный тяжелосуглинистый, относящийся к зональному типу почв в Ростовской области, вносили уксуснокислую Cu (5 ОДК = 660 мг/кг). Для изучения группы непрочно связанных соединений были использованы 1n ацетатно-аммонийный буфер (ААБ), извлекающий обменные формы металла; 1% ЭДТА в ААБ, извлекающий обменные и комплексные формы. По разнице между содержанием ТМ в вытяжке смешанного реагента и ААБ определялось количество комплексных соединений. Для экстракции кислоторастворимых форм была использована 1n HCl. По разнице между содержанием Cu в вытяжке HCl и ААБ определялось количество специфически сорбированных соединений. Сумма обменных, комплексных и специфически сорбированных соединений составляет группу непрочно связанных соединений. Содержание металла в вытяжках определяли методом атомно-абсорбционной спектрометрии.

Содержание непрочно связанных соединений Cu в почве очень незначительное – 5% от общего содержания металла. Одним из показателей подвижности металла в почве является соотношение форм внутри группы непрочно связанных соединений. Установлено следующее содержание форм, слагающих группу непрочно связанных соединений Cu в незагрязненной почве: обменные 0.5 мг/кг, комплексные 1.2 мг/кг, специфически сорбированные 2.4 мг/кг. После добавления Cu произошло увеличение как группы непрочно связанных соединений, так и наиболее подвижных форм, входящих в данную группу. Количество обменных соединений увеличилось с 12 до 26% от группы непрочно связанных и комплексных с 29 до

37%, в то время как доля специфически сорбированных соединений уменьшилась с 59 до 37% от группы непрочно связанных.

При внесении ГАУ в дозах 2.5 и 5% в загрязненную почву произошло снижение содержания непрочно связанных соединений от 48 до 11 % от общего содержания металла в почве. В группе непрочно связанных соединений при внесении сорбентов происходит изменение соотношений подвижных соединений: обменные уменьшаются до 15% от группы непрочно связанных соединений и комплексные – до 25%. Доля специфически сорбированных соединений увеличилась до 60%.

При внесении диатомита также отмечается уменьшение непрочно связанных соединений Cu (до 15% от общего содержания металла в почве). Установлено снижение доли обменных соединений до 20% от группы непрочно связанных, а комплексных – до 31%. Доля специфически сорбированных соединений увеличивается (до 49% от группы непрочно связанных), однако в меньшей степени, чем при внесении ГАУ.

Таким образом, при внесении мелиорантов в почву подвижность металлов снизилась, что говорит об эффективности используемых сорбентов. Особенно сильное влияние на снижение подвижности Cu в загрязненной почве оказало внесение ГАУ в почву.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ, проекты № 19-34-90185, 19-34-60041.

УДК 631.45

ВЛИЯНИЕ УГЛЕРОДИСТЫХ СОРБЕНТОВ НА ВОССТАНОВЛЕНИЕ СВОЙСТВ ПОЧВ ПРИ ЗАГРЯЗНЕНИИ БЕНЗ(А)ПИРЕНОМ

**Барбашев А.И., Сушкова С.Н., Минкина Т.М., Дудникова Т.С.,
Антоненко Е.М.**

Южный федеральный университет, Ростов-на-Дону
E-mail: barbashev_andrei@mail.ru

Главным маркером загрязнения почв полициклическими ароматическими углеводородами, подлежащим обязательному контролю во всем мире, является бенз(а)пирен (БаП) – канцероген и мутаген 1 класса опасности.

Фитотоксичность почвы является интегральным показателем состояния почвенной биоты. Цель работы – изучение влияния углеродистых сорбентов на восстановление свойств почв при загрязнении БаП.

Объектом исследования служили образцы модельного опыта, в котором почва загрязнялась БаП в дозе 800 нг/г, что соответствовало 40 ПДК (ПДК БаП = 20 нг/г). Через месяц в загрязненную почву

вносились сорбенты: порошковый активированный уголь (ПУ), бурый уголь (БУ), гранулированный древесный уголь. Дозы внесения мелиорантов: ПУ 0.05, 0.1, 0.5, 1, 5%; БУ 0.05, 0.1, 0.5, 1, 5%. Исследуемая почва – чернозем обыкновенный тяжелосуглинистый. Свойства чернозема обыкновенного карбонатного тяжелосуглинистого (слой 20 см): физ. глина – 54%, ил – 30%, гумус – 4.4%, рН – 7.5, CaCO_3 – 0.5%, ЕКО – 32 смоль(+)/кг.

Проведена оценка показателей фитотоксичности почв согласно ГОСТ 12038-84, ГОСТ 10968-88. В качестве тест-культуры использовали семена редиса как наиболее чувствительного растения, являющегося индикатором наличия поллютантов в почве. Повторность опыта трехкратная.

Установлено, что энергия прорастания семян редиса на незагрязненных почвах составляет 70%. Загрязнение почвы 800 нг/г BaП снизило энергию прорастания до 60%. При внесении мелиорантов данный показатель увеличивается на 10-35%. Доза внесения мелиоранта оказывает влияние на эффект улучшения фитотоксических свойств почв. Например, при загрязнении почв BaП энергия прорастания семян редиса максимальна в случае внесения в почву БУ в дозах 0.05 и 1%, а также при внесении порошкового угля в дозе 0.5%. Изменение показателей фитотоксичности почвы, загрязненной BaП при внесении БУ и ПУ: Контроль: средняя длина проростков – 20 мм, средний сухой вес проростков – 0.7 г, энергия прорастания – 70%; BaП: средняя длина проростков – 21 мм, средний сухой вес проростков – 0.7 г, энергия прорастания – 65%; BaП + 0.05% БУ и ПУ: средняя длина проростков – 14 и 23 мм, средний сухой вес проростков – 0.6 и 0.5 г, энергия прорастания – 80%; BaП + 0.1% БУ и ПУ: средняя длина проростков – 21 и 19 мм, средний сухой вес проростков – 0.7 и 0.6 г, энергия прорастания – 85 и 75%; BaП + 0.5% БУ и ПУ: средняя длина проростков – 27 и 20 мм, средний сухой вес проростков – 0.8 и 0.5 г, энергия прорастания – 70 и 95%; BaП + 1% БУ и ПУ: средняя длина проростков – 27 и 20 мм, средний сухой вес проростков – 0.9 и 0.5 г, энергия прорастания – 95 и 75%; BaП + 5% БУ и ПУ: средняя длина проростков – 21 и 20 мм, средний сухой вес проростков – 0.4 и 0.5 г, энергия прорастания – 80%.

Таким образом, установлено, что наличие BaП в почвах в концентрациях, в 40 раз превышающих ПДК, негативно влияет на фитотоксичность почв. Наилучшими мелиорантами, снижающими токсическое воздействие BaП на семена редиса, по результатам опыта явились бурый уголь в дозе 10 т/га, порошковый уголь в дозе 5 т/га.

Исследование выполнены при поддержке РФФ № 19-74-10046.

УДК 547.912; 002.637; 631.41; 551.495; 66.067; 577.4

СОРБЦИОННАЯ БИОРЕМЕДИАЦИЯ ПОЧВ РАЗНЫХ ТИПОВ, ЗАГРЯЗНЕННЫХ НЕФТЬЮ И НЕФТЕПРОДУКТАМИ

Васильева Г.К., Стрижакова Е.Р., Кондрашина В.С., Узорина М.Ю.
Институт физико-химических и биологических проблем почвоведения РАН,
Пушино
E-mail: gkvasilyeva@rambler.ru

Глобальный транспорт, переработка и использование нефти и нефтепродуктов в качестве одного из основных видов топлива сделал загрязнение окружающей среды углеводородами нефти важнейшей экологической проблемой современности. В 2018 г. в РФ официально зафиксировано более 7 тыс. прорывов нефтепроводов, а потери нефти составили около 55 тыс. т. В результате утечки более 11 тыс. м³ нефти и нефтепродуктов было нарушено и загрязнено более 1000 га земель. Основная часть углеводородов РФ добывается в Арктическом регионе, где особенно велика опасность нефтяного загрязнения окружающей среды из-за низкой способности почв к самоочищению в условиях холодного климата.

Из всех методов очистки почвы от нефти и нефтепродуктов наиболее экологичной и экономичной является *in situ* биоремедиация. Однако технологии биоремедиации еще не всегда приносят желаемые результаты из-за высокой сайт-специфичности методов, длительности очистки, ингибирования нефтедеструкторов в сильнозагрязненных почвах, высокой вероятности загрязнения поллютантами грунтовых вод, а также невозможности точно предсказать результат применения метода из-за сложности почвенных процессов.

Нами разрабатывается метод сорбционной биоремедиации нефтезагрязненных почв, основанный на использовании разных сорбентов для ускорения процессов биоремедиации, а также снижения побочных эффектов, связанных с миграцией токсикантов в сопряженные среды.

Цель данного доклада состоит в обсуждении теоретических основ метода сорбционной биоремедиации и его преимуществ по сравнению с классическим методом биорекультивации почв. Будут обобщены результаты многолетних исследований по разработке данного метода применительно к нефтезагрязненным почвам в разных регионах России. Эксперименты проводили на почвах Центральной полосы России (серая лесная, пойменная, чернозем) и на почвах Арктического региона, отобранных в Мурманской области и на территории Уренгойского нефтегазового месторождения (иллювиально-глеевая), загрязненных нефтью, дизельным топливом и отработанным моторным маслом при исходном уровне загрязнения 5-15%. Использовали сорбенты трех

классов: минеральные (каолинит, диатомит, вермикулит, цеолит), органические (торф и растительные остатки) и углеродистые (ГАУ, биочар на основе древесины и осадков сточных вод). В ходе лабораторных, микрополевых и полевых экспериментов была доказана эффективность применения сорбционно-биологического метода с использованием различных природных (несинтетических) сорбентов для рекультивации в разных почвенно-климатических условиях. Показано, что механизм действия сорбентов основан на снижении токсичности сильнозагрязненных почв за счет преимущественно обратимой сорбции поллютантов. Доказано, что внесение оптимальных доз сорбентов не приводит к существенному накоплению в почве и растениях наиболее токсичной фракции нефти – полициклических ароматических углеводородов, включая 3,4-бенз(а)пирен. Другим положительным фактором действия сорбентов является повышение влагоемкости и пористости почв, а также снижения их гидрофобности и плотности. Эффективность внесения сорбентов сильно зависит от формы и дозы сорбента, на которые в свою очередь влияют тип почвы и характер углеводородного загрязнения. Внесение углеродистых сорбентов (гранулированный активированный уголь и биочар) дает дополнительный эффект – резкое снижение миграции с промывными водами наиболее токсичной фракции углеводородов и особенно продуктов их микробного окисления. Дано эколого-экономическое обоснование метода.

Работа поддержана грантом РФФИ-мк № 19-29-05265.

УДК 632.15:351.777.6

ИНФОРМАТИВНОСТЬ СТАНДАРТНЫХ МЕТОДОВ ТОКСИЧНОСТИ НЕФТЕБУРОВЫХ ОТХОДОВ

Воронина Л.П.^{1,2}, Кеслер К.Э.^{1,2}, Морачевская Е.В.²

¹ Центр стратегического планирования
и управления медико-биологическими рисками здоровью, Москва
E-mail: LVoronina@cspmz.ru

² Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Москва
E-mail: Luydmila.voronina@gmail.com

Загрязнение, связанное с нефтедобывающей промышленностью, и по масштабам, и по токсичности представляет собой общепланетарную опасность, вызывая деградацию почв, загрязнение водоемов и атмосферного воздуха, гибель живых организмов и т.д. Самоочищение природных объектов – процесс довольно длительный, особенно в условиях продолжительной суровой зимы. Решение проблемы очистки от загрязнений нефтью, разработка новых и совершенствование

существующих технологий по восстановлению нефтезагрязненных земель, обезвреживанию и утилизации нефтебуровых шламов (НБШ) относится к числу приоритетных. Нефтезагрязненные грунты подлежат обезвреживанию, даже если относятся к III и IV классам опасности, НБШ требуют особого подхода по обезвреживанию и оценке их токсичности.

Цель исследований – определить класс опасности и оценить целесообразность использования комплекса стандартных методов (химических и биологических) для характеристики токсичности НБШ.

НБШ – основной крупнотоннажный отход, образующийся при бурении нефтяных скважин. Они складываются в шламовые амбары на кустовых площадках и могут отрицательно влиять на экологическую обстановку прилегающих территорий.

Объекты исследований – усредненные образцы буровых шламов из амбаров по трем площадкам с большим содержанием нефтепродуктов.

В образцах НБШ методами химического и биологического анализа определяли элементный и органический состав, выполнено биотестирование, установлено остаточное содержание нефтепродукта. По результатам исследований отходам присваивался класс опасности согласно СанПиН 2.1.7.1386-03.

Данные виды отхода представляют собой смесь выбуренной породы, буровых растворов и остатки нефти, обогащенные химическими элементами. Предварительно образец был разделен центрифугированием на две фазы: твердую и жидкую. В твердой фазе установлено большое количество подвижных форм элементов, включая тяжелые металлы (ТМ). Высокие концентрации ТМ в водной вытяжке указывают на высокую их доступность. Высокие концентрации Ва, Na, Cl, S, и др. свидетельствуют об использовании бурового раствора в технологии добычи нефти. С учетом качественного и количественного химического состава отхода по подвижным и потенциально-подвижным формам элементов и их сопоставлении с существующими предельно допустимыми концентрациями (ПДК) этих элементов в воде (ориентировочный водно-миграционный показатель), данный вид отхода отнесен к I и II классам опасности. В нормативном документе не указаны приоритетные элементы, являющиеся основными токсикантами для данного отхода, поэтому количество элементов, используемое для определения класса опасности, влияет на итоговый результат. В перечень основных загрязнителей для данного вида отхода должны войти и органические ксенобиотики для предупреждения возможных рисков для окружающей среды и здоровья человека. ПДК, используемые для вод культурно-бытового и питьевого пользования, не могут применяться для НБШ, учитывая пути трансформации отхода. Однако потенциальный риск попадания

нефтебуровых отходов в воду остается. Токсичность, установленная по водно-миграционному показателю, на наш взгляд, должна быть уточнена с учетом особенностей отхода.

Одним из основных этапов определения класса опасности экспериментальным методом является биотестирование. Ни один из исследуемых образцов НБШ не оказал токсического эффекта на дафний и хемотаксическую реакцию инфузорий. Согласно СП 2.1.7.1386-03, данные отходы следует отнести к IV классу опасности (малоопасные). При анализе влияния водных вытяжек отходов на семена овса наблюдалось подавление роста семян, но данная токсичность устранялась при стократном разбавлении исходной вытяжки. Соответственно отходы следует отнести к III классу опасности (умеренно опасные).

Результаты исследования показали сильное расхождение в определении класса опасности данного вида отхода. По нашему мнению, сделать значимое заключение, опираясь только на результаты элюатных биотестов, недостаточно информативно. В токсикологические исследования необходимо также вводить контактные методы биотестирования, которые обеспечивают непосредственный контакт тест-организма с исследуемым образцом и, таким образом, позволяют установить уровень воздействия твердых загрязнителей.

УДК 631.8:631.421.2

ПРИМЕНЕНИЕ ГУМИНОВЫХ ПРЕПАРАТОВ ПРИ БИОЛОГИЧЕСКОЙ РЕКУЛЬТИВАЦИИ

Гильманова М.В., Грехова И.В.

Государственный аграрный университет Северного Зауралья, Тюмень
E-mail: mari92149@gmail.com

Рекультивация земель подразумевает целый комплекс работ, направленных на экологическое их восстановление, в целях улучшения условий окружающей среды. Для повышения эффективности биологической рекультивации загрязненных территорий возможно применение гуминовых препаратов. Они повышают собственную устойчивость растений к действию неблагоприятных факторов, стимулируют физиологические процессы, усиливают неспецифический иммунитет. Обработка семян гуминовым препаратом повышает их посевные качества, поэтому может способствовать лучшему задержанию рекультивируемой поверхности.

Цель исследований: изучение применения гуминовых препаратов для биологической рекультивации загрязненных почв.

Изучение влияния гуминовых препаратов проводили в двух вегетационных опытах, тест-культура – семена яровой пшеницы.

В первом опыте изучали сухой гуминовый препарат из бурого угля и жидкий гуминовый препарат Росток из низинного торфа, во втором опыте – влияние препарата Росток на содержание тяжелых металлов в растениях.

В опытах использована темно-серая лесная почва со слоя 0-20 см нарушенной территории (почва несанкционированной свалки), загрязненной тяжелыми металлами. Контроль – темно-серая лесная почва пашни. В стаканы (500 мл), заполненные почвой с пашни и свалки, высевали по 15 шт. семян на сосуд. Сосуды помещали в климатостат марки КС200-СПУ при $t = 20^\circ\text{C}$ со сменной программой дня и ночи.

Почва свалки негативно повлияла на прорастание семян тест-культуры и биометрические показатели всходов. По сравнению с контролем существенно снизились энергия прорастания и всхожесть на 22 и 12%, число корешков на 7%, длина и масса корней на 8 и 19%, высота и масса растений на 22 и 30%.

Внесение в почву свалки сухого гуминового препарата не устранило ее негативного влияния на тест-культуру, а еще больше уменьшило массу корневой системы – на 33%.

При обработке семян препаратом Росток существенно повысились энергия прорастания и всхожесть на 42 и 13%, число корешков на 13%, длина и масса корней на 27 и 64%, высота и масса растений на 36 и 81% по сравнению с обработкой семян водой при проращивании на почве свалки.

Во втором опыте предпосевная обработка семян гуминовым препаратом Росток при высевах их на загрязненную почву способствовала увеличению энергии прорастания и всхожести семян на 24 и 13%, длины корневой системы и растений на 25 и 29%, их массы на 33 и 55% по сравнению с обработкой семян водой.

В почве свалки содержание подвижных форм цинка выше ПДК в три раза. При выращивании растений на загрязненной почве превышало контроль (почва пашни) в корнях содержание цинка, кадмия и свинца, в растениях – цинка и меди. Выше МДУ в растениях было содержание цинка и кадмия. Корневая система служила барьером для поступления в растения цинка и свинца.

В растениях на загрязненной почве при обработке семян гуминовым препаратом Росток снижалось содержание цинка на 5%, кадмия – на 10%, меди – в два раза, интенсивность биологического поглощения тяжелых металлов растениями – на 28%.

При биологической рекультивации предпосевная обработка семян гуминовым препаратом Росток устраняла негативное действие загрязненной почвы на рост и развитие растений, что определяет его перспективность для использования при биологической рекультивации.

УДК 631.4

ОСОБЕННОСТИ ФИТОЭКСТРАКЦИИ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ ИЗ ТЕХНОЗЁМОВ КУРСКОЙ МАГНИТНОЙ АНОМАЛИИ (КМА)

Голядкина И.В., Тихонова Е.Н., Одноралов Г.А., Трещевская Э.И.
Воронежский государственный лесотехнический университет
им. Г.Ф. Морозова, Воронеж
E-mail: laip.kafedra@inbox.ru

Одну из приоритетных групп загрязняющих веществ образуют тяжелые металлы (ТМ), основная масса которых поступает с выбросами промышленных предприятий в нижние слои тропосферы. Почва является главным приемником и аккумулятором техногенных масс тяжелых металлов. По этой причине очищение (восстановление) почв от избыточных масс ТМ представляет весьма актуальную задачу. Одним из возможных путей решения этой задачи может быть фитоэкстракция – очищение почвенного покрова от загрязнения посредством культивирования растений, активно поглощающих металлы.

Для выбора и обследования экологической целесообразности мероприятий по очищению почв от избыточных масс ТМ в зоне импактного загрязнения на территории Губкин-Старооскольского железорудного района в течение 25 лет проводились наблюдения за накоплением поллютантов и интенсивностью их биологического поглощения культурами тополя гибридного, акации белой и облепихи крушиновой.

Объектами исследования являются техногенные ландшафты, представленные высокими крутосклонами, многоярусными отвалами вскрыши. Преобладание в геологическом строении Старооскольского месторождения пород мезозойской эры определило преимущество песчаных грунтосмесей (с примесью глин и суглинков, мела, мергеля, фосфоритов) в отвалах Лебединского ГОКа, отсыпанных с помощью железнодорожного транспорта или намытых гидравлическим способом. Грунтосмеси техногенных ландшафтов образуют своеобразные типы местообитания лесных насаждений в каскадной ландшафтно-геохимической системе.

Первый тип местообитания приурочен к поясу выноса, где формируются автономные элювиальные, геохимически независимые ландшафты, характеризующиеся выносом наиболее растворимых и подвижных соединений и относительной аккумуляцией химических веществ.

Второй тип местообитания представлен транзитно-элювиальными элементарными геохимическими ландшафтами, подчиняющимися закономерностям миграционных потоков. Водные потоки приводят к су-

щественному перераспределению вещества на поверхности отвалов и являются причиной пространственной химической дифференциации.

Третий тип условий местообитания приурочен к транзитно-аккумулятивным формам ландшафта. Биогеоценозы, локализованные в нижних частях склона, являются геохимическими подчиненными звеньями каскадных биогеоценологических систем. Они получают с геохимическим стоком те элементы, которые не удерживаются в живом веществе и почвах верхних и средних участков. Биогеоценозы в этой части склона должны слагаться из видов не только более влаголюбивых, но и нуждающихся в достаточном количестве специальных органогенов.

Подбор ассортимента древесной и кустарниковой растительности в индустриальном районе, где сконцентрирована мощная добывающая, обогащающая и перерабатывающая промышленность черной металлургии, должен строиться на способности поглощать те или иные ТМ.

Характер профильного распределения ТМ на техногенных территориях независимо от типов почв – регрессивно-аккумулятивный. На характер расположения влияет комплекс почвенных факторов: гранулометрический состав почв, актуальная кислотность, содержание органического вещества, емкость катионного обмена, наличие геохимических барьеров, дренаж.

ТМ накапливаются в почвенной толще, особенно в верхних границах и медленно удаляются при выщелачивании, потреблении растениями, эрозии и дефляции. Период полуудаления (или удаления половины их начальной концентрации) ТМ из почвы составляет продолжительное время, поэтому ускорение данного процесса имеет очень важное значение.

В процессе работы нами исследовалось накопление в грунто-смесях следующих ТМ – меди, цинка и кадмия. Было установлено, что их концентрация в верхнем 10-сантиметровом слое значительно превышает ПДК. Каждая из исследованных культур обладает некоторой селективностью по отношению к тем или иным металлам. Так, для тополя гибридного ильвовидных и аккумулятивных форм ландшафта характерно максимальное поглощение цинка и меди, минимальное – кадмия. Активное поглощение цинка и меди отмечается у акации белой, расположенной на всех элементах рельефа. Наибольшими абсолютными значениями коэффициента биологического поглощения всех поллютантов обладает облепиха крушиновая, поэтому она наиболее перспективна в оздоровлении нарушенных экосистем.

УДК 631.4 : 631.61

НОРМАТИВНО-ПРАВОВАЯ ДОКУМЕНТАЦИЯ В ОБЛАСТИ РЕКУЛЬТИВАЦИЯ ЗЕМЕЛЬ И ОХРАНА ПОЧВ

Гребенников А.М.

Почвенный институт им В.В. Докучаева, Москва

E-mail: gream1956@gmail.com

Действующие нормативно-правовые документы в области рекультивации земель, связанные с регламентом их восстановления, должны соответствовать требованиям охраны почв, и прежде всего их плодородного слоя, что особенно актуально при сельскохозяйственном и лесохозяйственном направлении рекультивации. Однако, часто отдельные положения этих документов как федерального, так и ведомственного значения не в полной мере соответствуют, а иногда и противоречат нормам охраны почв. Документация, содержащая подобные положения, по своей сути является индульгенцией, законодательно закрепляющей нанесение вреда почвам и утрату ими исходного качества, что противоречит Земельному Кодексу, Закону об охране окружающей среды и другим документам, имеющим отношение к охране почв.

Так, согласно одному из положений ГОСТ 17.5.3.06-85, массовая доля водорастворимых токсичных солей в плодородном слое почвы (ПСП) не должна превышать 0.25% от массы почвы; предел допустимого количества водорастворимых токсичных солей в ПСП без всяких дополнительных условий может быть увеличен до 0.5% при использовании его на орошаемых участках.

Однако известно, что без учета содержания водорастворимых солей в оросительных водах, уровня стояния минерализованных грунтовых вод, залегания засоленных пород и других факторов орошение часто приводило к сильному засолению почв, которые перед орошением даже не содержали токсичных солей, поэтому допущение об увеличении их количества до 0.5% в ПСП будет только способствовать увеличению риска засоления.

В другом положении того же ГОСТ указано, что плодородный слой дерново-подзолистых почв разрешено снимать для последующего использования в целях рекультивации, если величина его рН солевой вытяжки составляет не менее 4.5.

Поскольку рН солевой вытяжки дерново-подзолистых почв в естественных условиях редко когда превышает величину 4.5, то ПСП подавляющей части почвенного покрова гумидной зоны не удовлетворяет условиям рекультивации, его снимать не надо и можно безнаказанно уничтожать, смешивая с нижележащими неплодородными

почвенными горизонтами и породами. С этим нельзя согласиться. К тому же, это прямо противоречит нормативным документам о рациональном использовании ПСП. В гораздо большей степени целям охраны ПСП соответствовало бы положение, согласно которому ПСП дерново-подзолистых почв подлежит снятию, а после нанесения его на рекультивируемую поверхность необходимо провести известкование дозой мелиоранта, рассчитанной исходя из фактических показателей кислотности ПСП до pH, превышающей 4.5.

Спорными и малообоснованными являются и некоторые другие положения федеральных нормативных документов в отношении ограничений на снятие ПСП по гранулометрическому составу и мощности гумусовых горизонтов, по снятию ПСП на торфяных почвах, сроку хранения ПСП.

В ведомственных нормативных документах также содержатся положения, выполнение которых не будет способствовать и может противоречить достижению целей охраны почв. Такие положения встречаются в нормах по строительству магистральных и промышленных трубопроводов, объектов связи, рекультивации обработанных золошлакоотвалов тепловых электростанций и земель, нарушаемых при транспортном строительстве.

Федеральные и ведомственные нормативы в области рекультивации земель нуждаются в пересмотре и изменении в целях охраны почв и их плодородного слоя. Для первичной оценки состояния почв приоритетной является информация, содержащаяся в «Едином государственном реестре почвенных ресурсов России», являющемся в настоящее время фактически единственным нормативным документом по почвам РФ, утвержденным МСХ России в 2014 г. Окончательные выводы о состоянии почвенного покрова участка должны быть получены в результате обследования, проведенного почвоведом непосредственно перед началом осуществления проектируемой деятельности.

УДК 631.4

ТЕХНОЛОГИЯ И ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ОПТИМИЗАЦИИ ТЕХНОГЕННО НАРУШЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ КУРСКОЙ МАГНИТНОЙ АНОМАЛИИ

Деденко Т.П., Малинина Т.А., Трещевская С.В.

Воронежский государственный лесотехнический университет

им. Г.Ф. Морозова, Воронеж

E-mail: laip.kafedra@inbox.ru

В бассейне Курской магнитной аномалии (КМА) в результате добычи железной руды открытым способом нарушено свыше 25 тыс. га. Наряду с суглинками и песчаными отложениями до 70%

надрудной вскрыши представлено меловыми и мело-мергельными горными породами, наиболее трудно поддающимися биологической рекультивации. Горные породы осадочной толщи КМА по степени пригодности к биологическому освоению разделяют на группы: потенциально-плодородные, малопригодные и непригодные. Оптимизировать ландшафтно-экологическую обстановку техногенного ландшафта путем создания искусственных насаждений обычными лесокультурными способами не удастся из-за жестких лесорастительных условий техногенных земель. Для этого, прежде всего, на горно-техническом этапе посттехнической фазы необходимо сформировать каркасную основу ландшафта – рельеф и корнеобитаемый слой поверхности отвала, приблизив его к биоэкологическим потребностям древесных и кустарниковых пород.

Основными технологическими схемами лесной рекультивации нарушенных земель являются закрепление откосов и поверхностей гидроотвалов из песчаных и песчано-меловых горных пород землеванием, формирование погребенных почв и закрепление химическими веществами. На меловых и мело-мергельных отвалах необходимо формирование техноземов с нанесением на поверхность песчаных отложений, суглинка или гумусовой почвы различной мощности.

Объектами исследования эффективности оптимизации техногенно нарушенных земель КМА являются гидроотвал Березовый лог и Щигровское фосфоритное месторождение.

В результате вскрышных работ гидроотвал представлен смесью песков, алевроитов, глин, сланцев, мергеля и фосфоритов. Наибольший процент по объему приходится на горные породы, состоящие из песков сеномана с примесью алевроитов неокома, что придает отвалам песчаный состав. Гранулометрический состав техногенных субстратов характеризуется рыхлыми и слабо-связными среднезернистыми песками с низким содержанием пылеватых и иловатых фракций. Водорастворимых солей содержится незначительное количество, а сухой остаток колеблется от 0.09 до 0.05%. Одним из основных условий, определяющих структуру водного баланса, прежде всего является водопроницаемость. Согласно анализу показателей водно-физических свойств песчано-меловых грунтосмесей, можно судить о благоприятных условиях для произрастания древесных пород.

Нарушенные земли Щигровского фосфоритного рудника свыше 650 га представлены грядами конусообразных отсыпок отвалов и траншей из мела, мергеля и их технических смесей. Проведение горнотехнического и биологического этапа рекультивации заключалось в засыпке траншей, разравнивании отвалов, формировании техноземных почв с последующим созданием культур *Pinus sylvestris*.

В результате формирования техноземных почв на мело-мергельных горных породах с нанесением песчаных отложений, четвер-

тичного суглинка или гумусового слоя почвы мощностью от 10 до 40-50 см оптимизируются лесорастительные условия поверхности отвалов. Это приводит к изменению физических свойств горных пород. Снижается твердость эдафотопного корнеобитаемого слоя с 40 до 6.5-14.2 кг/см². Формируется более легкий гранулометрический состав. Мело-мергельный грунт вследствие своих особенностей гранулометрического состава обладает свойством накапливать и удерживать влагу в значительном количестве. Общий запас достигает 409 мм, в том числе доступная влага составляет 314 мм, или 76% от общего запаса. Формирование техноземов с нанесением песчаных отложений, суглинка или гумусовой почвы приводит к более легкому гранулометрическому составу, что способствует снижению общего запаса влаги в эдафотопном слое с песчаными отложениями до 42%, с суглинком и гумусированной почвой до 50%. По классификации А.Ф. Вадюниной, водообеспеченность характеризуется хорошими и очень хорошими условиями.

Таким образом, оптимизация корнеобитаемого слоя на поверхности отвалов является необходимым условием лесной рекультивации отвалов КМА.

УДК: 631.6.02 (477. 75)

ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ РЕКУЛЬТИВАЦИИ НАРУШЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ В ТЕХНОГЕННЫХ ЛАНДШАФТАХ КРЫМА

Ергина Е.И., Ергин С.М.

Крымский федеральный университет им. В.И. Вернадского, Симферополь
E-mail: ergina65@mail.ru; yergin@rambler.ru

Под рекультивацией земель понимают комплекс мероприятий, направленных на восстановление продуктивности и хозяйственной ценности нарушенных земель, а также улучшение условий окружающей среды. Нарушенными считают земли, утратившие свою хозяйственную ценность или отрицательно влияющие на окружающую среду посредством ухудшения почвенных и гидрологических условий, образования отвалов и др.

В результате интенсивного дорожного и капитального строительства в последние годы в Республике Крым увеличились площади нарушенных земель, в том числе в результате добычи полезных ископаемых. Почти 4881 га земель находится в нарушенном состоянии, из них 1516 га требуют рекультивации. После техногенной фазы формирования ландшафта формируется его каркасная основа: рельеф и породы. На поверхности нарушенных земель вследствие

естественного восстановления растительности образуются «молодые» почвы – эмбриоземы и техноземы. При разработке мероприятий по рекультивации отвалов месторождений актуальной задачей становится исследование процессов формирования почв на нарушенных или искусственно созданных человеком поверхностях. При этом необходимо учитывать такой важный методологический аспект, что экосистема, используя внутренние механизмы, способна к процессу самовосстановления. Зональные условия протекания этих процессов неоднократно становились объектом почвенно-генетических и экономических исследований.

В современных условиях и особенностях подготовки проектов рекультивации длительной процедуре их согласования и утверждения требуются годы для начала работ по рекультивации нарушенных земель и еще десятки лет для возвращения рекультивируемых участков в хозяйственное использование. Использование разнообразных приемов по интенсификации процесса почвообразования – нанесение почв-реплантантов, биологической мелиорации и иных прогрессивных мероприятий – порой приводит к удорожанию работ по рекультивации нарушенных земель.

Доказано, что наиболее экономически эффективными будут мероприятия, направленные на стимулирование процесса самовосстановления почв. Разработка системы мероприятий, направленных на стимулирование процессов почвообразования, позволит активно включать рекультивированные земли в сельскохозяйственный оборот. Для разработки наиболее эффективных мероприятий, направленных на интенсификацию процессов восстановления почв на рекультивируемых поверхностях, рекомендуем проводить засыпку тела карьера вскрышными породами с учетом их термодинамических свойств. Способность горных пород к почвообразованию можно определить следующим рядом: известняки → мергель → красно-бурые глины → глины и суглинки. Таким образом, нижним слоем рекомендована отсыпка более плотными карбонатными породами, затем верхним – суглинками, обладающими благоприятными термодинамическими свойствами. Результаты математического моделирования процессов почвообразования в Крыму свидетельствуют, что скорость почвообразования максимальна на севере полуострова в зоне распространения темно-каштановых и каштановых почв и снижается к югу, достигая в предгорье минимальных значений – менее 0.5 т/га. Максимальные скорости характерны также для черноземов, сформированных на рыхлых глинистых или суглинистых отложениях.

В Горном Крыму скорости почвообразования зависят в большей степени от сочетания почвообразующих пород и микроклиматических особенностей склонов гор и достигают от 2 до 1 т/га. Логично, что при составлении проектов рекультивации нарушенных земель

необходимо учитывать интенсивность процессов естественного воспроизводства почв, в том числе путем самозарастания на основе рассчитанных скоростей почвообразования. На примере Александровского месторождения пильных известняков, расположенного в Черноморском районе Республики Крым, разработана методика стоимостной оценки реализации проектов рекультивации нарушенных земель. Оценка эффективности проектов рекультивации показывает, что модель рекультивации земель на основе горно-технических работ с дальнейшим самозарастанием рекультивируемых участков более эффективна на 2238,48 тыс. руб., или в 1.7 раза.

УДК 502.654:622.371(571.56-17)

ОПЫТ ПОЧВЕННОЙ РЕКУЛЬТИВАЦИИ БЕРЕГОВ ТЕХНОГЕННЫХ ВОДОЕМОВ НА ТЕРРИТОРИИ АЛМАЗНОГО ПРИИСКА (АНАБАРСКИЙ РАЙОН, ЯКУТИЯ)

Иванова А.З.

Институт биологических проблем криолитозоны СО РАН, Якутск
E-mail: madalexia@mail.ru

Основой данной работы стали эксперименты и исследования, выполненные на алмазных месторождениях в пределах горного мелководинного комплекса рек на западе Анабарского улуса.

Целью эксперимента было создание аквакультуры в замкнутых техногенных водоемах, сформированных в процессе промывочных работ. Для создания экосистемной устойчивости требовалось восстановление почвенно-растительного покрова по берегам водоема. Было выбрано два опытных участка: участок № 1 – законсервированный более 10 лет назад отстойник с каменистыми берегами, участок № 2 – недавно сформированный в ходе горнодобывающих работ отстойник с каменистыми берегами.

Восстановление земель на нарушенных участках в условиях Крайнего Севера – достаточно трудоемкий процесс, не имеющий к настоящему времени достаточной технологической и опытной базы, поэтому задачей исследования стала выработка основных рекомендаций по отсыпке грунта в зоне распространения многолетней мерзлоты. Создание реплантозема требует нанесения плодородного гумусированного слоя, но в тундровой части России полноценный гумусовый горизонт не формируется даже на естественных участках, поэтому были использованы потенциально плодородные грунты, представленные илистыми аллювиальными отложениями со дна ручьев и пойменным дерном, складированными в виде отвалов в начале

горных работ вдоль переработанных ручьев. Обычно такие грунты имеют хорошую тенденцию к самозарастанию, поэтому в окрестностях участка № 1 поверхность отвалов 10-летнего возраста имела практически сплошной устойчивый травянистый покров, в отличие от каменистых берегов самого отстойника.

На обоих экспериментальных участках был применен схожий подход к рекультивации берегов – на первом этапе при перепланировке пустые породы (отмытые каменистые фракции, скальные породы) смешиваются и перекрываются мелкодисперсным материалом (песок или смесь песка и мелкого гравия) и уплотняются бульдозером для создания устойчивой основы, при этом берега делают более пологими; на втором этапе наносят потенциально плодородный слой (ППС) грунта мощностью от 0.3 м и по возможности рыхлят поверхность для посева семян.

Как показал опыт, относительно оструктуренные с остатками растительности грунты старых отвалов больше подходят в качестве ППС, чем более свежий материал. К тому же старые отвалы достаточно промерзшие и устойчивые, что позволяет бульдозером аккуратно срезать верхнюю часть, не нарушая сформировавшуюся в них мерзлоту, в то время как свежие отвалы еще очень влажные и «мягкие» – такие грунты, несмотря на схожие гранулометрический состав и физико-химические показатели, имеют неблагоприятные физические свойства. Нанесение слишком влажных грунтов исключает последующее рыхление и вызывает образование слитой корки при высыхании на поверхности, что приводит к низкой всхожести семян, также затрудняется работа техники. Биологический этап рекультивации тоже имеет ряд особенностей. Посев семян не должен быть слишком обильным, так как высокие урожаи в первые годы увеличивают вынос питательных элементов, что в дальнейшем отрицательно сказывается на всхожести. Самозарастание с небольшим посевом семян местной флоры в данном случае – одно из оптимальных решений. Также из-за того что, мерзлотный режим в искусственных почвах нарушен, в первые годы возможен недостаток естественного увлажнения, ведь известно, что в криоаридном климате источником влаги для растений в естественных биоценозах является многолетняя мерзлота.

В целом эксперимент показал, что с учетом специфики природных условий восстановление относительно устойчивого почвенно-растительного покрова по берегам искусственных водоемов занимает около трех-четырёх лет.

Тезис подготовлен в рамках выполнения проекта СО РАН по теме № 0376-2019-0006 (регистрационный номер АААА-А19-119040990002-1) и гранта РФФИ № 19-29-05151\19.

УДК: 630.22

БИОЛОГИЧЕСКАЯ РЕКУЛЬТИВАЦИЯ КАРЬЕРНЫХ ВЫЕМОК В УСЛОВИЯХ КРАЙНЕГО СЕВЕРА

Игловиков А.В.

Государственный аграрный университет Северного Зауралья, Тюмень
E-mail: an.iglovikov@mail.ru

Антропогенные нарушения природных экосистем Крайнего Севера, связанные с разработкой месторождений углеводородного сырья, охватили гигантские территории лесотундры, экосистемы которых слабоустойчивы к разрушительному воздействию. Изучение закономерностей развития продуцентов после проведения биологического этапа рекультивации несомненно является одним из важных подходов к научно обоснованному проведению восстановления территорий на Крайнем Севере.

Исследования проведены в зоне лесотундры на территории Ямало-Ненецкого автономного округа. Изучали динамику развития в лесотундровой зоне искусственно созданного фитоценоза на нарушенных землях с полным уничтожением растительного покрова.

Проведенные нами наблюдения показывают, что после полного уничтожения почвенно-растительного покрова при добыче песка происходящие демулационные процессы не приводят к быстрому восстановлению исходной растительности. На нарушенных местообитаниях из-за низкого содержания микро-, макроэлементов и органического вещества первичные сукцессии развиваются крайне медленно. Сдерживающим фактором для естественного зарастания карьеров является также минимальная поставка местной флорой зачатков для возобновления растительности.

Нами предложено несколько инновационных подходов к восстановлению нарушенных земель. Многолетние результаты свидетельствуют о возможности эффективного выращивания автотрофов на нарушенных землях. Улучшая агрохимические, физико-химические и гидротермические условия произрастания можно получать устойчивые фитоценозы из многолетних трав на первых этапах, т.е. на первом и втором году пользования, тем самым закрепляя мелкодисперсные пески и снижая ветровую и, в меньшей степени, водную эрозию.

Проводя биологический этап рекультивации, мы помогаем природе как можно скорее включать процессы естественной демулации и замещения интродуцированных видов местной флорой.

Установлено, что при полном уничтожении почвенно-растительного покрова при добыче песка на нарушенных местообитаниях первичные сукцессии развиваются крайне медленно, о чем свидетельствуют наблюдения на контрольных вариантах.

Агромелиоративные приемы, проводимые нами в условиях лесотундры, способствуют прекращению раздувания легких по гранулометрическому составу песков, о чем свидетельствуют результаты наблюдений. Их применение ускоряет прохождение фенофаз высеянными многолетними травами, что способствует более быстрому задернению и укреплению минерального субстрата, снижая ветровую и водную эрозию.

На четвертый год в искусственно созданных фитоценозах появляется аборигенная флора (*Eriyphorum vaginatum*, *Polytrichum commune*, *Carex capitata*). На седьмой она начинает доминировать (*Eriyphorum vaginatum*, *Polytrichum commune*, *Carex capitata*, *Láthyрус pratensis*, *Trifolium repens*, *Salix borealis*) и замещать высеянные травы. На девятый год пользования происходит их полная доминация (*Eriyphorum vaginatum*, *Polytrichum commune*, *Carex capitata*, *Láthyрус pratensis*, *Trifolium repens*, *Salix borealis*, *Equisetum arvense*, *Trifolium pratense*) до 70-80% и только два вида высеянных трав (*Festuca rubra*, *Poa pratensis*) остаются в фитоценозе, занимая от 20 до 30%.

Установлено, что поставляемый местной флорой материал для зарастания карьеров при проведении агромелиоративных работ начинает преобладать в фитоценозе и доминировать в нем намного быстрее (через четыре года), чем на оголенных грунтах (не установлено) без проведения таких работ.

Изучение видового состава формирующихся растительных сообществ на изучаемых нами карьерах показало, что преобладающей биоморфой являются высеянные многолетние травы *Festuca rubra*, *Poa pratensis* и аборигенная флора, состоящая из следующих растений: *Eriyphorum vaginatum*, *Polytrichum commune*, *Carex capitata*, *Láthyрус pratensis*, *Trifolium repens*, *Salix borealis*, *Equisetum arvense*, *Trifolium pratense*.

УДК 631.4

РЕКУЛЬТИВАЦИЯ ЗЕМЕЛЬ В СВЕТЕ НОВЫХ НОРМАТИВНЫХ ДОКУМЕНТОВ

Капелькина Л.П.

Санкт-Петербургский НИЦ экологической безопасности РАН, Санкт-Петербург
E-mail: kapelkina@mail.ru

В последние три года вышел в свет ряд постановлений, регламентирующих проведение рекультивационных работ. 10.07.2018 г. вышло Постановление Правительства РФ № 800 «О проведении рекультивации и консервации земель». В развитие этого документа издано Постановление Правительства РФ от 07.03 2019 г. № 244 «Правила проведения рекультивации и консервации земель». В на-

званных документах рассмотрены основные положения и требования в области проведения рекультивации нарушенных земель при целевом направлении рекультивации. Однако за чертой оказались вопросы и общие положения по рекультивации земель, касающиеся нецелевого – природоохранного и санитарно-гигиенического – направлений рекультивации. С принятием Постановления № 800 отменяются Постановление Правительства РФ от 23.02.1994 г. № 140 «О рекультивации земель, снятии, сохранении и рациональном использовании плодородного слоя почвы», а также Постановление Правительства от 02.10.2002 г. № 830 «Об утверждении Положения о порядке консервации земель с изъятием их из оборота».

С первого января 2019 г. вступили в действие изменения в Лесном кодексе, касающиеся ст. 63.1. Согласно им, «физические и юридические лица, осуществляющие рубку лесных насаждений при использовании лесов, в соответствии со статьями 43-46 Лесного кодекса РФ обязаны осуществлять компенсационные мероприятия по лесовосстановлению и лесоразведению в границах территории соответствующего субъекта Российской Федерации на площади, равной площади вырубленных лесных насаждений».

Статья 45 касается линейных объектов. Приказом Федерального агентства лесного хозяйства от 10.06.2011 г. № 223 утверждены «Правила использования лесов для строительства, реконструкции, эксплуатации линейных объектов», согласно которым «земли, нарушенные или загрязненные при использовании лесов для строительства, реконструкции и эксплуатации линейных объектов, подлежат рекультивации в соответствии с требованиями законодательства Российской Федерации».

В то же время ГОСТ 17.5.3.04-83 «Охрана природы. Земли. Общие требования к рекультивации земель» устанавливает ограничения в плане проведения лесной рекультивации на линейных объектах. В частности, в пункте 5.5. отмечается, что «восстановление древесной и кустарниковой растительности в полосе отвода трубопровода, затрудняющей его нормальную эксплуатацию, не допускается». В охранной зоне магистральных нефтепроводов осуществляется вырубка лесных насаждений при проведении строительных работ. В последующем при эксплуатации трубопроводов проводится периодическая расчистка площадей от мелкоколесья и кустарников. Она проводится с целью обеспечения возможности подъездов к любой точке уложенного трубопровода при необходимости проведения ремонта, реконструкции, а также при возникновении непредвиденных (аварийных) ситуаций.

Планируемые компенсационные мероприятия должны обеспечивать лесовосстановление и лесоразведение на площади, равной площади вырубленных лесных насаждений. При отсутствии объек-

тов для восстановления лесов целесообразным направлением может явиться проведение этих работ на объектах прошлого экологического ущерба, которые практически есть в любом регионе.

В 2017 г. вышли в свет два новых Государственных стандарта, касающихся наилучших доступных технологий в области рекультивации нарушенных (ГОСТ Р 57446-2017) и загрязненных (ГОСТ Р 57447-2017) земель. Несомненно, следует приветствовать выход этих нормативных документов. В то же время значительное многообразие нарушений как в отраслевом, так и в природно-климатическом отношении свидетельствует о многогранности условий и невозможности применения наилучших технологий ко всем и даже нескольким объектам рекультивации. К каждому нарушенному участку должен быть дифференцированный подход с позиций проведения биологического этапа рекультивации.

УДК 631.618

ПОЧВЫ НА УГОЛЬНЫХ ОТВАЛАХ КИЗЕЛОВСКОГО БАСЕЙНА

Кондратьева М.А.

Пермский государственный аграрно-технологический университет, Пермь
E-mail: pochva@pgsha.ru

Изучение процессов посттехногенного восстановления ландшафтов является актуальной проблемой районов разработки месторождений. За время эксплуатации Кизеловского угольного бассейна общая площадь техногенных ландшафтов, утративших природные характеристики под влиянием угледобычи, составила 456 га. После прекращения эксплуатации месторождения в 1990-е гг. нарушенные ландшафты предоставлены процессам естественного самовосстановления. Формирование молодых почв на поверхности отвалов происходит при участии процессов гумусо- или торфонакопления, выщелачивания карбонатов и выноса легкорастворимых солей, структурной переорганизации твердой фазы, выветривания первичных минералов.

Округ Губаха, на территории которого проводились исследования, расположен в подзоне южной тайги на западном склоне Среднего Урала. Почвенно-геоботанические исследования проводились в течение 2014-2019 гг. на отвалах шахт «1 Мая», «Крупская» и «Центральная» (№ 15). Площади отвалов составляют 5-7 га, слагающие их породы состоят преимущественно из обломков кварцитов, кварцевых песчаников, включений каменного угля. Современные площади зарастания поверхности растительностью, выявленные по материалам дистанционного зондирования, варьируют от 36-42% на отвалах шахт «Центральная» и «Крупская» до 86% – на отвале

«1 Мая». Растительные группировки представлены мхами и лишайниками, разнотравно-злаковыми ассоциациями и одновидовыми сообществами березы.

В общей сложности в районе исследования был заложен 21 разрез. В отобранных образцах общепринятыми методами определены физико-химические свойства, содержание гумуса по методу Тюрина, групповой состав гумуса по методу Кононовой-Бельчиковой. Оптические свойства почв изучались на спектрофотометре PD-303.

Изученные почвы диагностированы как литостраты, петроземы и петроземы гумусовые. Литостраты занимают значительные площади, формируясь на открытой поверхности отвалов. Их профиль представляет собой чередование слоев слегка дезинтегрированной, как правило, углесодержащей породы. Содержание мелкозема не превышает 11% от массы субстрата. Гранулометрический состав мелкозема песчаный либо легкосуглинистый. Поглощающий комплекс литостратов имеет преимущественно литогенное происхождение и представлен минеральными и углистыми частицами. Емкость катионного обмена варьирует в пределах 7-24 мг-экв./100 г почвы. Поглощающий комплекс не насыщен основаниями – степень насыщенности 70-80%. Реакция среды сильнокислая с pH_{KCl} 2.0-3.0, что обусловлено окислением сульфидсодержащих пород.

Петроземы развиваются под плотным травянистым покровом. Строение профиля O-R. Подстилочно-торфяные горизонты имеют мощность до 10 см. Потери от прокаливания составляют 50-55%. Емкость катионного обмена по сравнению с литостратами возрастает до значений 44-90 мг-экв./100 г в горизонте O. В составе обменных катионов доля оснований составляет 40-52%.

Петроземы гумусовые распространены на отвалах шахт «Крупская» и «1 Мая», формируются под березовым редколесьем со слабо развитым напочвенным покровом из мхов. Профиль петроземов состоит из обломков пород, дифференцированных по крупности. Профиль имеет вид W-R: под лесной подстилкой из листовного опада мощностью до 2 см возможно нахождение маломощного 2-5 см гумусового горизонта W, за ним сразу идет слабо дезинтегрированная порода. В горизонте W имеются признаки биогенного оструктурирования – мелкие обломки пород образуют «бусы по корням». Содержание $S_{орг}$ 5-6%, концентрация гуминовых кислот достигает 1.28-1.34%. Молодые гуминовые кислоты слабоконденсированы, показатель экстинкции $E_{465}^{0.001\%}$ составляет 0.05-0.06, что соответствует значениям показателя для дерново-подзолистых и бурых лесных почв. Емкость катионного обмена убывает от 27-40 мг-экв./100 г в горизонте W до 16-17 мг-экв./100 г в горизонте R. Доля оснований составляет 25-44%. Значения pH_{KCl} 3.5-3.8 и более.

УДК 631.4

ОЦЕНКА МАСШТАБОВ НАРУШЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ С ПРИМЕНЕНИЕМ ГИС-ТЕХНОЛОГИЙ

Кучинская Е.С., Витковская С.Е.

Российский государственный гидрометеорологический университет,
Санкт-Петербург
E-mail: sovka_97@mail.ru

Средства ГИС (система сбора, хранения, обработки, доступа, анализа, интерпретации и графической визуализации пространственных данных) в последние 10-летия широко используются для комплексной оценки компонентов окружающей среды и могут успешно применяться для определения масштабов нарушенных при добыче полезных ископаемых земель с целью разработки мероприятий по восстановлению ландшафтов и/или минимализации их негативного воздействия на сопредельные среды.

Исследования по оценке масштабов нарушенных земель с применением ГИС включают два основных этапа. На первом этапе проводят инвентаризацию нарушенных земель, определяют причину нарушений и их площадь. Инвентаризация нарушенных земель проводится на основе дешифрирования изображений космических снимков и последующей векторизации нарушенных земель. На основании дешифрирования разновременных космических снимков можно оценить динамику экологического состояния нарушенного ландшафта и сопредельных территорий, установить скорость его формирования. На втором этапе ГИС в большинстве случаев используются для накопления, хранения и обработки информации, нужной для принятия решения о необходимости, способах и методах восстановления нарушенных земель.

Объектом исследования являлись земли, нарушенные горными работами при добыче строительного сырья на территории Ленинградской области. Строительное сырье добывают в основном открытым способом, что приводит к формированию техногенных ландшафтов, негативное влияние которых на сопредельные среды возрастает в процессе добычи полезного ископаемого. На территории Ленинградской области официальная добыча строительного сырья (песок, гравий, щебень, облицовочный камень, кирпичные глины, торф) ведется более чем на 230 участках. Количество нелегально разрабатываемых карьеров, в основном по добыче песка, постоянно растет и не подлежит учету. Площадь нарушенных при добыче строительного сырья земель существенно зависит от вида добываемого сырья и возрастает в процессе разработки карьера. Оценку масштабов на-

рушенных вследствие добычи нерудных строительных материалов земель проводили на основе данных радиолокационного зондирования спутника Landsat с применением доступной ГИС технологии (QGIS). Установлено, что средняя площадь нарушенных при добыче щебня, песка и облицовочного камня земель в среднем составляет 1.0, 0.5 и 0.1 км² на карьер соответственно. Расчеты показали, что нарушенные при добыче данных видов строительного сырья земли занимают около 0.03% территории Ленинградской области. Выявлено, что наибольшая скорость увеличения площади нарушенных земель наблюдается при добыче песка.

Оценка влияния нарушенных земель на экологическое состояние ландшафтов возможна по результатам анализа состояния растительности. Для определения влияния добычи строительного сырья на состояние растительного покрова по спутниковым снимкам вычисляли вегетационные индексы NDVI, GNDVI и NDWI. На основе рассчитанных значений указанных индексов установлено, что карьеры по добыче строительного сырья в Ленинградской области не оказывают значительного негативного влияния на растительный покров даже в непосредственной близости от своих границ.

ГИС-технологии в настоящее время являются одним из наиболее эффективных и перспективных направлений в области оценки масштабов нарушенных при добыче полезных ископаемых земель, позволяющих получить достоверную информацию независимо от территориального расположения объекта и использовать данные за предшествующие исследованию периоды при минимальных физических и временных затратах.

УДК 632.122.2

СОВРЕМЕННЫЕ ПОДХОДЫ К РЕКУЛЬТИВАЦИИ НЕФТЕЗАГРЯЗНЕННЫХ ПОЧВ

Леднев А.В.

Удмуртский ФИЦ УрО РАН, Ижевск
E-mail: av-lednev@yandex.ru

Многолетними наблюдениями установлено, что даже при современных способах разработки нефтяных месторождений около 1-16% нефти и продуктов ее переработки теряется в процессе добычи, подготовки, транспортировки и использования, так как на всех этих этапах периодически возникают аварийные ситуации, при которых происходит загрязнение окружающей среды.

К настоящему времени проведено большое количество исследований влияния нефти на свойства почвы, предложено производству несколько схем их рекультивации. Однако полученные данные весьма

противоречивы и требуют адаптации к конкретным почвенно-климатическим условиям.

Для разработки наиболее эффективных технологий рекультиваций нефтезагрязненных почв, расположенных в Европейской части южно-таежной лесной зоны, нами с 1996 по 2019 г. проведено 12 полевых и четыре производственных опыта. В опытах изучались различные системы применения удобрений (минеральная, органическая и органоминеральная), дозы внесения удобрений и мелиорантов, сельскохозяйственные культуры, биопрепараты и их носители. Контролем являлись аналогичные варианты с загрязненной почвой без применения удобрений, мелиорантов и биопрепаратов.

Многолетними исследованиями установлено, что выбор технологии биологической рекультивации должен быть основан на предварительном анализе следующих факторов: 1) вид загрязнителя (сырая или товарная нефть, нефтеводосолевая эмульсия); 2) степень загрязнения (слабая, средняя, сильная, очень сильная); 3) вид угодий (пашня, кормовые угодья, лес и др.) и его культуртехническое состояние; 4) тип почвы (дерново-подзолистые, болотные и др.) и степень их окультуренности (деградации).

В случае слабой и средней степени загрязнения проведение биологической рекультивации должно быть основано на системе агротехнических мероприятий (последовательных механических обработок, внесении в загрязненную почву мелиорантов, органических и минеральных удобрений, выращивании культур, устойчивых к нефти). Цель этих мероприятий – создание в загрязненной почве оптимальных условий для жизнедеятельности аборигенных углеводородокисляющих микроорганизмов.

В случае сильного и, тем более, очень сильного нефтяного загрязнения основной упор при проведении биологической рекультивации должен быть сделан на использовании биологических препаратов нового поколения. Они должны включать разные ассоциации микроорганизмов-нефтеразрушителей, разрыхлители (стружку, опилки, солому, торф и др.), комплекс питательных соединений и регуляторов роста и биосурфактанты, которые обеспечивают более тесный контакт биопрепаратов с загрязненной почвой.

Если дерново-подзолистые почвы загрязнены сырой нефтью или, тем более, нефтеводосолевой эмульсией, необходима замена внесения известняковой муки сыроломатым гипсом или фосфогипсом.

Особенно сложный случай – рекультивация нефтезагрязненных переувлажненных болотных почв. Без проведения предварительного осушения применение механических обработок только увеличивает период их восстановления. Чтобы снизить затраты на рекультивацию, предлагаем использовать экологически безопасные гидрофобные сорбенты с ассоциациями анаэробных нефтеокисляющих микроорганизмов.

Таким образом, в случае учета всех вышеперечисленных факторов, сопутствующих нефтяному загрязнению земельных участков, удастся значительно повысить эффективность биологической рекультивации, снизить срок ее проведения и сметную стоимость.

На основании проведенных многолетних исследований в 2019 г. разработан «Типовой проект рекультивации загрязненных и нарушенных почв в результате нефтедобычи».

Часть работ по разработке технологий рекультивации нефтезагрязненных почв выполнена при поддержке гранта РФФИ № 18-416-180005 p_a.

УДК 631.41; 631.45; 631.48

ЦЕЛЛЮЛОЗОЛИТИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ КАК ПОКАЗАТЕЛЬ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ТЕХНОГЕННО НАРУШЕННЫХ ПОЧВ

Леднев С.А., Королева Т.В., Кречетов П.П., Семенов И.Н., Шарапова А.В.
Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Москва
E-mail: avsharapova@mail.ru

Целлюлозолитическая активность (ЦА) – один из важнейших показателей функционирования почвенных экосистем, который широко используется для оценки экологического состояния природных и техногенно нарушенных почв. В представленных материалах обобщены результаты наблюдений за ЦА почв полупустынных ландшафтов Кызылординской области Республики Казахстан, лесостепных – Тульской, лесных – Калужской и Амурской областей России.

Поставлен эксперимент по полевому моделированию влияния на ЦА почв различных нагрузок углеводородного горючего (УВГ) на примере керосина (120, 600, 1200, 3000, 6000 г/м²) и раствора серной кислоты (0.5 и 1.12 моль Н⁺/м²). Для оценки влияния загрязнителей на интенсивность микробиологической деструкции загрязненных органических остатков были исследованы фрагменты льняного полотна, пропитанные керосином, раствором серной кислоты, а также с нанесенным на поверхность бурым углем и пиритом. ЦА почв определялась по скорости потери массы фрагментов льняного полотна (2300 шт.), помещенных в слое 0-10 см почвы.

Исследование выполнено на четырех ключевых участках, отражающих ландшафтные особенности и специфику техногенного воздействия на почвы в различных физико-географических условиях.

В дерново-подзолистых почвах низкие нагрузки керосина приводят к увеличению скорости разложения льняного полотна в три раза, тогда как при максимальной нагрузке УВГ ЦА снижается на

10-80%. В буроземах наблюдается подавление ЦА во всех вариантах внесения загрязнителя на 3.9-100%. Аналогичная закономерность установлена при малых нагрузках УГВ для аллювиальных почв подзоны южной тайги. На максимальной нагрузке (6000 г/м²) ЦА в этих почвах уменьшается незначительно (до 2%). Внесение УГВ в болотные почвы приводит к снижению биологической активности при увеличении нагрузки загрязнителя от 16 до 70%. В почвах полупустынных ландшафтов внесение любого количества УГВ приводит к подавлению ЦА на 25-60%. Пропитанные УГВ тест-объекты оказались мало доступны для биологической деструкции во всех исследованных почвах.

В выщелоченных черноземах, испытывающих длительное воздействие кислых стоков (рН от 2.1 до 3.5 ед.) от терриконов бурогольных шахт, ЦА ниже, чем в природных почвах, на 63-91%. Влияние стоков на ЦА уменьшается по мере удаления от источника воздействия. В техногенно нарушенных лугово-черноземных почвах ингибирование ЦА по сравнению с фоном ниже на 53%, тогда как в выщелоченных черноземах зоны влияния терриконов угольных шахт снижение скорости разложения льняного полотна по сравнению с фоном достигает 88%. В незадернованных техногенных субстратах терриконов, а также в почвах рекультивированных и спланированных отвалов, покрытых растительностью, ЦА составляет не более 55% от уровня, установленного для природных выщелоченных черноземов. Результаты модельных экспериментов показали, что ЦА в выщелоченных черноземах, испытывающих кратковременное воздействие серной кислоты, на 50-60% меньше по сравнению с контролем. При этом внесение кислоты в лугово-черноземных почвах, напротив, вызывает стимуляцию ЦА на 33-43%. Смачивание тест-объектов кислотой ускоряет разложение льняного полотна в выщелоченном черноземе, тогда как в лугово-черноземной почве достоверного влияния этого вида воздействия на ЦА не установлено. Нанесение угля и пирита на поверхность тест-объекта снижает его доступность для разложения в выщелоченных черноземах на 97 и 81% соответственно и незначительно повышает скорость деструкции в лугово-черноземных почвах на 37 и 11%.

Влияние сернокислых стоков оценено в рамках проекта РФФИ № 20-35-70066, керосина – проекта РФФИ № 19-29-05206.

УДК 631.48 (470.13-924.82)

ПЕРВИЧНОЕ ПОЧВООБРАЗОВАНИЕ НА КАРЬЕРАХ ПОСЛЕ ПРОВЕДЕНИЯ ЛЕСНОЙ РЕКУЛЬТИВАЦИИ В ПОДЗОНЕ СРЕДНЕЙ ТАЙГИ (РЕСПУБЛИКА КОМИ)

Лиханова И.А., Кузнецова Е.Г., Лаптева Е.М., Денева С.В.

Институт биологии ФИЦ Коми НЦ УрО РАН, Сыктывкар

E-mail: likhanova@ib.komisc.ru

Изучено первичное почвообразование на нарушенных территориях в подзоне средней тайги на северо-востоке европейской части России (Республика Коми). Объекты исследования – два карьера по добыче полезных ископаемых (песка) после проведения лесной рекультивации по традиционной технологии (посадка двухлетних сеянцев сосны без посева трав и внесения удобрений). В качестве фоновых выбраны ненарушенные лесные сообщества вблизи карьеров, на территории которых заложены опорные разрезы.

Изучение динамики формирования растительности и почв на начальном этапе сукцессии (за период около 20 лет) показало функциональную взаимосвязь процесса почвообразования с формированием растительного покрова, развитие которого в свою очередь обусловлено свойствами субстрата. На песчано-супесчаном субстрате последовательная смена растительности (культуры сосны на стадии приживания, формирование мохового покрова → культуры с сомкнутостью крон менее 0.2, напочвенный покров из пионерных мхов → молодое лесное сообщество с сомкнутостью крон 0.4-0.5) обусловила развитие почв в ряду от псаммоземов гумусовых к псаммоземам гумусовым оподзоленным отдела слабозрелых почв. На суглинистом субстрате в процессе сукцессии растительности (культуры сосны на стадии приживания, формирование травостоя → культуры сосны с сомкнутостью крон менее 0.2, травяной ярус → молодое лесное сообщество с сомкнутостью крон 0.4-0.5, деградация травостоя) формируется ряд почв от пелоземов гумусовых к пелоземам гумусовым элювиированным.

Ведущие процессы в формировании почв – образование органических горизонтов и гумусонакопление, интенсивность которых зависит от степени развития растительного сообщества. Усложнение его структуры и увеличение проективного покрытия/сомкнутости ярусов обусловили увеличение поступления растительной мортмассы и тем самым ускорение накопления органического углерода во втором 10-лети сукцессии по сравнению с первым. Накопление органического вещества и элементов-биогенов в гумусово-аккумулятивном горизонте шло активнее на суглинистом карьере с хорошо развитым травостоем, поскольку на более легком по гранулометрическому составу субстра-

те травостой был разрежен и значительную роль в формировании напочвенного покрова играли пионерные мхи. За практически два 10-летия в верхнем 20-сантиметровом слое песчано-супесчаных почв накапливается до 2.5 т/га органического углерода, суглинистых – 7.3 т/га. Разница обусловлена не только лучшим развитием растительного покрова на суглинках, но и высоким содержанием глинистых частиц, способных стабилизировать органическое вещество.

Почвы карьеров по сравнению с фоновыми почвами подзолистого типа характеризуются большей долей лабильного компонента в составе новообразованного органического вещества гумусово-аккумулятивных горизонтов, низкой степенью сформированности гумусовых кислот, максимальной экстрагируемостью водой органических соединений из твердой фазы. Процесс почвообразования характеризовался подкислением верхних горизонтов почв, сопровождающимся выщелачиванием карбонатов. Подкисление суглинистых почв происходит медленнее, чем песчано-супесчаных, что обусловлено, по-видимому, как литогенными свойствами субстрата, так и характером опада, содержащего значительное количество травянистых остатков. Минеральная часть формирующихся почв на обоих карьерах преобразована незначительно: во втором 10-летию сукцессии отмечены слабо выраженные процессы элювирования и иллювирования (инициация подзолообразования), о чем свидетельствуют морфологические признаки (наличие осветленных минеральных зерен и белесоватые пятна в горизонте под подстилкой), элювиально-иллювиальное распределение полуторных оксидов, а также в профиле суглинистых почв перераспределение фракции физической глины.

УДК 631.4

МНОГОЛЕТНИЙ МОНИТОРИНГ ЗЕМЕЛЬ ПОСЛЕ ПРОВЕДЕНИЯ РЕКУЛЬТИВАЦИИ

Маркарова М.Ю., Надежкин С.М.

Федеральный НЦ овощеводства, пос. ВНИИССОК

E-mail: myriam@mail.ru

Рекультивация земель после нефтяных разливов – это не только вопрос об очищении почв и создании растительного покрова, это в глобальном смысле вопрос о восстановлении биогеоценотических связей в новых субстратных условиях. Вопросы эффективности методов рекультивации дискуссионны, поскольку единых критериев нет. Если критерии опираются на сиюминутные эффекты, то достаточно показать динамику и скорость уменьшения концентрации углеводородов в почве, снижение фитотоксичности. На этом основаны критерии

приемки земель после рекультивационных работ, во многом и представление разработчиками методов рекультивации. Если интересует долговременный эффект и оценка последствий проведенных работ, требуются многолетние исследования и мониторинг почвы, микрофлоры, растительности.

Для оценки эффективности различных способов рекультивации земель на месторождениях нефти в НАО и Республике Коми проведены полевые исследования на участках рекультивации разных лет с учетом методов и экотопических условий. Временной охват исследований составил 30 лет. По качественным показателям трансформации нефти и изменению биологической активности почв проведена оценка технологий с сохранением естественного режима увлажнения и временным осушением участков на стадии технической рекультивации, применения биопрепаратов и агротехнических приемов на этапе биологической рекультивации. Определены особенности смены растительных сообществ после проведения фиторемедиации.

Первоначально скорость очищения почвы зависит от эффективности подготовительных работ стадии технической рекультивации и примененных биологических и биотехнологических приемов на биологическом этапе. Впоследствии (в течение 5-10 лет после рекультивации) эффекты выравниваются, главным фактором доочищения почвы становится развитие растительности и восстановление естественного уровня увлажнения. Возврат экосистем к исходному состоянию – процесс длительный и сопряжен не только со сменой растительных сообществ, но и с поэтапной сукцессией микробного пула почв. В процессе биотрансформации нефти происходит изменение состава почвенного органического вещества, что на 10-летия определит отличие восстановленных после загрязнения участков от фоновых, не затронутых нефтяным загрязнением. Полученные результаты позволяют дать оценку таким понятиям, как достаточность рекультивационных работ и длительность последующего восстановительного процесса, а соответственно и предложить разделить эти понятия в нормативных документах.

Работа выполнена при поддержке Проекта фундаментальных исследований РАН № 18-29-05028.

УДК 631.467

**ДИНАМИКА БИОТЫ
В УСЛОВИЯХ РЕКУЛЬТИВАЦИИ ЭКОСИСТЕМ
С НЕФТЯНЫМ ЗАГРЯЗНЕНИЕМ**

Мелехина Е.Н.

Институт биологии ФИЦ Коми НЦ УрО РАН, Сыктывкар

E-mail: melekhina@ib.komisc.ru

Нефтяное загрязнение – значимый для европейской Субарктики фактор нарушения природных экосистем. Были исследованы закономерности долговременной динамики почвенной микрофауны в загрязненных нефтью сообществах после рекультивации.

Наблюдения были проведены в Усинском районе Республики Коми в тундровых сообществах крайнесеверной тайги. Получены данные за 17-летний период восстановления биоты торфяно-болотных почв после сильного нефтяного загрязнения. Объект мониторинга – экспериментальный участок № 20 на территории Возейского нефтяного месторождения. На участке были апробированы разные методы ремедиации: с участием биопрепаратов нефтеокисляющего действия Универсал, Родер, Омуг, ПЕТРОЛАН, а также агрохимической обработки почвы.

Установлена связь сукцессии зооценоза со степенью развития и составом растительного сообщества на участках рекультивации. Показана смена доминирующих таксонов беспозвоночных в ходе сукцессии фитоценоза. На ранних стадиях сукцессии в структуре населения микроартропод наблюдалось доминирование мезостигматических клещей и личинок двукрылых. По мере развития растительного покрова повышалась численность беспозвоночных, увеличивалось их разнообразие. На стадии высокого проективного покрытия сеяных злаков наблюдался рост численности коллембол. Панцирные клещи (орибатиды) выступали в качестве биоиндикаторов поздних стадий сукцессии почвенной биоты. Показано, что восстановление почвенного зооценоза зависит от содержания рекультивационных мероприятий.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 18-29-05028 мк.

УДК 504.062.4

БИОРЕКУЛЬТИВАЦИЯ НЕФТЕЗАГРЯЗНЕННЫХ ПОЧВ В УСЛОВИЯХ КОЛЬСКОЙ СУБАРКТИКИ

Мязин В.А.¹, Корнейкова М.В.¹, Васильева Г.К.²

¹ Институт проблем промышленной экологии Севера Кольского НЦ РАН,
Апатиты

E-mail: myazinv@mail.ru

² Институт физико-химических и биологических проблем почвоведения РАН,
Пушино

Одной из основных экологических проблем Северных регионов России является загрязнение территории нефтью и нефтепродуктами, что обуславливает необходимость разработки эффективных методов очистки и восстановления нефтезагрязненных земель. Несмотря на все преимущества биорекультивации, использование биологических методов очистки в условиях Арктики и Субарктики всегда связано с низкой биологической активностью почв севера и высокой уязвимостью природных экосистем. Кроме того, имеются специфические условия, характерные для того или иного региона. Например, на территории Мурманской области, где проводились исследования, большие площади заняты плосковерхими горными массивами, холмогорьями, невысокими грядами и плато, преобладают почвы легкого гранулометрического состава с низким содержанием органического вещества. В таких условиях возрастает риск загрязнения сопредельных территорий в результате смыва нефтепродуктов вниз по склону с их накоплением в почве понижений и водоемов.

Решением данной проблемы может стать технология сорбционной биоремедиации загрязненных почв, основанная на использовании сорбентов разных классов, которые существенно расширяют возможности биологической очистки нефтезагрязненных почв. Внесение в почву оптимальных доз сорбентов обеспечивает более благоприятные условия для активации аборигенных или специально вносимых микроорганизмов-нефтедеструкторов, а также для роста растений-фитомелиорантов. Основные механизмы положительного действия сорбентов связаны со снижением фито- и микроботоксичности загрязненных почв за счет сорбции углеводов и их токсичных метаболитов, а также за счет снижения гидрофобности почв, повышения их влагоемкости и пористости. Кроме того, сорбенты, в частности активированный уголь, препятствует вымыванию углеводов и еще более токсичных и подвижных продуктов их окисления в грунтовые и поверхностные воды, что создает условия для проведения очистки *in situ*.

Апробирование метода сорбционной биоремедиации в условиях лабораторного эксперимента на почве с горы Каскама (Мурманская область), загрязненной горюче-смазочными материалами, подтвердило его эффективность. Полученные данные показали, что использование гранулированного активированного угля повышает эффективность биодеструкции углеводородов. В этих вариантах увеличивается активность углеводородокисляющих микроорганизмов, о чем свидетельствует рост дегидрогеназной активности в 40 раз. За четыре месяца количество нефтепродуктов в почве с внесением активированного угля снизилось на 78-91%, а эффективность очистки увеличилась на 23-36% по сравнению с контролем.

Оценка фитотоксичности почвы показала, что загрязненная почва при внесении гранулированного активированного угля через два месяца становится менее токсичной, о чем свидетельствует увеличение длины корней и высоты проростков овса в данном варианте. Улучшение трофического режима почв и снижение фитотоксичности позволит проводить на загрязненных участках работы по фиторекультивации и ускорить процесс очистки и восстановления.

УДК: 631.481

ПЕРВИЧНОЕ ПОЧВООБРАЗОВАНИЕ В ПОСТТЕХНОГЕННЫХ ЛАНДШАФТАХ ЯКУТИИ

Петров А.А.

НИИ прикладной экологии Севера им. проф. Д.Д. Саввинова, Якутск
E-mail: Petrov_Alexey@mail.ru

Северные территории России являются центрами добычи алмазов, золота, полиметаллов, нефти и газа и других полезных ископаемых, которые неизбежно приводят к нарушению основных компонентов природной среды и в первую очередь – почвенно-растительного покрова. В настоящее время прослеживается четкая тенденция роста техногенных земель, самовосстановление которых протекает крайне медленными темпами, а практически любое воздействие техники отражается на функционировании естественных экосистем. В этой связи главной задачей человека является ускорение процесса восстановления нарушенных экосистем. Отсюда очевидна необходимость изучения почвообразовательного процесса в техногенных ландшафтах.

Объектами исследований являются разновозрастные отвалы вскрышных пород, сформированные при разработке месторождений алмазов, золота и каменного угля. Отвалы представляют собой аккумулятивные формы неорельефа, имеющие чаще всего трапециевидную форму с относительно выровненной поверхностью на их вершине, высота отвалов достигает до 20-60 м. Исследованные отвалы располо-

жены в зоне сплошного распространения многолетнемерзлых пород, в природно-климатических подзонах средней тайги, северной тайги, лесотундры и в области высотной поясности. Климат исследованных территорий резко континентальный, криоаридный.

В данной работе использована профильно-генетическая классификация почв техногенных ландшафтов, на основании которой выделены два класса молодых почв: литогенно неразвитые и биогенно неразвитые. Класс литогенно-неразвитых почв представлен типом элювиоземы инициальные, а класс биогенно-неразвитых почв – типами эмбриоземы инициальные, эмбриоземы органо-аккумулятивные и эмбриоземы дерновые.

Класс литогенно-неразвитых почв представляют собой плотные или грубообломочные массивно-кристаллические или в различной степени метаморфизированные осадочные породы с незначительным содержанием мелкозема и фракций физической глины. Эти грунты характеризуются развитием процессов, направленных на подготовку субстрата к почвообразованию, главным образом, разрыхлению плотных пород.

Молодые почвы класса биогенно-неразвитых почв сформированы на нефитотоксичных грунтах с супесчаными или суглинистыми гранулометрическим составом.

Эмбриоземы инициальные представляют собой инициальную стадию развития биогенно неразвитых почв, процессы почвообразования сводятся к разложению органического вещества, унаследованного от исходных пород, накоплению пула микроорганизмов. Морфологический признак эмбриозем инициальных – полное отсутствие биогенного горизонта, растительность представлена единичными экземплярами рудеральной растительности, обладают супесчаным гранулометрическим составом, уплотнены, реакция среды преимущественно нейтральная или слабощелочная, содержание биогенных элементов несущественное.

Эмбриоземы органо-аккумулятивные представляют собой органо-аккумулятивную стадию эволюционного развития биогенно неразвитых почв, процессы почвообразования сводятся к накоплению растительных остатков на поверхности молодой почвы и накоплению пула микроорганизмов. Почвенный профиль по-прежнему не дифференцирован, но на поверхности накапливается слой неразложившейся подстилки, растительность представлена хвощовыми или разнотравными сообществами, проективное покрытие которых составляет 80-100%, реакция среды в основном нейтральная, реже встречаются кислые или слабощелочные, содержание биогенных элементов небольшое.

Эмбриоземы дерновые представляют собой следующую стадию развития биогенно неразвитых почв, процесс почвообразования сводится к разложению накопленных растительных остатков и фор-

мированию дернового горизонта. В строении профиля выделяется дерновый горизонт, растительность представлена разнотравными сообществами с проективным покрытием 80-100%, обладают супесчаным гранулометрическим составом, не уплотнены, реакция среды слабощелочная, реже щелочная, содержание общего углерода в дерновом горизонте высокое и с глубиной уменьшается.

Таким образом, в посттехногенных ландшафтах Якутии выделены два класса молодых почв: литогенно неразвитые и биогенно неразвитые. Класс литогенно неразвитых почв представлен типом элювиоземы инициальные, а класс биогенно неразвитых – типами эмбриоземы инициальные, эмбриоземы органо-аккумулятивные и эмбриоземы дерновые, которые находятся в инициальной, органо-аккумулятивной или стадии дернообразования. Процесс почвообразования в техногенных ландшафтах в суровых природно-климатических условиях Якутии протекает крайне медленно, стадии накопления гумуса не зафиксировано.

УДК: 622.882

ПРОБЛЕМЫ СОХРАНЕНИЯ И ХРАНЕНИЯ ПЛОДОРОДНОГО СЛОЯ ПОЧВЫ

Пономарева Т.Н., Петроченко Д.А.
ООО «Научно-проектный центр ВостНИИ», Кемерово
E-mail: 89234922771@mail.ru

В соответствии со ст. 12 Земельного кодекса РФ целями охраны земель являются предотвращение и ликвидация загрязнения, истощения, деградации, порчи, уничтожения земель и почв и иного негативного воздействия на земли и почвы, а также обеспечение рационального использования земель, в том числе для восстановления плодородия почв на землях сельскохозяйственного назначения и улучшения земель.

Лица, деятельность которых привела к ухудшению качества земель (в том числе в результате их загрязнения, нарушения почвенного слоя), обязаны обеспечить их рекультивацию.

Известно, что по скорости восстановления почвенно-экологических функций в техногенном ландшафте только создание искусственных почвенно-экологических систем (нанесение плодородного слоя почвы) позволяет действительно эффективно восстанавливать многие почвенно-экологические функции нарушенных экосистем. Таким образом, наиболее эффективным приемом восстановления природных систем является рекультивация нарушенных земель с нанесением плодородного слоя почвы (ПСП).

Возможность проведения работ по восстановлению (рекультивации) земель во многом зависит от качества и количества снятого ПСП.

Требования к определению норм снятия ПСП изложены в ГОСТ 17.5.3.06-85, пригодность ПСП для целей биологической рекультивации – ГОСТ 17.5.1.03-86, ГОСТ 17.5.3.05-84. Снятие и транспортировку ПСП, его складирование и хранение, охрану от загрязнения, нанесение на рекультивируемые поверхности проводят в соответствии с ГОСТ 17.4.3.02-85.

Однако на практике при решении задач по рекультивации встречаются следующие проблемы: неселективное снятие ПСП, потери и загрязнение ПСП при транспортировке и хранении, ухудшение качества ПСП при хранении.

Во многом это связано с отсутствием на предприятиях специализированной техники для снятия почвы (скреперов).

В процессе снятия ПСП нарушается свойственная почвам естественного сложения дифференциация по физическим свойствам, содержанию гумуса, минералогическому и гранулометрическому составу. Применение экскавационных машин фрезерного типа на снятии ПСП позволяет обрабатывать сложно-структурные контуры почв с разной мощностью гумусовых горизонтов с минимальным их засорением подстилающими малопродуктивными породами, а также свести до минимума потери ПСП за счет выемки ПСП на полную мощность до контакта с подстилающими вскрышными породами.

Согласно ГОСТу 17.4.3.02-85, ПСП, не использованный сразу в ходе работ, должен быть сложен в бурты, соответствующие требованиям ГОСТ 17.5.3.04-83. Высота буртов зависит от площади снятия ПСП, а также мощности гумусово-аккумулятивного горизонта почв на земельном участке и достигает иногда 8 м и более. С целью удобства последующей отгрузки ПСП высота склада не должна превышать 10 м. Максимальный срок хранения ПСП в различных источниках сильно отличается. Согласно ГОСТ 17.4.3.02-85, ПСП может храниться в буртах в течение 20 лет, а в соответствии с «Методическими указаниями по проектированию рекультивации нарушенных земель на действующих и проектируемых предприятиях угольной промышленности» – в течение 10 лет.

Свойства материала ПСП на всех этапах технологической цепочки от его снятия с естественной почвы до нанесения его на поверхность поля рекультивации не остаются исходными. По данным проведенных исследований, качество ПСП при сохранении в буртах более 10 лет в условиях Сибири приводит к заметному снижению содержания гумуса в материале ПСП и значительному ухудшению всего комплекса показателей, отвечающих за общее плодородие почв.

В целях решения проблем сохранения и хранения ПСП необходимо разрабатывать и внедрять в проектировании новые технологии

добычи полезных ископаемых, позволяющие снимать ПСП сразу же наносить на спланированные породные отвалы, совершенствовать нормативно-правовое регулирование вопросов организации хранения ПСП.

Так, необходимо на уровне государственного стандарта установить предельные сроки хранения ПСП, предельную высоту складов ПСП, технологические схемы формирования, хранения и использования складов ПСП, ведение производственного контроля за качеством ПСП.

УДК 631.4

ОСОБЕННОСТИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ПОЧВАХ АРИДНЫХ ТЕРРИТОРИЙ

**Сангаджиева Л.Х., Даваева Ц.Д., Цомбуева Б.В., Сангаджиева О.С.,
Есенаманова М.С.**

Калмыцкий государственный университет им. Б.Б. Городовикова, Элиста
E-mail: chalga_ls@mail.ru

Территория Калмыкии расположена в зоне полупустыни, отличительной чертой которой является комплексность почвенного и растительного покрова, проявляющаяся в мозаичном сочетании степных и пустынных участков. Такое сочетание обусловлено обилием солонцов и солончаков, распространенных в республике повсеместно. Проведено обследование почв Северо-Западного Прикаспия Российской территории и Республики Казахстан. Определены особенности распределения 25 элементов в почвенно-экологическом Прикаспийском округе в полупустынной почвенно-климатической области, где изучены два округа – Черноземельский и Прикаспийский. На этой территории расположены три административных района Калмыкии и один район Казахстана. Полупустынная почвенно-биоклиматическая область расположена на равнинной территории юго-востока и востока республики. Прикаспийская провинция характеризуется как зона светлокаштановых и бурых почв, солонцовых комплексов, песчаных массивов и солончаков.

Оценку экологического состояния исследованных почв проводили по величине валового содержания химических элементов в почвах и по показателям прочности удержания металлов почвами. Приморская часть Прикаспийской низменности территории Калмыкии – это провинция бурых почв, солонцовых комплексов, песчаных массивов и пятен солончаков. Исследуемые почвы имеют легкий гранулометрический состав, вплоть до маршевых песков на морских отложениях. Наибольшая вариабельность у Ti, Cr, V, Cu, Zn, As, Mo, Cd, Pb. Большая вариабельность токсичных тяжелых металлов Cd и Pb

объясняется приуроченностью к источникам загрязнения – заправочным станциям, интенсивному дорожному движению. В Жылыойском районе Республики Казахстан – бурые полупустынные почвы легкого гранулометрического состава, сильно засоленные из-за развития их на морских отложениях.

Исследование почвенного покрова в последние годы дало основание предполагать, что на Прикаспийской низменности возможно присутствие ареалов с природным дефицитом или избытком и других, пока мало изученных химических элементов. Уровень содержания тяжелых металлов частично наследуется почвами от материнских пород, о чем свидетельствует коэффициент концентрирования выше 1 или близкий к нему, но оказалось, что на территории РК есть территории с существенными различиями: от очень низкого до очень высокого уровня. Низкое валовое количество свойственно почвам, сформировавшимся на песках и супесях, высокое – почвам тяжелого гранулометрического состава. Главный фактор этого различия – неодинаковая насыщенность тяжелыми металлами песчаных, пылеватых и глинистых частиц, причем высокое насыщение многими тяжелыми металлами основных носителей илистых частиц является не столько современным, сколько реликтовым: оно уже имело место в осадочных отложениях, ставших материнскими породами. Таким образом, мы имеем дело с природной почвенно-геохимической провинцией, обогащенной выше гигиенического норматива As, негативное проявление которого, однако, в силу объективных причин отсутствует.

Подобного рода случаи, когда почвы содержат большое количество малоподвижного химического элемента, возможны и в других местах. Их следует рассматривать как потенциальные биогеохимические провинции, где переход малоподвижных форм элемента в подвижные произойдет при изменении свойств почвы. Применительно к As в почве должна возрасти щелочность до pH 9-10, чтобы элемент стал мобильнее. Подщелачивание почвы часто происходит при ее техногенном загрязнении. Подобные потенциально опасные биогеохимические провинции, по-видимому, могут изменить свой экологический статус и при других видах хозяйственной деятельности человека. Поэтому поиск, оконтуривание, изучение почвенно-геохимических особенностей таких территорий должны быть представлены в региональном мониторинге.

УДК 631.618

РЕКУЛЬТИВАЦИЯ ТЕХНОГЕННО НАРУШЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ КУЗБАССА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ОТХОДОВ УГЛЕОБОГАЩЕНИЯ

Семина И.С.¹, Куляпина Е.Д.²

¹ Сибирский государственный индустриальный университет, Новокузнецк
E-mail: semina.i@mail.ru¹

² Институт почвоведения и агрохимии СО РАН, Новосибирск
E-mail: kulaypina@issa-siberia.ru²

В настоящее время Кузбасс является одним из основных угледобывающих регионов страны. Разработка и добыча угля на угольных месторождениях сопровождается образованием значительного количества отходов, объемы которых обусловлены масштабами добычи полезных ископаемых, технологией отработки их запасов и обогащения углей. Согласно ГОСТ 30772-2001, классифицировать углеотходы можно как техногенное минеральное сырье, а их скопления – как техногенные месторождения угольного ряда. Состав и свойства отходов углеобогащения обусловлен геохимическим составом углей, свойствами вскрышных и вмещающих пород, особенностями технологии обогащения.

Первый вид отходов – это так называемый «кек», во влажном состоянии пастообразная пластичная масса, при высыхании порошкообразный материал, состоящий в основном из мелких частиц угля и минеральных частиц. Пастообразное, слаботекучее состояние «кека», большое содержание углистых частиц делает этот материал значительно менее плотным, чем каменистые отходы. Плотность «кека» во многом зависит от влажности, степени уплотнения в процессе складирования и от технологии обогащения.

Второй вид отходов – это крупные обломки горных пород от 1 до 30 см в диаметре, также с определенной примесью углистых частиц. Физические свойства отходов углеобогащения обусловлены их агрегатным состоянием. На основании проведенных исследований рекультивированных участков с использованием отходов углеобогащения можно отметить, что в поверхностных слоях плотность сложения составляет 1.4-1.8 г/см³, что делает этот субстрат мало проницаемым для воды и корней растений. Высокая плотность субстрата отвалов обусловлена каменистостью пород, а также сильным уплотнением при формировании отвала. Другим лимитирующим фактором восстановления нарушенных ландшафтов является незначительное содержание основных элементов питания во вскрышных породах, а именно, содержание валового азота и фосфора. Материал отвала исследованных субстратов характеризуется щелочной реакцией

среды, которая варьирует в интервале от 8.00 до 10.9. Наибольшие значения рН от 9.2 до 10.9 характерны для горизонтов, сложенных углевмещающими породами, отсеянными при обогащении.

Физические свойства «кека» на выходе после обогащения не позволяют размещать данный вид отходов в отвалах, необходимы специальные шламохранилища и дополнительные материалы для их безопасного размещения.

Физические свойства каменистых отходов схожи с субстратом вскрышных и вмещающих пород, размещаемых в отвалах. Следовательно, данный вид отходов может размещаться в отвалах, поэтому применение технологии рекультивации с использованием вмещающих и вскрышных пород, являющихся отходами углеобогащения, позволяет достаточно эффективно выполнять горнотехническую рекультивацию.

Однако проведенные исследования показали непригодность данного материала для биологической рекультивации, в связи с чем необходимо проводить формирование корнеобитаемого слоя на спланированной поверхности из материалов, пригодных для биологической рекультивации. Это является необходимым условием для повышения почвенно-экологической эффективности рекультивации, создания устойчивого растительного покрова и формирования территорий с различным функциональным назначением.

Исследования выполнены при финансовой поддержке РФФИ и Кемеровской области в рамках научного проекта № 20-44-420006\20.

УДК 504.062.4

ФУНКЦИОНИРОВАНИЕ ПОЧВЕННО-РАСТИТЕЛЬНЫХ СООБЩЕСТВ И ДЕПОНИРОВАНИЕ МЕТАЛЛОВ НА ЩЕЛОЧНЫХ ГЕОХИМИЧЕСКИХ БАРЬЕРАХ В СУБАРКТИКЕ

**Слуковская М.В.^{1,2}, Васенев В.И.², Долгих А.В.³, Иващенко К.В.^{2,4},
Новиков А.И.¹, Кременецкая И.П.¹**

¹Кольский НЦ РАН, Апатиты

²Российский университет дружбы народов, Москва

³Институт географии РАН, Москва

⁴Институт физико-химических и биологических проблем почвоведения РАН,
Пушино

E-mail: slukovskaya.mv@gmail.com, vasenyov@mail.ru, an.dolgikh@gmail.com,
ivashchenko.kv@gmail.com

Конструирование щелочных геохимических барьеров является эффективным способом снижения подвижности тяжелых металлов *in situ* и восстановления нарушенных территорий в зоне влияния

предприятий цветной металлургии. В северных регионах, в том числе в Арктической зоне РФ, процессы восстановления почвенного и растительного покрова осложнены неблагоприятными климатическими условиями.

Целью исследования являлась оценка функционирования техноземов, сконструированных из щелочных горнопромышленных отходов и вспученного вермикулита с точки зрения долговременной эффективности применения данной технологии на территории с высокой степенью загрязнения металлами, обусловленной аэротехногенными выбросами.

Оценка техноземов была проведена путем сопоставления показателей функционирования экосистем – накопления растительной биомассы и органического углерода, микробной активности и дыхания почвы, – с данными, которые отражают процесс депонирования металлов – содержанием металлов в геохимических фракциях, имеющих различную степень подвижности в окружающей среде. Эксперимент проводился на двух участках в импактной зоне медно-никелевого комбината (Мурманская область, г. Мончегорск), почвенный покров которых был представлен хемоземом по абрадированному подзолу (N 67.940050°, E 32.838117°) и хемоземом по торфяной почве (N 67.929761°, E 32.858956°), расположенных на расстоянии 1.5 и 0.7 км от комбината соответственно. Эксперимент был начат в 2010-2013 гг. с использованием карбонатитовых и серпентинсодержащих горнопромышленных отходов и карьерного песка, покрытых слоем вермикулита. Образцы почвы и биомассы были отобраны в 2018 г. для анализа химических и микробиологических свойств. Дыхание почвы измеряли с помощью IRGA. В почвенных образцах определяли содержание органического углерода, базальное (микробное) дыхание и содержание углерода микробной биомассы по методу субстрат-индуцированного дыхания. Последовательное фракционирование металлов проводили по модифицированной схеме Тессiera.

Суммарное накопление растительной биомассы за 5-8 лет эксперимента составляло 4-7 кг/м² для вариантов эксперимента с горнопромышленными отходами и 2 кг/м² – для варианта с песком. Содержание органического углерода через 5-8 лет после начала эксперимента составляло 1.5-2%, что в два-три раза выше, чем в исходных минеральных материалах. Микробная биомасса и почвенное дыхание в техноземах были существенно выше по сравнению с исходной почвой, причем самый высокий положительный эффект отмечен для серпентинсодержащих материалов. Соотношение $C_{\text{орг.}}:N$ и содержание нитратного азота также были наиболее благоприятными в этих вариантах. В варианте с песком все показатели, характеризующие функционирование экосистем, были минимальными.

В верхнем пятисантиметровом слое серпентинсодержащих техноземов до 75% потенциально подвижного никеля и 36% потенциально подвижной меди содержались во фракции, связанной органическим веществом. В техноземах с высоким содержанием кальцита, напротив, 50-90% меди находилось во фракции, связанной с органическим веществом, тогда как доля никеля, связанного этой фракцией, составляла менее 10%. Кроме того, слабощелочная реакция среды способствовала практически полной нейтрализации наиболее токсичной водорастворимой фракции металлов в подстиляющей почве, а также снижению содержания металлов в обменной фракции. Наименее эффективным вариантом минеральных материалов с точки зрения депонирования металлов и функционирования экосистем являлся песок.

Таким образом, конструирование техноземов с использованием серпентинсодержащих горнопромышленных отходов и вспученного вермикулита является эффективным способом ремедиации, при котором развитие растительного и микробного сообществ способствует не только накоплению органического вещества, но и вносит существенный вклад в иммобилизацию металлов на геохимических барьерах.

Исследование выполнено при поддержке гранта РФФИ № 19-77-00077.

УДК 631.4:504.054

ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ПОЧВ И РАСТИТЕЛЬНОГО ПОКРОВА, ФОРМИРУЮЩИХСЯ ПОД ВЛИЯНИЕМ НЕСАНКЦИОНИРОВАННЫХ СВАЛОК БЫТОВЫХ ОТХОДОВ (НА ПРИМЕРЕ РЕСПУБЛИКИ КАРЕЛИЯ)

Тимофеева В.В., Ахметова Г.В., Новиков С.Г.
Институт леса Карельского НЦ РАН, Петрозаводск
E-mail: timofeevavera2010@yandex.ru

Несанкционированные свалки твердых бытовых отходов – большая проблема в современной России. Они формируются стихийно в различных местах и могут представлять угрозу возникновения экологических проблем окружающим экосистемам. Исследования почв и растительного покрова свалок твердых бытовых отходов проводились вблизи населенных пунктов или на некотором удалении от них на территории Водлозерского национального парка (два объекта) и музея-заповедника «Кижы» (семь объектов).

На изученных объектах формируются местные микроклиматические условия, отличные от прилегающих территорий. Почвы непокровных лесом свалок значительно отличаются по температурным

показателям, на участках, практически лишенных живого напочвенного покрова, значения температуры почвы были выше на 10-15 °С по сравнению с контрольными участками. Также значительны перепады суточного хода температуры в верхних слоях почв.

Растительный покров свалок трансформирован и характеризуется присутствием более «южных» черт по сравнению с естественными ненарушенными лесными сообществами. На изученных объектах отмечены 230 видов сосудистых растений. Среди них преобладают аборигенные виды – 71.4%, количество адвентивных видов существенно варьирует (от двух до 38 видов) и зависит от размеров захламленной территории, ее местоположения и типа отходов. Наибольшим разнообразием отличаются крупные свалки у деревень – 72-112 видов. Флора прочих небольших свалок беднее – 25-43 вида. Растительные сообщества сформированы преимущественно лесными (26.4%) и луговыми (28.3%) видами, доля болотных, опушечных, прибрежных и скальных видов в сумме составляет 21.4%. Высоко участие во флоре видов «открытых местообитаний» – 23.9%, это массовые сорные и рудеральные виды, повсеместно встречающиеся на вторичных экотопах по всей территории Карелии; выявлены инвазивные виды: *Epilobium adenocaulon*, *Impatiens glandulifera*, *Malus domestica*, *Sambucus racemosa*.

Деградация почв захламленных территорий во многом зависит от состава мусора. Большинство лесных стихийных свалок не являются серьезными источниками загрязнения тяжелыми металлами и изменения санитарно-гигиенических показателей. Исследования кислотно-щелочных параметров почв показали, что по сравнению с фоновыми почвами произошло изменение этих показателей в сторону уменьшения актуальной кислотности с 5 до 7 и обменной – с 3-4 до 6 рН.

Как известно, все свалки в той или иной степени изменяют эколого-геохимическую обстановку на локальных участках. Как показали наши исследования, в общем для почв свалок характерно повышенное содержание большинства тяжелых металлов. Выявлено загрязнение поверхностного слоя (0-10 см) изучаемых почв цинком (до 9 ОДК), загрязнение свинцом (до 7 ПДК) наблюдается несколько реже, чем цинком. Также обнаружено превышение фона по олову и единичное превышение нормативов по сурьме. На почвах нескольких объектов в единичных пробах выявлено повышенное содержание мышьяка, превышающее нормативы и фон в 10 раз. Обнаружены повышенные концентрации содержания меди, мышьяка, кадмия, никеля в подвижной форме, незначительно превышающие нормы и фоновые показатели. Отмечено высокое количество подвижного свинца – до 7 мг/кг. Также оценено содержание редкоземельных элементов, в некоторых точках опробования изучаемых почв свалок была выявлена повышенная их концентрация – в 1.5-2 раза выше фона.

Территории, захламлинные бытовыми отходами, представляют также и эпидемиологическую опасность. Санитарно-бактериологические исследования показали превышение числа энтерококков в почвах некоторых свалок, индекс бактерий группы кишечной палочки находится на границе допустимых значений.

Исследование выполнено при финансовой поддержке проекта «Sustainability Under Pressure: Environmental Resilience in natural and cultural heritage areas with intensive recreation, SUPER» (№ КА 5033).

УДК 631.45

**РЕМЕДИАЦИЯ ПОЧВ,
ЗАГРЯЗНЁННЫХ ТЯЖЕЛЫМИ МЕТАЛЛАМИ,
ПОСРЕДСТВОМ РЕГУЛЯЦИИ УГЛЕРОДНОГО ЦУЛА:
СВЯЗЬ СТРУКТУРНО-ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК
ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА С ИЗМЕНЕНИЕМ ХИМИЧЕСКИХ,
ФИЗИЧЕСКИХ И БИОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПОЧВ**

Трегубова П.Н.^{1,2}, Копчик Г.Н.¹, Жеребкер А.Я.²

¹ Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Москва

² Сколковский институт науки и технологий, CDISE, Москва

E-mail: tregubova.polin@gmail.com

В условиях постоянного поступления тяжелых металлов (ТМ) в биосферу важнейшую роль играет почвенный покров, являющийся зеркалом всех компонентов окружающей среды и протекающих в ней процессов и первым фильтром на пути миграции поллютантов. Вместе с тем почва является условно-возобновляемым природным ресурсом, что придает особую важность разработкам, направленным на поиски эффективных, научно обоснованных методов восстановления, обеспечивающих долгосрочное стабильное продуктивное состояние экосистем.

В связи с этим большой интерес представляют территории действующих промышленных объектов. В России в число крупнейших загрязнителей входят заводские комплексы Кольской горно-металлургической компании (ГМК) в Мурманской области. Относящийся к ним медно-никелевый комбинат «Североникель» (г. Мончегорск) входит в число крупнейших загрязнителей ТМ окружающей среды в Северной Европе. Пространства, прилегающие к ГМК, представляют собой глубоко нарушенные экосистемы, нуждающиеся в восстановлении. Помимо этого, городские поселения также испытывают экстремальную нагрузку в связи с деятельностью предприятий, являющихся одновременно градообразующими.

В рамках данной работы была произведена общая оценка изменения растительного покрова территории близ ГМК с использованием

инструментария дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ). Территория оценивалась на основании NDVI (normalized vegetation index), также поверхность классифицировалась на тестовой выборке. Для данного блока работ были использованы снимки с 1990 по 2018 г. миссий Landsat TM, ETM+, OLI/TIRS.

В инкубационных экспериментах нами было оценено влияние органических препаратов различного происхождения в сравнении и сочетании с мелиорантами на почвенные свойства для ремедиации загрязненных почв металлов на примере абраземов и подзолов техногенной пустоши близ ГМК. Эксперимент проводился в условиях климатической камеры с температурой, влажностью и освещением, имитирующими условия летнего сезона в районе г. Мончегорск. В эксперименте использовались угольный гумат, торфогель и биоچار, внесенные единообразно с целью стабилизации водорастворимых форм тяжелых металлов. Структурно-функциональные характеристики оценивались методами ИК-Фурье спектроскопии и масс-спектрометрии ионно-циклотронного резонанса с преобразованием Фурье. Для оценки эффекта внесения по окончании эксперимента оценивались химические, физические и токсикологические свойства почв.

По результатам обработки данных ДЗЗ можно заключить, что хотя с 1990 по 2000 г. выбросы ежегодно снижались, на этот период пришлось существенная деградация растительного покрова. Потери составили до 15% в радиусе 10-15 км от ГМК, а в радиусе 2-5 км от ГМК – зоне пустоши – до 65%. В период с 2013 по 2018 г. наблюдается постепенное увеличение растительного покрова, однако скорость восстановления в несколько раз ниже скорости деградации. Порядка половины территории, некогда занятой под растительностью, выходит на поверхность, территория пустоши по-прежнему является непригодной для произрастания растений и, вместе с тем, серьезным источником загрязнения для сопредельных сред и прилегающих территорий.

Исследованные органические добавки потенциально применимы для стабилизации ТМ в почвах, однако их эффективность зависит от уровня загрязнения, добавки с выраженными ароматическими и конденсированными структурами продемонстрировали наибольшую эффективность. При этом зависимость положительного эффекта на состояние почв, тест-культуры и живых организмов нелинейна. Важную роль в восстановлении деградированных почв играет регуляция элементов питания и создание сбалансированных условий для произрастания растений.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 18-04-01028.

УДК 631.4

ПОЧВЫ СЕРНОКИСЛЫХ ГЕОКОМПЛЕКСОВ ЛЕСОСТЕПНЫХ ЛАНДШАФТОВ НА ПАССИВНОЙ СТАДИИ ГОРНОДОБЫВАЮЩЕГО ТЕХНОГЕНЕЗА

Шарапова А.В., Семенов И.Н., Леднев С.А., Королева Т.В.

Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Москва

E-mail: avsharapova@mail.ru

Экологические проблемы районов угледобычи – одни из самых острых в добывающей сфере. На модельной территории площадью 10 тыс. га в Тульской области в пределах старейшего угольного бассейна России – Подмосковского бурогоугольного – комплексно проанализированы природно-техногенные геоконплексы, сформировавшиеся в результате угледобычи и функционирующие в настоящее время на стадии пассивного техногенеза в пределах высокопродуктивных сельскохозяйственных угодий со значительной плотностью населения. При закрытии здесь предприятий, связанных с подземной добычей бурых углей, в большинстве случаев пришахтные территории не были должным образом рекультивированы. В результате на поверхности земли остались значительные массы химически активных S-содержащих веществ, поступающих в почву, растительность и поверхностные воды, что привело к формированию новых геоконплексов, существующих и развивающихся в условиях динамического равновесия с внешними условиями лесостепной зоны.

По результатам комплекса ландшафтно-геохимических исследований диагностированы стадии саморазвития природно-техногенных ландшафтов, сформировавшихся в результате поступления сернокислого угле-песчано-глинистого материала в сопряженные с терриконами и отвалами территории. Воды, дренирующие отвалы и выходящие на поверхность непосредственно у их подножий, характеризуются высокой кислотностью (от 2.1 до 3.5 ед. pH); минерализацией 2-6 г/л; высоким содержанием сульфатов (3200 мг/л), Ca^{2+} (до 698 мг/л), Mg^{+} (457 мг/л) и NH_4^{+} (120 мг/л). У внешнего края зоны влияния терриконов минерализация снижается в шесть раз, содержание сульфатов – в два раза. Наибольшая степень кислотного воздействия наблюдается в фазу начала активной вегетации растений (в том числе всходов сельскохозяйственных культур) и функционирования почвенной микробиоты.

На основании оригинальной типизации горнопромышленных ландшафтов составлена карта ландшафтной организации модельной территории Тульской области М 1:50 000 на площадь 10 тыс. га, а также 13 карт саморазвития (М 1:10 000). Установлено, что горнопро-

мышленные ландшафты занимают до 36% картографируемой площади. Особенности изменений или деградации почвенно-растительного покрова отражают стадии саморазвития ландшафтов Среднерусской лесостепи в старых районах угледобычи. Факторами прогрессирующего развития ландшафтов являются начальное планирование складированных масс, а также их пирогенная трансформация, способствующая уменьшению токсичности субстратов, что, в свою очередь, приводит к интенсификации зарастания техногенных объектов. Доля ландшафтов начальной стадии саморазвития терриконов и отвалов составляет 0.56%, а более поздних стадий – 2% от картографируемой площади. Для стихийно развивающихся ландшафтов пролювиальных шлейфов преобладают наиболее зрелые стадии, которые отличаются формированием стратифицированных почв и сложных фитоценозов, что обусловлено развитием на субстрате, перемещенным водными потоками. Этот процесс способствует более эффективному окислению восстановленных веществ субстрата терриконов.

Для каждой стадии саморазвития охарактеризованы биогеохимические показатели (целлюлозолитическая активность и биологическое потребление кислорода), на основании которых почвы и техногенные поверхностные образования (ТПО) объединены в пять групп по токсичности и биохимическому потенциалу саморазвития. Наиболее токсичные и поэтому незадернованные (или содержащие пионерные группировки растений) техногенные поверхностные образования отвалов и хемоземы делювиально-пролювиальных шлейфов характеризуются минимальной интенсивностью биологической активности. В верхних горизонтах ТПО терриконов, почв шлейфов и прилегающих территорий превышены кларки наиболее токсичных As, Zn, Pb в три-семь раз, а их ПДК и ОДК – в 9-20 раз.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 20-35-70066.

УДК 631.42

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ПОЧВ И ПУТИ ИХ РЕШЕНИЯ

Шестакова Л.Д., Абрамова Л.П., Нижегородова Д.Д.

Уральский государственный лесотехнический университет, Екатеринбург

E-mail: lolita_shestakova_1999@inbox.ru

Становление почвоведения как самостоятельной отрасли естествознания связано с именем великого русского естествоиспытателя В.В. Докучаева и его последователей как в России, так и за рубежом. В его работах прослеживалась постановка тех проблем и вопросов,

которые имеют отношение к экологии почв. Понятие «экология почв» давно используется почвоведом, но в последнее время появилась необходимость расширить это понятие. В настоящее время этот термин перекликается с проблемами охраны окружающей среды. К числу важнейших направлений исследования в почвоведении и экологии почв относятся и работы по биогеоценологическим и глобальным функциям почв. Состояние и благополучие окружающей среды зависит от состояния почвы. Почва – непревзойденный и незаменимый природный очиститель. Мы питаемся плодами растительного мира, пьем прозрачную воду, дышим свежим воздухом благодаря активно работающей почве, а чистая и здоровая почва зависит от состояния внешней среды. Из-за широкого использования человеком почвенного покрова в нем произошли изменения. Во-первых, ослабление противоэрозийных функций почв. Во-вторых, урбанизация. В-третьих, нехватка питательных веществ и многое другое.

Источники нарушения экологии почв: 1) Промышленные предприятия. Самые опасные выбросы отходов те, которые при попадании в почву, негативно влияют на живые организмы. 2) Транспорт. Попадая в почву эти вещества становятся единым целым с круговоротом, который связан с пищевыми цепями. 3) Сельское хозяйство. Минеральные удобрения, ядохимикаты, пестициды обладают свойством долго сохраняться в почве, что плохо сказывается на ней. 4) Захоронение радиоактивных отходов. Отходы атомных электростанций складывают в почву, образуется радиоактивное загрязнение. 5) Жилые дома и коммунально-бытовые предприятия. В этой категории преобладает бытовой мусор, который вывозится на свалки.

Сразу возникает вопрос, а как с этим бороться? Меры борьбы по охране почв: осушительные работы, промывка орошаемых участков, борьба с эрозией почв, народные методы борьбы с насекомыми, строительство специализированных предприятий для утилизации отходов.

В качестве примера были исследованы почвы в Уральском учебно-опытном лесхозе. В ходе исследования обнаружено, что накопление цинка происходит в почвах с щелочной реакцией почвенной среды и низким содержанием гумуса. Наиболее низкие концентрации свинца отмечаются в слабокислых почвах в зоне рекреации.

Актуальность статьи заключается в том, что в последние годы наблюдается деградация почв и снижение ее плодородия. Чтобы избежать серьезных последствий, нужно прямо сейчас задуматься о нашем будущем. Особенно эта тема актуальна для сельских поселений. Почва формируется и обновляется очень медленно. Если не контролировать эту проблему, то в скором времени почва потеряет свою плодородность, многие территории начнут опустыниваться, вымрут растения, что не является лучшей прерогативой для человека. Несмотря на ущерб, который мы нанесли природе, мы еще можем

все исправить. Постоянная агитация людей к бережному отношению к природе меняет их взгляд на эту проблему.

Почва – это огромное богатство, обеспечивающее человека продуктами питания, животных – кормами, а промышленность – сырьем. Веками и тысячелетиями создавалась она. Чтобы правильно использовать почву, надо знать, как она образовывалась, ее строение, состав и свойства. При правильной эксплуатации почва не теряет своих свойств, а улучшает их. Ценность почвы определяется хозяйственной значимостью для сельского, лесного и других отраслей хозяйства и незаменимой экологической ролью почвы как важнейшего компонента всех наземных биоценозов и биосферы Земли в целом. Так что охрана почв и их рациональное использование является одной из важнейших задач человечества!

УДК 631.427.4: 504.064; 547.21

ВЛИЯНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ БИОСТИМУЛЯЦИИ И БИОАУГМЕНТАЦИИ НА СВОЙСТВА НЕФТЕЗАГРЯЗНЁННЫХ ПОЧВ

Щемелинина Т.Н., Анчугова Е.М., Маркарова М.Ю.

Институт биологии ФИЦ Коми НЦ УрО РАН РАН, Сыктывкар

E-mail: anchugova@ib.komisc.ru

Для ликвидации токсического воздействия нефтепродуктов на окружающую среду проводят рекультивационные мероприятия, включающие разнообразные методы и последовательные этапы, подбираемые индивидуально. Так, после этапа технической рекультивации для ускорения процессов очистки нефтезагрязненной почвы перспективным этапом является биоремедиация почв, одними из основных методов которой являются биостимуляция и биоаугментация.

В полевом эксперименте исследовали влияние различных методов биоремедиации нефтезагрязненной почвы на биологическую активность, скорость нефтедеструкции и распределение углеводов. Экспериментальный участок находился на территории Западной Сибири в Ханты-Мансийском автономном округе и характеризовался чередованием болотистой местности и лесных массивов, тип почвы – аллювиально-дерновая кислая оподзоленная.

Биостимуляцию нефтезагрязненной почвы проводили с помощью азотно-фосфорно-калийных удобрений и алюмосиликата-глауконита Бондарского месторождения Тамбовской области («Ionsorb™»), биоаугментацию – с помощью биогеосорбента «ГЕОЛЕКС», в состав которого входит «Ionsorb™» с иммобилизованными клетками углеводородокисляющего альго-бактериально-дрожжевого консорциума:

штамм бактерий *Pseudomonas yamanorum* VKM В-3033D, штамм дрожжей *Rhodotorula glutinis* VKM Y-2998D, штамм микроводорослей *Chlorella vulgaris* f. *globosa* IPPAS С-2024.

Для диагностирования процессов очищения нефтезагрязненной почвы мы определяли дегидрогеназную активность как наиболее чутко реагирующую на любые изменения и положительно коррелирующую с численностью микроорганизмов и содержанием нефтепродуктов в почве.

Установлено, что методы биостимуляции положительно влияют на биоремедиацию почвы. При активировании нефтезагрязненной почвы азотно-фосфорно-калийным удобрением на третьи сутки произошел всплеск биологической активности (повышение численности микроорганизмов положительно коррелировало с дегидрогеназной активностью). В ходе эксперимента в этом варианте на порядок снизилось содержание хлоридов, фиксировали высокое содержание подвижных форм калия и фосфора, произошло снижение соотношения С:N. Снижение содержания нефтепродуктов произошло на 28%. Наблюдали повышение массовой концентрации легких алканов в два раза, при этом индекс СРІ снижался в 3.3 раза, общая сумма алканов в почве – в 2.8 раза.

Самое высокое загрязнение нефтепродуктами (6600 мг/кг) было отмечено в варианте перед внесением в почву глауконита «Ionsorb™». Внесение богатого макро- и микроэлементами «Ionsorb™» способствовало повышению стресс-устойчивости микроорганизмов, в частности сахаролитиков и минерализаторов азота, в результате обратимой сорбции углеводов. Процессы дегидрирования динамично усиливались. Эффективность очистки в этом варианте составила 65%. К концу эксперимента происходило снижение хлоридов в шесть раз, увеличение подвижного калия за счет его привнесения самим глауконитом (2.48%), снижение скорости минерализации органических соединений. Концентрации и характер распределения алканов по многим параметрам в итоге оказались почти аналогичны в начале и конце эксперимента.

Биоаугментация нефтезагрязненных почв позволяет значительно ускорить процесс естественного разложения нефтепродуктов. Внесение селективированных микроорганизмов (в виде биопрепаратов) способствовало увеличению на порядок численности трофических групп микроорганизмов в почве по сравнению с контрольным вариантом и вариантами биостимулирования, значительному ускорению процессов минерализации. Изменения дегидрогеназной активности в процессе биоремедиации подтверждали активные процессы нефтеокисления микроорганизмами. В этом варианте было отмечено незначительное снижение хлора, высокое содержание подвижного калия, фосфора к концу полевого эксперимента. Убыль нефтепродуктов составила

89%. Количество алканов в почве снизилось в 2.7 раза в основном за счет разложения низкомолекулярных гомологов, снижалось число нечетных углеродных цепей (СРІ снижался в 2.5 раза).

Работа выполнена при финансовой поддержке Государственного задания № АААА-А17-117121270025-1 «Разработка биокаталитических систем на основе ферментов, микроорганизмов и растительных клеток, их иммобилизованных форм и ассоциаций для переработки растительного сырья, получения биологически активных веществ, биотоплива, ремедиации загрязненных почв и очистки сточных вод».

Комиссия VII

МИНЕРАЛОГИЯ ПОЧВ

Председатель – к.б.н. Т.В. Алексеева

УДК 631.48; 551.89

**КАЧЕСТВЕННЫЕ И КОЛИЧЕСТВЕННЫЕ ЗАВИСИМОСТИ
СОСТОЯНИЯ МИНЕРАЛЬНЫХ И ОРГАНО-МИНЕРАЛЬНЫХ
КОМПОНЕНТОВ СОВРЕМЕННЫХ ПОЧВ СТЕПНОЙ ЗОНЫ
ЮГО-ВОСТОКА РУССКОЙ РАВНИНЫ
С КЛИМАТИЧЕСКИМИ ПАРАМЕТРАМИ**

Алексеев А.О., Алексеева Т.В., Калинин П.И.

Институт физико-химических и биологических проблем почвоведения РАН,
Пушино
E-mail: alekseev@pbcras.ru

В последние годы развитие палеопочвоведения идет по пути перехода из области качественного анализа на основе сравнения с современными аналогами к количественному подходу к палеоре-конструкциям. Основным принципом, лежащим в использовании геохимических, минералогических и магнитных показателей для реконструкции палеоклиматических условий древних эпох, является определение функциональной зависимости между этими параметрами в современных отложениях с современными климатическими условиями. Главной проблемой таких исследований является влияние на результат «матричного» эффекта, заключающегося в использовании эмпирических зависимостей, полученных для конкретных территорий и геологических отложений. Для решения поставленной проблемы выполнено комплексное геохимическое и минералогическое исследование для более чем 30 профилей почв в пределах трансекты протяженностью более 1500 км от нижней Волги до центральной европейской части России. Изучаемая территория включает различные климатические зоны, градиент среднегодовых осадков достигает 500 мм/год и среднегодовых температур до 3 °С. Выполнен большой

объем аналитических исследований отобранных образцов почв: гранулометрический состав, содержание органического вещества почв, содержание карбонатов, валовой химический состав (XRF), минералогический анализ валовых образцов и илистой фракции почв (XRD, FTIR), магнитная минералогия. Полученный аналитический материал развивает факторную теорию почвообразования и приближает к пониманию элементарных процессов почвообразования, формирующих твердофазные продукты функционирования почв. Геохимические коэффициенты выветривания в гумусовых горизонтах современных почв и средневзвешенный прирост ряда химических элементов в почвенном профиле в пределах изученной климатической трансекты показывают прямые корреляции со средним годовым уровнем атмосферных осадков и индексом аридности.

Исследование магнитных свойств степных почв также продемонстрировало прямые зависимости магнитной минералогии с климатическими параметрами. Выявлены вариации глинистой минералогии почв в пределах трансекты, наибольшую связь с климатическими параметрами продемонстрировал каолинит. Структурные особенности органического вещества органо-минеральных комплексов, формирующих стабильный пул углерода почв, изучали методом твердофазной ЯМР-спектроскопии на ядрах ^{13}C . Показано, что соотношение алифатических и ароматических групп определяется климатическими параметрами: при нарастании аридности увеличивалось содержание алкилов и уменьшалось содержание ароматических структур и наоборот. Статистическая обработка собранного для современных почв степной зоны данных с целью получения эмпирических климатических зависимостей продемонстрировала наибольшую связь почвенных параметров минеральных компонентов с индексом аридности по Де Мортену.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ грант № 18-04-00800.

УДК 631.4

РЕКТОРИТ – СИНГЕНЕТИЧНЫЙ КОМПОНЕНТ ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ ПОЧВЫ (РЕСПУБЛИКА КОМИ)

Алексеева Т.В., Алексеев А.О.

Институт физико-химических и биологических проблем почвоведения, Пушкино
E-mail: alekseeva@issp.serpukhov.su

Ректорит (алевардит) – упорядоченный смешанослойный минерал, в котором пакеты слюды (А) и смектита (В) чередуются по типу АВАВАВ. с содержанием по 50% каждого из пакетов. Как и другие

упорядоченные образования, ректорит в природе встречается редко. Вопрос о генезисе ректорита остается предметом дискуссий. Чаще других встречается минерал гидротермального происхождения. Имеются также указания на его вторичную – диагенетическую и метаморфическую природу. Авторы рассматривают ректорит как в качестве продукта преобразования слюды, так и продукта низкотемпературной аградационной трансформации смектита. Вопросы о механизмах формирования упорядоченных смешанослойных минералов, в том числе ректорита, также как о необходимых прекурсорах для их формирования, остаются открытыми. Находки упорядоченных смешанослойных минералов в зоне гипергенеза, в частности в почвах, единичны. Одно из первых упоминаний о находке почвенного ректорита в илистой фракции примитивной почвы из Карелии принадлежит Б.П. Градусову (1967). На находки упорядоченного смешанослойного слюда-вермикулита в подзолистой почве Белоруссии и Алданского нагорья указывают В.Д. Лисица и С.А. Тихонов (1969) и Т.А. Соколова (1985). В.Л. Убугунов с соавт. (2018) приводит сведения о находке ректорита в мерзлотной почве Бурятии, сформированной на аллювии.

В данной работе приводятся результаты изучения свойств и минерального состава дерновой слабоподзолистой почвы под березняком. Профиль почвы заложен на территории стационара «17-й километр» Института биологии Коми НЦ УрО РАН (Сыктывкар). В тонкодисперсных фракциях горизонтов А1 и А2 (верхние 20 см профиля) этой почвы обнаружен ректорит. Изученная почва сформирована на породе легкого гранулометрического состава, в котором преобладает фракция крупной пыли. Профиль почвы текстурно-дифференцирован. Содержание фракции <1 мкм находится в пределах 9-22% с минимумом в оподзоленном горизонте А2. Верхние 10 см профиля (горизонт А1) обогащены органическим веществом: содержание $C_{\text{орг}}$ здесь достигает 4.5%. В оподзоленном горизонте А2 и ниже по профилю содержание $C_{\text{орг}}$ снижается до 0.6-0.3%. Значения $pH_{\text{H}_2\text{O}}$ для минеральных горизонтов находятся в пределах 5.1-5.3.

В минеральном составе ила почвообразующей породы преобладает смектит (около 60%), представленный высокозарядным бейделлитом. Помимо этого, ил содержит слюду (около 20%), вермикулит, каолинит и хлорит (в сумме 10%), а также тонкодисперсный кварц. Структура вермикулита хлоритизирована. Процессы преобразования минералогического состава илистой фракции затрагивают верхние 40 см профиля, но максимально проявляются в горизонтах А1 и А2. Здесь сокращается содержание смектита (до 50%), при этом возрастает содержание тонкодисперсного кварца. Смектит в этой части профиля, также, как и в почвообразующей породе, представлен высокозарядным бейделлитом. Дополнительно к бейделлиту материал

содержит ректорит. Этот минерал выявлен на основании целочисленной серии рефлексов: 24.54 E и 12.27 E – для воздушно-сухих образцов. После насыщения этиленгликолем пик (001) ректорита смещается к 26.77E. Прокаливание образца в течение 2 ч при 550 °C приводит к смещению данного пика к 10E. Полагаем, что обнаруженный минерал является аутигенным – сингенетичным компонентом подзолистой почвы. В качестве его прекурсора выступает высокозарядный смектит бейделлитового типа. Ректорит является в данном случае начальной стадией трансформации бейделлита, вероятно, с последующим переходом в неупорядоченный смешанослойный иллит-смектит. Последний относится к наиболее распространенному типу смешанослойных образований почв равнинных территорий РФ.

УДК 631.412

ОСОБЕННОСТИ ОЦЕНКИ МИНЕРАЛОГИЧЕСКОГО СОСТАВА ЧЕРНОЗЕМОВ ЕВРОПЕЙСКОЙ ЧАСТИ РОССИИ ПО ДАННЫМ ТЕРМОАНАЛИЗА

Байбеков Р.Ф., Белоухов С.Л.

РГАУ – МСХА им. К.А. Тимирязева, Москва

E-mail: rbaibekov@bk.ru

Метод термического анализа почв позволяет оценить состав, термодинамические и кинетические особенности анализируемых образцов, соответственно провести сравнение применяемых элементов в различных агротехнологиях. Для этого необходимо точно подойти к расшифровке термограмм. Нами разработана программа обработки термограмм на основе пакета MathLab. Так, для чернозема оподзоленного на кривых ДТА и ДТГ имеется два эндотермических эффекта – первый при температуре 100 °C, когда выделяется межслойная гигроскопическая влага. Этот эффект более интенсивный, чем для подзолистых, серых лесных и каштановых почв. Концентрация гигроскопической воды для верхних горизонтов 3.4-3.5%. Второй объемный эндозффект при 250 °C свидетельствует о высоком содержании ионов кальция в составе почвенного поглощающего комплекса данного чернозема.

Органическое вещество характеризуется тремя экзозффектами при 400 (максимальный по величине), 440 и 610 °C, что свидетельствует о разнокачественном содержании органического вещества. Экзозффект при 400 °C подтверждает наличие в органическом веществе гуминовых кислот с большим содержанием боковых алифатических цепочек в периферической части молекул гумусовых кислот (440 °C). Экзозффект при 610 °C показывает наличие органоминерального

комплекса в составе чернозема, затем разрушаются более устойчивые алифатические цепи, возможно образование связей между ароматическими кольцами, отщепление более устойчивых функциональных групп, а также отдельных циклов и ароматических колец, для разрушения которых требуется больше энергии. При температуре >600 °С происходит деструкция конденсированной ароматики, выделение углерода и его окисление. В этом отличительный эффект почв черноземной зоны. Содержание органического вещества составляет 6.6-6.8%. Наличие термоэффекта при 530 °С характеризует присутствие кварца в почве. Эндотермические эффекты при 720 и 800 °С отмечают наличие $MgCO_3$ и $CaCO_3$. Интенсивные эндоэффекты при 540, 850 и 940 °С указывают на наличие значительного количества глинистых минералов группы монтмориллонита и каолинита. Содержание монтмориллонита составляет около 3.0%, группы каолинита – 2.4%.

По данным термоанализа чернозема обыкновенного, на кривых ДТА и ДТГ в низкотемпературной области отмечается эндотермический эффект при температуре несколько выше, чем для черноземов оподзолистых (150 °С), что указывает на содержание гигроскопической воды, характерной для глинистых минералов монтмориллонитовой группы. Данный эффект более интенсивный, чем в черноземах оподзоленных, содержание гигроскопической влаги около 3.4%. Органическое вещество представлено эндоэффектами при 300 и 450 °С, причем более интенсивным является эффект при температуре 300 °С, т.е. органическое вещество представлено периферической частью молекул гумусовых кислот. Содержание органического вещества составляет 5.5-5.8%. В составе такой почвы имеется кварц – эндоэффект при температуре 600 °С, содержание его составляет 3.0%. Интенсивные эндоэффекты высокотемпературной области при 720 и 840 °С свидетельствуют о достаточно большом содержании карбонатов магния и кальция, интенсивность эффектов намного выше в черноземе оподзоленном. По данным ДТГ отмечается высокое содержание глинистых минералов – 7.4-9.5%, о чем свидетельствуют термоэффекты высокотемпературной области. Интенсивный эндоэффект наблюдается при 575 °С и экзоэффект при 900 °С, что указывает на наличие глинистых минералов группы каолинита. Содержание двухслойных минералов группы каолинита превышает его содержание в черноземе оподзоленном. Для каждого компонента в образцах почвы рассчитаны энергии активации и константа скоростей реакций термического разложения.

УДК 631.4

ВЛИЯНИЕ ПРОРОСТКА ЕЛИ ОБЫКНОВЕННОЙ НА ТРАНСФОРМАЦИЮ БИОТИТА В УСЛОВИЯХ КРАТКОСРОЧНОГО ЛАБОРАТОРНОГО ЭКСПЕРИМЕНТА

Воробьева А.А., Толпешта И.И., Изосимова Ю.Г., Карпухин М.М.
Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Москва
E-mail: vorobyova_96@list.ru

Для изучения роли проростков ели в трансформации биотита был заложен краткосрочный динамический опыт. В колонки объемом 50 мл поместили по 36 г отмытого кварцевого песка и 2 г илистой фракции биотита. Опыт был проведен в трех вариантах в течение четырех месяцев. В первом варианте опыта через колонку пропускали дистиллированную воду. Во втором варианте опыта колонку промывали питательным раствором, содержащим 114,88 мг/л NH_4NO_3 , 13,34 мг/л $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$, 0,94 мл 0,1465 М H_3PO_4 , 13,99 мг/л $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, разбавленным в три раза, с $\text{pH} = 5,24$. В третью колонку был посажен проросток ели обыкновенной. Третья колонка промывалась тем же раствором, что и вторая. Было проведено 30 тактов промывок. Объем элюата в каждом такте составлял около 3-5 мл. Всего через колонки было пропущено 335 мл дистиллированной воды и питательного раствора. В элюатах, полученных в первые 16 тактов промывок, измеряли концентрацию К, Mg, Fe методом ICP-MS. В течение всего эксперимента в элюатах контролировали величину pH . Биотит до и после промывок изучали методом рентген-дифрактометрии. Съемку ориентированных препаратов проводили на дифрактометре ДРОН-3. Использовали $\text{Cu K}\alpha$ излучение, фильтрованное никелем. Напряжение и ток на трубке составляли 35 кВ и 20 мА соответственно. Съемку вели в диапазоне 2-62 °2 θ с шагом 0,05 2 θ и экспозицией 10 с.

По результатам рентгендифрактометрического анализа можно заключить, что существенных изменений в кристаллической решетке биотита в условиях и за время проведения эксперимента не произошло. На рентгенограммах образцов, насыщенных этиленгликолем, в третьем варианте опыта наблюдается незначительное уширение основания 1,0 нм пика в сторону малых углов, что может свидетельствовать о появлении в структуре биотита незначительного количества лабильных слоев.

В процессе эксперимента в элюатах наблюдается увеличение концентрации К. Установлено, что при обработке биотита питательным раствором К в элюаты переходило больше, чем при обработке

минерала дистиллированной водой. Это можно объяснить обменными реакциями ионов K^+ на ионы NH_4^+ Ca_2^+ из питательного раствора. В варианте опыта № 3 наблюдается тенденция к уменьшению концентрации K в элюатах по сравнению с первыми двумя вариантами опыта, что можно объяснить поглощением этого элемента корнями проростка ели. Значительных концентраций Fe и Mg в элюатах обнаружено не было.

В процессе проведения эксперимента ожидаемого уменьшения рН за счет функционирования корней ели не произошло. Напротив, во всех вариантах опыта наблюдалось увеличение рН до 7,4-8,1. Увеличение рН можно объяснить тем, что в условиях проведенного эксперимента вследствие затрудненного дренажа в колонках понижался Eh, что, возможно, привело к процессам аммонификации и, соответственно, к повышению рН.

Вывод: на основании результатов рентгендифрактометрии и химического анализа элюатов можно заключить, что в условиях проведенного эксперимента существенного влияния проростка ели на биотит не выявлено.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ № 19-29-05028 «Органо-минеральные взаимодействия как основа стабилизации органического вещества в почвах».

УДК 631.4

МИНЕРАЛОГИЧЕСКИЙ СОСТАВ ПОДФРАКЦИЙ ИЛА В ПОЧВЕ ИСКУССТВЕННОГО ПониЖЕНИЯ 30-ЛЕТНЕГО ВОЗРАСТА

**Изосимова Ю.Г.¹, Толпешта И.И.¹, Соколова Т.А.¹, Золотарева Д.Д.¹,
Сиземская М.Л.²**

¹Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Москва
E-mail: izosimova.julya@yandex.ru

²Институт лесоведения РАН, Успенское

Разделение ила на подфракции дает возможность получать образцы, более гомогенные минералогическому составу, по сравнению с образцами илистой фракции в целом, что значительно облегчает диагностику глинистых минералов.

Объектом исследования была илистая фракция и ее подфракции, выделенные из почвы, сформированной на днище искусственного мезопонижения рельефа (прудокопани) 30-летнего возраста, созданной в условиях глинистой полупустыни на территории Джаныбекского стационара РАН. Искусственное мезопонижение, имеющее размеры 30×40 м и глубину 3 м, приурочено к участку с преобладанием

в почвенном покрове солонцового комплекса. За 30 лет на днище понижения сформировалась почва с маломощным, но отчетливо дифференцированным профилем, состоящим из горизонтов W, C1ca, C2ca,cs², C2ca,cs².

Разделение ила на подфракции: 1-0.2 мкм (подфракция 1), 0.2-0.06 мкм (подфракция 2) и <0.06 (подфракция 3) проводилось после удаления из илистой фракции органического вещества, несиликатных соединений железа и ультразвуковой обработки. Выделение подфракций проводили путем последовательного центрифугирования (Centrifuge 5804 Eppendorf). XRD-анализ образцов ила и его подфракций проводили на рентгеновском дифрактометре ДРОН-3.

Установлено, что илистая фракция почвы из горизонта W преимущественно состоит из подфракций 1 и 2 (37 и 39% соответственно). Содержание частиц <0.06 мкм (подфракция 3) составляет 24%. Горизонт C1ca обогащен частицами 1-0.2 мкм (52 %) по сравнению с другими горизонтами в профиле, содержание подфракций 2 и 3 составляет 44 и 3% соответственно. В горизонте C2ca,cs² вклад подфракций 1 и 2 составляет 36-39%, а доля подфракции 3 увеличилась до 25% по сравнению с вышележащим горизонтом. В горизонте C2ca,cs² в составе илистой фракции преобладают частицы 1-0.2 и 0.2-0.06 мкм (33 и 51% соответственно) вклад подфракции 3 составляет 16%.

В илистой фракции основных генетических горизонтов почвы диагностированы иллит, смектит, хлорит, каолинит, а также смешанослойные структуры (иллит-смектит). Подфракции ила отличаются от илистой фракции в целом и друг от друга по минералогическому составу глинистых минералов и их содержанию.

Иллит и каолинит обнаружены во всех исследованных подфракциях ила. Хлорит и смектит в основном содержится в первых двух подфракциях, а смешанослойные иллиты-смектиты – преимущественно в третьей подфракции ила.

УДК: 631.4

ВЛИЯНИЕ ХИМИЧЕСКИХ ОБРАБОТОК НА ДИФРАКЦИОННЫЕ СПЕКТРЫ ИЛИСТОЙ ФРАКЦИИ АЛЮВИАЛЬНОЙ ДЕРНОВО-ГЛЕЕВОЙ ПОЧВЫ

Ильичев П.А., Изосимова Ю.Г., Толпешта И.И.

Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Москва

E-mail: pilichiev@bk.ru

Илистые фракции почв содержат органическое вещество и несиликатные соединения Fe. Данные компоненты приводят к агрегации частиц глинистых минералов, что приводит к ухудшению ориентации минеральных частиц в анализируемом образце. Поэтому, перед про-

ведением рентген-дифрактометрического анализа глин рекомендуется удалять органическое вещество и несиликатные соединения железа.

Цель исследования – оценить влияние химических обработок перекисью водорода (H_2O_2) и реактивом Мера и Джексона на минералогический состав илистой фракции почв.

Объектом исследования была илистая фракция горизонтов A1, ABg, Bg и BDG аллювиальной дерново-глеевой почвы. Органическое вещество удаляли 10%-ным раствором H_2O_2 , а несиликатные соединения Fe – реактивом Мера и Джексона.

Установлено, что обработка раствором H_2O_2 привела к появлению в образцах смешанослойных минералов: иллит-вермикулита и (или) иллит-сметита.

В образцах после последовательных обработок раствором H_2O_2 и реактивом Мера и Джексона на рентгенограммах воздушно-сухих препаратов появляется диффузное рассеяние в области углов, соответствующее межплоскостным расстояниям в диапазоне от 1.4 и 1.0 нм. Можно предположить, что указанная обработка образцов способствует образованию дополнительного количества смешанослойных структур (хлорит-вермикулита и/или хлорит-сметита) при воздействии на хлориты цитрат-анионов.

Обработка илистой фракции раствором H_2O_2 и реактивом Мера и Джексона привела к изменению содержания основных групп глинистых минералов.

После обработки раствором H_2O_2 в илистой фракции горизонта A1 содержание лабильных минералов увеличилось в три раза. Такое увеличение могло произойти в результате растворения добавочной октаэдрической сетки хлоритов. В илистой фракции, выделенной из горизонта BDG, после обработки раствором H_2O_2 содержание лабильных минералов уменьшилось в три раза. Можно предположить, что H_2O_2 частично растворяет слюдистый материал, а выделившиеся в результате растворения ионы K^+ закрепляются в межслоях лабильных минералов, увеличивая в образце содержание иллитов.

Последовательная обработка раствором H_2O_2 и реактивом Мера и Джексона привела к увеличению содержания иллита и уменьшению содержания каолинита в сумме с хлоритом. Уменьшение содержания каолинита в сумме с хлоритом, вероятно, происходит за счет растворения добавочного октаэдрического слоя хлорита. Содержание лабильных минералов в горизонте A1 не изменилось по сравнению с обработкой только H_2O_2 . В горизонте BDG содержание лабильных минералов после обработки реактивом Мера и Джексона уменьшилось в 15 раз по сравнению с исходным образцом.

Таким образом, последовательная обработка илистых фракций аллювиальной дерново-глеевой почвы 10%-ным раствором H_2O_2 и реактивом Мера-Джексона приводит к изменению минералогического

состава ила – к относительному увеличению содержания иллита и уменьшению содержания каолинита в сумме с хлоритом. Указанные обработки приводят к образованию дополнительного количества смешанослойных структур.

УДК 631.48

МИНЕРАЛОГИЧЕСКИЙ СОСТАВ МАЛОМОЩНЫХ ЩЕБНИСТЫХ ПОЧВ ХОЛОДНОГО СЕКТОРА ЕВРАЗИИ

Лесовая С.Н.

Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург
E-mail: s.lesovaya@spbu.ru

Исследованы щебнистые почвы, подстилаемые плотными силикатными породами различного генезиса и состава. Объекты исследования расположены в широком географическом диапазоне – тундровой и таежной зонах горных массивов Хибин, Полярного Урала и на Среднесибирском плоскогорье. С использованием комплекса современных методов выявлены изменения плотных пород, являющихся источником мелкозема почв, под влиянием процессов почвообразования и выветривания, а также особенности генезиса почв. Показано, что накопление мелкозема обусловлено преимущественно процессами физического выветривания, а именно дезинтеграцией плотных пород. Развитие процессов химического выветривания и колонизации пород биотой также было отмечено.

В результате исследований оценено соотношение минеральных фаз в почвенном профиле – унаследованных от породы, с одной стороны, и являющихся результатом непосредственно почвообразовательного процесса, с другой. Выявлена специфика профильного распределения глинистых минералов. Эти данные позволили обосновать тренды процессов трансформации минералогической компоненты в зависимости от состава почвообразующей породы. На примере маломощных щебнистых почв Восточной Фенноскандии показано, что в результате почвообразования происходит преобразование органического вещества *in situ*, формирование и миграция органо-минеральных комплексов. Особенностью этих почв является тот факт, что несиликатное железо в основном связано с органическим веществом. Для почв, развитых в мелкоземе траппов Среднесибирского плоскогорья, предложена схема конвертации плотной породы (траппов) в глинистый материал плазмы почв. Дано объяснение присутствия унаследованного смектита – минерала, неустойчивого в условиях кислых горизонтов почв. Показано, что рентгено-аморфные компоненты в профиле почв (включая органо-минеральные) препятствуют разрушению фрагментов

породы и агрегатов смектитов, которые диагностированы в породе, что обусловило присутствие смектита в профиле.

Выявлены особенности порового пространства плотных силикатных пород, подстилающих изученные щебнистые почвы. Необходимость исследования порового пространства пород обусловлена тем, что соотношения пор различной размерности, их конфигурация во многом определяют процессы не только дезинтеграции, но и химического выветривания пород. Кроме того, по системе пор и, особенно, микропор, идет интенсивная колонизация пород микробиотой – агентом биологического выветривания. Изучены почвы, подстилаемые породами близкого состава и с приблизительно одинаковым содержанием слоистых силикатов, но различающихся по соотношению долей пор различного радиуса. Показано, что наличие глинистых минералов в тонких фракциях почв определяется не только долей слоистых силикатов в породах, но и спецификой порового пространства, а именно наличием пор с радиусом <10 нм.

На основании анализа имеющихся литературных и полученных собственных результатов объяснено существующее противоречие в данных: с одной стороны, о замедленном образовании вторичных минералов в «холодных» условиях и с другой – о наличии хорошо окристаллизованных минеральных фаз среди продуктов выветривания и почвообразования.

Работа выполнена при поддержке РФФИ (проект № 20-04-00888а).

УДК 631.445.8

МИНЕРАЛОГИЧЕСКИЙ СОСТАВ КРУПНЫХ ФРАКЦИЙ ПОЧВ, СФОРМИРОВАННЫХ НА РАЗЛИЧНЫХ ТИПАХ ЛЕДНИКОВЫХ ОТЛОЖЕНИЙ В УСЛОВИЯ ХОЛОДНОГО ГУМИДНОГО КЛИМАТА

Погожев Е.Ю.

Музей землеведения Московского государственного университета
им. М.В. Ломоносова, Москва
E-mail: pogozhev@mail.ru

Оценка масштабов действия почвообразовательных процессов на устойчивость первичных минералов к выветриванию часто противоречива и неоднозначна. Объектами для исследований послужили почвы Кенозерского национального парка Архангельской области с выраженной элювиально-иллювиальной дифференциацией почвенного профиля: подзолистая с контактно-элювиальным горизонтом на двучлене (переотложенная морена) О-АЕ-В-Ек-ВС-С (р. 7-11); подзолистая иллювиально-железистая на морене О-АЕ-Вf-BCg-Cg (р. 8-

12); подзол псевдофибровый O-AE-E-Bf-BC-C1ca-C2 на флювиогляциальных отложениях (р. 21-4); подзолистая на озерных отложениях O-AE-EB-C-Df-D-Dca (р. 29-2). Изучение минералогического состава крупной фракции почв (>0.01 мм) проводили на рыхлых препаратах иммерсионным методом под поляризационным микроскопом с предварительным разделением в бромформе на легкие (<2.9 г/см³) и тяжелые (>2.9 г/см³) минералы. Состав минералов и их содержание определились в следующих гранулометрических фракциях: 1-0.25, 0.25-0.1, 0.1-0.05, 0.05-0.01 мм. Поверхности минеральных зерен изучали с помощью сканирующего электронного микроскопа. Наиболее распространенным и устойчивым минералом легкой фракции является кварц, содержание которого изменяется по профилю от 32 до 80%, полевые шпаты составляют от 10 до 26%, значительно меньше слюд – от 1 до 14%. Содержание кварца снижается с уменьшением размера зерен от 70-80 до 40-50%, что свидетельствует о большой устойчивости кварца к процессам механического дробления в песчаных фракциях. Кварц относительно накапливается в горизонтах E и Ek, в которых выветривание идет более интенсивно и где разрушаются преимущественно неустойчивые минералы. Содержание полевых шпатов с уменьшением размера зерен увеличивается от 11 до 50%. Полевые шпаты в исследуемых почвах представлены в основном устойчивыми к выветриванию калиевыми разновидностями – ортоклазом, микроклином; смешанными калиево-натриевыми – анортотклазом и плагиоклазами. Группа слюд представлена мусковитом и биотитом. Наибольшее содержание мусковита отмечено в почвах на озерных отложениях (р. 29-2) во фракции 0.05-0.01 мм – 37%.

В легкой фракции отмечалось присутствие и других минералов и новообразований, но их содержание невелико. Содержание тяжелой фракции в профиле исследуемых почв находится в пределах 1.1-17.8% от веса гранулометрических фракций. Весовое содержание тяжелой фракции изменяется в ряду озерно-ледниковые отложения, озерные (1-13%), морена (2-11%), флювиогляциальные отложения (2-18%). По полученным результатам отчетливо прослеживается неоднородность профиля почв в рр. 7-11, 21-4, 29-2, заметно перераспределение тяжелых минералов по гранулометрическим фракциям. В нижней толще они содержатся в заметных количествах во всех фракциях, тогда как в вышележащей толще они сконцентрированы во фракциях <0.25 мм, причем для суглинистых почв (р. 8-12) – во фракции 0.05-0.01 мм, для песчаных (р. 21-4) – во фракции 0.25-0.1 мм. Для озерных отложений (р. 29-2) в горизонте EB тяжелых минералов по весу больше, чем в нижележащем горизонте C. Тяжелая фракция в основном представлена минералами группы амфиболов, среди которых преобладают зерна роговых обманок. Процентное содержание роговых обманок одинаково высоко как во фракции круп-

ного и среднего песка (37-58%), так и в крупнопылевой фракции (30-70%). В почвах района исследований тяжелые минералы представлены также группой эпидота, гранатами, слюдами, акцессорными и рудными минералами. Минералы группы эпидота представлены собственно эпидотом и клиноцоизитом. В составе минералов тяжелой фракции, особенно на флювиогляциальных отложениях, отмечено высокое содержание гранатов, устойчивых к выветриванию. Присутствие в обломочном материале роговой обманки и минералов группы эпидота свидетельствует о двух источниках ледникового сноса: Фенноскандинавском и Уральско-Новоземельском.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ № 20-04-00888А.

УДК 631.4

ПРОГРАММА СОЗДАНИЯ КАРТЫ ЛИТОЛОГО-ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКОЙ КОМПОНЕНТЫ КЛАССИФИКАЦИИ ПОЧВ МАСШТАБА 1:2 5000 000

Рогов В.В.¹, Голованов Д.Л.¹, Лебедева М.П.²

¹ Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Москва
E-mail: rogovvic@mail.ru, dm_golovanov@mail.ru

² Почвенный институт им. В.В. Докучаев, Москва
E-mail: m_verba@mail.ru

Работа развивает представления В.М. Фридланда (1982) и И.А. Соколова с соавт. (1998) о трех компонентах базовой классификации почв: профилно-генетической, режимной и литолого-гранулометрической. В классификации почв России 1997 г. реализована только профилно-генетическая компонента, в классификации 2004 г. – элементы режимной. Развитию литолого-гранулометрической компоненты классификации были посвящены работы Б.П. Градусова (2011), Н.П. Чижиковой, Т.А. Соколовой с соавт. (2005, 2007).

Литолого-гранулометрическая характеристика почвенного профиля в значительной мере наследуется от почвообразующих пород. Это касается не только кластогенной, но и тонкодисперсной части почв. Почвообразование и выветривание приводят к перераспределению и трансформационным изменениям глинистых минералов. В то же время ранее было показано, что некоторые особенности пылевой фракции могут отражать не только источники сноса, но и нести определенную информацию о направленности почвенно-геохимических процессов. Несмотря на методические трудности ее изучения, пыль – преобладающая фракция лессовидных пород и лессов, фракция максимального минералогического разнообразия, несет информацию об источниках сноса (провинциальные минералого-геохимические особенности почв,

аллохтонность/автохтонность почвенного материала), соотношении физического и биохимического выветривания.

В этой связи грануло-петрографо-минералогические разряды почв Б.П. Градусова (2011) предлагается дополнить информацией о пылеватой фракции, в частности, о коэффициенте пылеватости и его распределении по профилю; об изменении кварц-полевошпатового отношения и на основании последнего – коэффициента криогенной контрастности; а также о минералого-геохимических особенностях, обусловленных тяжелой фракцией грубодисперсной части почв.

Кроме этого в качестве обязательного компонента литолого-гранулометрической компоненты базовой классификации почв предлагается учитывать содержание, химико-минералогический состав и формы проявления солей как легко-, так средне- и труднорастворимых, в том числе кальцита, магнезита и гипса.

На основе криолитологических подходов предлагается включить в число литолого-петрографических характеристик почвообразующих пород количество льда и форму льдовыделения.

Предлагаемый подход планируется реализовать в виде карты и/или атласа (базы данных) литолого-гранулометрической компоненты вещественно-субстантивной классификации почв и почвообразующих пород М 1:2 500 000.

УДК 631.48

ПАРАГЕНЕЗИСЫ МИНЕРАЛОВ КАК ИНДИКАТОРЫ ФЛЮИДОДИНАМИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ ПОЧВООБРАЗОВАНИЯ В МЕЖГОРНЫХ ВПАДИНАХ ПРИБАЙКАЛЬЯ И ЗАБАЙКАЛЬЯ

Татаринов А.В., Яловик Л.И., Убугунов В.Л., Убугунова В.И.
Институт общей и экспериментальной биологии СО РАН, Улан-Удэ
E-mail: ubugunovv@mail.ru

Основу сельского хозяйства Бурятии и Забайкальского края представляют почвы межгорных котловин. До недавнего времени их формирование рассматривалось исключительно в рамках генетической модели гипергенного преобразования минерального субстрата подстилающих пород. Результаты совместных исследований геологов и биологов Бурятского НЦ СО РАН, а также открытия почвоведов в Баргузинской впадине необычных по строению и вещественному составу битуминозных почвенных образований, возникших на куполовидных и кратерных грязевулканических морфоструктурах, позволили предложить новый теоретико-методологический подход к изучению процессов почвообразования. В его основе лежит представление о почве как о специфическом биокосном органоминераль-

ном компоненте в модели эколого-геологической системы холодной дегазации Земли в условиях внутриконтинентального рифтогенеза. Важнейшим элементом этой модели являются трубы дегазации, представленные газовыми и газо-водо-литокластическими грязевыми вулканами, тектоническими и сейсмотектоническими нарушениями, термальными и холодными водными источниками, залежами углеводородов (УВ). Характерная особенность современных труб дегазации – импульсный, кратковременный и локально проявляющийся флюидодинамический режим, определяющий широкие вариации термодинамических, физико-химических, геохимических условий формирования почв. Установлено, что при этом образуются ассоциации минералов, которые можно использовать в качестве почвенно-генетических индикаторов.

Выделены следующие минеральные парагенезисы флюидодинамических условий почвообразования:

Флюидо-пирометаморфический, возникающий при окислении УВ-газов, природном крекинге жидкой нефти: графит, самородные Au, Pb, Fe, Cu, Si, сплавы Fe-Mn-Cr-Ni, Ni-Cu, муассанит, когенит, хромшпинелид, ильменит, иоцит, известь, рутил, корунд, ставролит, муллит, силлиманит (или дистен, андалузит), топаз, плагиоклаз, пироксен, гранат, амфибол.

Фумарольный парогазовый: сажистый графит, самородная сера, гематит, рутил, опал, халцедон, ангидрит, гипс, хлориды Na и Ca, лавренсит, бишофит, нашатырь, анальцит.

Продукты гетерогенизации гидротермального флюида (термальных вод) с обособлением водного, газового и, возможно, нефтяного компонентов: самородные Fe, Au, Ag, Pb, интерметаллиды Cu-Zn, гетит, гидрогетит, псиломелан, Ni-куприт, манганоильменит, гематит, пирит, марказит, галенит, киноварь, плагиоклаз, кварц, опал, халцедон, хлорит, гидрослюда, иллит, смектит, каолинит, бемит, нахколит, калицинит, кальцит, сидерит, доломит, анкерит, церуссит, смитсонит, апатит, водные фосфаты, барит, англезит, сульфаты Fe, ярозит, гипс.

Гидротермально-осадочно-хемогенный с участием микроорганизмов: самородные Pb, Ni, Zn, Cu, Au, Ag, электрум, интерметаллиды Cr-Fe, Ni-Cu, Cu-Zn, Fe-La-Ce-Si, Ce-La-Nd-Pr, когенит, магнетит, гематит, маггемит, повеллит, шеелит, пирит, сфалерит, аргентит, киноварь, метациннабарит, монтроидит, массикот, уранинит, алтаит, кварц, опал, цеолиты, хлорит, смектит, гидрослюда, кальцит, арагонит, доломит, лантанит, кутинит, термонарит, сильвин, галит, карналлит, бисмоклит, глауберит, барит, гипс, тенардит, ярозит, шайрерит, фосфосидерит, ланаркит, апатит, горсейксит, флюорит.

Исследования выполнены по теме бюджетного проекта № АААА-А-17-117011810038-7 при финансовой поддержке гранта РФФИ № 18-04-00454А.

УДК 631.4

МИНЕРАЛОГИЧЕСКИЙ СОСТАВ ПОДФРАКЦИЙ ИЛА В АЛЛЮВИАЛЬНОЙ ДЕРНОВО-ГЛЕЕВОЙ, ПОДЗОЛИСТОЙ И ТОРФЯНИСТО-ПОДЗОЛИСТО-ГЛЕЕВАТОЙ ПОЧВАХ

Толпешта И.И., Ильичев П.А., Изосимова Ю.Г., Лашуков П.В.

Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Москва

E-mail: itolp@soil.msu.ru

Хорошо известно, что разные гранулометрические фракции почв характеризуются различным составом силикатов. Илистая фракция почв (<1 мкм), в которой преимущественно сосредоточены глинистые минералы, также неоднородна по минералогическому составу. С уменьшением размера подфракций ила в образцах уменьшается разнообразие глинистых минералов и их характеристики, например, толщина кристаллитов.

Сведения о минералогическом составе подфракций ила позволяют более детально изучать трансформацию глинистых минералов в процессе педогенеза. Кроме того, прием разделения ила на подфракции дает возможность более точно диагностировать глинистые минералы по сравнению с анализом полиминеральных образцов илистой фракции в целом. Сведения о составе глинистых минералов в подфракциях ила, выделенного из разных типов почв, в отечественной литературе ограничены.

Цель работы заключалась в определении состава глинистых минералов в подфракциях ила почв, развитых в пределах южнотаежного ландшафта на разных элементах рельефа.

Объектами исследования были илистая фракция и ее подфракции, выделенные из основных генетических горизонтов аллювиальной дерново-глеевой (АДГ), торфянисто-подзолистой глееватой (ТПГ) и подзолистой (П) почв, отобранных на территории Центрального лесного государственного природного биосферного заповедника в Нелидовском районе Тверской области.

Установлено, что илистая фракция АДГ почв во всех горизонтах на 80-95% состоит из частиц размером от 0.06 до 1 мкм. Содержание частиц <0.06 мкм варьирует от 0 до 20%. В илистой фракции основных генетических горизонтов диагностированы каолинит, иллит, вермикулит, хлорит и смешанослойные минералы – иллит-смектит (вермикулит) и хлорит-вермикулит. Минералогический состав подфракций с размером частиц 1.0-0.06 мкм аналогичен составу ила в целом. В подфракциях с размером частиц 0.06-0.02 мкм смешанослойные минералы преобладают над индивидуальными, а частицы <0.02 мкм практически полностью состоят из смешанослойных минералов.

Каолинит с d/n 0.72 нм и хлорит с d/n 1.4 нм представлены наиболее крупными частицами и встречаются во фракциях с размерами частиц от 0.2 до 1 мкм. Вермикулит однозначно диагностирован в составе частиц 0.06 до 1 мкм во всех генетических горизонтах и в подфракции 0.02-0.06 мкм в горизонте А1. Иллит и смешанослойные минералы встречаются во всех изученных подфракциях ила. В горизонте А1 обнаружен неупорядоченный хлорит-вермикулит.

В целом, закономерности распределения глинистых минералов по подфракциям ила в торфянисто-подзолистой и подзолистой почвах аналогичны таковым в аллювиальной дерново-глеевой почве. Установлено, что по распределению подфракций ила и их минералогическому составу дерново-глеевые почвы отличаются от почв вышележащих позиций рельефа. В илистой фракции АДГ почв преобладают частицы 1-0.06 мкм, а в ТПГ и П почвах – частицы 1-0.02 мкм. В отличие от аллювиальных дерново-глеевых почв ни в одном из горизонтов верхней части профиля торфянисто-подзолисто-глеевой и подзолистой почв хлорит-вермикулит не обнаружен. Почвенные хлориты обнаружены в горизонте E1h торфянисто-подзолисто-глеевой почвы во фракции 0.2-0.06 мкм и в горизонтах AE1 и E1 подзолистой почвы во фракциях 0.06-1.0 мкм. Ни в одной из подфракций ила аллювиальной дерново-глеевой почвы почвенные хлориты не встречаются.

УДК 502.55

АККУМУЛЯЦИЯ ЖЕЛЕЗОСОДЕРЖАЩИХ МИНЕРАЛОВ В ПОЧВАХ ПРИ РАЗГРУЗКЕ ПОДЗЕМНЫХ СОЛЕННЫХ ВОД

Хайрулина Е.А.¹, Богуш А.А.², Митракова Н.В.¹

¹ Пермский государственный национальный исследовательский университет,
Пермь

E-mail: elenakhay@gmail.com

² Исследовательский центр по агроэкологии, водам и устойчивости,
Университет Ковентри, Ритон-на-Дансморе

E-mail: annakhol@gmail.com

Засоление почвенного покрова при разгрузке соленых подземных вод обычно встречается в аридных экосистемах. В некоторых случаях кроме солей в почвенном покрове происходит накопление железосодержащих минералов. В холодных и гумидных ландшафтах данные процессы могут быть вызваны техногенными факторами. На примере территории Верхнекамского калийно-магниевого месторождения (Россия) изучены процессы аккумуляции железосодержащих минералов в аллювиальных почвах при техногенном засолении.

В местах близкого залегания высокоминерализованных Na-Cl подземных вод в долинах рек формируются ареалы засоленных почв с повышенным содержанием Cl^- , K^+ , SO_4^{2-} , Na^+ на фоне зональных аллювиальных гумусовых глеевых почв. Сумма токсичных солей составляет 1,5%, что соответствует «очень сильной» степени засоления. Усиливают эффект воздействия подземных вод на аллювиальные ландшафты процессы заболачивания. Причинами техногенного заболачивания являются оседание земной поверхности в результате подработки подземного пространства и поднятие уровня подземных вод.

В результате формируются почвы с отложениями охристого цвета на поверхности и отсутствием растительности. Для них характерны максимальные значения содержания хлоридов (свыше 160 г/л) в водной вытяжке почв верхнего горизонта, что свидетельствует о влиянии подземных вод.

На поверхности почв определены разнообразные железистые образования с преобладанием гидрогетита, гетита, магматита. Минеральный анализ верхнего горизонта почв (мощностью 0-3-5 см) показал, что содержание железистых образований достигает 85% от нерастворимой части пробы, а ожелезненных растительных остатков в некоторых пробах – 20%. Органический материал и кремнистые остатки диатомовых водорослей покрыты оксидами и гидроксидами железа и обогащены Ca, Cl с примесью Mg, Na, K, Al, P и S.

Нижний почвенный горизонт мощностью 15-30 см представлен черным гелеобразным веществом с высоким содержанием остатков растительности и диатомовых водорослей. Содержание гидрогетита достигает 84%, обнаружены гематит и магнетит. В результате деятельности сульфатредуцирующих бактерий происходит образование сероводорода, значение окислительно-восстановительного потенциала снижается ($E_h = -156.-197$ мВ), развиваются восстановительные условия и происходит формирование гидротроилитового горизонта. В природных условиях гидротроилит – водный сульфид железа – образуется в сульфатных водоемах степной и пустынной зон, где развивается десульфуризация и продуцируется H_2S . Гелеобразное вещество гидротроилитового горизонта, как и остатки диатомовых водорослей, обогащено Ca, Fe, Cl, K, Na, S и P.

Ниже гидротроилитового горизонта расположен горизонт с глеевой обстановкой.

Формирование сульфидных солончаков на территории Верхнекамского месторождения в условиях южной тайги обусловлено близким залеганием подземных вод с повышенным содержанием сульфатов. В местах площадной разгрузки таких вод содержание сульфатов в водной вытяжке почв достигает 7 г/л. Коэффициент корреляции (r) между содержанием SO_4^{2-} и Cl^- в почвах составляет

0,86, что свидетельствует о тесной связи хлоридного загрязнения и повышенного содержания сульфатов. Источником железа в основном являются гидрооксиды железа шешминских пестроцветных пород, почвенные минералы и отходы калийного производства, которые более активно выщелачиваются под воздействием техногенных растворов. Высокое содержание органики в почвах способствует формированию сульфидной обстановки под воздействием микробиологической деятельности. Погибшая древесная растительность, ожелезненные и слаборазложившиеся остатки растительности в почвах свидетельствуют, что формирование сульфидных солончаков произошло недавно.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования (проект № 2019-0858), РФФИ № 15-05-07461.

УДК 631.4

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МИНЕРАЛОГИЧЕСКОГО СОСТАВА ИЛА ПОЧВ СУХОСТЕПНОГО СОЛОНЦОВОГО КОМПЛЕКСА С РАЗНОЙ СТЕПЕНЬЮ ВЫРАЖЕННОСТИ МИКРОРЕЛЬЕФА В СЕВЕРО-ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ ПРИКАСПИЙСКОЙ НИЗМЕННОСТИ

Чурилин Н.А., Варламов Е.Б., Лебедева М.П.
Почвенный институт им. В.В. Докучаева, Москва
E-mail: nikitachur@ya.ru

Минералогический состав почв солонцового комплекса сухостепной зоны описан в большом количестве работ и преимущественно для территорий с выраженным микрорельефом, где солонцы приурочены к повышениям микрорельефа, а лугово-каштановые почвы занимают микропонижения.

Цель работы – выявить сходства и различия в минералогическом составе илистой фракции (<1 мкм) почв солонцовых комплексов, расположенных на территории с выраженным и невыраженным микрорельефом.

Почвы солонцовых комплексов на двух ключах, сформированных на лессовидных нижнехвалынских отложениях. На первом ключе (около пос. Борси) был выявлен сильноконтрастный солонцовый комплекс без выраженных западин. Он расположен в наиболее древней подсыртовой части Прикаспийской низменности на абсолютных высотах около 48 м над ур.м., примыкающей к раннехвалынской морской террасе, ограниченной высотой около 50 м над ур.м. Второй ключ с сильноконтрастным (трехчленным) солонцовым комплексом (около пос. Акоба) отличается глубокозападинным микрорельефом, расположен на территории с высотами около 38 м над ур.м.

Минералогический анализ ила (фракция <1 мкм) проводился рентген-дифрактометрическим методом.

На ключе «Борси» почвы солонцового комплекса без выраженного микрорельефа, но с контрастным почвенным покровом, показывают близкие значения как по содержанию минеральных фаз, так и их распределению по профилям. И в солонце, и в каштановой почве во всех генетических горизонтах в составе ила преобладают смешанослойные минералы и иллит, каолинит по содержанию занимает промежуточное положение, хлорит – минимальное. Соотношение минеральных фаз ила в почвах однотипно с составом почвообразующих пород – смешанослойные минералы преобладают над иллитом. Исключением являются только поверхностные горизонты почв этого ключа, в которых иллит преобладает над смешанослойными минералами. На ключе «Акоба» минералогический состав ила солонца принципиально отличается по соотношению минеральных фаз – во всех горизонтах преобладает иллит над смешанослойной фазой. Интересно, что в каштановой почве содержание иллита выше, чем смешанослойной фазы только в верхних 50 см. Такая же закономерность распределения минеральных фаз наблюдалась и в каштановой почве ключа «Борси». При пересчете на почву в целом тренды сохраняются. Сравнение почв солонцовых комплексов двух ключей показало, что солонец ключа «Акоба» отличается значительной гипергенной проработкой минералов на всю глубину профиля, иным характером распределения минеральных фаз, а также более высокой супердисперсностью смешанослойной фазы, которая отмечена и в подсолонцовых горизонтах. В каштановой почве ключа «Борси» преобладание иллита наблюдается в горизонте AU (до 25 см) меньшей мощности, чем для каштановой почвы ключа «Акоба» – до 50 см. Для обоих ключей от солонцов до каштановых почв отмечено с одной стороны увеличение накопления иллита в поверхностных горизонтах (при пересчете на почву в целом) за счет нарастающей иллитизации и с другой – повышенное накопление смешанослойных минералов в средних частях профилей. Отсутствие свежих кутан иллювирования в каштановых почвах позволяет предполагать реликтовый характер элювиально-иллювиального перераспределения лабильных минералов.

МИНЕРАЛОГИЧЕСКИЙ СОСТАВ ПОЧВ ЛИМАНА ВОЛГОГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ И ЕГО СВЯЗЬ С МИКРОРЕЛЬЕФОМ

Чурилина А.Е.

Почвенный институт им. В.В. Докучаева, Москва

E-mail: a.e.churilina@gmail.com

На территории Нижнего Поволжья широко распространены ареалы слитых почв, которые часто приурочены к выходам шоколадных глин. Эти глины относятся к хвалынским отложениям, не имеющим сплошного простираения и заполняющим древние эрозионные формы рельефа. В частности, выходы данных отложений встречаются в лиманах. Таким образом, здесь создаются условия для формирования слитых и/или слитизированных почв – глинистые материнские породы, а также достаточное увлажнение в условиях аридного климата.

В данной работе приводятся результаты исследования почв лимана Большой Светлоярского района Волгоградской области. Была заложена траншея (48°23'37.5" с.ш., 44°52'03.9" в.д.) длиной 370 см, ориентация – с юга на север. Отмечен выраженный микрорельеф с микроповышениями, микропонижениями и отдельными округлыми «блюдцами». В траншее было выделено четыре профиля, по которым проводились морфологические описания и отбор образцов. По гранулометрическому составу профили исследованных почв можно разделить на две группы – с элювиально-иллювиальным и равномерно-элювиальным типами распределения как ила, так и физической глины. Это соответствует и морфологическому описанию почв – первые два профиля отличались выраженными элювиальными осветленными горизонтами и глинистыми нижележащими горизонтами с признаками слитости (сликенсайды). При этом максимальное количество сликенсайдов было отмечено на повышении на глубине 60-70 см, на этих же глубинах в понижении признаки слитогенеза были минимальными.

Нами был проведен рентгендифрактометрический анализ илистых фракций (<1 мкм), выделенных методом седиментации. Съемка ориентированных препаратов фракций, насыщенных магнием, выполнена в трех состояниях: а) воздушно-сухом; б) сольватированном этиленгликолем в течение 2 сут.; в) после прокаливании при 550 °С в течение 2 ч. Далее было рассчитано соотношение основных минеральных фаз. Анализ их распределения показал общую закономерность для всех профилей траншеи – доминирование иллита и смешанно-слоистых минералов. При этом стоит отметить, что содержание иллита во фракции значительно выше (40-50%) по сравнению со смешанно-

слоистой фазой (25-35%) для верхних горизонтов, тогда как в переходных к породе горизонтах на первое место выходят минералы с набухающей решеткой (40-43%). Содержание каолинита и хлорита в илистой фракции практически не изменяется по глубине во всех изученных профилях. Смешаннослойное образование диагностировано как иллит-сметкитовое по асимметрии иллитового пика в сторону малоугловой области. При пересчете содержания минеральных фаз на почву в целом сохраняются отмеченные выше закономерности, характер распределения фаз частично отражает распределение самой илистой фракции в профиле.

В целом можно отметить закономерную связь минералогического состава фракций с микрорельефом, который влияет на перераспределение атмосферных осадков. Профиль на микроповышении характеризуется практически равным содержанием иллита и смешаннослойных минералов, соотношение которых слабо изменяется с глубиной. Профиль микропонижения характеризуется минимальным содержанием набухающей фазы. Также в микропонижении и на микросклоне отмечено наибольшее содержание иллита, максимум – в элювированном горизонте. Однако при пересчете соотношения минералогических фаз на почву в целом явное доминирование иллита выявлено в квазиглееватых тяжелосуглинистых горизонтах микросклона. Все нижние горизонты всех изученных профилей характеризуются сопоставимым соотношением фаз, что подтверждает единое происхождение материала, несмотря на различную степень выраженности признаков слитости.

Подкомиссия

ПО МИКРОМОРФОЛОГИИ ПОЧВ

Сопредседатели – д.с.-х.н. М.П. Лебедева, к.б.н. М.А. Бронникова

УДК 631.4

**ОСОБЕННОСТИ МИКРОСТРОЕНИЯ
АЛЛЮВИАЛЬНЫХ ПОЧВ РЕЧНЫХ ДОЛИН**

Балабко П.Н.¹, Лаптева Е.М.²

¹ Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Москва
E-mail: balabkopetr@mail.ru

² Институт биологии ФИЦ Коми НЦ УрО РАН, Сыктывкар
E-mail: lapteva@ib.komisc.ru

Исследования микростроения аллювиальных почв проведены на примере почв пойм рек Москвы, Клязьмы, нижней Оки, Десны, средней Печоры, средней и верхней Оби, верхнего Чулыма, Тихой Сосны (степная зона).

Для микростроения аллювиальных дерновых кислых почв, формирующихся на прирусловых валах и высоких гривах центральной поймы в пределах таежно-лесной зоны, характерно слоистое рыхлое макро- и микросложение профиля, слабая связь органического вещества и минерального скелета, отсутствие признаков концентрации и передвижения глинистой плазмы, хорошая окатанность песчаных зерен скелета. Аллювиальные луговые кислые почвы исследовали на примере высокой и низкой центральной поймы. Микроморфологические исследования аллювиальных луговых кислых почв высокой поймы долин рек нижней Оки, Десны, Клязьмы, средней Оби показали, что микросложение гумусовых горизонтов этих почв хорошо агрегированное, преобладают агрегаты второго порядка. Среди марганцовисто-железистых новообразований доминируют нодули. Хорошо выражена межагрегатная разветвленная пористость. Гумус типа мулль и модер. В дренирующих порах средней части профиля исследованных почв обнаружены слоистые железисто-глинистые

кутаны иллювирирования, причем в профиле аллювиальных луговых кислых почв поймы р. Десны глинистые кутаны включают зерна первичных минералов (партлюовация по В.О. Таргульяну). Профиль аллювиальных луговых кислых почв низкой поймы долин рек Десны, средней Печоры, средней Оби менее четко дифференцирован на генетические горизонты. Глинистые кутаны представлены однослойными обезжелезненными тонкими глинистыми пленками вдоль пор и вокруг агрегатов. В гумусовом горизонте этих почв преобладают макроагрегаты первого и второго порядков, марганцовисто-железистые новообразования имеют форму пятен. В этом горизонте много углистых частиц, ожезлеженных растительных остатков и гумуса типа модер, что свидетельствует о более гидроморфных условиях их формирования, чем аллювиальных луговых почв высокой поймы. Сезонное оглеение верхних горизонтов исследуемых почв в осенний и весенний периоды приводит к диспергации почвенной массы, под воздействием весенне-летних дождей происходит иллювирирование железисто-глинистой плазмы в нижележащие горизонты. Этот процесс протекает более интенсивно в аллювиальных луговых почвах высокой поймы в условиях лучшего дренажа, чем в почвах низкой поймы с затрудненным дренажем.

Микростроение аллювиальных дерновых насыщенных почв приуроченных к высоким гривам пойм рек степной зоны сходно с таковыми почвами пойм таежно-лесной зоны, в профиле этих почв больше пылеватых и илистых частиц. Для микростроения аллювиальных луговых насыщенных почв долин рек верхней Оби, верхнего Чулыма, Тихой Сосны (степная зона) характерны следующие отличительные признаки: скоагулированное состояние гумусо-глинистой плазмы, отсутствие натечных форм глин, муллевый гумус. В нижних горизонтах этих почв обнаружены кристаллы гипса. Карбонаты в аллювиальных луговых насыщенных почвах пойм степной зоны представлены карбонатной плазмой и крупнозернистым кальцитом в порах. Марганцовисто-железистые новообразования представлены в форме хлопьев, пятен и мелких нодулей. Микроморфологические исследования аллювиальных луговых почв долин равнинных рек в пределах таежно-лесной и степной зон показали, что некоторые признаки зональных почв закладываются на пойменной стадии развития речной долины.

УДК 631.48

ОСОБЕННОСТИ МИКРОМОРФОЛОГИЧЕСКОГО СТРОЕНИЯ ПОЧВ КАТЕНЫ «ДАРХИТУЙ» НА ЮГЕ ВИТИМСКОГО ПЛОСКОГОРЬЯ

Гынинова А.Б., Бадмаев Н.Б., Куликов А.И.

Институт общей и экспериментальной биологии СО РАН, Улан-Удэ

E-mail: ayur.gyninova@mail.ru

Еравнинская котловина на юге Витимского плоскогорья характеризуется холмистым рельефом с отдельными возвышенностями ~1000 м над ур.м. Наибольшие площади занимают пологие склоны северной экспозиции, сменяющиеся волнистой равниной, на которых наблюдается смена сопряженных почв, образующих катену. Катена «Дархитуй» заложена на северном склоне одноименной горы и включает три разреза: в привершинной части (высота 1017 м), на склоне (971 м) и предгорной равнине (933 м).

Привершинная часть горы Дархитуй покрыта лиственничным лесом. Профиль почвы состоит из горизонтов АО(0-5)-А1(5-9)-ЕL(9-14)-ВМ1(14-32)-ВМ2(32-53)-С(53-108). В бурых (7.5YR 4/4 и 4/5) горизонтах ВМ1 и ВМ2 дресва и щебень оглинены, агрегаты покрыты тонкой глинистой кутаной. Микроморфологически диагностируется активная гумификация с участием мезофауны и грибов, агрегирование с включением зерен первичных минералов в плазму и разделение агрегатов на фрагменты размером 20-30 мкм. В прерывистом осветленном (7.5YR 5/3) горизонте ЕL отмечается сепарация на фракции гранулометрического состава. В средней части профиля активен глинистый метаморфизм минералов, агрегирование и растрескивание агрегатов. Признаки свидетельствуют о принадлежности почвы к бурозему оподзоленному с признаками криогенеза.

На северном склоне под разнотравным березовым лесом с ерником формируются почвы с профилем АО(0-6)-АU(6-20)-ВРL(20-60)-ВСА(60-84)-ВС(84-110), пересеченным магистральной трещиной. Для почвы характерна активная гумификация с участием мезофауны и грибов, агрегирование, метаморфизм и карбонатизация нижней части профиля. Большой процент темных минералов при выветривании образует железисто-глинистую плазму. В соответствии с набором горизонтов и их цветовыми характеристиками: АU – буровато-темно-серый до черного (7.5YR 2.5/1), ВРL – желтовато-светло-бурый (10YR 5/4) и ВСА – желтовато-белесый (10YR 5/4), а также, с микроморфологическими признаками почва отнесена к типу палевая темногумусовая.

Предгорная равнина волнистая с буграми пучения (диаметр 3-5 м, высота 30-40 см), уклоном 0.50 в сторону оз. Сосновое покрытие злаково-твердоватоосоково-разнотравным сообществом. Профиль почвы состоит из горизонтов Ad (0-9, дернинный)-AU(9-24)-AB(24-38)-Bica(38-65)- BSA(65-89)-Cca(89-150) с клиньями криогенных магистральных трещин, заполненных гумусированным материалом и с карбонатными линзами в горизонте BSA. Микроморфологически диагностируются активное микроагрегирование с образованием отдельностей размером 10-20 мкм, активная гумификация, криогенное агрегирование с образованием ооидов в средней части профиля, криогенная сепарация, растрескивание. По профилю сменяются темно-серые до черного гумусовые горизонты (10YR 3/1, 10YR 2/1) и желтовато-светло-бурые и желтовато-бурый (10YR 5/4, 10YR 5/6; 10YR 5/3) срединные горизонты с карбонатами в нижней части. Указанные особенности строения профиля и цветовая гамма позволяют отнести почву к типу чернозем и, подчеркивая наличие криогенных признаков и дернинность, предлагается добавить приставку криоморфный.

Работа выполнена при финансовой поддержке проекта НИР № АААА-А17-117011810038-7, гранта РФФИ № 19-29-05250.

УДК 631.46

МИКРОМОРФОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ПЕДОЛИТОСЕДИМЕНТОВ РАННЕСРЕДНЕВЕКОВЫХ ПОСЕЛЕНИЙ РАЗНЫХ ПРИРОДНЫХ ЗОН

**Карпова Ю.О.¹, Бронникова М.А.¹, Аржанцева И.А.², Кочкина А.Ф.³,
Сташенков Д.А.³, Стефутин С.А.⁴**

¹ Институт географии РАН, Москва

E-mail: juliakarpova10@yandex.ru, mbmsh@mail.ru

² Институт этнологии и антропологии им. Н.Н. Миклухо-Маклая РАН, Москва

E-mail: arzhantseva@rambler.ru

³ Самарский областной историко-краеведческий музей им. П.В. Алабина, Самара

E-mail: archeo@list.ru

⁴ Государственный исторический музей, Москва

E-mail: s.stefutin@mail.ru

В данной работе приведена попытка сравнительного анализа антропогенных и природных признаков, процессов их формирования и трансформации в одновозрастных педолитоседиментах, сформированных в разных природных зонах. Такое сравнительное исследование ставит своей целью оценку вкладов природных условий и антропогенного фактора в формирование и постантропогенную трансформацию культурных слоев.

Объектами исследования являются культурные слои (педолитоседименты) трех раннесредневековых памятников, находящихся в разных природных условиях: 1. Зона широколиственных лесов, запад средней части Восточно-Европейской равнины, бассейн р. Торопы (селища Шниткино); 2. Зона лесостепи, Среднее Поволжье, юго-западная часть Самарской Луки (селища Малая Рязань II); 3. Зона пустынь, Приаралье, древняя дельта р. Сырдарья (городище Джанкент).

Микроморфологические исследования стратиграфических колонок археологических педолитоседиментов позволили провести раздельную диагностику признаков:

– связанных с антропогенным привнесом и перераспределением вещества (включения растительного детрита, фитолитов, фрагментов костей, керамики, продуктов разрушения глинобитных строительных материалов и др.);

– новообразованных при преобразовании привнесенного материала природно-антропогенными и почвенными процессами (пирогенные и копрогенные формы карбонатов, фосфатные новообразования, карбонатные и солевые фитоморфозы и др.);

– литогенных, гидрогенных и педогенных признаков, не связанных с антропогенезом (аккумуляции легкорастворимых солей, пропиточных карбонатов, морфологически разнообразных форм гипса, признаки перекристаллизации карбонатов и гипса, признаки перераспределения железа и др.).

Совокупность полученных микроморфологических характеристик каждого стратиграфического слоя педолитоседиментов позволила определить функциональное использование территории археологических памятников. Территория селища Шниткино подвержена локальному пирогенному воздействию, о чем свидетельствует наличие большого количества угольной пыли, углей и прокаленной гранитной дресвы в составе педолитоседиментов. Материал культурных слоев селища Малая Рязань II содержит большое количество кальцитовых сферулитов и друз, угольной пыли, фитолитов, костного материала, фрагментов керамики и представляет собой сожженный навоз (профиль «яма») и очажно-бытовые отходы (профиль «очаг»). Стратиграфическая колонка городища Джанкент была подразделена на несколько генетико-стратиграфических единиц: 1 – продукты разрушения стен, сложенные силикатно-карбонатным трамбованным материалом; 2 – жилые слои, богатые растительным детритом, пеплом, фитолитами, фосфатными новообразованиями; 3 – хозяйственные слои с большим содержанием очажных и пищевых отходов с углефицированным детритом злаков и фитолитами.

Выявлен ряд универсальных антропогенных микропризнаков, встречающихся во всех стратиграфических колонках, и специфических, характерных для определенных памятников, присутствие

и разнообразие которых определяется как спецификой локального антропогенного воздействия, так и историческими и современными внутрпочвенными условиями, влияющими на возможность их формирования и сохранность.

Совокупность природных микропризнаков определяется зональными закономерностями, а также гидрологическим режимом и характером пород. Наибольшее разнообразие и обилие признаков, связанных с деятельностью фауны, было обнаружено в лесостепной зоне: хорошо выраженная копрогенная микроструктура, многочисленные кладки микрофауны. Карбонатные новообразования были встречены в культурных слоях лесостепи и пустыни. Микритовые нодули и кутаны – новообразования лесостепной зоны, связанные с процессом элювиально-иллювиального перераспределения и сегрегации карбонатов. В пустыне присутствие пропиточных микроформ, игольчатого микрита и инкрустаций по растительным тканям связано с осаждением из грунтовых вод, а также с частичным растворением глинисто-карбонатного строительного материала. Различные по морфологии и генезису новообразования гипса были идентифицированы в пустынной зоне: плотные мелко- и среднекристаллические инфиллинги, крупные, идиоморфные кристаллы гипса и их сростки, гипсовые «розы». Во всех исследуемых культурных слоях встречаются различные новообразования железа, связанные с периодическим переувлажнением.

Таким образом, специфический набор и разнообразие антропогенных микропризнаков позволяет интерпретировать генезис тех или иных стратиграфических слоев археологических педолитоседиментов. В то же время педолитоседименты содержат совокупность признаков, связанных с ландшафтно-климатическими условиями во время формирования слоя и в постантропогенный период, зональных природных признаков, не связанных с антропогенезом, и азональных признаков переувлажнения, обусловленных локальными особенностями водного режима. Присутствие определенных природных признаков, отражающих внутрпочвенные условия, оказывает влияние на сохранность и процессы трансформации антропогенных признаков и артефактов.

Работа велась по проектам РФФИ № 14-06-00348 DFG № 389 351859, аналитические исследования частично выполнены в рамках темы ГЗ № 0148-2019-0006.

УДК 631.4

КРИОГЕННЫЕ МАКРО- И МИКРОПРИЗНАКИ В СТЕПНЫХ ПОЧВАХ МЕЛОВЫХ ЛАНДШАФТОВ ЮГА ОРЕНБУРГСКОЙ ОБЛАСТИ

Ковда И.В.¹, Рябуха А.Г.², Поляков Д.Г.², Лебедева М.П.¹

¹ Почвенный институт им. В.В. Докучаева, Москва

E-mail: ikovda@mail.ru, m_verba@mail.ru

² Институт степи УрО РАН –

обособленное структурное подразделение ОФИЦ УрО РАН, Оренбург

E-mail: annaryabukha@yandex.ru, electropismo@yandex.ru

Почвы юга Оренбургской области формируются в условиях континентального климата с холодной малоснежной зимой, жарким летом с недостаточным увлажнением. Преобладающую часть года почвообразование происходит при отрицательных температурах воздуха, промерзание почв достигает 140 см и более. В связи с этим в почвах юга Оренбургской области и прилегающей территории Казахстана традиционно отмечаются такие признаки, как трещиноватость и языковатость гумусового горизонта.

Нами исследован специфический и малоизученный объект, встречающийся в ряде районов степной зоны юга России и в Казахстане, приуроченный к близкому залеганию меловых пород и получивший название «меловые полигоны» в связи с формированием бугров, поверхность которых покрыта пятнами мелового материала. В траншее изучены строение, морфологические и микроморфологические признаки почв одного из меловых полигонов, расположенных в Акбулакском районе Оренбургской области. Зафиксированы особенности морфологического строения почвенных профилей всех четырех стенок траншеи. Отбор образцов ненарушенного строения для микроморфологического изучения в шлифах проведен из представительных морфонов на различных элементах микрорельефа – западине, микросклоне и микроповышении.

На макроуровне отмечено внешнее морфологическое сходство меловых полигонов с современным криогенным микрорельефом. В траншее обнаружено мозаичное строение почв, наличие гумусовых клиньев, приуроченных к западинам. На микросклонах и микроповышениях в толще отмечаются турбированные структуры и горизонты, наклонные интрузии мелового материала к поверхности микроповышения, завихрения бурого гумусированного материала. Почвенный и меловой материал характеризуются горизонтальной делимостью и плитчатостью с толщиной от 1 до 5 см. Отмечается неоднородность распределения твердых меловых включений в мелкозем и степени их окатанности, максимальной выраженной в меловых интрузиях.

Микроморфологический анализ показал многочисленные включения биогенных морских фоссилий. Почвы характеризуются выраженной агрегированностью и разнообразным микростроением, обусловленным преобладанием различных процессов на разных элементах микрорельефа. В зависимости от положения в микрорельефе меняется тип и размер преобладающих микроагрегатов: округлые, угловатые, угловато-призматические, плитчатые агрегаты, степень их аккумуляции, тип пористости (поры упаковки, поры-трещины). Отмечено разнообразие форм органического вещества и остатков органического происхождения: пропиточные формы тонкодисперсного органического вещества, фитолиты и спикеры губок; копролиты, биотубулы и биоканалы с остатками корней и клещевых копролитов, углистые и ожелезненные растительные остатки. Оптическая ориентация в целом выражена слабо. Минеральная масса, кроме верхних горизонтов западины, имеет светлую окраску, характеризуется неравномерным распределением минеральных зерен, образующих зоны скопления и кольцевые структуры. Часто отмечается резкий контакт дисперсного мелового материала с тонкодисперсной почвенной массой.

Таким образом, как на макро-, так и на микроуровне отмечаются признаки, формирование которых по-видимому связано с криогенными процессами промерзания и оттаивания влаги, образованием льда и его расклинивающим действием, турбациями, давлением и подвижками: криогенная сортировка, шлировость, переорганизация минеральной массы, формирование специфической оструктуренности и пористости, особенности органического вещества. На наш взгляд, исходное формирование меловых полигонов связано с палеокриогенными процессами позднего плейстоцена. В настоящее время в почвах меловых полигонов присутствуют как реликтовые криогенные признаки, так и формирующиеся при длительном зимнем промерзании и отражающие современное функционирование почв меловых полигонов.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ № 20-05-00556 А.

УДК 631.4

МОРФОГЕНЕЗ КРИОАРИДНЫХ ПОЧВ ЮГО-ВОСТОЧНОГО АЛТАЯ

Конопляникова Ю.В.¹, Бронникова М.А.¹, Лебедева М.П.²

¹ Институт географии РАН, Москва

E-mail: jkonopl@gmail.com

² Почвенный институт им. В.В. Докучаева, Москва

Криоаридные почвы, формирующиеся под криоксерофитными степями в горах Южной Сибири, к настоящему моменту остаются одними из наименее изученных типов почв. В данной работе морфо-

генез криоаридных почв изучен на примере трех ключевых профилей ландшафтно-высотного ряда нарастающей аридности на территории Юго-Восточного Алтая (2400 м над ур.м. – криоксерофитные степи с участием альпийской флоры, 2230 м над ур.м. – криоксерофитные степи, 1900 м над ур.м. – опустыненные криоксерофитные степи). Проведен иерархический морфогенетический анализ почв с упором на микроморфологический метод, датирование материала кутан проведено методом AMS.

В результате исследования установлено, что специфика криогумусового горизонта заключается в накоплении мелкого слаборазложенного корневого детрита, сочетании зоогенной зернистой микроструктуры с менее выраженной ооидной криогенной, наличии пылевато-глинисто-гумусовых и гумусовых кутан на минеральных зернах. Характерным признаком палево-метаморфического горизонта (BPL) криоаридных почв являются глинисто-пылеватые кутаны на зернах скелета, образованные в результате криогенной перегруппировки материала. Палевая окраска BPL определяется небольшим количеством (гидр)оксидов железа, пропитывающих тонкодисперсное вещество основной массы горизонта и глинисто-пылеватых пленок на зернах скелета. Важную роль в формировании профиля криоаридных почв играют криогенные признаки: полигональное растрескивание поверхности, криогенная сортировка, дробление минеральных зерен, образование силикатных кутан на верхних гранях крупных обломков и вокруг мелких зерен, ооидные микроагрегаты, формирование постшлировой текстуры.

Установлена вариативность строения криоаридных почв в ландшафтно-высотном ряду нарастающей аридности: для центрального члена ряда характерны вышеописанные типичные признаки криоаридных почв, в наименее аридных условиях (почва на 2400 м над ур.м.) развита дернина, лучше выражена структура, биогенные и криогенные признаки; в наиболее аридном профиле (почва на 1900 м над ур.м.) присутствует пустынная мостовая с загаром на поверхности щебня, слоисто-пузырчатая корка, окраска всех горизонтов более светлая, карбонаты присутствуют с поверхности, процессы аккумуляции карбонатов проявляются наиболее ярко. Криоаридные почвы характеризуются генетически единым кутанным комплексом, развитом на обломочном материале плотных кристаллических пород, включающим силикатные, гумусовые, карбонатные: микритовые рыхлые, микритово-микроспаритовые плотные с участием опала, спаритовые плотные морфотипы кутан. По последовательностям кутан реконструированы следующие этапы педогенеза криоаридных почв: I) аридный-семиаридный полугидроморфный, 7000-8000 л.н. (спаритовые плотные слои, микроспаритово-микритовые плотные слои с прослоями опала); II) аридно-семиаридный автоморфный

(микритовые рыхлые слои); III) гумидный автоморфный, 3800 л.н. (Fe-гумусовые кутаны); IV) современный аридно-семиаридный автоморфный (микритовые рыхлые и силикатные кутаны).

Ведущими современными процессами в профиле криоаридных почв являются накопление мелкого корневого детрита в сочетании со слабой аккумуляцией гумуса; биогенное и криогенное микрооструктурирование; криогенная перегруппировка пылевато-глинистого вещества; частичная перекристаллизация карбонатных кутан и локальное перераспределение карбонатов; ожелезнение и окарбоначивание растительных остатков (выражено в наиболее аридных условиях). Криоаридные почвы являются полигенетичными. Криогумусовый и палео-метаморфический горизонты содержат признаки, преимущественно соответствующие текущей факторной обстановке, а щебнистые карбонатные горизонты данных почв содержат как признаки, обусловленные действием реликтовых процессов (карбонатные и гумусовые кутаны на щебне), так и современные признаки (силикатные кутаны, ооидные агрегаты, образование фрагментарного тонкого верхнего слоя карбонатных кутан). Криоаридные почвы обособляются от родственных им каштановых и палевых почв спецификой криогумусового горизонта, наличием многокомпонентного по морфологии и составу кутанного комплекса на обломочном материале плотных кристаллических пород, криогенные признаки в них развиты лучше, чем в каштановых, но слабее, чем в палевых почвах.

Работа подготовлена по материалам исследований по гранту РФФИ № 17-04-01526. Аналитические работы проводились в рамках темы Государственного задания № 0148-2019-0006.

УДК 631.48

МОРФОЛОГИЧЕСКИЕ ПРИЗНАКИ КРИОГЕНЕЗА В СТРУКТУРЕ ТАЁЖНЫХ ПОЧВ ЗАПАДНО-СИБИРСКОЙ РАВНИНЫ

Коркина Е.А.

Нижневартковский государственный университет, Нижневартковск
E-mail: lenaknv@gmail.com

Почвенный криогенез в зоне островной мерзлоты и перелетков в перегляциальной Западно-Сибирской равнине выражен слабо. Если в северотаежной подзоне в почвах фиксируются морозобойные клинья в виде языковатости в подзолах, ледяные линзы в торфяных толщах, то в современных среднетаежных почвах признаки криотурбированности, мерзлотные нарушения практически не встречаются. Однако, в слабодифференцированных суглинистых и супесчаных почвах сере-

динные горизонты представлены угловато-крупитчатой структурой и шпировостью. Эти морфологические признаки маркируют процессы криогенеза, связанные с отрицательными температурами в профилях криометаморфических почв.

В ходе исследований были изучены морфологические признаки почв криометаморфического отдела на суглинистых неоплейстоценовых отложениях среднетаежной подзоны Западно-Сибирской равнины методом разноуровневых морфологических диагностик: морфологическое полевое описание, мезоморфологическое исследование под биноклем и микроморфологическое исследование в плоскопараллельных шлифах под поляризационным микроскопом в проходящем и отраженном свете. Температурный режим отслеживался с помощью системы автоматического мониторинга «САМ-Н2».

Криометаморфические горизонты диагностируются с глубины 40 см. В профиле почв признаки оглеения не обнаруживаются. В структуре почв обнаруживаются острые грани агрегатов, в меж-агрегатном пространстве в июне – кристаллики льда. Вглубь по профилю почв с глубины 60 см образуются взаимно параллельные прослойки минеральных агрегатов угловато-крупитчатой структуры, перекрытые светлыми пылеватыми силтанами. Микроморфологические шлифы показывают мелко-пылеватую почвенную плазму в горизонте на глубине 40 см, которая имеет тонкоплитчатую горизонтальную ориентацию. Параллельные горизонтальные поры образованы вследствие постепенного движения и замерзания воды в межпоровом пространстве.

Гидрологический режим на этих глубинах достаточно ровный в течение всего года, средняя влажность 22%. Температуры криометаморфического горизонта с февраля по июнь находятся в отрицательном диапазоне со средними значениями -0.2 °С, максимальная сумма отрицательных температур зафиксирована в марте (-8 °С). Проникновение отрицательных температур в слабоувлажненный, мелкодисперсный криометаморфический горизонт растрескивает агрегаты, создавая угловато-крупитчатую структуру с острыми гранями. На микроморфологическом уровне видно, что образованные шпирьы льда имеют разнообразное ориентирование, создавая крупные блоки. Существовавшее более глубокое промерзание вызывало формирование сегрегационного льда и миграцию водяных паров и мелких фракций к фронту промерзания, образуя при этом разрывные блоковые структуры с острыми, клинообразными углами.

Таким образом, криогенные процессы в исследуемых почвах протекают в системе порода, вода, лед, раствор и приводят к изменению механизмов почвообразовательных процессов. Основные морфологические признаки криогенеза в криометаморфических горизонтах определяются наличием силтан и трещин, засыпанных

мелким кремнеземом – процесс партлювации, мелкой пористостью агрегатов, связанной с подтягиванием влаги к фронту промерзания в криометаморфических горизонтах.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ № 19-29-05259 мк «Посткриогенный педогенез Западно-Сибирской равнины».

УДК 631.46

ОПЫТ ОЦЕНКИ ИЛЛЮВИИРОВАНИЯ ТОНКОДИСПЕРСНЫХ ФРАКЦИЙ В ПОЧВАХ С ПОМОЩЬЮ КОМПЬЮТЕРНОЙ ОБРАБОТКИ МИКРОФОТОГРАФИЙ ШЛИФОВ

Куст П.Г.¹, Лебедева М.П.¹, Макеев А.О.²

¹ Почвенный институт им. В.В. Докучаева, Москва

E-mail: pavelkust@yandex.ru

² Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Москва

Применение микроморфологического метода актуально для решения комплексной задачи генетического почвоведения – отклика почв на условия окружающей среды. Наиболее тонкие перестройки почвенного профиля можно выявить при использовании морфометрического подхода в микроморфологии и дальнейшей статистической обработке числовых данных. В рамках анализа новообразований важным направлением является морфометрическая оценка распределения в микромассе глинистых кутан, в частности, количественная оценка формирования иллювиальной толщи за счет включения натек в основную массу почвы. В мировой практике принято оценивать участие иллювиальной глины по площади, занимаемой натечками, по отношению ко всей площади шлифа, при этом отсутствует программное обеспечение, позволяющее получать эти морфометрические характеристики. Основные трудности получения количественных микроморфологических данных в шлифах связаны с отсутствием стандартных значений цветовых характеристик пикселей изображения, сложностью интерпретации результатов 2D расчетов на 3D объекты и ограничением точности толщиной шлифа (30 мкм). Эти проблемы решены в рамках настоящей работы в специализированном модуле ПО «Thixomet Pro».

Микроморфологические параметры натечных образований исследовались в шлифах из профилей текстурно-дифференцированных почв: почвы на двучленных отложениях северной и южной подзон европейской территории России (Московская, Тверская, Архангельская области); почвы железного века и эпохи бронзы, погребенные под оборонительными валами и курганами, расположенные на границе лесной зоны и лесостепи.

Для микроскопического оборудования – поляризационный микроскоп Olympus BX51 с цифровой фотокамерой Olympus DP26 (Центр коллективного пользования научным оборудованием «Функции и свойства почв и почвенного покрова» Почвенного института им. В.В. Докучаева) – адаптирован модуль программного обеспечения «Thixomet Pro». Использование данного программного обеспечения позволяет полностью визуализировать иллювирированную глину с использованием синтезированной круговой поляризации). На комбинации оригинальных и синтезированных изображений проводился анализ для разделения изотропных непрозрачных объектов, внутрипедной массы, пор, зерен минералов, глинистых новообразований разных типов. Разработан алгоритм автоматической оценки количества иллювирированной и внутриагрегатной глины в микростроении текстурных горизонтов. Анализ основан на различных показателях элементов микростроения в изображениях, полученных при разном типе света (NI – поляризованный свет без анализатора, NX – поляризованный свет с анализатором, PartlyXPL – поляризованный свет с включенным в частичной поляризации анализатором, CPL – синтезированная программно-круговая поляризация). Методика позволяет разделить литогенные, педогенные (реликтовые и современные) натечные глинистые новообразования, количественно их описать с помощью 20 параметров (количество, площадь, форма, размер, расположение относительно поры и др.). Получены количественные показатели распределения натечных новообразований и внутрипедной глины в иллювиальных горизонтах и произведена оценка интенсивности проявления элювиально-иллювиального процесса. Показано, что активно иллювируемая глина составляет менее 50% по площади от общего содержания глинистого вещества в шлифе. Сопоставление данных гранулометрического анализа с данными сегментации показывает заметное сходство: 24.1% частиц <0.001 мм получено аналитическим методом и 22.4% площади в совокупности занимают внутрипедная глина и кутаны по результатам сегментации.

Таким образом, разработаны цифровые методы морфометрии в микроморфологии почв на основе компьютерного анализа изображений; получены уникальные данные о количественном распределении классов глинистого вещества в почвенной массе, что улучшает понимание динамики перемещения и локализации глины при ее стабилизации в почве.

Исследование выполнено при поддержке гранта Президиума РАН «Теоретические и экспериментальные исследования для эффективного научно-технического развития агропромышленного комплекса Российской Федерации» и проекта РНФ № 16-17-10280.

УДК 631.46

**МИКРОМОРФОЛОГИЧЕСКАЯ ДИАГНОСТИКА
СОВРЕМЕННОГО И РЕЛИКТОВОГО ПОЧВООБРАЗОВАНИЯ
СУХОСТЕПНОГО СОЛОНЦОВОГО КОМПЛЕКСА
ВОЛГО-УРАЛЬСКОГО МЕЖДУРЕЧЬЯ
В УСЛОВИЯХ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА**

Лебедева М.П.¹, Романис Т.В.¹, Варламов Е.Б.¹, Makeев А.О.²

¹ Почвенный институт им. В.В. Докучаева, Москва

E-mail: m_verba@mail.ru

² Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Москва

E-mail: makeevao@gmail.com

Для Волго-Уральского междуречья характерны почвы сухостепных солонцовых комплексов на нижнехвалынских лессовидных суглинках. Характер почвообразования определяется приуроченностью почв к определенному элементу микрорельефа. В последнее время выявлено отсутствие однозначной связи между типом почвы и элементом микрорельефа, что объясняется временной динамичностью микрорельефа за последние 50 лет. Описано сглаживание микрорельефа преимущественно за счет понижения микроповышений при уплотнении подсолонцовых «псевдопесчаных» горизонтов солонцов за счет поднятия грунтовых вод (с 7 до 4-5 м за последние 30-40 лет) и растворения солей (тенардита).

Цель работы – выявление особенностей микростроения почв, связанных с составом и строением почвообразующих пород, современными и реликтовыми процессами почвообразования и их связи с динамикой микрорельефа.

Методы исследования – комплекс морфологических свойств (макро-, мезо-, микро-), минералогические, химические и физико-химические.

Изучены почвы трехчленных солонцовых комплексов на территории Джаныбекского стационара Института лесоведения РАН (на участке между третьей и четвертой Гослесополосами): солонцы светлые – на микроповышении и на краю западины (в микропонижении), лугово-каштановые – в западинах, каштановые (солонцеватые) – на склоне микрорельефа.

Солонец в микропонижении по морфологическим свойствам диагностических горизонтов аналогичен солонцу микроповышения за исключением более белесого цвета горизонта SEL, что связано с более активным процессом осолодения. Микроморфологические исследования сравниваемых солонцов (на микроповышении и у края западины) позволяют предполагать, что интенсивность уплотнения подсолонцовых «псевдопесчаных» горизонтов при подъеме уровня

грунтовых вод (УГВ) наиболее выражена, если они имеют лессовидную агрегированность, высокую межагрегатную пористость и признаки синлитогенного реликтового почвообразования. В результате растворения кристаллов солей при поднятии УГВ и перехода их в раствор происходит разрушение кристаллизационных связей пылевато-карбонатного материала лессовидных агрегатов, их слипание и как результат – уплотнение материала «псевдопесчаных» горизонтов. Диагностика реликтового гумусово-аккумулятивного процесса на глубине около 1 м в солонцах основывается на сохранившихся округлых пылевато-глинисто-гумусовых агрегатах и биогенной пористости. При подъеме УГВ они оказались более устойчивыми за счет скрепляющего действия гумуса тонкодисперсной массы. В солонце изученного микроповышения значительного оседания поверхности, вероятно, не будет из-за наличия слоистости в нижних горизонтах (слоев из агрегатов шоколадных глин и пылеватого материалов) и ассимиляции во внутрипедную массу шоколадных глин в верхних. Фрагменты шоколадных глин имеют характерные оптические и минералогические характеристики, они широко представлены в почвах вокруг оз. Эльтон и влияют на их минералогический состав. С неравномерностью пространственного отложения глин, видимо, связано формирование микронеровностей дна моря, а в дальнейшем – особенности почвообразования в аридных условиях. Лессовидные карбонатные отложения раннехвалынской морской трансгрессии на Волго-Уральском междуречье кроме фрагментов шоколадных глин включают детрит раковин моллюсков и многочисленные Fe-Mn дендровидные образования. Эти маркеры широко распространены в почвах стационара, начиная с 60 см. Только в каштановых почвах на склоне отмечены признаки ожелезнения и растрескивания крупных карбонатных конкреций. В этих же почвах (глубже 140 см) диагностированы специфические округлые агрегаты - ооиды с кольцевой ориентацией глины, возникающие исключительно в условиях криоаридного палеопедогенеза.

Таким образом, неоднородность микростроения нижних почвенных горизонтов солонцового комплекса подтверждает полигенетичность и полихронность развития почв изученного комплекса. Современные почвы можно рассматривать как педокомплексы с неглубоко погребенными палеопочвами.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ, проект № 18-04-00638-А.

УДК 631.46

**МИНЕРАЛО-МИКРОМОРФОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ
КАШТАНОВЫХ ПОЧВ ПРИ БЛИЗКОМ ПОДСТИЛАНИИ
НИЖНЕХВАЛЫНСКИХ ШОКОЛАДНЫХ ГЛИН
В ОБНАЖЕНИЯХ НИЖНЕЙ ВОЛГИ
(СРЕДНЯЯ АХТУБА И РАЙГОРОД)**

Мусаэлян Р.Э., Лебедева М.П., Варламов Е.Б., Романис Т.В.

Почвенный институт им. В.В. Докучаева, Москва

E-mail: romaniero1@gmail.com

Современные почвы в обнажениях нижней Волги (Средняя Ахтуба, Райгород), сформированные на пылеватых тяжелых суглинках, ниже 100 см подстилаются мощной (более 1 м) пачкой морских раннехвалынских отложений – слоями из моноглинистых шоколадных глин (ШГ), пылеватого и мелкопесчаного материала с включением раковин малакофауны. Начало накопления нижнехвалынских ШГ по данным радиоуглеродного датирования приходится на ранний этап развития последнего ледникового максимума. Их верхняя граница разбита мощными криогенными клиньями. Возраст подошвы современной каштановой почвы по данным OSL датирования в обнажении Райгород определен как 10.9 ± 0.6 ка, в обнажении Средняя Ахтуба – 9.6 ± 0.6 ка. Моноглинистые шоколадные слои характеризуются угловатой структурой, наличием мощных Fe-Mn кутан и языковатых трещин с пылеватым материалом.

Макроморфологические исследования современных почв в этих обнажениях показали, что они могут быть классифицированы как каштановые почвы. Сравнение микростроения генетических горизонтов сравниваемых почв и моноглинистого слоя ШГ показало, что каштановые почвы сформировались на отложениях с очень высоким содержанием глинистой составляющей, которая унаследована от включений фрагментов ШГ, в разной степени преобразованных современными и реликтовыми процессами почвообразования.

В срединных горизонтах отмечены карбонатные новообразования – микритовые пропитка и нодулы. Особенностью почвы Райгорода являются карбонатные кутаны, перекрытые глинистыми. Сравнительный анализ каштановых почв этих обнажений подтвердил более тяжелый гранулометрический состав современной почвы обнажения Райгород. Это связано с ее развитием на отложениях с более высоким содержанием ассимилированных фрагментов ШГ с самой поверхности и отсутствием мощных субэдральных эоловых отложений, характерных для каштановой почвы обнажения Средняя Ахтуба. На фоне минимального количества илистой фракции слоя 0-20 см смешаннослойная фаза характеризуется преобладанием

сметитовых пакетов над иллитовыми в сопровождении индивидуального сметитового компонента, иллита и каолинита несовершенной формы. Состав ила аналогичного слоя почвы обнажения Райгород отличается преобладанием пакетов иллита в смешаннослойной фазе и каолинита совершенной формы. Общим признаком для этих двух горизонтов является высокая доля пакетов хлорита в составе смешаннослойной фазы, что подчеркивает специфику этих горизонтов по минералогическому составу в сравнении с нижележащими. Глубже 26 см для обеих почв установлено однотипное изменение соотношений различных пакетов смешаннослойной фазы в сторону преобладания (>50%) сметитовых пакетов над иллитовыми. В подстилающих моноглинистых слоях (100-130 см) минералогический состав обеих почв отличается повышенным содержанием каолинита по сравнению с вышележащими горизонтами.

Поверхностные гумусовые горизонты (0-20 см) обеих почв близки по максимальному содержанию иллита во фракции ила (при различном содержании самого ила) по сравнению с нижележащими горизонтами. Наличие глинистых кутан, перекрывающих карбонатные, в почве обнажения Райгород позволяет предполагать, что почва пережила более гумидную фазу педогенеза в раннебореальное (ВО-1) время. Криоаридный этап педогенеза обеих почв диагностируется по обилию гипсовых аккумуляций, наличию клиньев с плотными силикатно-гипсовыми пылеватыми инфиллингами среди ШГ и специфической гранулярной структуры в поверхностных слоях ШГ. Различия гранулометрического состава сравниваемых каштановых почв свидетельствует о разном генезисе лессовидного материала, перекрывающего ШГ (субазральном для Средней Ахтубы, флювиальном для Райгорода), а различия в содержании сметитовой фазы не позволяют говорить о едином источнике сноса материала.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (грант № 18-04-00638-а).

УДК 631.485:631.421

МИКРОМОРФОМЕТРИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ АГРЕГАТОВ ЧЕРНОЗЕМОВ ТИПИЧНЫХ РАЗНОЙ СТЕПЕНИ СМЫТОСТИ (КУРСКАЯ ОБЛАСТЬ)

Плотникова О.О.

Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Москва

Почвенный институт им. В.В. Докучаева, Москва

E-mail: mrs.plotnikova@mail.ru

Цель – изучить основные микроморфометрические показатели агрегатов черноземов типичных разной степени смывости.

Объектами исследования являются агрегаты агрономически ценной фракции (2-3 мм) поверхностных 10 см следующих почв: чернозема типичного косимой степи (ЦЧЗ им. В.В. Алехина), черноземов типичных несмытого, слабо- и среднесмытого (Опытное поле ВНИИЗиЗПЭ, Курская область, Медвенский район). Образцы отобраны в июне 2018 г. Из насыпных образцов изучаемой фракции были изготовлены почвенные шлифы, произведена их съемка на поляризационном микроскопе Olympus BX51 с цифровой камерой Olympus DP26 и программным обеспечением Stream Basic Центра коллективного пользования научным оборудованием «Функции и свойства почв и почвенного покрова» Почвенного института им. В.В. Докучаева. Далее проводилась сегментация и анализ цифровых изображений двумя программами: STan и Thixomet PRO. Программой STan определены следующие морфометрические характеристики агрегатов: форм-фактор (FF), степень округлости (Rdn), коэффициент изрезанности поверхности (U). Для проверки качества сегментации изображений при их подготовке для программы STan программой Thixomet PRO определен Rdn. В работе применялся статистический метод сравнения независимых выборок по критерию Крускала-Уоллиса.

В результате было выявлено, что для исследуемых агрегатов косимой степи $FF = 0.50$, $Rdn = 0.58$, $U = 1.44$. Для агрегатов чернозема типичного несмытого $FF = 0.42$, $Rdn = 0.54$, $U = 1.60$. Для агрегатов чернозема типичного слабосмытого $FF = 0.45$, $Rdn = 0.55$, $U = 1.52$. Для агрегатов чернозема типичного среднесмытого $FF = 0.42$, $Rdn = 0.53$, $U = 1.56$. По FF значимые различия были обнаружены только между агрегатами косимой степи и: 1) чернозема несмытого; 2) чернозема среднесмытого. В обоих случаях FF агрегатов косимой степи оказался значимо выше. Степень округлости агрегатов косимой степи оказалась значимо выше только при сравнении с агрегатами чернозема среднесмытого, во всех остальных случаях значимых различий не обнаружено. По U значимые различия были обнаружены только в парах «косимая степь–чернозем несмытый» и «косимая степь–чернозем среднесмытый». В обоих случаях U агрегатов косимой степи был ниже. Также сравнивались результаты определения Rdn программами STan и Thixomet. Оказалось, что программы показывают высокую сходимость результатов: во всех случаях $p > 0.05$ для выборок Rdn.

Изучены основные микроморфометрические характеристики агрегатов агрономически ценной фракции черноземов типичных разной степени смытости. Максимальные различия микроморфометрических показателей получены при сравнении агрегатов чернозема косимой степи и чернозема среднесмытого. При этом оказывается, что агрегаты чернозема косимой степи имеют значимо большие фактор формы и степень округлости, значимо меньший коэффициент изрезанности поверхности агрегата. Это свидетельствует о том, что,

во-первых, почвенные агрегаты в косимой степи менее нарушены, во-вторых, на степень нарушенности агрегатов оказывает большее влияние распашка, а не водная эрозия (степень смывости). Выявлено, что при определении степени округлости агрегатов программы STan и Thixomet показывают высокую сходимость результатов, а значит, могут быть в равной степени удовлетворительно использованы для определения показателя степени округлости агрегатов.

Исследование выполнено при поддержке гранта Президиума РАН «Теоретические и экспериментальные исследования для эффективного научно-технического развития агропромышленного комплекса Российской Федерации».

УДК 636.48

ДИАГНОСТИКА УСЛОВИЙ ФОРМИРОВАНИЯ ПОЧВ И КУЛЬТУРНЫХ СЛОЕВ ПАЛЕОЛИТИЧЕСКОЙ СТОЯНКИ ЗАРАЙСК ПО ДАННЫМ МИКРОМОРФОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Романис Т.В.¹, Седов С.Н.², Лев С.Ю.³, Лебедева М.П.¹

¹ Почвенный институт им. В.В. Докучаева, Москва

E-mail: romanis.tatyana@yandex.ru

² Instituto de Geología, universidad Nacional Autónoma de México, CDMX, Mexico

³ Институт археологии РАН, Москва

Микроморфологические исследования палеопочв и культурных слоев проведены в шурфах 1 и 2 на Зарайской верхнепалеолитической стоянке (пункты Зарайск F и B соответственно), расположенной на правом берегу р. Осетр. Шурф 1 заложен на кремлевском мысу в рамках исследования пункта Зарайск F, шурф 2 – в 200 м к северо-востоку от первого на соседнем мысу (пункт Зарайск B). В обоих шурфах темноокрашенная погребенная почва включает культурные слои верхнепалеолитического времени. Эту почву называют Зарайской, а ее возраст по данным радиоуглеродного датирования костного угля $16\,520 \pm 760$ (GIN-4458a), гумуса – $17\,900 \pm 200$ (GIN-8865).

Зарайская почва развита слабо, в микростроении хорошо выражены признаки оглеения и переувлажнения – железистые стяжения и микроконкреции. Чередование песчаных и пылеватых микрослоев с органическими интеркаляциями нарушается элементами криогенной сортировки песчаных зерен. Профиль погребенной почвы содержит микроскопические фрагменты костей и углистые частицы. При сопоставимых мощностях в верхней части погребенной почвы Зарайска F количество включений костей меньше, чем в Зарайске B. При этом количество биогенных агрегатов больше в верхней части

погребенной почвы Зарайска F. Гумус в биогенных агрегатах распределен неравномерно.

Перекрывает палеопочву с культурным слоем светло-бурый опесчаненный суглинок с разной степенью проявления голоценового педогенеза. При этом в порах на уровне микростроения находятся тонкие глинистые кутаны, характерные для нижних горизонтов серой лесной почвы 2Bt или BSt. В свою очередь, в Зарайске F в метровой пылевато-глинистой толще сформирован полноразвитый профиль серой лесной почвы, в горизонте Bt которой выявлено обилие мощных слоистых кутан. Кутаны состоят из пылеватых, Fe-глинистых, Mn-органических микрослоев.

Подстиляет Зарайскую почву в шурфе F супесчаный материал. По данным анализа микростроения для него характерно порфириновидное строение и крупные копролиты. Тонкодисперсная глина имеет струйчатую и вокругскелетную ориентацию. Редкие копролиты включают новообразованные кристаллы карбоната кальция. Предположительно это может быть остаток горизонта B Брянской почвы.

По совокупности особенностей микростроения Зарайской погребенной почвы можно говорить о формировании почв в присутствии человека с начала этапа почвообразования. Согласно стратиграфической схеме лессов Русской равнины А.А. Величко, Зарайская почва может соответствовать Трубчевской почве, а перекрывающий ее пылеватый суглинок – Алтыновскому лессу. Мы полагаем, что Алтыновский лесс формировался около 12 тыс. лет назад во время последнего похолодания в позднем Дриасе (финальный плейстоцен).

В Зарайске B погребенная почва перекрыта пылевато-глинистым материалом малой мощности. Верхняя часть этого материала была утрачена, включая элювиальные и переходные горизонты голоценовой почвы, в результате постоянного размыва и сноса материала на данном участке склона. Большую часть времени пылевато-глинистый материал вероятно обладал большей мощностью (2-3 м), сохраняя погребенную почву и кости от влияния процессов почвообразования в голоцене. В Зарайске F мощность перекрывающего материала исходно была небольшой. Вся толща в данный момент представляет профиль голоценовой серой лесной почвы. Кутаны проникают вплоть до культурных слоев и погребенной Зарайской почвы, нарушая сохранность костей – свидетельств присутствия человека. Микропризнаки педогенеза в голоцене накладываются на микропризнаки почв палеолита. Подстилающий Зарайскую почву супесчаный материал по особенностям микростроения можно сопоставить с горизонтом B Брянской почвы, формирующейся в относительно теплых условиях средневалдайского интерстадиала с участием мерзлотных процессов на заключительных этапах формирования.

ФОРМА И СТРОЕНИЕ ТРЕЩИН ПОЧВ СУХОСТЕПНОЙ ЗОНЫ СЕВЕРНОГО КАЗАХСТАНА

Рыспеков Т.Р.

Казахский национальный аграрный университет, Алматы

E-mail: rispekov_t@mail.ru

Проблема определения закономерных соотношений функций между почвенной массой, разделенной трещинами, и самими трещинами требует более детального изучения. Сложность выявления функционирования почвенной массы и почвенных трещин связана с объемной формой трещин на разных участках и глубинах почвы, что сказывается и на сложности описания строения почвы.

Исходя из взаимосвязи понятий «язык», «затек», «заклинок», образуется форма и строение генетических трещин. Гумусовый «язык», переходящий с глубиной в «затек» и гумусовый «затек», является основанием называться закрытой трещиной. Собственно в летний и ранне-осенний период образуется трещина по центру «языка», которая в засушливые и острозасушливые годы проникает глубоко в почву и почво-грунты. Она постепенно раскрывается на поверхности почвы в виде «щели». Такая трещина наиболее активно функционирует, иссушая почву сильнее и с больших глубин. Это откладывает отпечаток на водно-физические условия развития разных частей почвы, как в горизонтальном, так и вертикальном направлении. Для оценки этих воздействий необходимо знать формы трещин: открытые или закрытые.

В сухостепной зоне морфологическое и микроморфологическое строение почвенного профиля должно иметь тесную связь еще и с процессами, характеризующимися наличием трещин. В каштановой подзоне на солонцеватых почвах в момент изучения строения деталей почвы мы определили два разных направления трещин. Нахождение одних трещин в почвенном разрезе показывало, что они выходили перпендикулярно, а другие выходили под углом к передней стенке разреза. Трещины образуют определенную конфигурацию, оплетая участки почвенной массой. На поверхности почвы в местах пересечения трещин их ширина увеличивалась до 2-3 см и более. Пересекающиеся на поверхности трещины образуют форму, которую условно можно назвать «узлами». Эти «узлы» всегда имеют наибольшую ширину трещин. Там, где трещины не пересекались, они были уже. В верхней части трещины достигали ширины 1 см, а на глубине 65 см уменьшались до 2 мм. Не раскрытые, но четкие по форме затеки наблюдались на глубине 50-65 см. На передней стенке в нижней

части разреза затеки толщиной 2 мм, далее идут сплошной шириной горизонтально вглубь почвы. Эти затеки четко отличались по темному цвету от остальной почвенной массы. Определение строения таких трещин должно быть связано со строением затеков, которые являются продолжением «языков». В данном случае «затек» является органоминеральным участком почвы, находящийся в нижней части почвы между грунтовой массой. На каштановых карбонатных почвах под посевами пшеницы ширина верхней части трещин колебалась от 0.8 см минимально и до 3.5 см максимально. Открытые трещины проникали глубже 70 см. На глубине 90-110 см находятся тонкие затечные трещины. Толщина трещины 1 мм. Такая тонкая трещина делится симметрично на две части. На каждой симметрично разделенной части обильно выделяется мелкокристаллический гипс.

Если сравнить карбонатные каштановые почвы с солонцеватыми каштановыми почвами, то здесь трещины-затеки более толстые. Распределение тонких трещиноватых затеков с вертикальным параллельно трещине содержанием солей имеет большое сходство с нижней частью профиля темнокаштановых среднесуглинистых почв. Только в данном почвенном профиле затеки и вертикальная солевая корочка по толщине уже, чем на темнокаштановых почвах. Для характеристики трещин этих почв важно знать и то, что трещины под разными углами пересекаются, т.е. в подзоне соединены между собой.

УДК 636.48

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ХИМИКО-МОРФОЛОГИЧЕСКОГО СТРОЕНИЯ ЗАСОЛЕННЫХ ПОЧВ ПРЕДБАЙКАЛЬЯ И ЗАБАЙКАЛЬЯ

Ямнова И.А., Черноусенко Г.И.

Почвенный институт им. В.В. Докучаева, Москва

E-mail: irinayamnova@mail.ru

При исследовании морфогенеза засоленных почв новообразования легкорастворимых солей и гипса рассматриваются как индикаторы современных и былых стадий почвообразования. Сравнивались морфоминералогические особенности солончаков Предбайкалья (Приольхонье) и Забайкалья (Гусиноозерская котловина).

Ареал распространения засоленных почв Приольхонья ограничивается узкой полосой в межгорной котловине в пределах Саяно-Байкальского Станового нагорья, протянувшейся к востоку от Байкальского хребта на о-ве Ольхон и в Приольхонье среди соленых Тажеранских озер. Солончаки Приольхонья характеризуются сульфатно-натриевым химизмом засоления, часто при большой доле хлоридов и следами соды, присутствие которой для почв Предбай-

каля не характерно. Гипс в почвах этого ареала по данным водной вытяжки отсутствует.

Генезис засоления этих почв связан с подпиткой минерализованными глубинными водами и выветриванием пород окружающих гор, сложенных известняками и доломитами, что подтверждается присутствием в шлифах обломков доломита в плазменно-песчаном материале коркового солончака. Особенностью микростроения является наличие карбонатности – обилие криптозернистого кальцита; наличие агрегатов легкорастворимых солей в крупных порах; псевдоморфоз кальцита по гипсу (в верхней части профиля). Нижняя часть профиля отличается наличием крупных корродированных кристаллов гипса, свидетельствующих о процессе его привноса в былые стадии почвообразования и разрушения в настоящее время. Эти микропризнаки характерны для стадии разрушения и метаморфизма гипсовых новообразований в профиле данного солончака. Присутствие агрегатов легкорастворимых солей в крупных порах свидетельствует о процессе соленакпления в настоящее время.

Засоленные почвы Гусиноозерской котловины, относящейся к мезозойским Забайкальским впадинам, перекрытым меловыми отложениями мезозоя, представлены в основном гидроморфными и полугидроморфными разностями и занимают геохимически подчиненные элементы рельефа – вокруг соленых озер и по долинам рек. Подземные сульфатные воды мезозойских отложений, выстилающих озерные котловины, высоконапорны. Солончаки Гусиноозерской котловины Забайкалья характеризуются сульфатно-натриево-магний-вым химизмом засоления, в грунтовых водах и почвах присутствует гипс. Микроморфологический анализ почвенного профиля лугово-болотного приозерного солончака показал наличие новообразованного гипса и легкорастворимых солей в крупных порах, что подтверждает наличие процесса гипсообразования и соленакпления в профиле в настоящее время.

Таким образом, на основе микроморфологического анализа новообразований легкорастворимых солей и гипса в профиле засоленных почв и распределения их по профилю выявлены элементарные почвенные процессы – гипсообразование и соленакпление, их направленность и стадийность в ходе почвообразования.

Работа проводилась при финансовой поддержке РФФИ, грант № 16-04-00570.

Комиссия
ПО ПЕДОМЕТРИКЕ

Председатель – д.б.н. В.П. Самсонова

УДК 631.4

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГЕОСТАТИСТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ
ДЛЯ ОЦЕНКИ ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ
ФОРМИРОВАНИЯ ЗАПАСОВ ГУМУСА
В ЗАЛЕЖНЫХ СВЕТЛО-СЕРЫХ ЛЕСНЫХ ПОЧВАХ**

Гиниятуллин К.Г.¹, Рязанов С.С.², Сахабиев И.А.¹

¹ Казанский (Приволжский) федеральный университет, Казань
E-mail: ginijatullin@mail.ru

² Институт экологии природных систем АН РТ, Казань
E-mail: erydit@yandex.com

Объектами исследования являлись участки залежных светло-серых лесных почв возрастом 15-20 лет, занятые лиственной древесной растительностью (участок 1) и лугово-разнотравной растительностью в начальной стадии зарастания лиственными и хвойными древесными породами (участок 2). На каждом из участков по стратифицировано рандомизованной схеме распределялось по 50 точек пробоотбора. В точках измерялась глубина старопахотного горизонта и определялась послойно плотность сложения. Пробы почв отбирались послойно через 5 см, в образцах определялось содержание органического вещества (ОВ). Было показано, что старопахотный горизонт значительно дифференцирован по содержанию ОВ за счет его преимущественного накопления в верхней части (0-10 см), а уменьшение содержания ОВ с глубиной описывается экспоненциальным уравнением. Было рассчитано, что накопление ОВ в нижней части старопахотного горизонта очень незначительно и может считаться примерно соответствующим исходному содержанию в пахотной почве. Данное предположение позволяет рассчитать наряду с общими запасами ориентировочные накопленные запасы ОВ в верхнем слое. С применением геостати-

стических и детерминистских методов строились карты распределения почвенных свойств (послойного содержания гумуса, послойной плотности сложения и глубины старопахотного горизонта). Карты создавались с одинаковым количеством интерполированных точек, для каждой точки рассчитывалось значение запаса ОВ. Затем рассчитывался общий и накопленный в старопахотном горизонте запас ОВ по всему залежному участку.

Было показано, что накопление ОВ под лиственной древесной растительностью примерно соответствует накоплению под травянистой лугово-разнотравной в начальной стадии зарастания лесом. Среднее содержание накопленного запаса ОВ в верхних слоях старопахотных горизонтов за 15-20 лет составляет 35-40% от общего его запаса в данном слое, или 20-25% от общего запаса ОВ в старопахотном горизонте. Содержание общего и накопленного запаса на обоих участках характеризуется высокой вариабельностью, на отдельных участках рассчитанные запасы отличаются в два-три раза.

Для более надежной оценки влияния типа залежной растительности на формирование запасов гумуса было проведено детальное обследование участка 2 с разнотипным наземным покровом. По материалам дистанционного зондирования Земли были рассчитаны различные вегетационные индексы, по которым с применением многомерных исследовательских методов была проведена типизация растительности. Было выделено три типа наземного покрова – с преобладанием хвойной древесной растительности, с преобладанием лиственной древесной растительности и преобладанием травянистой растительности. Методом анализа *k*-средних была показана статистически значимая разница в накоплении ОВ под хвойной древесной растительностью по сравнению с лиственной древесной и травянистой. Разница в накоплении под лиственной древесной и травянистой растительностью оказалась статистически не значимой.

С применением регрессионного кригинга была проведена оценка влияния на накопление ОВ рельефа и растительности. Исследования показали, что показатели накопления ОВ в верхнем слое связаны с морфометрическими показателями рельефа – уклон местности, общая кривизна поверхности, максимальная кривизна поверхности, индекс шероховатости поверхности, значения понижений. При оценке совместного влияния рельефа и типа растительности результаты пространственного прогноза формирования запасов ОВ оказались хуже, чем при оценке показателей рельефа по отдельности. Результаты исследования показывают, что применение методов моделирования пространственной изменчивости залежных почв позволяет не только получить реалистичную оценку запасов ОВ, но и исследовать закономерности формирования этих запасов.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ (проект № 17-04-00846).

ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКИЙ СОСТАВ ПОЧВ БРЯНСКОЙ ОБЛАСТИ**Дядькина С.Е.¹, Кротов Д.Г.²**¹Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Москва
E-mail: S.E.Dyackina@mail.ru²Брянская государственная сельскохозяйственная академия, Брянск

Описывая гранулометрический состав почв, почвоведы чаще всего ограничиваются информацией о принадлежности почвенного горизонта к определенной категории гранулометрического состава. Развитие компьютерного моделирования почвенных систем предполагает использование диапазонов возможных значений. Нами проанализированы и обобщены данные почвенного обследования, проведенного на территории Брянской области в 1981-1983 гг. Брянским филиалом института ЦентрГИПРОзем. Гранулометрический состав определялся методом Н.А. Качинского в пробах, отобранных в почвенных разрезах в соответствии с почвенными горизонтами. Общее число полнопрофильных разрезов составляет 113-214 шт. (по горизонту А).

На покровных суглинках сформированы легкосуглинистые дерново-подзолистые и серые лесные почвы, на лессовидных суглинках – легкосуглинистые серые лесные почвы, на водно-ледниковых отложениях – дерново-подзолистые почвы легкого гранулометрического состава, на делювии – овражно-балочные дерновые почвы и на аллювии – пойменные почвы разного гранулометрического состава. В серых лесных почвах на лессовидных суглинках горизонты одинаковы по среднему содержанию фракций. Крупного песка не более 1%, среднего меньше 10%. Одинаково высокое содержание крупной пыли (60-70%) и низкое содержание остальных фракций (илистой фракции от 11 до 17%). Гранулометрический состав не меняется с глубиной. В разных горизонтах содержание фракций варьирует очень мало. Сильнее всего варьирует содержание песчаной фракции (от 154 до 252%), а меньше всего – пылеватая фракция (8-18%).

Серые лесные почвы на покровных суглинках. График содержания фракций аналогичен предыдущей почве, но крупной пыли меньше (45%), а остальных фракций немного больше. Горизонт ВД отличается от остальных горизонтов, крупной пыли менее 37%, среднего песка выше – почти 30% по сравнению 20% в остальных горизонтах. Варьирование уменьшается с уменьшением величины фракции: от 127% песчаной фракции в горизонте ВД до 56% в этом же горизонте. Наиболее постоянен коэффициент вариации для фракции крупной пыли (38-39%).

Дерново-подзолистые на покровных суглинках. Самые неоднородные по содержанию фракций горизонты. Только содержание фракций

меньше 0,01 мм постоянно во всех горизонтах и не превышает 20%. Горизонт В аналогичен по содержанию фракций дерново-подзолистым почвам на водно-ледниковых отложениях: 14% песка, 46% среднего песка и резкое снижение содержания пылеватых и илистых фракций до 16 и 7-11% соответственно. D горизонт варьирует по содержанию фракций меньше других горизонтов. Содержание крупной пыли не превышает 28%. Это самое высокое содержание. Наиболее сильное варьирование коэффициента вариации наблюдается в горизонте BD (47-140%).

Дерново-подзолистые на водно-ледниковых отложениях. Во всех горизонтах содержание фракций с глубиной меняется мало. Меняется содержание самих фракций. Содержание песка не превышает 30%, а среднего песка – от 43 до 57%. В горизонтах D и CD средние содержания по фракциям меняются меньше – 8-28%. Пылеватых и илистых фракций меньше 8%. Самый низкий коэффициент вариации у фракции среднего песка (28-55%), остальные около 80%. В глееватых почвах содержание песка по всему профилю не превышает 5%, но варьирование содержания, особенно в глеевых горизонтах, самое высокое в этой почве и составляет 150%. Содержание фракций меньше крупной пыли аналогично другим почвам варьирует в пределах 50%. Больше всего на глубине 100-110 см содержится среднего песка (60%), и варьирование этой величины самое маленькое для этих почв (25%).

УДК 631.47

БАЗА ДАННЫХ АГРОПОЧВ ПРЕДГОРИЙ ЗАПАДНОГО САЯНА

Еремина И.Г., Кутькина Н.В.
НИИ аграрных проблем Хакасии, Абакан
E-mail: e.i.g.231720@yandex.ru

Создание почвенно-информационной базы данных в Республике Хакасия необходимо для эффективной обработки накопленной аналитической и текстовой информации о структуре почвенного покрова. На основе современных материалов состояния пахотных и постагрогенных почв предгорий была создана База данных свойств почв (БД) под названием «Агропочвы предгорий Западного Саяна Хакасии». Для создания Базы данных был использован программный пакет Microsoft Access, с помощью которого систематизирован и унифицирован большой объем экспериментальных данных почвенных исследований, проведенных с 2010 по 2018 г. в предгорных районах юга Средней Сибири. Вся обработанная информация представлена в виде двумерных таблиц, которые состоят из отдельных

полей с текстовым типом данных. Созданы отдельные документы-файлы (Документ-Word), содержащие качественную (описательную) характеристику изучаемых почв и авторские фотографии почвенных профилей (JPEG).

В структуре почвенной базы данных определены несколько блоков, сходных по своему распределению и представлению типов данных. Схема данных на первом этапе включает в себя выделение природно-климатических зон на территории исследований (лесостепь, настоящая степь, сухая степь) с различными типами почв, характерных для выделенных территорий, занимающих значительную площадь в компонентном составе пахотных земель. Далее следует структурирование почвенных описаний путем их разделения на таксономические единицы (тип, подтип, род, вид). Следующий блок представлен показателями, которые характеризуют местоположение и природные условия места заложения разреза (рельеф, растительность, почвообразующие и подстилающие породы и др.). Блок, который содержит количественные (числовые) показатели аналитических данных, характеризует свойства почвы (морфологические, химические, физико-химические, агрофизические, водно-физические).

Основным объектом базы данных выступает конкретный почвенный разрез с присущим ему набором почвенных горизонтов, характеризующийся специфическим набором атрибутивных данных. Из многообразия рассматриваемых почв выделен разрез с наиболее типичным почвенным профилем. Он имеет точную географическую привязку (использование GPS) и обеспечен наиболее полным набором показателей морфологического строения генетических горизонтов и вещественного состава. С целью систематизации данных о строении типичных почвенных профилей применена единая форма показателей в следующей последовательности: классификационное положение почв, экологические условия местоположения разреза, морфологическое строение, генетические горизонты, химические, физико-химические, агрофизические показатели. Представлено наиболее полное название почвы в рамках действующих отечественных и мировых классификационных систем и авторское; характеристика местоположения разреза и основных факторов почвообразования; число описываемых почвенных генетических горизонтов; полевые описания генетического горизонта почвы и все морфологические показатели.

Также проведена экспертная оценка результатов химического анализа показателей (гумус, азот, подвижные формы фосфора, калия азота и др.); физико-химического (рН солевой и водный, обменные катионы Ca, Mg, Na, емкость обменных катионов и др.); агрофизического (гранулометрический состав, структурное состояние, общая порозность, плотность сложения почвы). Приведены их числовые значения, методы определения, а также единицы измерения.

Все систематизированные данные занесены в карточку почвенного описания, которая является основным информационным элементом в созданной Базе данных почв. Из множества отдельных карточек почвенного описания сформирована файловая картотека.

Современная БД с разнообразными свойствами будет служить основой для рационального использования и охраны почв, осуществления мониторинга, а также внедрения информационных технологий во всех сферах земельных отношений. Географические координаты почвенных профилей в Базе позволят отобразить их на картах России и внести в Единый государственный реестр почвенных ресурсов России.

УДК 631.4

СОЗДАНИЕ ТРЕХМЕРНОЙ ОПТИЧЕСКОЙ КАРТЫ ПОЧВЫ С ПОМОЩЬЮ ЦИФРОВОЙ КАМЕРЫ В ПОЛЕВЫХ УСЛОВИЯХ

Кириллова Н.П.¹, Жулидова Д.А.¹, Артемьева З.С.²

¹ Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Москва
E-mail: npkirillova@yandex.ru

² Почвенный институт им. В.В. Докучаева, Москва
E-mail: artemyevazs@mail.ru

Изучение цвета сухих и влажных почв важно для классификации и диагностики почв. Кроме этого, в настоящее время анализ цвета широко используется в качестве количественного показателя влажности почвы при мониторинговых исследованиях. На сегодняшний день полевые измерения цвета влажных почв возможны только на точечном уровне с использованием спектрофотометров и фотоколориметров. Переход к цифровой морфометрии почвы включает в себя применение инструментов и методов для измерения и количественного определения характеристик профиля почвы и получения непрерывных функций их изменения с глубиной. Цифровая фотография высокого разрешения позволяет оценить цвет почвы. При условии колориметрической калибровки камер они могут быть удобными инструментами для цифровой морфометрии.

Нами была разработана процедура калибровки фотокамер для получения колориметрически точных изображений влажных почв. С использованием показателя разницы цвета CIE ΔE_{ab}^* было изучено несколько методов калибровки: по серой карте, по гистограмме изображений почвы, по шкале почвы с сухими эталонами (внешний стандарт) и по шкале почвы с влажными эталонами (внутренний стандарт). Для почв с различной текстурой, цветовыми характеристиками и содержанием влаги в диапазоне 5-40% колориметрически точные изображения образцов были получены с использованием

внутренней шкалы: $\Delta E_{ab}^* < 3$ для более чем 90% образцов почвы, среднее значение $\Delta E_{ab}^* = 1.6-1.7$. Для получения внутреннего стандарта необходимо применять специальный инструмент для отбора проб с ненарушенной поверхности почвы.

Разница в цвете почвы может быть использована в качестве основного компонента, который дифференцирует горизонты почвы. Этот подход называется оптическим картированием на языке современных методов трехмерного моделирования. Методика успешно применяется в медицине, где ткани окрашивают флуоресцентными красителями. Модель создается в результате математической обработки серии срезов объекта.

При отсутствии специального освещения можно использовать вместо флуоресцентных – натуральные почвенные красители, в основном гуминовые вещества и соединения железа. Изображения серии срезов (двухмерные срезы) не должны зависеть от условий освещения и свойств камеры. Только в этом случае их можно объединить в общий массив для построения трехмерной модели. Нами был разработан подробный протокол полевого эксперимента по получению серии изображений для создания трехмерной оптической карты почвы. Данный подход был применен для получения синхронизированных по цвету в системе CIELAB изображений 11 срезов почвы с использованием калибровки цифровой камеры по внутреннему стандарту. В программе SAGA GIS были созданы автоматизированные процедуры обработки двухмерных изображений почвы, чтобы учесть вариабельность цвета в почвенном разрезе. Это позволило построить трехмерную модель распределения горизонтов дерново-подзолистой почвы, основываясь на данных, полученных в полевом эксперименте при естественной влажности. Было показано, что для мозаичных профилей почвы оценка запасов углерода, сделанная с использованием трехмерной модели, принципиально отличается от оценок, сделанных с использованием двухмерной модели.

УДК 631.4:632.51

СОСТАВЛЕНИЕ КАРТ РАСПРОСТРАНЕНИЯ БОРЩЕВИКА СОСНОВСКОГО (*HERACLEUM SOSNOWSKYI* MANDEN.) НА ПРИМЕРЕ ЕДИНИЧНОГО УГОДЬЯ

Кондрашкина М.И.

Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Москва
E-mail: kondra_mar@mail.ru

Введенный в 40-х гг. XX в. в культуру борщевик Сосновского к началу следующего столетия бесконтрольно распространился по европейской территории.

За прошедшие годы было подробно исследовано действие фуруку-маринов на человека, аллопатическое влияние на семена других культур. В средствах массовой информации проводится работа с населением с целью предупреждения возможного травмирования при контакте с борщевиком. Однако угроза, которую борщевик Сосновского несет естественным и нарушенным биоценозам, значительна. Его инвазия происходит в условиях отсутствия естественных ограничительных факторов, а именно насекомых-вредителей, специфических болезней и т.д. В благоприятных почвенно-климатических условиях его распространение приобретает неконтролируемый характер. Высокие растения с крупными листьями, большая семенная продуктивность, способность отрастать после перезимовки и обработки почвы – эти факторы обуславливают доминирование борщевика в естественных и нарушенных ценозах.

На территории Учебно-опытного почвенного экологического центра Чашниково (Московская область) с начала 1990-х гг. проводится слежение за распространением борщевика Сосновского по сельскохозяйственным угодьям и ненарушенным территориям. До 2008 г. обследование проводилось методом учетных площадок, в дальнейшем положение куртин и отдельных растений фиксировалось с помощью GPS-навигаторов. Полученные данные использовались при построении карт распространения борщевика. В последнее время для построения карт появилась возможность использования космических снимков Sentinel-2. Благодаря применению методов управляемой классификации были выделены пятна борщевика, которые классифицируются по трем каналам. Изменение площадей, которые заняты борщевиком, показывает, что обработка почвы не оказывает значительного влияния на его распространение. В зависимости от времени, когда был сделан снимок, можно наблюдать разные ситуации – от его полного отсутствия (на весенних снимках и после обработки почвы) до хорошо выраженных куртин (на летних снимках). При этом на тех же снимках хорошо читается присутствие борщевика на необрабатываемых участках – обочинах дорог, опушках леса, в оврагах. Часто источниками распространения являются территории ферм, машинных дворов.

Проанализировав полученные данные за годы наблюдений, можно предположительно вывести эмпирическую формулу частоты встречаемости борщевика на территории. Она учитывает такие факторы, как расстояние от основных источников присутствия растений; уклона местности, так как семена могут распространяться с токами воды вдоль по склону; направление обработок почвы, так как с массами почвы могут передвигаться как семена, так и живые корни растений; гранулометрический состав почвы, так как на более легких почвах смена попадают в более благоприятные условия для прорастания; химические свойства почвы.

УДК 631.4

АНАЛИЗ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ В ЦИФРОВОЙ ПОЧВЕННОЙ КАРТОГРАФИИ

Мешалкина Ю.Л.

Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Москва
E-mail: jlmesh@list.ru

С практической точки зрения количественная оценка неопределенности почвенных карт и карт почвенных свойств позволяет судить об их пригодности для решения конкретных задач. Она необходима для анализа того, как неопределенность влияет на результаты моделирования параметров окружающей среды, что может иметь решающее значение для принятия управляющих решений. С точки зрения теоретического почвоведения необходимо ответить на вопрос, присуща ли неопределенность самой природе естественных и антропогенно измененных почвенных объектов или же это характеристика субъекта, производящего оценивание, и имеющихся у него измерительных средств.

Современный математический аппарат и компьютерные средства позволяют изучать неопределенности почвенных карт и карт почвенных свойств в зависимости от наличия информации и масштаба исследования. Оценка неопределенности на независимой случайной выборке позволяет решить многие из вышеперечисленных проблем на основе показателей, характеризующих карту в целом. Однако во многих случаях может понадобиться пространственно локализованная оценка неопределенности. В докладе обсуждаются подходы для решения данной проблемы на конкретных примерах. В присутствии неопределенности невозможно идентифицировать единственную истинную реальность. Но, возможно, мы сможем определить все возможные реальности и вероятность для каждой из них. Осуществить это можно с помощью стохастического моделирования, когда возможная реальность моделируется на основании распределения вероятностей и генератора случайных чисел.

Для почвенных свойств, пространственное распределение которых описывается транзитивной семивариограммой, кригинг как оптимальный предиктор предоставляет наиболее вероятные значения в любой точке изучаемого пространства. При этом карта ошибок предсказания позволяет рассматривать почвенное свойство как стохастическую величину, характеризующуюся распределением вероятностей. Наггет-эффект, т.е. варьирование на расстояниях, пренебрежимо малых с точки зрения опробования, будет существенно влиять на неопределенность прогноза. Для цифровых почвенных карт, построенных с помощью дискриминантного анализа, нейронных сетей или других

современных методов распознавания, аналогичные подходы могут быть разработаны на основании «зон стабильности» для пороговых значений вероятности, предложенных нами ранее. В развитии подходов, предложенных Н.П. Сорокиной, неопределенность почвенных карт, построенных традиционными методами, может быть оценена с использованием аппарата нечетких множеств на базе индикационной таблицы.

УДК: 631.47:631.425

ПРИМЕНЕНИЕ ВЕЙВЛЕТ-АНАЛИЗА ФОТОИЗОБРАЖЕНИЙ РАЗРЕЗОВ В ДИАГНОСТИКЕ ПОЧВ

Моисеев К.Г., Зинчук Е.Г.

Агрофизический НИИ, Санкт-Петербург

E-mail: kir_moiseev@mail.ru

Вейвлетами (wavelet – всплеск, или «волночка») называют семейство анализаторов, широко применяемых в задачах анализа временных сигналов, распознавания образов и синтеза изображений, шифровки и дешифровки информации и др. Вейвлет-анализ – способ преобразования исходной функции (или сигнала) в форму, которая делает некоторые величины сигнала, функции более поддающимися изучению.

Сегодня в прикладных науках практически нет ни одной области, которую в той или иной мере не затрагивал бы анализ изображений и сигналов при помощи вейвлетов.

Практическое применение вейвлет-анализа несложно. Почти все вейвлеты не имеют аналитического представления в виде одной формулы и могут даваться итерационными выражениями. Анализ сигнала состоит в чередовании операций аппроксимации и детализации при разных масштабах (масштабировании). При этом выделяются главные компоненты сигнала, а все вторичные компоненты энергии, частоты и их локализации в пространстве и во времени отсеиваются.

Объектом исследования являются фотоизображения почвенных разрезов. База анализа – вейвлет Гаусса.

При фотографировании почвенного разреза в поле на фотографии фиксируется часть отражательной способности почв, описываемая величиной коэффициента спектральной яркости (R), зависит от угла, под которым производится съемка, важным условием является равномерная освещенность профиля почвы по глубине в момент фотографирования. Следует проследить за соблюдением этих условий. Из фотографии извлекают величину интегральной спектральной яркости поверхности почвы, определенную на всей области видимого

спектра от 400 до 750 нм. Величина интегральной яркости гораздо чувствительнее возможностей человеческого глаза, при вейвлет-анализе обнаруживается разница в яркости областей на фотографии, не улавливаемая наблюдателем.

Вейвлет-анализ позволяет по фотографии почвенного профиля определить спектральные неоднородности почвы, не видимые глазу слоя разной спектральной яркости, тем самым уточнить границы и мощность почвенных горизонтов. Актуальность поставленной задачи состоит в следующем: выделение и идентификация почвенных горизонтов в профиле почв по цвету и отражательной способности – задача в большой степени субъективная из-за несовершенства нашего «оборудования» – человеческого глаза. Кроме того, цветопередача различных устройств определяется как параметрами техники и оптики, так и возможностями графических адаптеров ЭВМ. Поэтому актуальность работы скорее больше относится к практической значимости результатов исследования. Если анализируется изображение, то выбор множества значений анализируемого параметра и распределения значений во времени или пространстве производится автоматически программным обеспечением вейвлет-анализа, представленным наборами инструментов, например, wavelet toolbox, работающими на базе известных программ Matlab, MatCad, Statistica. Программное обеспечение позволяет для удобства визуализировать результаты анализа, т.е. получать наглядное изображение изменения уровня сигнала при изменении масштаба.

Практическая цель работы заключается в идентификации почвенных горизонтов, которые визуальнo определяютс я неуверенно. Естественно, это имеет смысл как операция возможного уточнения типа для тех почв, где почвенный профиль не дифференцирован или слабо дифференцирован визуальнo. Это, например, глееземы, торфяные почвы, агродерново-подзолистые почвы, развитые на супесях, и так далее. Проведен вейвлет-анализ ряда изображений перечисленных почв.

Применение вейвлет-анализа составляет основу метода многомасштабного подхода к анализу морфометрических показателей почвенного профиля.

Насколько известно авторам применение вейвлет-анализа к данной задаче ранее не осуществлялось. Новизна работы – в новаторском применении широко используемого метода анализа изображений, в его применении к неожиданным объектам.

С помощью вейвлет-анализа достигается возможность автоматизации исследований морфометрических показателей почв.

УДК 631.4:913:519.87 (571.150)

ИНФОРМАЦИОННО-ЛОГИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ В РЕШЕНИИ ТЕОРЕТИЧЕСКИХ И ПРИКЛАДНЫХ ПРОБЛЕМ КЛАССИФИКАЦИИ ПОЧВ

Пивоварова Е.Г., Кононцева Е.В., Хлуденцов Ж.Г.
Алтайский государственный аграрный университет, Барнаул
E-mail: pilegri@mail.ru

Среди актуальных проблем классификации почв И.А. Соколов (2004) отмечал отсутствие принципов принятия объективных решений, в частности отсутствие объективной процедуры оценки таксономического веса признаков. В вопросе о приоритете глобальных, государственных, местных или прикладных классификаций он считал главным, чтобы они не противоречили друг другу, а дополняли, приспособляли общие классификационные решения к местным условиям.

В ходе разработки региональных эталонов почв Алтайского края была сделана попытка решения этих проблем с использованием подходов численной классификации. На основе результатов информационно-логического анализа взаимосвязи между таксономическими группами почв и их диагностическими признаками были разработаны качественные и количественные модели региональных эталонов почв для нескольких почвенных районов Алтайского края. Это позволило объединить классификации почв СССР (1977) и почв РФ (2004) с региональной классификацией, провести корреляцию между ними. На основе специфичных состояний диагностических признаков почв были определены классификационные границы для каждой таксономической группы (в пределах почвенного района). Поскольку большинство почв Алтайского края антропогенно измененные (агрогенные), количественные критерии рассчитывали для двух горизонтов – пахотного и подпахотного, этого оказалось достаточно, чтобы проследить профильное изменение диагностических признаков под действием современных агрогенных процессов. Изменение аккумулятивного характера распределения свойств почв в профиле свидетельствует об агрогенном истощении почв, что наиболее наглядно проявляется в отношении питательных веществ и поглощенного кальция. Изменение характера распределения гранулометрического состава (по специфичным состояниям) на уровне региональных эталонов свидетельствует о развитии эрозийных процессов – водной эрозии и дефляции.

При пространственном мониторинге почвенного покрова исследуемой территории в качестве критериев агрогенной деградации рекомендуется использовать специфичные (наиболее вероятные) состояния

признаков. Для большинства агрогенных почв при их классификации наиболее информативным оказался подпахотный горизонт, что необходимо учитывать при диагностике и мониторинге почв.

Для оценки таксономического веса диагностических признаков почв использовали коэффициент эффективности передачи информации Кэфф – один из параметров информационного анализа. Он показывает тесноту связи между таксономической группой почв и значением диагностического признака. Анализ изменения этого показателя в различных генетических горизонтах почв и в разных почвенных районах позволил отметить следующие закономерности. Таксономический вес признака – это показатель относительный, в региональной классификации он зависит от контрастности почвенного покрова. Таксономический вес признака одного и того же «центрального образа» почвы (тип, подтип) в разных почвенных районах может существенно отличаться.

В ряду геоморфологически сопряженных почв таксономический вес признака отражает степень проявления преобладающего и сопутствующих почвообразовательных процессов. Таксономический вес признака снижается или возрастает по мере затухания одного и развития другого почвообразовательного процесса. Так, развитие агрогенного процесса в черноземах снижает таксономический вес таких признаков, как содержание гумуса, сумма поглощенных оснований, содержание подвижных форм питательных веществ в почвах, и увеличивает таксономический вес мощности гумусового горизонта.

Работа выполнена при поддержке грантов РФФИ № 18-44-220003/19 и Минобрнауки Алтайского края № Н-38.

УДК 631.4

БУТСТРЕП-МОДЕЛИРОВАНИЕ В ПОЧВОВЕДЕНИИ

Самсонова В.П.¹, Благовещенский Ю.Н.²

¹ Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Москва
E-mail: vkbun@mail.ru

² Региональный общественный фонд ИНДЕМ, Москва
E-mail: vkbun@yandex.ru

Результаты исследований в почвоведении сплошь и рядом опираются на статистические методы анализа экспериментальных данных хотя бы потому, что индикаторы состояния почвенного покрова обладают очевидной пространственной и временной изменчивостью. Поэтому всякая числовая характеристика почвенного покрова той или иной территории обладает неопределенностью, неким неизвестным априори интервалом значений. Поэтому качественное исследование

всегда должно наряду с любой оценкой, характеризующей территорию, давать и гарантированные границы ее возможного варьирования. Вычислить статистически обоснованные значения границ интервала не всегда просто, а в отдельных случаях аналитические формулы и не существуют. В таких ситуациях можно воспользоваться методами бутстреп-моделирования.

В изначальном его варианте бутстреп анализ предлагался для непараметрической оценки доверительного интервала для среднего простой повторной выборки. Суть метода заключается в формировании новых выборок того же размера из имеющихся данных путем чисто случайного выбора значений (при каждом выборе участвуют все наблюдения). При этом в новые выборки значения из первичной выборки могут попадать несколько раз или не попадать вовсе. Такие выборки называются бутстреп выборками. Оценка доверительного интервала для среднего первичной выборки определяется по средним значениям N бутстреп выборок, где N порядка 1000 и больше, если объем первичной выборки находится в пределах 100 значений.

Однако такая процедура получения бутстреп выборок далеко не оптимальная. Лучше использовать для этого оценки выборочного распределения изучаемого показателя, которые учитывают всю известную а priori информацию. Например, часто известны границы, за которые значения показателя никогда выходят, или известно, что распределение значений показателя непрерывно, или же известно, что оно симметрично относительно среднего.

Особый интерес представляет параметрический бутстреп, когда известен тип распределения изучаемого показателя, например, известно, что он распределен по логнормальному закону. Тогда для моделирования элементов бутстреп выборок используется логнормальное распределение с параметрами, которые оцениваются по исходной выборке. Примером более сложного показателя, чем среднее, может являться оценка доли площади, на которой содержание того или иного поллюганта превышает его же содержание на заведомо чистой территории в заданное число раз.

На примере показателя Z_c Саета, широко используемого для нормирования степени загрязнения территории валовыми формами тяжелых металлов, показывается, что действительный интервал, в котором может находиться значение, рассчитываемое по единичным данным, может значительно перекрывать соседние градации загрязненности. Это означает, что непосредственные расчеты по первичным данным могут привносить большую ошибку как в сторону недооценки опасности загрязнения, так и в сторону ее переоценки. Следствием будет либо недооценка рисков вреда здоровью населения, либо излишние затраты на рекультивацию территории. Поэтому разработка и внедрение алгоритмов бутстреп-моделирования при оценке качества территории можно считать актуальной задачей.

УДК 631.4

ГЕОСТАТИСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ВАРИАБЕЛЬНОСТИ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПОЧВЕННОГО ПЛОДОРОДИЯ В ЦЕЛЯХ ВНЕДРЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЙ ТОЧНОГО ЗЕМЛЕДЕЛИЯ

Сахабиев И.А.

Казанский федеральный университет, Казань

E-mail: ilnassoil@yandex.ru

Технологии точного земледелия требуют наличия достоверных почвенно-агрохимических карт для целей дифференцированного внесения удобрений и мелиорантов. Вариабельность показателей почвенного плодородия долгое время воспринималась как помеха при проведении почвенно-агрохимических обследований. В настоящее время методы геостатистического моделирования позволяют оценить вариабельность почвенных свойств с приемлемым уровнем точности.

Геостатистический анализ вариабельности почвенных показателей проводился на территории двух государственных сортоиспытательных участков (ГСУ). Первый участок, Арский ГСУ, расположен в Предкамье Республики Татарстан и имеет площадь около 88 га. Почвенный покров Арского ГСУ представлен серыми лесными и дерново-подзолистыми почвами. Второй участок, Заинский ГСУ, находится в Восточном Закамье Республики Татарстан, площадь участка около 100 га. На его территории распространены выщелоченные черноземы различной степени эродированности.

На территории двух ГСУ в 2011-2012 гг. из элементарных участков размером 1-1,5 га были отобраны объединенные пробы, составленные из 20-40 единичных проб на глубину пахотного слоя. Объединенные пробы были пространственно привязаны к центроидам соответствующих элементарных участков. В результате почвенно-агрохимического обследования было отобрано и проанализировано 54 (Арский ГСУ) и 60 (Заинский ГСУ) объединенных проб. В образцах были определены следующие показатели почв: содержание гумуса по Тюрину, содержание подвижных форм фосфора и калия по Чирикову и Кирсанову, рН водной вытяжки потенциметрически, содержание гидролизуемого азота по Корнфильду. Геостатистический анализ и построение вариограмм вариабельности почвенных свойств были осуществлены с использованием пакета gstat языка R.

Содержание гумуса в почвах Заинского ГСУ характеризуется как «меньше минимального» со средней вариабельностью, содержание гидролизуемого азота является повышенным, содержание подвижных форм калия и фосфора варьирует от высоких до очень высоких значений. Согласно коэффициенту вариации, вариабельность подвижного фосфора характеризуется как очень сильная, а подвижного калия как средняя. Почвы Арского ГСУ слабогумусированы, содержание

гумуса имеет слабую вариабельность. Поле характеризуется очень высоким содержанием подвижного фосфора, высоким содержанием подвижного калия и низким содержанием гидролизуемого азота. Вариабельность подвижного фосфора очень сильная, подвижного калия – сильная, а гидролизуемого азота – средняя. Вариабельность значений pH на территории обоих участков является слабой.

Вариограммный анализ показал, что большинство исследуемых почвенных свойств в Заинском ГСУ описываются сферическими моделями вариограмм. В случае Арского ГСУ содержание гумуса, гидролизуемого азота и подвижного калия имеет локальный тренд, определяющий наличие фактора, который оказывает влияние на пространственное распределение почвенных свойств. Остальные почвенные свойства также описываются сферическими моделями. В Заинском ГСУ показатели почвенного плодородия автокоррелируют на расстоянии 642-842 м. Наибольший радиус корреляции определен для кислотности почв, минимальный радиус корреляции имеет содержание гумуса. Для Арского ГСУ радиусы корреляции намного больше: от 667 м для кислотности почв до 1403 м для подвижного калия. Степень пространственной зависимости, определяемая по соотношению наггета к порогу для содержания гумуса, подвижного фосфора и калия Заинского ГСУ является сильной, а для кислотности слабой. Для Арского ГСУ пространственная зависимость сильная для подвижного фосфора и кислотности, а для остальных показателей она находится в умеренной градации. В результате геостатистического анализа можно отметить, что разбиение территорий на элементарные участки пробоотбора размером 1-1,5 га является избыточным, поскольку большинство почвенных свойств автокоррелируют на расстояниях, превышающих расстояния используемых элементарных участков.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 19-29-05061 мк.

УДК 631.452 (571.15)

ИНТЕГРАЦИЯ РЕГИОНАЛЬНЫХ И БАЗОВЫХ КЛАССИФИКАЦИЙ ДЛЯ ДИАГНОСТИКИ И ИДЕНТИФИКАЦИИ ПОЧВ ПОДЗОНЫ ОБЫКНОВЕННЫХ ЧЕРНОЗЕМОВ АЛТАЙСКОГО КРАЯ

Хлуденцов Ж.Г., Пивоварова Е.Г., Кононцева Е.В.
Алтайский государственный аграрный университет, Барнаул
E-mail: zhan.khludentsov@mail.ru

Большое разнообразие почвенных классификаций приводит к трудности сопоставления их между собой. Для решения этой проблемы И.А. Соколов предложил базовую классификацию почв, которая

должна разделить «все многообразие почв на группы, использование которых возможно при любых утилитарных и научных подходах.» и строиться на основе свойств, определяющих другие свойства или являющихся их признаками. В работах В.А. Рожкова дается обоснование численных методов в классификации почв. Мы попытались интегрировать концепцию И.А. Соколова (2004) о базовой классификации и «центральных образах» почв с подходом В.А. Рожкова, определяющим численную классификацию как основу разделения почв на группы в зависимости от ее назначения, а именно, дать обоснование классификационных групп по двум российским классификациям – профилльно-генетической (1977) и субстантивно-генетической (2004).

В ходе работы с помощью информационно-логического анализа определен таксономический вес признаков эталонов региональных почв на примере десятого почвенного района - черноземов обыкновенных среднетощих среднегумусных в соответствии с профилльно-генетической (1977 г.) и субстантивно-генетической (2004 г.) классификациями почв, разработаны количественные критерии для характеристики зональных эталонов серых агрогенных почв.

В качестве зональных эталонов этого почвенного района по профилльно генетической классификации выделены: 1) серые лесные (C_2), 2) темно-серые лесные (C_3), 3) черноземы выщелоченные ($Ч^в$), 4) черноземы обыкновенные ($Ч$), 5) черноземы обыкновенные карбонатные ($Ч^к$), 6) лугово-черноземные почвы ($ЧЛ$). В соответствии с субстантивно-генетической классификацией: 1) серые (С), 2) темно-серые (Ст), 3) абраземы аккумулятивно-карбонатные ($Аб_{ак}$), 4) абраземы глинисто-иллювиальные ($Аб_{ги}$), 5) агроземы темные аккумулятивно-карбонатные ($Аз_{так}$), 6) агроземы глинисто-иллювиальные ($Аз_{ги}$).

Идентификация почв по субстантивно-генетической классификации осуществлялась следующим образом: в таксономическую группу серые сгруппированы серые лесные почвы; темно-серые – темно-серые лесные почвы; в таксономическую группу абраземы аккумулятивно-карбонатные – черноземы обыкновенные и обыкновенные карбонатные сильноосмытые; в таксономическую группу абраземы глинисто-иллювиальные сгруппированы черноземы выщелоченные сильноосмытые; в таксономическую группу агроземы темные аккумулятивно-карбонатные сгруппированы черноземы обыкновенные и обыкновенные карбонатные маломощные и слабоосмытые; в таксономическую группу агроземы глинисто-иллювиальные объединены черноземы выщелоченные среднесмытые.

Результаты информационного анализа зависимости признаков от таксона по профилльно-генетической классификации показали, что наибольший таксономический вес, указывающий на более интенсивное отражение основного и второстепенного процессов почвообразования, имеют следующие диагностические признаки: рНв

($K_{эфф} = 0,2596$); содержание гумуса, % (0,1770); Нг, мг.-экв./100 г (0,1063); мощность гумусового горизонта, см (0,1003). Немного ниже таксономический вес таких свойств, как сумма обменных оснований, мг.-экв./100 г (0,0929); P_2O_5 , мг/100 (0,0861); Nв, % (0,0810). Самый низкий таксономический вес у физической глины, % (0,0345) и ила, % (0,0242), что связано со значительной вариацией этих признаков внутри однородных совокупностей.

При группировке почв по субстантивно-генетической классификации увеличивается таксономический вес такого признака, как мощность гумусового горизонта ($K_{эфф} = 0,1661$), что по-видимому обусловлено выделением нескольких групп антропогенно преобразованных, в разной степени эродированных почв, с уменьшенной мощностью гумусового горизонта.

С помощью двухфакторного информационного анализа определены специфичные (наиболее вероятные) состояния свойств для каждой таксономической группы исследуемых почв в профиле. Набор этих свойств может служить характеристикой виртуального образа регионального эталона определенного таксономического типа (подтипа) почв.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 18-44-22003 и Минобрнауки Алтайского края.

УДК 910.26:528.77

АНАЛИЗ И ОЦЕНКА ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЧЕРНОЗЕМОВ ПЕРМСКОГО КРАЯ НА ОСНОВЕ ДАННЫХ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ

Чацин А.Н., Кондратьева М.А.

Пермский государственный аграрно-технологический университет, Пермь
E-mail: pochva@pgscha.ru

Оподзоленные черноземы Пермского края представляют собой самые северные ареалы почв данного типа, встречающиеся в Кунгурской лесостепи. В отличие от выщелоченных и типичных черноземов эти почвы не образуют сплошной подзоны, а встречаются фрагментарно среди массивов серых лесных почв. Их доля в структуре почвенного покрова региона не превышает 0,4% площади. Являясь реликтами послеледниковой эпохи, черноземы оподзоленные представляют особый интерес для создания Красной книги почв. Этому способствует и высокая сельскохозяйственная освоенность лесостепной зоны, ставящая под угрозу существование данных почв в будущем.

Задачей данного исследования является анализ современного землепользования, осуществляемый на черноземных почвах в Перм-

ском крае. Для исследований использована почвенная карта Пермской области, выполненная филиалом проектного института УРАЛ-ГИПРОЗЕМ в 1979 г. М 1:300 000, а также набор разновременных космических снимков 2018 г., полученные со спутника Sentinel-2 посредством службы Sentinel HUB, реализованной в виде модуля программы QGIS.

Анализ почвенной карты выполнен в среде ГИС QGIS: картографическая регистрация растрового изображения осуществлена в системе координат 1942 г. проекции Гаусса-Крюгера. Вычисление площадей черноземов по административным районам производилось при помощи метода оверлейной операции «Пересечение». Анализ покрытия черноземов произведен по спутниковым снимкам Sentinel-2 посредством комбинированного дешифрирования объектов, входящих в почвенные контуры. Выявление ареалов покрытия древесной растительностью выполнено по зимнему снимку от 10 февраля 2018 г. методом классификации без обучения K-средних (K-means). Выделение водоемов (пруды, русла рек) на основе вегетационного индекса NDVI. Границы почв, задействованных на пашне, выделялись вручную по ровной форме границ сельскохозяйственных полей на основе снимка с открытой поверхностью почвы от 11 мая 2018 г.

В общей сложности на почвенной карте выделено девять контуров черноземов оподзоленных общей площадью 81 324,1 га. Все они представлены разностями тяжелосуглинистых почв на покровных отложениях. Данные контуры сосредоточены в юго-восточной части региона. Размеры контуров варьируют от 813 до 48 063 га. Наиболее крупный из них, занимающий 59% площади данных почв, охватывает территорию четырех административных районов края: Уинского, Октябрьского, Ординского и Суксунского. Контуры имеют преимущественно вытянутую форму, соответствующую конфигурации водоразделов рек Ирени, Иргины, Сылвы, Шуртана.

Дешифрирование покрытия контуров черноземных почв позволило выделить следующие типы угодий: леса, земли под населенными пунктами, пашней, а также залежи, луга и пастбища без подразделения. На долю пашни в среднем приходится 84% площади контуров, залежи и лугово-пастбищных земель 3%, лесов 11%. Доля пашни в контурах варьирует в пределах 69-90%, залежных и лугово-пастбищных угодий 1-15%, лесных массивов 4-30%.

Пространственный анализ векторного наложения контуров почвенной карты с границами административных районов позволил определить в них площади черноземных почв. Наиболее значительные массивы черноземов сосредоточены в следующих районах края: Суксунском 31 275 га (43%), Ординском 26 042 га (35%), Октябрьском 13 083 га (16%), Уинском 8363 га (11%).

Следует признать, что уровень распаханности черноземных почв края очень высок и превышает нормы оптимального освоения. По данным ряда авторов в условиях лесостепной зоны оптимальное соотношение угодий составляет 44-47% для травянистых ценозов, 53-56% – для пашни, а оптимальный уровень распашки территории оценивается в 38-40%. Очевидно, что сохранение почвенного разнообразия требует оптимизации структуры землепользования на данных почвах в сторону увеличения доли стабилизирующих угодий, а также перевода части освоенных земель на режим особой охраны.

**Комиссия
ПО ИСТОРИИ, ФИЛОСОФИИ И СОЦИОЛОГИИ ПОЧВОВЕДЕНИЯ**

Председатель – д.г.н. И.В. Иванов

УДК 631.4

**ВКЛАД В.Н. ВАРГИНА (1866-1936)
В РАЗВИТИЕ АГРОПОЧВОВЕДЕНИЯ НА УРАЛЕ**

Васильев А.А.

Пермский государственный аграрно-технологический университет, Пермь
E-mail: a.a.vasilev@list.ru

Профессор Пермского университета и Уральского СХИ Владимир Николаевич Варгин (1866-1936) – выпускник Петровской сельскохозяйственной академии. Годы его учебы в Академии – с 1884 по 1889. В этот период времени в Академии обучались В.Р. Вильямс (1883-1888) и Д.Н. Прянишников (1887-1889). Курс почвоведения студентам читал профессор А.А. Фадеев. В течение 10 лет с 1889 по 1899 г. Владимир Николаевич был преподавателем специальных дисциплин в Красноуфимском среднем сельскохозяйственном училище. В 1897 г. Санкт-Петербургским издательством А.Ф. Девриена в серии книг В.Н. Варгина «Элементарный курс общего земледелия» была издана книга «Почвоведение», предназначенная для учащихся средних учебных заведений сельскохозяйственного профиля и практиков-земледельцев. Объем книги – 64 страницы, содержит 14 рисунков. Книга состоит из трех частей. Первые две части содержат общее описание химического и минералогического состава, переносная и поглотительной способности (32 пункта); физических свойств почв (пять пунктов). Третья часть книги содержит морфологическое описание, агрономическую оценку групп почв. В.Н. Варгинным были выделены черноземы, северные лесные земли, каштаново-серые (шоколадно-серые), солонцы, болотные, сухопутно-болотные, перемытые и наземно-наносные почвы. Охарактеризованы основные приемы повышения плодородия, мелиорации и обосновано дифференцированное использования разных почв. В тексте даются ссылки на профессора В.В. Докучаева и А.Я. Гордяева. Книга «Почвоведение» В.Н. Вар-

гина пользовалась большим спросом у практиков земледельцев на протяжении более двух десятков лет. Она выдержала шесть изданий (1897, 1905, 1910, 1912, 1915, 1919, 1921 – в Берлине). Пятое издание было удостоено золотой медали им. графа П.Д. Киселева. С 1899 по 1913 г. Варгин работал губернским агрономом Пермского губернского земства, затем возглавлял Пермскую опытную станцию и был избран профессором Пермского университета (1920). В.Н. Варгин стал «известным всей России и далеко за ее пределами» агрономом. В годы Гражданской войны В.Н. Варгин оказался в Сибири, служил (январь-июнь 1920 г.) в Институте исследования Сибири, созданном правительством адмирала А.В. Колчака. В составе Института действовало шесть отделов. Естественно-исторический отдел и подраздел почвоведения в Институте возглавлял С.С. Неуструев. В отделе работали почвоведы Докучаевского почвенного Комитета – К.П. Горшенин (лектор спецкурсов), М.И. Рожанец (секретарь отдела, специалист), почвовед И.И. Смирнов (ассистент). За время работы в отделе В.Н. Варгин подготовил материалы по сельскохозяйственному районированию Сибири. Всю работу Института по составлению карты естественных районов Сибири возглавлял С.С. Неуструев.

М.И. Рожанец занимался сбором коллекции монолитов основных типов почв Томского уезда для музея естественно-исторического отдела, обследовал окрестности Томска в почвенно-ботаническом отношении. В период своей службы в Институте исследования Сибири В.Н. Варгин вместе с представителями Союза агрономов Сибири занимался разработкой проекта самостоятельного сельскохозяйственного отдела в составе Института, организовывал покупку и пересылку семян пшеницы для постановки полевых опытов, готовил к изданию рукописи сразу нескольких своих книг. Сотрудничество профессора В.Н. Варгина и почвоведов Докучаевского почвенного Комитета С.С. Неуструева и К.П. Горшенина продолжилось позднее – в 1923-1924 гг., и оно выразилось в подборе преподавателей для кафедры почвоведения Пермского государственного университета. При поддержке В.Н. Варгина, К.П. Горшенина и С.С. Неуструева сначала преподавателем кафедры был избран бывший ассистент Института исследования Сибири, преподаватель СибАки И.И. Смирнов, а через некоторое время – почвовед В.В. Никитин. В Пермском университете в 1923 г. была создана первая на Урале кафедра почвоведения.

УДК 631.4

РОСТОВСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ В ЖИЗНИ ВЫДАЮЩЕГОСЯ ПОЧВОВЕДА А.Ф. ЛЕБЕДЕВА

Гончарова Л.Ю.

Южный федеральный университет, Ростов-на-Дону

E-mail: goncharova_1958@mail.ru

Александр Федорович Лебедев – выдающийся ученый. Он является основателем направления физики почв в России, основателем ростовских школ почвенной микробиологии и генетики. Ростовский период жизни характеризуется наиболее масштабными и значимыми для науки исследованиями А.Ф. Лебедева.

В 1915 г. в связи с военными действиями в г. Ростов-на-Дону эвакуировался Варшавский университет. А в 1916 г. физико-математическим факультетом этого университета А.Ф. Лебедев был приглашен на должность профессора кафедры агрономической химии, на которой работал с 1917 по 1930 г. Здесь он читал такие курсы, как почвоведение, сельскохозяйственная гидрология, общее растениеводство, физиология растений, наследственность и изменчивость организмов, основы селекции растений, органическая химия. В 1918-1919 гг. А.Ф. Лебедев читает по совместительству курсы основ генетики и селекции в Донском сельскохозяйственном институте в Новочеркасске. В 1919 г. был опубликован его знаменитый труд «Передвижение воды в почвах и грунтах», а книга А.Ф. Лебедева «Почвенные и грунтовые воды» была несколько раз переиздана.

Круг интересов А.Ф. Лебедева был очень широк. Так, в 1921 г. им была опубликована небольшая, но очень важная приоритетная работа по ассимиляции углекислоты гетеротрофными бактериями. Эта работа перекликалась с его исследованиями физиологии и генетики бесхлорофилльных мутантов кукурузы, которые стали основой развития генетических исследований в Ростовском университете. В 1923 г. Александр Федорович организует Донскую селекционную станцию, становится ее бессменным директором в течение восьми лет (до 1930 г.).

В 1926-1927 гг. А.Ф. Лебедев был командирован Северо-Кавказским университетом (бывшее название Ростовского университета) в США для изучения постановки опытного дела в сельском хозяйстве. Здесь он проанализировал с точки зрения физики почв массовую гибель озимых на юге США (1927 г.). В его распоряжение был предоставлен инженер-конструктор для разработки рекордной по своим характеристикам скоростной центрифуги. При отъезде А.Ф. Лебедева из США эта центрифуга была ему подарена в знак признательности и уважения его научных заслуг. В 1927 г. А.Ф. Лебедев участвовал в работе Первого международного конгресса в Вашингтоне, присо-

единившись к участникам нашей делегации. Во время командировки в США А.Ф. Лебедев помимо своей основной работы в области почвоведения занимался анализом физиологии полученных им мутантов. Результаты этих исследований он доложил на IV генетическом конгрессе по генетике и селекции в 1927 г. в Берлине.

По возвращению в Ростов в 1927 г. А.Ф. Лебедев поставил ряд опытов по передвижению влаги и солей в почве, по изучению форм воды в почве с помощью сверхскоростной центрифуги, развивающей 50 тыс. оборотов в минуту. Он разработал классификацию форм воды в почве, установил понятия о пленочной влаге и максимальной молекулярной влагоемкости почв. Им были разработаны методы определения максимальной молекулярной влагоемкости и сформулирована новая теория образования грунтовых вод путем перегонки воды в виде пара из одних слоев земной коры в другие с последующей конденсацией и фильтрации жидкой воды.

В 1930 г. профессор А.Ф. Лебедев оставляет Северо-Кавказский университет и переезжает по приглашению в Ленинград на должность заведующего отделом физики почв Института земледелия ВАСХНИЛ.

УДК 631.4

ИССЛЕДОВАНИЯ ИСТОРИИ И МЕТОДОЛОГИИ ПОЧВОВЕДЕНИЯ В РОССИИ

Иванов И.В.

Институт физико-химических и биологических проблем почвоведения РАН,
Пушино
E-mail: ivanov-v-28@mail.ru

Истории своей науки в почвоведении всегда уделялось важное внимание. Историками почвоведения были В.В. Докучаев, П.В. Отоцкий, В.И. Вернадский, А.А. Ярилов, Б.Б. Польшов, Д.Г. Виленский, И.А. Крупеников, С.В. Зонн, Г.В. Добровольский, И.В. Иванов, С.А. Сычева, Н.Н. Матинян. Отметим труд В.Г. Минеева. Опубликованы воспоминания (Н.В. Орловский, Г.В. Добровольский, В.П. Белобров, Л.О. Карпачевский). Методология почвоведения всегда была тесно связана с его историей. Большое число идей в почвоведении было высказано в 1870-1920 гг. и подверглось детальной проработке в последующем столетии. После В.В. Докучаева вклад в теорию и методологию почвоведения внесли Н.М. Сибирцев (вклад сопоставим с вкладом основателя) и К.Д. Глинка, П.С. Коссович и К.К. Гедройц, Г.Н. Высоцкий, С.С. Неуструев и А.Ф. Лебедев, П.А. Костычев и В.Р. Вильямс, Б.Б. Польшов, С.А. Захаров, В.Р. Волобуев, В.А. Ковда, И.П. Герасимов, А.А. Роде, Б.Г. Розанов, И.А. Соколов, В.О. Таргульян и др. Оказав стимулирующее воздействие своей передовой

методологией на другие молодые науки, почвоведение само испытало влияние идей представителей смежных дисциплин – Ч. Дарвина, С.Н. Виноградского, С.И. Коржинского, В.И. Вернадского, Л.С. Берга, Д.Н. Прянишникова и представителей зарубежного почвоведения – Г. Иенни, В. Кубиены, Э.Д. Рассела, Э.А. Митчерлиха и др. Самый распространённый способ обращения к истории науки – юбилей. 100-летие со дня рождения В.В. Докучаева было отмечено постановлением правительства и стало культурным и научным событием в жизни страны. Его влияние ощущается до наших дней. Задача изучения наследия Докучаева остается актуальной. Недавно выяснилось, что молодой Докучаев, поступивший на первый курс СПбУ (осень 1867 г.) после окончания духовной семинарии с юношеским максимализмом (псевдоним В. Д-чаев) выступил с антидарвинской статьёй (СПб., издательство духовного журнала «Странник», 1869). За один-два года Докучаев преодолел свой максимализм. Но с этой статьи началась разработка его учения о времени как факторе почвообразования. Юбилейные даты почвенных учреждений и ученых отмечаются относительно регулярно. Появились справочники о почвоведях Сибири и Дальнего Востока, Санкт-Петербурга, МГУ, о женщинах-почвоведях, об отдельных ученых (книги о почвоведях В.В. Никитине (Г.И. Жаворонкова) и И.И. Смирнове (А.А. Васильев).

Работ о природных почвах издается все меньше. Разнообразие антропогенно вызванных изменений почв огромно. Теоретический анализ их пока недостаточен. Практически отсутствует экологический и экономический анализ большого числа масштабных хозяйственных мероприятий, направленных на охрану и улучшение почв (осушение, мелиорация солонцов, борьба с эрозией и другие). Периодически заседает комиссия истории, философии и социологии почвоведения. Состоялись три научные Всероссийские конференции по теме комиссии, изданы два сборника их материалов (2006, 2017). С начала издания и до кончины академика Г.В. Добровольского в 2012 г. журнал «Почвоведение» был зеркалом состояния российского почвоведения. В последнее 10-летие из-за конъюнктурных соображений руководство журнала лишило его этой важной общественной функции. Справедливости ради отметим, что это происходит со многими научными журналами, но не со всеми. Проведение IV Всероссийской конференции по истории, методологии и социологии почвоведения намечено на ноябрь 2021 г. в г. Пущино.

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ЗЕМЛЕПОЛЬЗОВАНИЯ В НИЖЕГОРОДСКОЙ ГУБЕРНИИ ПО МАТЕРИАЛАМ ЭКСПЕДИЦИИ ДОКУЧАЕВА

Кириллова В.А., Алябина И.О.

Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Москва
E-mail: fekda-star@mail.ru

Почвы являются важным элементом национального богатства и главным средством производства в сельском хозяйстве. Поэтому проблема рационального использования земельных ресурсов является важным звеном политики государства. Очевидно, что эффективное использование земельных ресурсов страны возможно только при знании состояния почв и своевременной инвентаризации почвенного покрова.

Первые масштабные почвенные исследования были проведены в 1882-1887 гг. в ходе комплексных физико-географических исследований в Нижегородской губернии. Бурное развитие новых капиталистических форм хозяйства после реформы 1861 г. требовало объективной оценки земельных угодий. Разработка научного метода определения ценности почв была поручена В.В. Докучаеву, который и возглавил экспедицию.

Важнейшим критерием оценки земель является урожайность. В современной кадастровой оценке используется понятие нормативной урожайности сельскохозяйственных культур, при расчете которой учитывают ряд почвенных характеристик, в том числе содержание гумуса в пахотном слое, мощность гумусового горизонта, содержание физической глины и ряд других.

В материалах экспедиции В.В. Докучаева упоминается два типа урожайности: действительная и нормальная. Нормальная урожайность – размер сбора, который получился бы при условиях, которые принимаются за постоянные (почвенно-топографические признаки и обычные хозяйственно-экономические условия). Такое понятие нормальной урожайности в целом совпадает с современным – нормативная урожайность. Под действительной урожайностью понимаются размеры сбора продуктов, получаемые с известных земель при всех существующих в данный момент условиях.

При оценке земель ставилась задача обнаружить зависимость урожайности от качества почв, т.е. определить нормальную урожайность, которая обусловлена только естественными свойствами. Для этого сравнивали действительную урожайность на одинаковых почвах, возделываемых по-разному (например, с использованием удобрений и без них).

Были установлены специальные территориальные единицы (па-

хотные районы), однородные с точки зрения почвенного покрова. Далее проводилась группировка почвенных районов по почвенным разрядам. В один почвенный разряд соединялись районы с одинаковыми по достоинству почвами (одноразрядные или разнокачественные, но соответствующие одной средней производительности почв). Следовательно, каждый почвенный разряд представлял собой группу владений, пахотные земли которых равноценны по своим естественным свойствам.

Границы почвенных разрядов были нанесены на почвенные карты уездов и именно к ним приурочили данные об урожайности.

Целью данного исследования было проведение сравнительного анализа эффективности землепользования отдельных уездов по материалам экспедиции Докучаева, для чего данные об урожайности внесли и обработали в ГИС MapInfo.

Анализ показал, что, несмотря на очевидную зависимость размера урожая от качества почвы, урожайность на почвах одного и того же пахотного разряда под влиянием других условий могла колебаться настолько сильно, что иногда средняя урожайность в районах с более плодородными почвами бывала ниже, чем в менее плодородных. Полученные данные свидетельствуют о влиянии на урожайность сельскохозяйственных культур экономических факторов крестьянского хозяйства, среди которых особенно выделяются такие, как размер надела и зависящая от него относительная площадь пашни, количество вносимых удобрений, качество обработки почвы.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 16-34-00667.

УДК 167/168:01+341.215.2+631.4

ПОЧВЫ И ВЛАСТЬ: НЕМЕЦКОЕ И МИРОВОЕ ПОЧВОВЕДЕНИЕ В 30-40-Х ГОДАХ XX ВЕКА

Красильников П.В.

Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Москва
E-mail: krasilnikov@soil.msu.ru

Международное общество почвоведов готовится отметить 100-летие со своего основания в 1924 г. На сайте общества содержится довольно подробная характеристика основных этапов его развития, начиная с первых, еще агрогеологических конференций, исторического заседания в Риме, Первого всемирного почвенного конгресса и заканчивая последними конгрессами и планами их проведения в будущем. Однако при внимательном прочтении документов обнаруживаются белые пятна в истории общества. Очевидно, что во время Второй мировой войны деятельность общества, основу которого со-

ставляли европейские почвоведы, была приостановлена, но перерыв между III конгрессом, состоявшимся в 1935 г. в Оксфорде, и IV конгрессом в Амстердаме в 1950 г. кажется слишком длинным. В те годы в Международной ассоциации почвоведов произошел кризис, который едва не привел к ее ликвидации.

На III Всемирном конгрессе почвоведов в Оксфорде в качестве места проведения следующего конгресса в 1939 г. был предложен Берлин. Особых вопросов это не вызвало, поскольку отношение к Гитлеру, пришедшему в 1933 г. к власти, было вполне терпимым: многими он рассматривался как молодой энергичный лидер, ведущий страну к экономическому и социальному прогрессу; в 1936 г. в Берлине проводилась Олимпиада. Президентом общества был избран профессор Фридрих Вильгельм Шухт, известный и авторитетный ученый, который долго был главным редактором журналов *Internationale Mitteilungen für Bodenkunde* и *Soil Research*, стоял у истоков основания Международного общества почвоведов с 1924 г., а с 1926 г. возглавил немецкое общество почвоведов. Никто не обратил внимания на то, что ко времени избрания президентом общества он несколько лет был членом нацистской партии Германии и уже отличился высказываниями о том, что «представители гуманитарных наук отныне смогут черпать свое учение только из национал-социалистического мировоззрения». В те годы многие ученые, в том числе и почвоведы, подписывали коллективные письма Гитлеру, в которых выражали свою преданность и готовность служить власти.

Чем ближе был 1939 г., тем больше становилось понятным, что в Германии съезд проводить невозможно. Альбер Демолон, лидер французских почвоведов, требовал приостановить работу Международного общества почвоведов и ограничить активность изданием трудов ранее прошедших конференций. Немецкие почвоведы его не услышали и продолжили издание бюллетеня общества. Когда в 1941 г. профессор Шухт скончался, немецкое общество почвоведов объявило без согласования с национальными обществами о том, что вместо Шухта президентом общества избран его ученик профессор Фриц Гизеке. Этот ученый также с 1933-1934 гг. был членом нацистской партии; более того, он работал в сельском расовом отделе СС. После окончания войны немецкие почвоведы, сотрудничавшие с нацистами, избежали люстрации. Однако общество почвоведов было дискредитировано. В 1945 г. на встрече ведущих почвоведов СССР, США, Великобритании и Франции Альбер Демолон предложил ликвидировать Международное общество почвоведов и учредить взамен него Общество почвоведов Объединенных наций. Был сформирован рабочий комитет, который должен был подготовить учредительный конгресс в Москве в 1946 г., приурочив его к 100-летию со дня рождения В.В. Докучаева. Однако в марте 1946 г. Уинстон Черчилль

выступил с речью в Фульоне, началась холодная война, и интеграционные процессы вновь были свернуты. Только в 1950 г. стараниями Д. Хиссинка, генерального секретаря общества, удалось восстановить общество и провести IV Всемирный конгресс почвоведов.

УДК 631.42

Д.А. ДРАНИЦЫН – ПОЧВОВЕД-ГЕОГРАФ

Матинян Н.Н.

Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург

E-mail: Natalym101136@yandex.ru

Дмитрий Алексеевич Драницын был первопроходцем в изучении природных условий удаленных районов Сибири, самым молодым почвоведом-географом в «когорте талантливых почвоведов – участников сибирских экспедиций». За короткий период научной работы Дмитрий Алексеевич успел опубликовать 15 работ, в которых помимо обширных наблюдений и описаний высказал целый ряд интересных и оригинальных соображений, затронул многие научные вопросы. Эти вопросы сохраняют актуальность и в наши дни.

Д.А. Драницын родился в Санкт-Петербурге в семье врача и земского деятеля Санкт-Петербургской губернии А.А. Драницына и дочери известного ученого-востоковеда, профессора Санкт-Петербургского университета Керобе Патканова. Дмитрий Алексеевич окончил физико-математическое отделение Санкт-Петербургского факультета, темой его выпускной работы была «Песчаная степь в восточных Каракумах Закаспийской области – опыт почвенного очерка». Благодаря высокому уровню этого труда, Д.А. Драницыну предложили остаться в университете, но он отказался, предпочитая практическую деятельность. В 1909 г. он поступил на службу в Переселенческое управление при Министерстве землеустройства и земледелия. В 1910 г. Дмитрий Алексеевич был командирован в западное Приангарье. В этой первой сибирской экспедиции он проявил себя настоящим натуралистом, почвоведом и географом. Он провел почвенно-географическое районирование региона. Летом 1911 г. Драницын отправился в экспедицию в Нарымский край, где обратил особое внимание на подзолистые почвы со вторым гумусовым горизонтом.

Весной 1912 г. Переселенческое управление направило Дмитрия Алексеевича руководить экспедицией в Закаспийскую область. Он изучил пески Кара-Кумов, предгорья Копет-Дага, интересуясь не только почвами и природными условиями, но и перспективами сельскохозяйственного освоения и заселения этого края.

В марте 1913 г. Д.А. Драницын в отпускное время выехал за

границу и обследовал почвы Алжира. По материалам этой поездки он в 1915 г. опубликовал статью «Заметки о северо-африканском лессе». Возвратившись в Петроград, Дмитрий Алексеевич вскоре отправился в Западную Сибирь, где обследовал Кулундинскую степь. В 1914 г. Драницын уехал обследовать тундру в низовьях Енисея. С.С. Неуструев писал: «Трудности этого путешествия и энергия, проявленная Дмитрием Алексеевичем, были максимальны».

Д.А. Драницын провел почвенно-географическое районирование региона, выделил тундровые почвы как особый зональный тип, формирующийся в условиях вечной мерзлоты, малого количества осадков и низкой испаряемости. Особое внимание Дмитрий Алексеевич уделил обусловленным мерзлотой формам рельефа и их влиянию на структуру почвенного покрова тундры.

Когда началась Первая мировая война, Дмитрий Алексеевич добровольцем отправился на фронт в качестве уполномоченного Красного Креста. Ему было доверено командовать отрядом в количестве 150 человек. Он служил на Кавказском фронте, затем был переброшен вместе с отрядом в Буковину и Галицию. Д.А. Драницын не раз был в боях, выносил раненых под пулями. В 1916 г. его снова перевели на Кавказ, где 6 апреля он был убит при взятии г. Трапезунда. Ему было всего 29 лет. Д.А. Драницын похоронен на Смоленском армянском кладбище Санкт-Петербурга.

УДК 63:54:001.891

ИСТОРИЯ НАУЧНЫХ ПУБЛИКАЦИЙ ПО АГРОХИМИИ В РОССИИ

Прохорова И.И.¹, Прохоров И.С.²

АНО «Редакция «Химия в сельском хозяйстве», Москва

E-mail: agrochem_herald@mail.ru

Московский авиационный институт

(национальный исследовательский университет), Москва

E-mail: prokhorovis@mail.ru

Первые печатные работы по агрохимии в России начали появляться в начале XVIII столетия. Большое значение для развития элементов агрохимии и агрохимического анализа имели открытия М.В. Ломоносова в области химии, а также его труды по геологии и минералогии. Важное значение в развитии сельского хозяйства России имело созданное в 1765 г. Вольное экономическое общество, в «Трудах» которого печатали также и работы по агрономии. В первой половине XIX в. в Европе вышли в свет работы француза Ж.Б. Буссенго об источниках азота для растений и балансе элементов питания, опубликованные в 1837 г., а также работы немца Ю. Либиха, в част-

ности «Химия в приложении к земледелию и физиологии», в которой была сформулирована теория минерального питания растений (1840). В 1865 г. в Стассфурте стали добывать калийные соли, а в России опубликована диссертация профессора И.А. Стебута «Известкование почвы». В это же время автор писем «Из деревни» и «Химические основы земледелия» профессор А.Н. Энгельгардт начал использовать в Смоленской губернии фосфоритную муку в качестве фосфорных удобрений. В создании научных основ агрохимии большое значение имели классические исследования К.А. Тимирязева, в 1872 г. им был построен первый в России вегетационный домик.

В 1884 г. вышла в свет книга П.А. Костычева «Учение об удобрении», в которой он критиковал «теорию полного возврата», выдвинутую Ю. Либихом. Профессор Г.Г. Густавсон в книге «Двадцать лекций по агрономической химии» изложил вопросы химии почв и удобрений, анализа почв, удобрений и кормов. В Вольном экономическом обществе активно выступал Д.И. Менделеев с предложениями организации опытов по испытанию искусственных удобрений на разных почвах России и им были созданы опытные станции в Петербургской, Смоленской, Симбирской и Московской губерниях. Труды Д.И. Менделеева по земледелию, животноводству, молочному делу были собраны и переизданы в 1954 г. Академией наук СССР в книге «Работы по сельскому хозяйству и лесоводству». Д.Н. Прянишников – создатель советской агрохимической школы, под его редакцией вышло в свет 17 томов сборников «Из результатов вегетационных опытов и лабораторных работ», а его фундаментальные труды «Агрохимия» и «Азот в жизни растений и земледелии СССР» до настоящего времени используют для подготовки специалистов как в России, так и за рубежом.

Д.Н. Прянишников, работая в Научном институте по удобрениям, стал одним из инициаторов выхода в свет журнала «Удобрение и Урожай», первый номер которого вышел в июне 1929 г., а позднее назывался «Химизация социалистического земледелия» (1932-1941). В 1956 г. журнал был воссоздан с прежним названием, а в 1963 г. в Госхимиздате он начал издаваться как «Химия в сельском хозяйстве». Параллельно в 1964 г. в издательстве «Наука» вышел первый номер журнала «Агрохимия». В 1987 г. журнал «Химия в сельском хозяйстве» передан ВО «Агропромиздат» и с 1988 г. получил название «Химизация сельского хозяйства», а с 1997 г. издается под названием «Агрохимический вестник». Уже в XXI в. в России появились молодые, но уже узнаваемые издания, такие как «Плодородие» и «Проблемы агрохимии и экологии». В 2019 г. редакция журнала «Агрохимический вестник» поздравляла агрохимиков с 90-летием со дня выхода в свет журнала «Удобрение и Урожай», правопреемником которого он является.

УДК 631.4

ПЕРВАЯ СТАТЬЯ В.В. ДОКУЧАЕВА И ЕЁ РОЛЬ В ДАЛЬНЕЙШЕМ НАУЧНОМ ТВОРЧЕСТВЕ УЧЕНОГО

Русакова Е.А.¹, Иванов И.В.²

¹ Центральный музей почвоведения им. В.В. Докучаева, Санкт-Петербург
E-mail: el.rus@mail.ru

² Институт физико-химических и биологических проблем почвоведения РАН,
Пушино
E-mail: ivanov-v-28@mail.ru

В 1869 г. в типографии духовного журнала «Странникъ» была напечатана под псевдонимом В. Д-чаев статья «Теория Дарвина пред судом Священного Писания как самого древнего исторического ботанико-зоологического памятника». Согласно словарю псевдонимов И.Ф. Масанова (1956), этот псевдоним принадлежит В.В. Докучаеву. Содержание статьи, употребление в ней категорических характерных слов, особенности почерка на авторском инскрипте оттиска статьи также свидетельствуют о принадлежности ее Докучаеву. Именно эта статья является первой публикацией В.В. Докучаева, а не его дипломная работа, изданная по окончании ИСПБУ в 1872 г. – «О наносных образованиях по речке Касне Сычевского уезда Смоленской губернии», как считалось ранее.

Первая работа Докучаева представляет интерес в связи с появлением ее в переходный период от Докучаева – начинающего богослова к Докучаеву-естествоиспытателю. Она важна для понимания изначального мировоззрения и жизненной позиции будущего ученого. Статья была написана под впечатлением русского перевода 1864 г. книги Дарвина «О происхождении видов в царствах животном и растительном путем естественного подбора родичей или о сохранении усовершенствованных пород в борьбе за существование», развернувшейся вокруг нее дискуссии, и пособия М.А. Сибирцева «Опыт библейско-естественной истории или описательное изложение библейской геологии, ботаники и биологии» (1867).

Время написания статьи было для В. Докучаева напряженным. В 1867 г. он бросает духовную карьеру и переводится в Санкт-Петербургский университет. Его мировоззрение начинает претерпевать изменения, и в этот период он пишет свою малоизвестную работу.

Анализируя статью, изложенную на 52 страницах, понимаешь, сколь серьезно подошел молодой человек к этой публикации. Формулируя свое негативное отношение к теории Дарвина, недавний семинарист опирается на Священное писание как главный и самый достоверный источник сведений о прошлом, на работы М.И. Сибирцева и о. Матвеевского, найдя в них аргументы в поддержку своих доводов. Докучаев использует также два десятка публика-

ций, в основном геологов. Однако следует отметить, что большая часть работ, на которые он ссылается, являлась популярными источниками. Самые новейшие геологические труды того времени – Головкинского, Щуровского и др. ему тогда еще не были известны. В. Докучаев защищает от Ч. Дарвина основные положения Святого писания: отрицает происхождение всех организмов из одной клетки; распространение естественного отбора и борьбы за существование на общество как оправдание безнравственности; отрицает вслед за Линнеем изменчивость видов и прогрессивное развитие организмов, считая его недоказанным, как и закрепление случайно возникших признаков. Докучаев считает, что процессы в природе протекают быстро, скачкообразно и катастрофически; предположение о медленности процессов он называет уловкой для утверждения недоказанной идеи об огромной длительности времени, противоречащей Святому писанию. При этом Докучаев убежден, что наука и Святое писание не противоречат друг другу.

В этой первой работе видны истоки его интереса к проблеме времени и генезиса природных явлений. В дальнейшем Докучаев – сторонник Дарвина и Лайеля, развивает разные аспекты их учений, включая аспект времени. Учение о генезисе почв также перекликается с первой статьей, как и понятие закона любви как универсального закона содружества, правящего миром, в противоположность закону борьбы за существования.

УДК 911.2

М.А. ГЛАЗОВСКАЯ КАК ИССЛЕДОВАТЕЛЬ ПОЧВ АВСТРАЛИИ

Снытко В.А.¹, Озерова Н.А.^{1,2}, Собисевич А.В.¹

¹ Институт истории естествознания и техники им. С.И. Вавилова РАН, Москва
E-mail: vsnytko@yandex.ru, sobisevich@mail.ru

² Государственный университет по землеустройству, Москва
E-mail: ozerova-nad@yandex.ru

В 1952 г. М.А. Глазовская опубликовала монографию «Почвенно-географический очерк Австралии». Глава этой работы «Типы почв Австралии» основывалась на данных зарубежной литературы и вышедшей в 1943 г. почвенной карты Австралии, составленной Джеймсом Прескоттом. В 1964 г. М.А. Глазовская использовала собранные материалы при создании почвенной карты Австралии и Океании, которая была опубликована в «Физико-географическом атласе мира». В схеме закономерностей распространения почв на австралийском континенте она старалась учесть не только зональные,

но и макрорегиональные особенности.

В 1968 г. М.А. Глазовская посетила проходивший в Австралии IX Международный почвенный конгресс, где участвуя в почвенной экскурсии, смогла подтвердить свои выводы, сделанные ею во время заочного знакомства с почвами континента. Во время почвенной экскурсии, которая проходила с 18 по 26 августа 1968 г., М.А. Глазовская пересекла австралийский континент с юга на север по линии Аделаида – порт Августа – бассейн оз. Торренс – г. Вайяла – Алис-Спрингс – Дарвин, а также совершила однодневную поездку на п-ов Кимберли, расположенный в северо-западной части Австралии. В южной части Австралии экскурсию проводил профессор кафедры почвоведения и растениеводства Техасского университета (TAMU) Рассел Джессуп, а в Центральной Австралии в районе Алис-Спрингса – сотрудник почвенного департамента Государственного объединения научных и хозяйственных исследований Австралии (CSIRO) Уильям Литчфилд, в Северной Австралии на опытной сельскохозяйственной станции Кимберли – доктор Ветцлаар.

Маршрут почвенной экскурсии охватил различные по природным и почвенным условиям части австралийского континента. В статье, опубликованной в журнале «Почвоведение», свои впечатления об увиденных почвах М.А. Глазовская изложила в четырех разделах: зона субтропической «средиземноморской» Австралии, зона субтропической аридной Австралии, зона тропической аридной Австралии и зона муссонной Австралии. В субтропической «средиземноморской» зоне она отмечала преобладание красно-коричневых почв, получивших свое развитие на месте бывшего эвкалиптового редколесья. В зоне субтропической аридной Австралии отметила сходство почвенного покрова, который характеризовался сильной засоленностью и загипсованностью, с почвами северного побережья Балхаша. Зона субтропической аридной Австралии была схожа с ландшафтами соляноквых полупустынь в СССР, а профиль местных почв – с профилем солонцеватых бурых пустынно-степных почв северного Прибалхашья. С почвами влажных районов субтропической части Австралии, где был очень четко выражен средиземноморский тип климата, М.А. Глазовская ознакомилась в ходе однодневной поездки, совершенной в перерывах между заседаниями конгресса.

Натурные наблюдения, проведенные в Австралии, помогли М.А. Глазовской при публикации в 1972-1973 гг. двухтомника «Почвы мира». В этой работе были характеризованы основные семейства и типы почв, причем особое внимание уделялось почвам, не имеющим своих аналогов на территории СССР. Австралийские исследования также позволили рассматривать сущность почвообразования с геохимических позиций.

УДК 631.4

ПЕРВЫЕ ПОЧВЕННО-ГЕОГРАФИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ В ДАГЕСТАНЕ В ПОСЛЕОКТЯБРЬСКИЙ ПЕРИОД

Ханмагомедов Х.Л.

Дагестанский государственный университет народного хозяйства, Махачкала
E-mail: tberikey@mail.ru

После установления Советской власти в Дагестане начался новый этап почвенно-географических исследований. Он начался изучением почв исследованиями Теркемейской равнины. Первые исследования этой равнины провели С.В. Зонн и С.Я. Сушко в 1928 г. под руководством профессора А.М. Панкова на базе Северо-Кавказской опытно-мелиоративной станции в г. Владикавказе под названием «Почвы Теркемейского участка в Дагестане» в масштабе 1 вер. в 1 дюйме (единицы измерения сохранены как в первоисточнике) в 1929 г. В.М. Моткин по заданию Главхлопкома в лаборатории почвоведения Горского сельскохозяйственного института А.М. Панкова продолжил исследования на тему «Почвы хлопкового семхоза, проектируемого участка «Кафары» Дербентского района Д.С.С.Р.». Для реализации первой темы были вырыты 250 одно-полуметровых ям, помимо обыкновенных послонных образцов были взяты образцы с «ненарушенным» строением в металлические цилиндры, которые и послужили для изучения физических свойств почвы, для второй было сделано 130 разрезов, собрано 400 коробчатых образцов, 110 цилиндриков, 30 полуметровых монолитов и три метровых монолита.

В первой работе уделено большое внимание характеру сложения, физическим свойствам, структурам почв, а именно светло-каштановым (светло-бурым), орошаемым (культурно-поливным), серым под лесами (луговым), солончакам (мокрым, сухим и в виде пухлых), аллювиальным, болотным, пескам. Основная цель второй работы – целесообразность создания семенного хозяйства в урочище Кафари для выращивания хлопчатника. По мнению А.М. Моткина, несмотря на отрицательные физические свойства плотного горизонта, почвы можно рекомендовать для создания этого проектируемого семхоза. В работе С.В. Зонна, С.Я. Сушко «Почвы Теркемейского участка в Дагестане» и В.М. Моткина «Почвы хлопкового семхоза проектируемого участка «Кафары» не приложена карта или картосхема распространения типов и подтипов почвенного покрова. Как мы знаем, при наличии последних эти работы во многом выигрывали бы. В берикейской части Теркемейской равнины и дузлакской части современного пос. Мамедкала с глубокой древности добывалась нефть, которая загрязняла верхнюю часть литосферы, что способствовало изменению свойства почвенного ландшафта. У названных авторов не

нашлось места топонимическому материалу, где отмечается определенный спектр почвенного покрова или почвенных разновидностей в кратком топонимическом отражении. В.М. Моткин в анализируемой нами работе отмечает, что с татарского (азербайджанского) языка «кафары» означает «северный», с чем мы не согласны, по моему мнению, эта лексема иранского происхождения в значении «неверный», в отличии от жителей территории Мусульмане (с азерб. «мусульмане») расположенной между теперешним поселком Белиджи, Дербентского района и г. Дербент Дагестана. Таких случаев именованья в топонимике Дагестана немало. В целом вопросы в данной работе в почвенно-географическом отношении достаточно аргументированы. Почвы Теркемейской равнины Дагестана – составная региональная составляющая почвенного покрова дагестанской части Прикаспийской низменности. Авторы рассматриваемых почвенных исследований (С.В. Зонн, С.Я. Сушко и В.М. Моткин) как представители передовой русской интеллигенции нашей страны изучили уникальный регион дагестанских равнин, каким является Теркемейская равнина. Рассмотренные нами почвоведческие труды хранятся в фондах Центрального госархива Республики Дагестан. Мы считаем их первыми трудами по почвам Дагестана после октябрьского этапа почвенного географического изучения.

Эта проблема требует дальнейшего изучения русскими учеными не только в Республике Дагестан, но и в других регионах Северного Кавказа. В докладе нами подробно анализируются изложенные почвенно-географические вопросы С.В. Зонном, С.Я. Сушко и В.М. Моткиным с комментарием автора данных тезисов.

Комиссия
ПО ОБРАЗОВАНИЮ В ПОЧВОВЕДЕНИИ

Сопредседатели – д.б.н. О.А. Макаров, к.б.н. В.М. Колесникова

УДК 631.4:378.147

**ТЕХНОЛОГИИ ДИСТАНЦИОННОГО ОБРАЗОВАНИЯ
ПО НАПРАВЛЕНИЮ «ПОЧВОВЕДЕНИЕ»
С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СОЦИАЛЬНЫХ СЕТЕЙ**

Гурова Т.А.

Агрофизический НИИ, Санкт-Петербург

E-mail: gurova_t@mail.ru

«Перспективы развития цифрового образования в Российской Федерации», представленные сообществу Министерством науки и высшего образования РФ, предполагают, что «20% студентов к концу 2024 г. будут осваивать отдельные курсы и дисциплины, в том числе онлайн, с использованием ресурсов иных образовательных организаций и университетов, обеспечивающих соответствие качества подготовки обучающихся мировому уровню». Уже сегодня существующие информационные технологии позволяют студентам виртуально участвовать в конференциях, летних школах, семинарах, лекциях и докладах, которые транслируются через Интернет как организаторами мероприятий, так и присутствующими специалистами. В почвоведении этот ресурс практически не используется. Существующие блоги факультета почвоведения МГУ им. М.В. Ломоносова, Центрального музея почвоведения им. В.В. Докучаева, Музея почв мира (World Soil Museum, Нидерланды), Национального комплексного почвенного обследования (The National Cooperative Soil Survey (NCSS), США) профили бразильских и многих других специалистов и организаций отражают эти возможности лишь отчасти. Наиболее распространены студенческие блоги, рассказывающие о студенческой жизни, образовательных организациях, практиках, наиболее значимых для них мероприятиях. Однако именно поколение молодых

ученых может в ближайшем будущем применить и реализовать так называемое «микрообучение», позволяющее большое количество информации использовать небольшими частями, так как его представители уже с раннего возраста обладают навыками общения с мобильными устройствами. Занять эту нишу помогут социальные сети, при массовом распространении которых исключается процесс адаптации к коммуникативному пространству.

Возможности социальных сетей позволяют подключить к образовательному пространству представителей различных регионов и континентов, как обучающихся, так и педагогов; создавать открытые и закрытые группы для обучения; проводить оперативные консультации профессиональным сообществом; объединять обучающихся для работы над проектами; наполнять содержимое курса иллюстративным материалом при помощи коллег через специальные теги; переводить содержимое курса в автоматическом режиме на другие языки; привлекать к экологическим проблемам мировое сообщество; проводить прямые репортажи и онлайн экскурсии из самых труднодоступных мест. Уже сегодня через разрозненные страницы пользователей социальных сетей можно оказаться у почвенных профилей разных регионов, увидеть технологии отбора почвенных монолитов и описания морфологии почв, побывать в почвенных музеях, ознакомиться с анонсами проводимых конференций и научных публикаций, рекламой новых книг, проводить опросы и получать экспертные оценки.

Интерес к использованию социальных сетей в почвоведении заключается не в простоте применения, так как насыщение контента довольно трудоемко, а именно в возможности широкого географического охвата. Если при дистанционном обучении через социальные сети гуманитарным наукам, например, экономике, психологии, юриспруденции, на первый план выходит практическая составляющая, позволяющая монетизировать такие блоги, то появление таких ресурсов в почвоведении приведет к популяризации науки. Среди дисциплин (модулей), слагающих образовательную часть почвоведения, для дистанционного обучения стоит обратить внимание на морфологию, микроморфологию почв, биологию почв, географию почв, минерологию. Все чаще информация популярных блогов превращается в популярные книги, так как наиболее востребованные блоги заметны как читателям, так и издателям. Технологии дистанционного образования не заменяют классические, но дополняют их.

УДК 631.4

ВОПРОСЫ ПРЕПОДАВАНИЯ ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ОЦЕНКИ ЗЕМЕЛЬ

Колесникова В.М., Макаров О.А.

Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Москва

E-mail: v.m.kolesnikova@mail.ru

Возросшая в последнее время необходимость применения грамотно обоснованных правил использования природных (включая земельные) ресурсов и решения проблемы продовольственной безопасности определила развитие новых разделов экономической науки – экономики природопользования и агроэкономики (экономики сельского хозяйства). Активно развиваются новые междисциплинарные направления, такие как экономика деградации земель. При этом почвенно-экологические параметры в недостаточной мере учитываются при экономической оценке деградации земель и поиске оптимальных способов землепользования. В нашей стране доминируют подходы к эколого-экономической оценке земель, связанные с определением наносимого им в результате деградации, загрязнения, захламления и порчи ущерба/вреда. Эколого-экономическая оценка подразумевает определение убытков и преимуществ в денежной форме от использования различных природных объектов и окружающей среды в целом, а также природоохранных технологий.

В ходе оценки деградации земель специалистами Лаборатории экономики деградации земель использовались положения международного стандарта МСФО (Международный стандарт финансовой отчетности), «Оценка справедливой стоимости», принятого в России приказом Минфина от 18.07.2012 г. № 106н. Вместе с тем, необходимо признать, что подробно описанные в специальной научной литературе методы эколого-экономической оценки весьма противоречивы. Зачастую используются взаимоисключающие методологические подходы, отсутствуют адекватные дефиниции оценки земель. Для студентов, обучающихся по профилю «Экология» и «Почвоведение», а также многих других специалистов (землеустроителей, специалистов в области экономики природопользования и сельского хозяйства) крайне важным является изучение принципов эколого-экономической оценки земель, основанных на систематизации новейших методологических приемов и методов.

В настоящее время можно выделить несколько разновидностей эколого-экономической оценки: оценка экологического ущерба/вреда (фактического, предотвращенного, накопленного, вероятного и т.д.), связанного с загрязнением, деградацией и захламлением почв и зе-

мель; оценка величины ставок экологического налога при загрязнении, деградации и захламлении земельных участков/экологических платежей при загрязнении и захламлении земельных участков; корректировка стоимости земель (использование экологических поправочных коэффициентов к стоимости земельных участков, разработка специальных методов оценки загрязненных, деградированных и захламленных земель); экономическая интерпретация экосистемных сервисов (услуг).

Существует множество методик и рекомендаций для определения каждой разновидности эколого-экономической оценки, имеющих свои достоинства и недостатки. Анализ системы эколого-экономической оценки земель показывает преобладание тех ее разновидностей, которые сопряжены с определением ущерба, нанесенного (или который может быть нанесен) земельным участкам процессами деградации, загрязнения, захламления, порчи и т.д. Наиболее сложными для реализации являются методы эколого-экономической оценки земель, основанные на сопоставлении доходов и убытков (методика Й. фон Брауна, корректировка стоимости земель на основе сведений об их экологическом состоянии). Наиболее перспективными для разработки стратегии устойчивого развития территорий являются методы, основанные на определении прибыли от оптимального использования территорий и сопоставлении этой прибыли с убытками, в том числе от нерационального использования.

УДК 631.47+378.147.34

ОСОБЕННОСТИ ПРЕПОДАВАНИЯ КУРСА «ОСНОВЫ ПОЧВОВЕДЕНИЯ» В УСЛОВИЯХ МНОГООБРАЗИЯ КЛАССИФИКАЦИЙ ПОЧВ

Смирнова И.Е.

Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Москва
E-mail: i.e.smirnova@mail.ru

В условиях реформирования системы высшего образования в учебном процессе все большую долю занимает самостоятельный труд студентов, основу которого составляет работа с различными источниками сведений. Однако, очень часто студенты первого курса испытывают трудности как с поиском информации, так и с ее обобщением и интерпретацией и в целом с самостоятельностью мышления. Также преобладает механическое заучивание материала, а не его анализ, приведение в логическую систему. Все эти особенности проявляются в полной мере и при освоения студентами курса «Основы почвоведения».

Дополнительные сложности преподавания данного курса связаны как с его краткостью у некоторых направлений обучения, так и с многообразием и разнородностью имеющейся информации, в особенности когда речь идет о рассмотрении отдельных типов почв, из-за отсутствия их единой общепринятой классификаций. Нашей целью является помочь студенту не утонуть в этом море сведений, выстроить их в логическую структуру и заложить основу одной из важнейших универсальных компетенций – способности осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации.

Для разработки решения данной проблемы необходимо ответить на вопросы: 1) нужно ли вообще студенту «учить классификацию»? 2) если да, то какую и до какого таксономического уровня требовать запоминания систематического положение почв, их свойств и особенностей? 3) как давать понятие о строении профиля почв различных природных зон и какой системой обозначения горизонтов пользоваться?

Авторы учебников по почвоведению подходили к ответам на эти вопросы по разному, хотя преимущественно выбирали одну из классификаций и делали ее опорной. При этом наиболее распространенным являлось рассмотрение типов почв по природным зонам с характеристикой условий почвообразования для каждой из них. Мы предлагаем сохранить этот подход, но упор сделать не на конкретную классификацию и типы почв, а на генетический тип профиля, характерный для автоморфных почв каждой природной зоны, и его модификацию под действием дополнительного увлажнения (грунтового, поверхностного) и других факторов. При этом рекомендуем в начале курса при обсуждении факторов почвообразования активно вводить обобщающие схемы изменения климатических и иных характеристик с севера на юг и связанные с этим изменения в переносе веществ и строении профиля почв (аналогично приведенным в учебнике А.А. Роде, В.Н. Смирнова «Почвоведение»). Проиллюстрируем на примере почв лесной зоны: характеризуем факторы почвообразования лесной зоны; приводим перечень элементарных почвенных процессов, действующих в таких условиях; делаем вывод, что на кислых породах в лесной зоне будут формироваться почвы с элювиально-иллювиально-дифференцированным профилем; приводим возможные варианты строения профиля, используя краткий перечень индексов горизонтов, не привязанный к какой-либо из классификаций почв (например, индексы из учебника Б.Г. Розанова «Морфология почв»); характеризуем в общем виде основные свойства почв и только после этого приводим примеры типов почв по различным классификациям (может быть темой для самостоятельной работы студента или факультативной частью для краткого курса).

Использование такой методики преподавания позволяет не только научить студента методам обобщения и побудить к логическому мышлению, но и выстроить систему знаний о почве, которая может послужить основой для изучения последующих общих и специальных курсов. Также эта методика позволяет внедрять современные образовательные технологии за счет наличия факультативной части/части для самостоятельной работы, например, технологию разноуровневого обучения, позволяющую индивидуализировать образовательную траекторию каждого студента.

IV МАКЕЕВСКИЕ ЧТЕНИЯ

Председатель – к.г.н. Д.Е. Конюшков

УДК 631.4:551.34

ТЕМПЕРАТУРНОЕ ПОЛЕ И «ЗЕРКАЛЬНОЕ ОТОБРАЖЕНИЕ» ПРОЦЕССОВ ПРОМЕРЗАНИЯ И ПРОТАИВАНИЯ ПОЧВ НА ЮГЕ ВИТИМСКОГО ПЛОСКОГОРЬЯ ЗАБАЙКАЛЬЯ

Бадмаев Н.Б., Гынинова А.Б., Куликов А.И.

Институт общей и экспериментальной биологии СО РАН, Улан-Удэ
E-mail: nima_b@mail.ru

По территории юга Витимского плоскогорья Забайкалья проходит южная граница распространения криолитозоны. Именно здесь, в переходной зоне от сплошной криолитозоны к островной, наиболее ярко проявляется динамика изменений температурного поля почв в связи с глобальными изменениями климата.

Криоаридные катены представлены контрастным почвенным покровом. На вершине и приводораздельной части пологого склона северной экспозиции под редкостойным лиственнично-березовым лесом формируются Stagnic Phaezem Molliglossic (N 52°28'02.3", E 111°04'06.9", 893 m a.s.l.). Ниже по склону в средней части увала под разнотравно-злаковым лугом образуются Naplic Chernozem (Protostagnic, Tonguic, Turbic) (N 52°28'06.1", E 111°04'13.6", 880 m a.s.l.). Аккумулятивную часть склона под луговой злаково-разнотравной растительностью с примесью бобовых занимают Turbic Chernozem Molliglossic (N 52°28'14.6", E 111°04'35.0", 865 m a.s.l.). Средняя часть более крутого склона южной экспозиции (6-8°) под разреженной разнотравно-злаковой растительностью с участием ксерофильных видов представлена Calcic Cambisol Eutric (N 52°27'56.1", E 111°03'59.3", 890 m a.s.l.).

Сопоставление температурного поля почв разных экспозиций показывает различие в картинах их глубинно-временных почвенных профилей. Эти пространственно-временные различия температуры предложено назвать «зеркальным отображением» картины тепла и

холода (мерзлоты) в изученных почвах криоаридных катен. Для наглядного примера приводим сопоставление термоизоплет измерений температуры почв средних частей контрастных экспозиций. Напліс Chernozem (Protostagnic, Tonguic, Turbic) склона северной экспозиции протаивают только сезонно (4.9-5.0 мес.) летом, оставаясь в подошве (породах) мерзлыми большую часть годового цикла. Почвы склона южной экспозиции (Eutric Cambisol (Protocalcic), наоборот, в мерзлом состоянии были только 5.8-6.0 мес., оставаясь в подошве породы большую часть года в талом состоянии. Пространственно-временные различия тепла и холода (мерзлоты) – наглядная картина «зеркального отображения» процессов протаивания и промерзания в почвах.

Анализ данных по динамике изменений глубины протаивания почвенных топорядов за последние 50 лет показывает следующую картину. С 1970 по 1990 г. скорость протаивания в относительно влажные и холодные годы составляла от 1.0 до 1.5 см в год в зависимости от положения почвы в ландшафте. Большие величины характерны для открытых черноземных почв лугово-степных ландшафтов, меньшие – под лесом. В связи с аридизацией и потеплением климата за последние 25 лет скорость протаивания почв увеличилась почти в 2.5-3.0 раза.

Работа выполнена при финансовой поддержке проекта НИР № АААА-А17-117011810038-7 и гранта РФФИ № 19-29-05250.

УДК 631.41

ОСОБЕННОСТИ ТЕМПЕРАТУРНОГО РЕЖИМА ПОЧВ НА РАЗНЫХ ТИПАХ РАСПРОСТРАНЕНИЯ МНОГОЛЕТНЕЙ МЕРЗЛОТЫ В БАЙКАЛЬСКОМ РЕГИОНЕ

**Гончиков Б.-М.Н.¹, Куликов А.И.¹, Гынинова А.Б.¹, Базаров А.В.²,
Мангатаев А.Ц.¹, Сычев Р.С.²**

¹ Институт общей и экспериментальной биологии СО РАН, Улан-Удэ
E-mail: batomunk74@mail.ru

² Институт физического материаловедения СО РАН, Улан-Удэ
E-mail: alebazaro@gmail.ru

Проведены мониторинговые исследования лесолуговых ландшафтов, где установлены на ключевых участках атмосферно-почвенный измерительный комплексы (АПИК) и почвенные регистраторы в зависимости от типов распространения многолетней мерзлоты: сплошной – центральная часть Витимского плоскогорья, полигон «Багдарин»; прерывистой – юг Витимского плоскогорья, полигон «Еравна»; островной – север Селенгинского Среднегорья, полигон «Кижинга».

Почвы на полигоне «Багдарин» развиваются под разнотравно-осоковыми ассоциациями. Чередование горизонтов можно обозначить

следующей последовательностью индексов: А0-АУ-СRMg-С. Почва согласно Полевому определителю почв России относится к типу Дерново-криометаморфические глееватые мерзлотные.

Почвы на полигоне «Еравна» развиваются в автономных условиях и являются полугидроморфными. Морфологическое строение профиля имеет следующие генетические горизонты: АU-АUBI-ВI-ВСА-Q-СQ. Почвы относятся к типу Черноземы глинисто-иллювиальные квазиглеевые мерзлотные.

Почвы на полигоне «Кижинга» расположены в нижних частях предгорий на южных склонах Худунского хребта под разреженными разнотравно-полянно-злаковыми ассоциациями. В общем виде строение профиля следующее: АU_{sn}-АU-АUB-ВСА-Сса. Почва относится к типу Черноземы солонцеватые.

Анализ полученных данных на полигонах показывает пространственно-временную изменчивость температуры почв от поверхности до глубины 3.2 м. Температурный режим мерзлотных дерново-криометаморфических глееватых и мерзлотных черноземов глинисто-иллювиальных квазиглеевых Витимского плоскогорья относится к мерзлотному типу, а черноземов солонцеватых Кижингинской котловины – к длительно сезоннопромерзающему типу. Результаты протаивания и промерзания почв приведем на примере полигонов АПИК.

Количество дней на промерзание дерново-криометаморфических глееватых почв по всему профилю в «Багдарине» составило в среднем 24 дня со скоростью промерзания 10.5 см/день, что на 39 и 91 день короче, чем в «Еравне» и «Кижинге», скорость которых составила 5.6 и 2.1 см/день соответственно.

Процесс протаивания по всему профилю происходит быстрее в черноземах солонцеватых «Кижинга» и длится в среднем 71 день со скоростью 2.3 см/день. Это на 47 и 66 дней короче, чем на полигонах «Багдарин», «Еравна», скорость протаивания которых составляет 1.6 и 2.0 см/день соответственно.

Процесс протаивания мерзлотных дерново-криометаморфических почв полигона «Багдарин» начинается 21.04.2018 г. Начало промерзания обычно совпадают с первыми заморозками в октябре. Так заканчивается полный цикл промерзания и протаивания мерзлотных дерново-криометаморфических почв.

Длительно сезоннопромерзающие типы почв за период наблюдений в мерзлом состоянии были только 5.5-6 месяцев, оставаясь в подошве породы большую часть года в талом состоянии. Тогда как в мерзлотных типах почв картина принципиально другая. Здесь мерзлотные почвы сезонно 4.5-5 месяцев только протаивают летом, оставаясь в подошве (породах) мерзлыми большую часть годового цикла.

УДК 551.525.5

**ТЕМПЕРАТУРНЫЙ РЕЖИМ ПОЧВ
И МНОГОЛЕТНЕМЕРЗЛЫХ ПОЧВООБРАЗУЮЩИХ ПОРОД
ЕВРОПЕЙСКОГО СЕВЕРО-ВОСТОКА
НА ФОНЕ КЛИМАТИЧЕСКИХ ИЗМЕНЕНИЙ**

Каверин Д.А., Пастухов А.В.

Институт биологии ФИЦ Коми НЦ УрО РАН, Сыктывкар

E-mail: dkav@mail.ru

Температурный режим почв играет важнейшую роль в почвообразовании, определяя интенсивность происходящих в почве биологических, химических, физических и биохимических процессов. Температурный режим почв и подстилающих пород является ключевым индикатором современных климатических, ландшафтных и антропогенных изменений в субарктических экосистемах. При этом в Циркумполярной области климатическое потепление в последние 10-летия было выражено сильнее по сравнению с другими регионами планеты. Ускоренное развитие программной, приборной и методической базы в последние 10-летия открыло новые возможности современной географии почв и геокриологии. География почв в настоящее время сильно востребована при исследовании экологических и климатических изменений. Исследование пространственно-временной дифференциации температурных режимов почвогрунтов и взаимосвязанных с ними ландшафтных компонентов представляет особенный интерес в связи с проблемой современной экологической устойчивости субарктических экосистем.

Температура почв является одним из ключевых факторов, определяющих функционирование экосистем экотонных зон высоких широт. В переходных зонах глобальные и региональные экологические изменения сильно «обостряют» уровень взаимосвязей целостной системы «климат–экосистема–почвы». Почвы, являясь одним из центральных звеньев экосистем, отражают происходящие климатические и ландшафтные изменения, одновременно влияя и на сами экосистемы. Субарктика европейского северо-востока России охватывает территорию со сложным тундрово-таежным геоэкотонном, многие компоненты которого особо чувствительны к происходящим климатическим изменениям и антропогенным нарушениям. В настоящее время регион испытывает влияние двух глобальных процессов: климатические изменения и продвижение на север промышленной инфраструктуры по добыче горючих полезных ископаемых. В регионе наблюдается сокращение площади высокотемпературной криолитозоны, сопровождающееся наступлением лесной и крупнокустарниковой растительности на север. Тем не менее, многие аспекты современных температурных режимов почв и подстилающих пород, их взаимосвязь

с динамическими климатическими и ландшафтными компонентами остаются недостаточно изученными.

В настоящей работе предложены и обоснованы методические аспекты исследований температурных режимов почв и мощности сезонного талого слоя с учетом динамики климатических и ландшафтных факторов. Примененные методики и инструментальная база апробированы при изучении почв и подстилающих пород Субарктического сектора европейского северо-востока России.

Работа проведена при поддержке гранта РФФИ № 18-55-11003.

УДК 631.436

ТЕПЛОВОЙ РЕЖИМ ПОЧВ И МНОГОЛЕТНЕМЕРЗЛЫХ ПОДПОЧВЕННЫХ ПОРОД СЕВЕРНОЙ ЯКУТИИ В СВЯЗИ С ГЛОБАЛЬНЫМ ИЗМЕНЕНИЕМ КЛИМАТА

**Остроумов В.Е.¹, Федоров-Давыдов Д.Г.¹, Холодов А.Л.^{1,2}, Давыдов С.П.³,
Давыдова А.И.³, Сороковиков В.А.¹**

¹Институт физико-химических и биологических проблем почвоведения РАН,
Пушино

E-mail: v.ostroumov@rambler.ru

²Геофизический институт Университета Аляски, Фэрбенкс

E-mail: akholodov@mail.ru

³Северо-восточная научная станция Тихоокеанского института географии
ДВО РАН, Черский

E-mail: davydoffs@mail.ru

Затронувшее Северную Якутию глобальное изменение климата привело к значительному повышению температур воздуха. Весь период с конца 1990-х гг. может быть разбит на этап устойчивого потепления (1999-2007 гг.) и этап температурных колебаний на фоне положительного тренда (2008-2019 гг.). В последнее 10-летие потепление сопровождалось значительным ростом количества осадков, прежде всего зимних.

Увеличение количества твердых осадков оказало наибольшее влияние на климат почв в таежной зоне, где существуют лучшие условия для снегонакопления. В профиле криометаморфической палео-метаморфизованной легкосуглинистой почвы притундрового листовенничного редколесья окрестностей пос. Черского, обычно полностью промерзающей к середине января, в аномально снежные зимы смыкание фронтов сезонной и многолетней мерзлоты происходило в конце февраля–середине марта. Проводимое здесь изучение тепловых потоков (2014-2019 гг.) показало, что в настоящее время годовой баланс тепла для деятельного слоя составляет 22-53%, а для подстилающей многолетнемерзлой породы – 38-88% от поступающей энергии.

Наблюдаемое несоответствие между приходом и расходом тепла хорошо согласуется с тенденцией к повышению температур в системе «мерзлотная почва – многолетняя мерзлота» и к увеличению мощности деятельного слоя. Рост летних температур почв Северной Якутии проявлялся на этапе потепления 1999-2007 гг., рост зимних температур, выявленный для многих таежных и тундровых экосистем, измерения в которых ведутся с 1990-х гг., имел более устойчивый характер.

Увеличение температуры многолетней мерзлоты ниже слоя годовых теплооборотов за 30-40 лет мониторинга на территории Колымской низменности составило 1,5-2,0 °С. Современные температурные тренды, зафиксированные в рамках международной программы «Thermal state of permafrost» (TSP), равны 0,06-0,11 °С в год.

Несмотря на неустойчивость летних температур, в большинстве точек наблюдения в рамках международной программы «Circumpolar active layer monitoring» (CALM), с середины 1990-х гг. четко прослеживается тенденция к увеличению глубины протаивания почв. Максимальные величины тренда (0,93-1,28 см/год) зафиксированы для экосистем с песчаными почвами. Для зональных биогеоценозов с суглинистыми почвами в тундровой зоне они составляли 0,05-0,29, а в таежной – 0,52 см/год. Значительная стабильность сезонно-талого слоя (СТС) на водоразделах, сложенных пылевато-суглинистыми породами едомной свиты, в тундровой зоне может быть связана с наличием высокольдистого самовоспроизводящегося покровного горизонта, замыкающего почвенный профиль. Пойменные почвы по величине тренда занимали промежуточное положение между песчаными и суглинистыми зональными разностями – 0,67-0,72 см/год.

Сравнительно слабая корреляция ($r = 0,52-0,78$) или отсутствие корреляции глубины протаивания почв с летними температурами воздуха, последовательное увеличение мощности СТС год от года в период потепления на фоне близких температурных условий, продолжающееся увеличение мощности СТС на втором этапе наблюдений, наконец, положительные значения трендов этого показателя за весь период мониторинга (1996-2019 гг.) указывают на то, что мощность деятельного слоя определяется не только погодными условиями конкретного летнего сезона, но и более общими климатическими закономерностями. Процесс увеличения глубины протаивания почв приобретает собственную инерционность, обусловленную, по всей видимости, повышением температуры многолетнемерзлых пород. Высокие тренды глубины протаивания в случае пойменных почв, скорее всего, отражают изменения гидрологического режима в регионе, вызванные глобальным потеплением.

Работа выполнена в рамках госзадания № 0191-2019-0044 при финансовой поддержке международных программ TSP и CALM.

УДК 631.4

ВЛИЯНИЕ СОВРЕМЕННОГО ПОТЕПЛЕНИЯ НА ТЕМПЕРАТУРНЫЙ РЕЖИМ МЕРЗЛОТНЫХ ПОЧВ ТАЙГИ ВОСТОЧНОЙ СИБИРИ

Худяков О.И., Решоткин О.В.

Институт физико-химических и биологических проблем почвоведения РАН,
Пушино
E-mail: oix@rambler.ru

Современное потепление отмечается на глобальном, континентальном и региональном уровнях. В мерзлотных почвах особую проблему представляют изменения температурного режима, определяющие глубины протаивания-промерзания многолетней мерзлоты. Риск катастрофических последствий для почв и почвенного покрова, промышленных объектов и социальной инфраструктуры, связанных с деградацией многолетней мерзлоты, резко возрастает с увеличением глубины сезонного протаивания-промерзания. В модельных построениях часто не учитывается теплозащитная роль снега, гранулометрический состав почв, условия дренажа, динамика льдистости при промерзании, расход энергии на фазовые переходы лед-вода при протаивании почвы, что резко изменяет характер прогноза. Настоящая работа посвящена изучению влияния снежного покрова и фазовых переходов вода-лед-вода на динамику температуры мерзлотных почв различного грансостава при современном потеплении.

Объектами исследования являются песчаные почвы криолитозоны, характеризующиеся данными метеостанции Верхоянск (координаты 67.55° с.ш. и 133.38° в.д.), мерзлотные суглинистые почвы, характеризующиеся данными метеостанции Оймякон (координаты 63.25° с.ш. и 143.15° в.д.). Район исследования находится в пределах Восточно-Сибирской мерзлотно-таежной области с холодным резко континентальным климатом и сплошным развитием многолетнемерзлых пород. Исходную информацию об осадках, температуре воздуха, почвы и высоты снежного покрова по метеостанциям Верхоянск и Оймякон брали из справочника по климату и WEB-сайта ВНИИГМИ-МЦД. Всемирной метеорологической организацией в качестве климатической нормы (КН) предложена средняя величина параметра климата за период 1961-1990 гг.

В работе КН параметров климата рассматривается как зональный климатический стандарт или базовая характеристика зональных климатических условий почвообразования, относительно которых характеризуется динамика температуры воздуха, снежного покрова и почвы. Установлено, при промерзании, нахождении почвы в мерзлом состоянии и при протаивании почвы среднедесятилетняя

температура на контакте снег-почва холодного периода 2001-2010 гг. в Верхоянске изменялась в диапазоне от -9.1 до -33.4 °С, а в Оймяконе от -7.3 до -33.8 °С, при понижении температуры воздуха в этот период от -15.7 до -47.5 °С в Верхоянске и от -17.4 до -49.8 °С в Оймяконе, достигнув своего минимума в январе. Таким образом, для песчаных почв современное потепление климата в теплый период 2001-2010 гг. характеризуется повышением относительно КН температуры воздуха, температуры почвы на всех стандартных глубинах и суммы температур выше 0 °С на глубине 20 см, что в конечном итоге предопределяет увеличение глубины проникновения и длительности пребывания в песчаной почве термоизоплет 10 , 5 и 0 °С. Для мерзлотных суглинистых почв с затрудненным дренажом основной поток тепла при протаивании расходуется на фазовый переход лед-вода, что в конечном итоге приводит к уменьшению глубины протаивания, суммы температур выше 0 , 5 и 10 °С.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Комиссия I

ФИЗИКА ПОЧВ

совместно с подкомиссией по физико-механическим свойствам и технологии почв

<i>Абросимов К.Н., Холодов В.А., Фомин Д.С.</i> Внутриагрегатная пористость и микроструктура чернозема типичного при различной сельскохозяйственной обработке и естественных условиях.	3
<i>Алексеев А.А., Чевычелов А.П.</i> Магнитная восприимчивость мерзлотных лугово-черноземных почв центральной Якутии.	5
<i>Батиров Ш.А., Курвантаев Р.</i> Водно-физические свойства трудномелиорируемых почв Мирзачульского оазиса	7
<i>Болотов А.Г., Шеин Е.В.</i> Влияние верхнего граничного условия на точность расчета режима влажности почв в имитационном моделировании	8
<i>Брикманс А.В., Попова А.Д., Семаль В.А., Нестерова О.В.</i> Влияние внесения биоугля на физические свойства агропочв юга Приморского края	10
<i>Бутылкина М.А., Умарова А.Б., Гулакова К.Н., Сусленкова М.М., Терашкевич М.С., Гасина А.И., Кокорева А.А.</i> Гидрологические свойства конструкторземов в условиях города Москвы	11
<i>Быкова Г.С., Умарова А.Б., Клепикова Е.А., Большакова В.В.</i> Влияние загрязнения дорожной пылью на смачиваемость почв на примере города Москвы	13
<i>Гумматов Н.Г., Алескерова Т.С.</i> Влияние предшественников на физические свойства каштановых почв и урожайность озимой пшеницы.	14
<i>Дармаева Н.Н.</i> Некоторые показатели структурного состояния мерзлотных почв в склоновом рельефе Еравнинской котловины	16
<i>Дембовецкий А.В., Калнин Т.Г., Шеин Е.В.</i> Томографическая пористость почв: особенности распределения пор по размерам сухих и влажных почвах, связь с гидрологическими свойствами	17
<i>Дубровина И.А., Юркевич М.Г., Сидорова В.А.</i> Изучение агрофизических физико-химических показателей дерново-подзолистых почв при применении биоугля	19
<i>Егоров Ю.В., Судницын И.И.</i> Оценка почвенных структур с помощью электроемкостного метода.	20
<i>Карсанина М.В., Фомин Д.С., Юдина А.В., Романенко К.А., Абросимов К.Н., Герке К.Б.</i> Динамика почвенной структуры в цикле равновесного увлажнения-иссушения	22
<i>Клюева В.В.</i> Реологические показатели как критерии трансформации структурного состояния почв.	23

<i>Кокорева А.А., Умарова А.Б., Ежелев З.С., Шишкин К.В., Степаненко В.М., Розанова М.С., Плетенев П.А.</i> Изучение и прогнозирование водного и температурного режимов урбастратозема обсерватории МГУ им. М.В. Ломоносова.	24
<i>Колобошина Т.Г., Варивода Е.А.</i> Динамика агрофизических показателей светло-каштановых почв нижнего Поволжья зависимости от элементов выращивания бахчевых культур	26
<i>Куликов А.И., Бадмаев Н.Б., Гынинова А.Б., Гончиков Б.М.Н., Мангатаев А.Ц.</i> Об особенностях почв Прибайкальских и Забайкальских рефугиумов	27
<i>Лаврухин Е.В., Семенков И.Н., Абросимов К.Н., Корост Д.В.</i> Томографическое исследование почвы при низком разрешении. Проблема многофазной автоматической сегментации.	29
<i>Лобанова Е.С.</i> Агрофизические свойства серых лесных почв Пермского края.	31
<i>Лыхман В.А., Дубинина М.Н., Горовцов А.В., Поволоцкая Ю.С.</i> Динамика структурно-агрегатного состава чернозема обыкновенного карбонатного при возделывании сахарной свеклы с использованием гуминового препарата.	32
<i>Мазиров М.А., Мазиров И.М.</i> Изучения магнитных свойств почв и возможности их применения в почвенных исследованиях	34
<i>Макаревич Р.А., Шеин Е.В., Милановский Е.Ю.</i> Статистическая оценка посттехногенных изменений в гранулометрическом составе эродированного бурозема в Приморском крае	35
<i>Макаров В.С.</i> Особенности формирования водного режима аласных почв	36
<i>Mikhailsoy F.D.I, Sheine.V.</i> Thermal diffusivity of clay soils: methods, calculation algorithms, comparison of field and laboratory column experiments.	38
<i>Романенко К.А.</i> Структура агрегатов зонального ряда суглинистых почв в условиях увлажнения-иссушения (модельный эксперимент)	39
<i>Романов О.В.</i> Влияние потенциала почвенной влаги на рост и развитие почвенной биоты.	40
<i>Русанов А.М.</i> Восстановление физических свойств типичных черноземов в условиях многолетней залежи.	42
<i>Салиева Н.А., Курвантаев Р., Халилова З.</i> Физические свойства почв Чирчик-Ахангаранских бассейнов	43
<i>Салимгареева О.А., Колесникова В.М., Прущик А.В.</i> К вопросу о роли тонких фракций почв (природных микрочастиц) в структуре чернозема типичного Курской области.	45
<i>Скворцова Е.Б., Шеин Е.В., Горбов С.Н., Абросимов К.Н., Юдина А.В., Ключева В.В., Романенко К.А., Фомин Д.С., Валдес-Коровкин И.А.</i> Современные физические индикаторы естественной и антропогенной трансформации структурного состояния почв	47
<i>Смагин А.В.</i> Капиллярные барьеры в почвенном конструировании.	48
<i>Сорокина Н.В., Шеин Е.В.</i> Гидрофизические и теплофизические свойства низинных торфоземов.	50

<i>Судницын И.И., Егоров Ю.В., Кириченко А.В.</i> Пространственно-усредняющие датчики почвенных параметров.	51
<i>Суздалева А.В., Верховцева Н.В., Шейн Е.В., Абросимов К.Н.</i> Биофизические особенности и структура порового пространства почв в семенном ложе на этапе прорастания: томографические исследования.	53
<i>Сусленкова М.М., Умарова А.Б., Бутылкина М.А., Александрова М.С., Званцова В.А.</i> Микроструктура и реологические свойства почвенных субстратов разного генезиса	54
<i>Тагивердиев С.С., Безуглова О.С., Горбов С.Н., Титаренко В.В.</i> Особенности структурных фракций антропогенно преобразованных почв	56
<i>Тюгай З., Иванов А.В., Шваров А.П., Лебедев И.Е., Бутылкина М.А.</i> Гранулометрический состав и физико-химические свойства твердой фазы темномумусовой почвы Костромской области.	57
<i>Умарова А.Б., Прокофьева Т.В., Мартыненко И.А., Кокорева А.А., Ежелев З.С., Иванова А.А., Болотов А., Дымов А.А., Малюкова Л.П., Подушин Ю.В., Дунаева Е.А., Сусленкова М.М., Гасина А.И., Быкова Г.С.</i> Физические свойства и режимы городских почв и их значение в диагностике почв.	59
<i>Фаустова Е.В., Кoryтина М.А.</i> Физические свойства субстратов и их компонентов, используемых для создания зеленой кровли	60
<i>Хайдапова Д.Д., Милановский Е.Ю., Кузаева Ю.В., Панова И.Г., Рогова О.Б.</i> Реологические свойства гранулометрических фракций чернозема типичного Воронежской области	61
<i>Холопов Ю.В., Лаптева Е.М., Хайдапова Д.Д.</i> Реологические свойства таежных автоморфных и полугидроморфных почв Республики Коми	63
<i>Храмченков М.Г., Усманов Р.М.</i> Ненасыщенная фильтрация в набухающих почвах: теория и эксперимент	65
<i>Шейн Е.В.</i> Современное состояние, перспективы и актуальные вызовы в физике почв	66
<i>Юсупова Д.И., Анциферова О.А.</i> Агрегатный состав тяжелых осушенных дерново-подзолистых глееватых почв под сенокосом.	68

Комиссия II

ХИМИЯ ПОЧВ

<i>Азаренко Ю.А.</i> Оценка фонда прочносвязанных и подвижных форм микроэлементов в почвах агроценозов Омского Прииртышья	70
<i>Бауэр Т.В., Минкина Т.М., Пинский Д.Л., Тусат Э.</i> Поглотительная способность почв гидроморфного ряда по отношению к тяжелым металлам.	72
<i>Березкин В.Ю., Коробова Е.М., Романов С.Л., Баранчуков В.С., Головин М.Л., Долгушин Д.И.</i> Йод в почвах и растительности пастбищ Брянской и Гомельской областей	74
<i>Горбов С.Н., Безуглова О.С.</i> Стабилизирующая роль черноземов в условиях урбандошафтов юга России	75

<i>Горохова С.М.</i> Тяжелые металлы в конкрециях аллювиальных и дерново-подзолистых почв среднего Предуралья	77
<i>Гукалов В.В., Савич В.И., Поляков А.М.</i> Интегральная оценка кислотно-основного и окислительно-восстановительного состояния системы почва-растение.	78
<i>Ефремова Т.Т., Аврова А.Ф.</i> Оперативные методы определения кислотно-основных свойств, органического и водорастворимого углерода в торфяных почвах, болотных и речных водах таежной зоны	81
<i>Жуйков Д.В.</i> Мониторинг содержания меди в агроценозах Белгородской области.	83
<i>Завгородняя Ю.А., Демин В.В.</i> Углеродный пул в почвах: влияние формы поступления веществ на их биогеохимию.	84
<i>Икконен Е.Н., Чаженгина С.Ю., Юркевич М.Г.</i> Влияние внесения в почву лигносульфаната натрия на питание и физиологические параметры растений.	86
<i>Караванова Е.И., Золовкина Д.Ф.</i> Поглощение водорастворимых органических веществ как механизм накопления запасов органического углерода в подзолистых почвах и подзолах	87
<i>Козлов А.В., Куликова А.Х.</i> Особенности распределения различных растворимых фракций кремния в профиле основных почв Нижегородской области	89
<i>Колупаева В.Н.</i> Изучение сорбции циантринилипрола в почвах Российской Федерации.	91
<i>Кураченко Н.Л.</i> Почвенные аспекты применения биологических стимуляторов роста растений.	93
<i>Кызгюрова Е.В., Королев М.А., Шамрикова Е.В., Ванчикова Е.В.</i> Исследование кислотности почв, содержащих обменные ионы железа (III)	94
<i>Мингарева Е.В.</i> Естественные радионуклиды в почвах архипелага Новая Земля (остров Северный), отобранных до ядерных испытаний.	96
<i>Морозова А.А., Семендяева Н.В.</i> Элементный состав почв засоленных агроландшафтов северо-восточной части Барабинской равнины	98
<i>Мудрых Н.М.</i> Содержание микроэлементов в почвах разных природно-сельскохозяйственных районов Пермского края.	99
<i>Наумов В.Д., Каменных Н.Л.</i> Микроэлементы в дерново-подзолистых почвах лесной опытной дачи.	100
<i>Парамонова А.Е., Убугунова В.И., Убугунов В.Л., Аюшина Т.А.</i> Состав легкорастворимых солей почв зон тектонических разломов северо-западного крыла Байкальского рифта.	102
<i>Пинский Д.Л., Алексеева Т.В., Минкина Т.М., Besse-Hoggan P., Fogano C.</i> Поглощительная способность почв и ее природа в свете новых данных о поглощении поливалентных катионов.	104
<i>Пятова М.И., Толпешта И.И., Барсова Н.Ю., Изосимова Ю.Г., Карпучин М.М.</i> Сорбция ионов Cu(II) органо-минеральными компонентами аллювиальной дерново-глеевой почвы	106
<i>Семенков И.Н., Енчилик П.Р., Усачева А.А., Касимов Н.С.</i> Фракционно-групповой состав тяжелых металлов в почвах катен Западной Сибири.	107

<i>Соколова Т.А., Толпешта И.И., Изосимова Ю.Г. Данилин И.В., Котельников Н.А.</i> Химические свойства подзолистых почв в ризосфере разных древесных пород	109
<i>Хамитова С.М., Пестовский А.С., Федченко Е.И., Иванова М.А., Попова А.Н.</i> Содержание тяжелых металлов в почвах скверов города Вологды	110
<i>Хамитова С.М., Пестовский А.С., Федченко Е.И., Иванова М.А., Попова А.Н.</i> Исследование почв дендропарка им. Н. Ключева.	112
<i>Цивка К.И., Попов А.И., Симонова Ю.В., Сун Гэ, Холостов Г.Д., Бирилко Д.А., Сазанова Е.В.</i> Новый подход к оценке качественного состава почвенного органического вещества.	113
<i>Шарафутдинов Р.А., Борисова И.В.</i> Высотно-дифференцированная комбинация почв природного парка «Ергаки» (Западный Саян)	115
<i>Шатрова Ю.Н., Дженлода Р.Х., Федотов П.С., Рогова О.Б.</i> Изучение распределения форм редкоземельных элементов в почвах: сравнение двух схем последовательного экстрагирования в динамическом режиме	116
<i>Яковлева Е.В., Габов Д.Н., Василевич Р.С.</i> Полициклические ароматические углеводороды в почвах и растениях тундровых бугристых торфяников.	118

Подкомиссия

ОРГАНИЧЕСКОЕ ВЕЩЕСТВО ПОЧВ

<i>Артамонов А.А., Вертебный В.Е., Хомяков Ю.В., Гурова Т.А., Конончук П.Ю., Москвин М.А.</i> Влияние концентраций растворов гуматов на скорость прорастания и рост coleoptилей яровой пшеницы	120
<i>Бойцова Л.В., Непримерова С.В., Зинчук Е.Г.</i> Влияние качества почвы на стабилизацию органического углерода минералами.	121
<i>Брянская И.П., Брыкова Р.А., Васенев В.И.</i> Устойчивость органического вещества в различных гидротермических условиях.	123
<i>Василевич Р.С., Вежов К.С., Лодыгин Е.Д.</i> Трансформация высокомолекулярных органических соединений торфяников Арктики в условиях меняющегося климата	124
<i>Вишнякова О.В., Убугунова В.И., Убугунов В.Л., Хитров Н.Б.</i> Углевodородное состояние почв зон активных тектонических разломов Байкальского рифта	125
<i>Власенко О.А.</i> Структура и трансформация легкоминерализуемого органического вещества в агрочерноземах Красноярской лесостепи	127
<i>Габов Д.Н., Яковлева Е.В., Василевич Р.С.</i> Неспецифические органические соединения в мерзлотных бугристых торфяниках.	129
<i>Галеева Л.П.</i> Постагрогенная трансформация гумуса в почвах солонцовых комплексов Барабы.	131
<i>Грехова И.В.</i> Адаптогенная роль гуминового препарата Росток	132

- Данилин И.В.* Сравнительный анализ содержания некоторых бензол-карбоновых кислот в ризосфере клена и ели палево-подзолистой почвы. 134
- Дубинина М.Н., Лыхман В.А.* Разложение растительных остатков и стерни в черноземе обыкновенном под посевами озимой пшеницы при применении гуминового препарата 136
- Заварзина А.Г., Демин В.В., Ермолин М.С., Лисов А.В., Федотов П.С.* Роль свободнорадикальных реакций в стабилизации ароматического углерода на минеральных фазах почв. 137
- Золовкина Д.Ф., Караванова Е.И., Степанов А.А., Одинцов П.Е.* Влияние температуры и состава растительных остатков на минерализацию растворенных органических веществ лесных подстилок 139
- Зорина С.Ю., Соколова Л.Г., Дорофеев Н.В., Белоусова Е.Н., Казановский С.Г.* Трансформация органического вещества серых лесных почв лесостепной зоны Прибайкалья при переводе их в залежь 140
- Когут Б.М., Семенов В.М., Артемьева З.С., Данченко Н.Н., Кириллова Н.П., Фрид А.С.* Национальный мониторинг органического углерода в почвах России: проблемы, решения и перспективные исследования. 142
- Конончук П.Ю., Гурова Т.А., Клепиков А.А., Крякова Е.О., Хомяков Ю.В., Вертебный В.Е.* Формирование пула доступного азота в корнеобитаемой среде на основе дерново-подзолистой почвы в условиях интенсивной светокультуры. 144
- Корчагин А.А., Петросян Р.Д.* Влияние технологий возделывания на баланс органического углерода в условиях почвенной неоднородности Владимирского Ополя. 145
- Литвинова Т.И., Кашулина Г.М., Коробейникова Н.М.* Варьирование содержания и состава органического вещества почв в геопрофиле горного хребта Грэнфьорд, Шпицберген 146
- Лодыгин Е.Д., Алексеев И.И., Василевич Р.С.* Комплексообразование ионов тяжелых металлов с гуминовыми кислотами торфяников . 148
- Максимович С.В., Фарходов Ю.Р., Иванова А.Е., Евдокимов И.В.* Процессы биологической трансформации органического вещества крупных древесных остатков 149
- Мальцева А.Н., Пинский Д.Л.* Влияние качества растительных остатков на формирование органо-минеральных соединений 151
- Мамонтов В.Г.* Лабильное органическое вещество почвы. 152
- Матвеева Н.В., Милановский Е.В., Рогова О.Б.* Изменение гидрофобно-гидрофильных свойств органического вещества чернозема под действием и после воздействия минеральных удобрений. 154
- Немков П.С., Грехова И.В.* Влияние гуминового препарата Росток на сеянцы хвойных пород. 156
- Полиенко Е.А., Горовцов А.В., Патрикеев Е.С., Наими О.И.* К вопросу об использовании гуминовых препаратов в агротехнологиях юга России 157
- Поляков В.И., Абакумов Е.В.* Молекулярный состав гуминовых кислот в почвах и криоконите дельты реки Лены методом ^{13}C -ЯМР 158

<i>Попов А.Е.</i> Влияние гуминового препарата на вегетативное состояние саженцев плодовых культур	160
<i>Попов А.И., Русаков А.В., Симонова Ю.В.</i> Изменение качественного состава органического вещества почв Ярославской области за 30-40-летний период при разных типах землепользования.	161
<i>Пуртова Л.Н.</i> Показатели хемодеструкционного фракционирования органического вещества почв природных и антропогенно преобразованных ландшафтов юга Приморья	163
<i>Сидорова В.А., Дубровина И.А., Медведева М.В., Мошкина Е.В., Генникова Н.В., Карпечко А.Ю., Туюнен А.В., Мамай А.В., Толстогозуз О.В., Кулакова Л.М.</i> Запасы и профильное распределение органического углерода в естественных и антропогенно трансформированных подзолистых легкосуглинистых почвах южной Карелии	165
<i>Синичкина М.А., Куприянова Ю.В., Кадулин М.С., Смирнова И.Е., Копчик Г.Н.</i> Применение гуминового препарата и биоугля для ремедиации загрязненных тяжелыми металлами почв: результаты полевого эксперимента.	167
<i>Соколова Л.Г., Зорина С.Ю., Белоусова Е.Н., Поморцев А.В., Дорофеев Н.В.</i> Эмиссия и сток углерода в процессе краткосрочной сидерации серой лесной почвы.	168
<i>Солнышкин И.А., Токарева И.В., Прокушкина М.П., Прокушкин А.С.</i> Адсорбционные механизмы стабилизации органического вещества в почвах в бассейне реки Енисей	170
<i>Фарходов Ю.Р., Ярославцева Н.В., Холодов В.А.</i> Жирные кислоты типичных черноземов разного землепользования.	171
<i>Холодов В.А., Фарходов Ю.Р., Ярославцева Н.В.</i> Особенности строения термических фракций органического вещества в структурных отдельностях разных размеров типичных черноземов.	173
<i>Холостов Г.Д.</i> Гломалины в составе органического вещества почв лесостепной зоны.	174
<i>Яшин И.М., Черников В.А., Белопухов С.Л.</i> Экологическая концепция гумусообразования в почвах таежной зоны.	175

Подкомиссия

ХИМИЧЕСКОЕ ЗАГРЯЗНЕНИЕ ПОЧВ

<i>Авдеева Т.Н.</i> Источники загрязнения и аккумуляция тяжелых металлов в почвах Окских пойм.	177
<i>Аверьянов А.А.</i> Формы соединений тяжелых металлов в почвах виноградников долины реки Луары	179
<i>Акименко Ю.В.</i> Оценка устойчивости почв к загрязнению антибиотиком тилозином.	180
<i>Анисимов В.С., Анисимова Л.Н., Фригидова Л.М., Санжаров А.И., Корнеев Ю.Н., Фригидов Р.А., Дикарев Д.В., Кочетков И.В.</i> Оценка подвижности и определение параметров миграции цинка в системе «чернозем типичный–ячмень».	182

- Боброва А.В., Васильев А.А., Щуренко Н.М.* Состав магнитной фазы почв и эпифитов *Populus nigra* L. На территории города Перми 184
- Борисочкина Т.И., Фрид А.С., Колчанова К.А., Никитина Н.С.* Тяжелые металлы в почвах в зонах воздействия металлургических комплексов. 185
- Букин А.В.* Содержание и профильное распределение подвижного цинка в пойменных почвах лесостепной зоны Северного Зауралья 187
- Булгакова М.А., Идрисов Д.А.* Оценка токсического воздействия сигаретных окурков на почвы города Оренбурга методами биоиндикации. 189
- Бурачевская М.В., Минкина Т.М., Манджиева С.С., Петухова В.Н.* Особенности влияния прободподготовки на экстрагируемость тяжелых металлов при разном уровне загрязнения почвы. 190
- Василевич М.И., Василевич Р.С.* Оценка микроэлементного состава почв и снежного покрова в зоне деятельности предприятий топливно-энергетического комплекса города Воркуты 192
- Васильева Г.К., Аверкиева И.Ю., Калинин П.И., Митенко Г.В., Евстафьева Е.В.* Техногенное загрязнение почв на севере Крымского полуострова 193
- Вихрова Е.А.* Содержание тяжелых металлов в бурозёмах прибрежно-островной зоны Приморья. 195
- Воробейчик Е.Л., Кайгородова С.Ю., Коркина И.Н., Габерштейн Т.Ю., Веселкин Д.В.* Тяжелые металлы в почвах урбанизированных лесов Екатеринбурга: почему городские участки чище загородных?. 196
- Галактионова Л.В., Терехова Н.А.* Ферментативная активность почв в условиях загрязнения нано- и микрочастицами. 198
- Геннадиев А.Н., Пиковский Ю.И., Жидкин А.П., Качинский В.Л., Ковач Р.Г., Кошовский Т.С.* Техногенные углеводороды в почвах. 199
- Гончаров А.С.* Некоторые физико-химические свойства аллювиальной гумусовой глеевой почвы после обработки углеводородами нефти. 201
- Горлов А.А., Рогова О.Б.* Характеристика пылевого загрязнения окрестностей Балаковского завода «Фосагро» по анализу снежного покрова 203
- Дауд Р.М.* Влияние загрязнения бензином на ферментативную активность почв аридных экосистем юга России 204
- Дудникова Т.С., Сушкова С.Н., Минкина Т.М., Антоненко Е.М., Барбашев А.И., Чаплыгин В.А., Лобзенко И.П.* Суммарное содержание приоритетных полиаренов в бывшем шламохранилище вблизи реки Северский Донец. 206
- Евстегнеева Н.А.* Подход к нормированию загрязнения тяжелыми металлами и нефтью черноземов разного гранулометрического состава 208
- Жамбалова А.Д., Убугунов В.Л.* Кальциево-стронциевое равновесие в почвах зон разлома Кучигерских гидротерм. 209
- Козырев Д.А.* Оценка удельной активности радионуклидов в почвах города Ростова-на-Дону. 211
- Колесников С.И.* Ранжирование химических элементов по экотоксичности. 212

- Корнейкова М.В., Никитин Д.А.* Воздействие аэротехногенных выбросов алюминиевого предприятия на почвенную микробиоту в Сурбарктике. 213
- Коробова Е.М., Романов С.Л., Баранчуков В.С., Березкин В.Ю.* Опыт картографической оценки эколого-геохимической обстановки для построения карт риска распространения заболеваний геохимической природы 215
- Котельникова А.Д., Рогова О.Б., Волков Д.С., Столбова В.В.* Применение методов биотестирования для оценки порогового уровня содержания лантаноидов в почве. 216
- Куликова А.Х.* Роль природных сорбентов в получении экологически безопасной продукции 218
- Ладонин Д.В., Михайлова А.П.* Тяжелые металлы в почвах и уличной пыли юго-восточного административного округа города Москвы: результаты многолетних исследований. 220
- Леонтьева Ю.Д.* Закрепление полициклических ароматических углеводородов в верхних горизонтах городских почв, загрязненных аэральными пылевыми выпадениями. 221
- Липатов Д.Н., Манахов Д.В.* Распределение естественных и техногенных радионуклидов в профилях урбо-стратифицированных почв. 223
- Лусина Т.О.* Оценка эффективности использования *Bacillus megaterium 501 GR* для биоремедиации почвы от гербицида прометрина 225
- Лобзенко И.П., Погонишев П.Д., Бауэр Т.В., Бурачевская М.В., Манджиева С.С., Сушкова С.Н., Минкина Т.М.* Влияние биочара из различного сырья на фитотоксичность чернозёма обыкновенного. 226
- Макарова Е.П.* К вопросу методологии оценки фонового уровня загрязнения почв диоксинами. 228
- Манахов Д.В., Липатов Д.Н., Агапкина Г.И.* Содержание и распределение подвижных соединений тяжелых естественных радионуклидов в дерново-подзолистой и темно-серой почвах. 229
- Минкина Т.М., Невидомская Д.Г., Федоренко Г.М., Федоренко А.Г., Шуваева В.А., Бауэр Т.В., Манджиева С.С.* Изучение влияния химического загрязнения металлами на почвы и растения с применением методов синхротронного излучения и микроскопического анализа 231
- Минкина Т.М., Федоренко А.Г., Манджиева С.С., Федоренко Г.М., Черникова Н.П., Ражпут В.Д., Бауэр Т.В., Хассан Т.М.* Токсическое воздействие оксида меди и наночастиц оксида меди на ультраструктуру ярового ячменя (*Hordeum Sativum Distichum*) 233
- Москвина Н.В., Еремченко О.З., Мутракова Н.В.* Оценка устойчивости почв города Перми к загрязнению тяжелыми металлами. 234
- Мощенко Д.И.* Влияние загрязнения тяжелыми металлами и нефтью на биологические свойства почв центрального Предкавказья и Кавказа. 236
- Неаман А.* Детерминанты фитотоксичности меди в нативных техногенно загрязненных почвах. 238

- Неведров Н.П., Проценко Е.П.* Экосистемный подход к оценке и управлению качеством загрязненных тяжелыми металлами городских почв (на примере города Курска). 239
- Новоселова Е.И., Волкова О.О., Хазиев Ф.Х.* Биохимическая трансформация органического вещества почв, загрязненных тяжелыми металлами. 241
- Околелова А.А., Капля В.Н., Егорова Г.С.* Биодиагностика нефтезагрязненных светло-каштановых почв с использованием гриба *Botrytis cinerea* 242
- Плахов Г.А.* Миграция подвижных форм тяжелых металлов в почвенном профиле в условиях Ростовской агломерации. 244
- Рафикова Ю.С., Хасанова Р.Ф., Семенова И.Н., Суяндукоев Я.Т., Илбулова Г.Р.* Эколого-гигиеническая оценка состояния почв в районе размещения горнорудных производств. 246
- Рогова О.Б., Федотов П.С., Дженлода Р.Х., Карандашев В.К.* Формы закрепления редкоземельных элементов почвами при внесении в виде солей 247
- Рождественская Т.А., Пузанов А.В., Трошкова И.А.* Цезий-137 в почвах Алтайского края. 249
- Сангаджиева Л.Х., Даваева Ц.Д., Сангаджиева О.С., Цомбуева Б.В., Убушаева Б.В.* Эколого-геохимический анализ особенностей накопления и эмиссии полициклических ароматических углеводородов в природных и техногенных ландшафтах Северо-Западного Прикаспия 250
- Смицкая Г.И.* Иммобилизующая способность глины келловея по отношению к тяжёлым металлам в загрязненных почвах урбоэкосистем 252
- Собакин П.И., Герасимов Я.Р., Горохов А.Н.* Радиометрическая съемка на территории монацитовый россыпи в южной Якутии. 253
- Спиридонов Ю.Я., Пастухов А.В., Ильин М.М., Чкаников Н.Д., Халиков С.С.* Экологические проблемы загрязнения почв остатками сульфонилмочевин и снятие их фитотоксичности с помощью модифицированных сорбентов 255
- Сушкова С.Н., Минкина Т.М., Антоненко Е.М., Дерябкина И.Г., Дорохова Н.А., Попилешко Я.А., Константинова Е.Ю.* Динамика содержания полициклических ароматических углеводородов в почвах территории многолетнего техногенного загрязнения. 256
- Сысо А.И.* Элементный химический состав почв, подходы и критерии его нормирования 258
- Терехова Н.А., Галактионова Л.В.* Оценка токсичности почв, загрязненных различными формами цинка 259
- Федоренко Е.С., Зинченко В.В., Горовцов А.В., Бурачевская М.В., Антоненко С.А., Минкина Т.М.* Изучение влияния гранулированного активированного угля на уреазную активность чернозема обыкновенного карбонатного в условиях модельного опыта 261
- Фрид А.С., Борисочкина Т.И.* Диффузионные параметры вертикальной миграции тяжелых металлов в почвах зон техногенного и агрогенного загрязнения 262

<i>Хаустов. А.П., Кенжин Ж.Д., Редина М.М., Силаева П.Ю., Яковлева Е.В., Габов Д.Н.</i> Оценка влияния нагруженных автотранспортных магистралей в условиях мегаполиса по данным концентраций углеводородов в почвах	264
<i>Цицуашвили В.С., Бурачевская М.В., Невидомская Д.Г., Бауэр Т.В., Шуваева В.А., Минкина Т.М.</i> Оценка процедуры последовательной экстракции с использованием XANES-спектроскопии анализа.	266
<i>Чаплыгин В.А., Минкина Т.М., Манджиева С.С., Бауэр Т.В.</i> Влияние экстремального загрязнения почвы на содержание тяжелых металлов в растениях тростника южного (<i>Phragmites australis</i> Cav.).	267
<i>Чебыкина Е.Ю., Абакумов Е.В., Шамилишвили Г.А.</i> Полициклические ароматические углеводороды в постпирогенных почвах лесотундры и лесостепи.	269
<i>Черникова Н.П., Федоренко А.Г., Сушкова С.Н., Минкина Т.М., Дудникова Т.С., Манджиева С.С.</i> Эффект накопления бенз(а)пирена на ультраструктуру клеток <i>Hordeum sativum distichum</i>	270
<i>Черникова О.В., Мажайский Ю.А., Амплеева Л.Е.</i> Изменение каталазной активности оподзоленного чернозема, загрязненного поллютантами, при его детоксикации	272
<i>Шарыгина М.В., Русанов А.М.</i> К вопросу о влиянии загрязнения почв тяжелыми металлами на всхожесть различных тест-культур (на примере железа).	273
<i>Шилова Ю.О., Витковская С.Е.</i> Фильтрационные воды полигонов твердых коммунальных отходов как потенциальный источник загрязнения почв	275

Комиссия III

БИОЛОГИЯ ПОЧВ

<i>Артамонова В.С., Бортникова С.Б.</i> Особенности развития микроорганизмов на поверхности старовозрастных отвалов техногенных отходов в Кузбассе	277
<i>Безденежных К.А.</i> Сообщества почвенных водорослей и цианобактерий почв в районе объекта уничтожения химического оружия «Марядыковский»	279
<i>Бондарева Е.В.</i> Закономерности пространственного распространения почвенных микромицетов в корневом коме саженцев древесных растений.	280
<i>Верховцева Н.В., Сабирова Р.В., Макаров М.И.</i> Структура микробного сообщества почв альпийских и горно-тундровых экосистем.	282
<i>Гераськина А.П., Кузнецова А.И., Куприн А.В., Тихонова Е.В., Шевченко Н.Е., Горнов А.В., Тебенькова Д.Н., Катаев А.Д., Лукина Н.В.</i> Распределение почвенных сапрофагов (макрофауна) в элементах мозаики хвойно-широколиственных лесов	283
<i>Глушакова А.М., Умарова А.Б., Качалкин А.В.</i> Дрожжевые комплексы урбаноземов и зональных почв города Сочи.	285

- Головченко А.В., Добровольская Т.Г., Юрченко Е.Н., Якушев А.В. Микролокусный подход к изучению бактериальных сообществ верхового болота 287
- Горленко М.В., Ежелев З.С., Абрамян И.А., Умарова А.Б. Динамика функционального микробиологического биоразнообразия модельного конструкторозема в циклах размораживание–оттаивание. 288
- Горовцов А.В., Минкина Т.М., Манджиева С.С., Зинченко В.В., Погоньшев П.Д. Изменения микробных сообществ почв поймы реки Северский Донец на фоне экстремального загрязнения тяжелыми металлами. 290
- Доценко К.П. Дрожжевые ассоциации с муравьями вида *Lasius flavus*. 291
- Дущанова К.С., Лисецкий Ф.Н., Украинский П.А., Хомутова Т.Э. Изменения биомассы и функционального разнообразия микробного сообщества серой лесной почвы в агрогенном эволюционном тренде 93
- Егорова З.Н., Рогова О.Б., Иванов А.Л. Изменение фракционного состава фосфора дерново-подзолистых почв под влиянием арбускулярной микоризы гриба 294
- Ермолаева С.В., Кузьмина Н.П., Чевычелов А.П. Микробиологическая активность лесных почв элювиального ряда Центральной Якутии 295
- Жаркова Е.К., Смирнова А.В. Эфиромасличные культуры как фактор формирования почвенного микробиома. 297
- Железова А.Д., Иванова Е. А. Изменение микробиологических свойств черноземов при переходе к новым системам сельскохозяйственных обработок. 297
- Иванова А.Е., Николаева В.В., Сидорова Т.А., Глебова А.А., Ремезова Е.П., Глушакова А.М., Горленко М.В., Бочков Д.А., Умарова А.Б. Особенности микобиоты городских конструктороземов 299
- Иванова Е.А., Зверев Е.О., Кимеклис А.К., Гладков Г.О., Карпова Д.В., Андронов Е.Е., Абакумов Е.В. Микробиомы почв посттехногенных ландшафтов северных широт. 301
- Калинкина Д.С., Суцук А.А., Матвеева Е.М. Сообщества почвенных нематод подкоронового пространства деревьев, интродуцированных в условиях ботанических садов северо-запада России. 303
- Князева А.В. Использование сукцессионного подхода при изучении прокариотного разнообразия почв заповедников Вьетнама. 304
- Ковалева В.А., Виноградова Ю.А., Лаптева Е.М., Перминова Е.М. Микромицетный комплекс почв бугристых торфяников арктического и субарктического секторов европейского северо-востока 306
- Козлов А.В., Уромова И.П. Деградация вещества природных высококремнистых материалов (диатомита, цеолита и бентонитовой глины) некоторыми сапротрофными бактериями, выделенными из дерново-подзолистой почвы 307
- Кондакова Л.В., Домрачева Л.И. Фототрофные сообщества «цветущей» почвы 309
- Костина Н.В., Голиченков М.В., Котова А.А., Вечерский М.В., Кузнецова Т.А. Миробная азотфиксация, ассоциированная с почвенными животными. 311

<i>Круглов Ю.В., Лисина Т.О., Орлова О.В., Кичко А.А., Андронов Е.Е.</i>	313
Структура и биоразнообразие микробиома компостируемой соломы	
<i>Кузьмина Н.П., Ермолаева С.В., Чевычелов А.П.</i>	314
Микробиологическая активность мерзлотных лесных почв Центральной Якутии.	
<i>Кутовая О.В., Дридигер В.К., Гаджиумаров Р.Г., Фролов О.А., Никитин Д.А.</i>	316
Влияние нулевой обработки почвы на сообщество дождевых червей (<i>Oligochaeta, lumbricidae</i>)	
<i>Лысак Л.В., Лапыгина Е.В.</i>	317
Разнообразие мельчайших форм прокариот в почвах.	
<i>Лю-Лян-Мин Е.И.</i>	319
Жирные кислоты как липидные маркеры почвенных микроорганизмов	
<i>Матвиенко А.И., Меняйло О.В.</i>	320
Изотопный состав и Q_{10} минерализации органического вещества разновысотных почв Западного Саяна	
<i>Махкамова Д.Ю.</i>	322
Влияние засоления и гипсоносности почв на деятельность микроорганизмов в почвах Джизакской степи.	
<i>Москвин М.А., Рижия Е.Я., Дубовицкая В.И., Вертебный В.Е.</i>	323
Сравнительная динамика активности карбамидамидогидролазы в почвах средней и высокой степени окультуренности	
<i>Мухина Т.И., Пшеничников Б.Ф., Пшеничникова Н.Ф.</i>	324
Влияние экологических условий на таксономическое разнообразие почвенных нематод островов залива Петра Великого (Приморский край).	
<i>Никитин Д.А., Семенов М.В., Тхакахова А.К., Чернов Т.И., Ксенофونتова Н.А., Железова А.Д., Иванова Е.А., Кутовая О.В.</i>	326
Микроскопические грибы как индикатор нулевой обработки почвы в агрочерноземах.	
<i>Никитин Д.А., Лысак Л.В., Кудинова А.Г., Мергелов Н.С., Долгих А.В., Горячкин С.В.</i>	327
Биологическая активность почв высокой Арктики (Земля Франца-Иосифа, Новая Земля) и Антарктики	
<i>Орлова О.В., Лисина Т.О., Кичко А.А.</i>	329
Влияние обеднения дерново-подзолистой почвы доступным органическим веществом на функционирование и состав почвенного микробного сообщества.	
<i>Погонышев П.Д., Федоренко Е.С., Зинченко В.В., Горовцов А.В., Бауэр Т.В., Барахов А.П., Минкина Т.М.</i>	331
Влияние разных видов биочара на микробные сообщества почв.	
<i>Полянская Л.М.</i>	332
Соотношение биомасс грибов и бактерий в почвах.	
<i>Потапова К.В., Пятина Е.В.</i>	334
Почвенные беспозвоночные-сапрофаги Лисинского учебно-опытного лесхоза	
<i>Сараева А.К., Зуев А.Г.</i>	335
Структурно-функциональная организация таксоцены коллембол сосняка брусничного (заповедник «Кивач»).	
<i>Свиридова О.В., Воробьев Н.И., Курчак О.Н., Орлова О.В., Пищик В.Н., Пухальский Я.В., Коваленко Н.М.</i>	338
Участие микромицетов в биосистемных процессах гумификации растительных остатков в почве и разложении гумусовых веществ.	
<i>Семенов М.В., Поздняков Л.А., Железова А.Д., Ксенофونتова Н.А.</i>	339
Метагенетический анализ почв: от идентификации генов к оценке процессов	
<i>Сенкевич О.В.</i>	341
Применение вермикомпостов в Красноярской лесостепи	

<i>Стрижакова Е.Р., Васильева Г.К., Остроумов В.Е.</i> Использование пиролизированного осадка сточных вод в качестве почвенного мелиоранта.	343
<i>Сыщиков Д.В.</i> Дыхательная активность почв антропогенно трансформированных экосистем	344
<i>Хазиев Ф.Х., Новоселова Е.И.</i> Проблемы биоразнообразия в регионе южного Урала в связи с антропогенезом почв	346
<i>Хомяков Ю.В., Ткачева А.Ю., Вертебный В.Е., Гурова Т.А., Конончук П.Ю., Дубовицкая В.И.</i> Динамика окислительно-восстановительных ферментов дерново-подзолистой почвы разной степени окультуренности	348
<i>Чернов Т.И., Железова А.Д., Семенов М.В.</i> Изменчивость почвенного микробиома во времени.	349
<i>Шутова А.С., Иванова А.Е., Лебедин Ю.С.</i> Опыт применения метода иммуноферментного анализа в определении присутствия в почвах представителей родов <i>Aspergillus</i> и <i>Fusarium</i> .	350
<i>Шхапацев А.К., Солдатов В.П., Казеев К.Ш.</i> Биологическая диагностика антропогенных нарушений лесных почв Западного Кавказа	352
<i>Якубовская А.И., Каменева И.А., Гритчин М.В., Пухальский Я.В., Горелова В.В., Славинская А.В.</i> Влияние ассоциативного штамма <i>Agrobacterium tumefaciens</i> 32 на биологическую активность почвы рисовников.	354
<i>Якутин М.В., Андриевский В.С.</i> Трансформация зоомикробияльного комплекса в каштановых почвах Южной Тывы под влиянием засоления	355
<i>Якушев А.В.</i> Кишечные бактериальные комплексы почвенной мезофауны.	356

Комиссия IV

АГРОХИМИЯ И ПЛОДОРОДИЕ ПОЧВ

<i>Аксенова Ю.В., Азаренко Ю.А.</i> Современное состояние агрочерноземов квазиглеевых Омского Прииртышья в условиях длительных агрогенных воздействий.	359
<i>Алексеева Ж.Л.</i> Влияние органического удобрения на показатели плодородия агрочерноземов южной лесостепи Омского Прииртышья.	361
<i>Билтуев А.С., Уланов А.К., Васильев С.В.</i> Динамика изменения азотного и фосфатного состояния каштановых почв при длительном применении различных систем удобрений	362
<i>Бирюкова О.А., Каменев Р.А., Кучменко Е.В., Медведева А.М.</i> Фосфатное состояние чернозема обыкновенного при различных способах основной обработки	364
<i>Битюцкий Н.П., Якконен К.Л., Лукина К.А.</i> Перспективы применения полигидроксилированного фуллерена C ₆₀ для повышения устойчивости растений к дефициту железа.	366

- Будажанов Л.В.* Кинетика минерализации метаболического и устойчивого пула органического азота криоаридных почв азиатской России. 367
- Вертебный В.Е., Хомяков Ю.В., Гурова Т.А., Конончук П.Ю., Дубовицкая В.И.* Влияние степени окультуренности на динамику температуры почвы и содержание минеральных форм азота в ней. 369
- Витковская С.Е.* Зависимость динамики кислотно-основных свойств дерново-подзолистой почвы от дозы известкового мелиоранта. 370
- Гамзиков Г.П.* Плодородие почв, применение удобрений и продуктивность полевых культур – проблемные вопросы сибирского земледелия. 372
- Гаффарова Л.Г., Ахрарова А.С.* Региональные особенности агротемносерых почв Среднего Поволжья 373
- Глазунов Г.П., Евдокимова М.В., Скаженник М.А., Чижиков В.Н.* Определение оптимальной по урожайности зерна риса дозы НРК на основе теоретической модели доза–эффект. 375
- Горепекин И.В., Федотов Г.Н., Федотова М.Ф.* Аллелотоксичность почв и поиск способов повышения эффективности применения стимуляторов, используемых для предпосевной обработки семян яровой пшеницы. 377
- Демина Г.И., Сидорова В.А., Юркевич М.Г., Дубровина И.А.* Влияние шунгита на плодородие почв и продуктивность растений 378
- Дубовицкая В.И., Хомяков Ю.В., Вертебный В.Е., Ткачева А.Ю., Гурова Т.А., Конончук П.Ю.* Пространственная вариабельность содержания микроэлементов в семипольном зернотравянопропашном севообороте. 380
- Егоров В.П., Давыдов В.Е.* Влияние различных систем минеральных удобрений на урожай и качество озимой пшеницы на чернозёмах обыкновенных слабогумусированных среднемоощных в условиях Ставропольского края. 382
- Егорова З.Н., Рогова О.Б., Иванов А.Л.* Изменение фракционного состава фосфора дерново-подзолистых почв под влиянием арбускулярной микоризы гриба 384
- Идрисов И.А., Борисов А.В., Ельцов М.В., Пинской В.Н.* Антропогенные почвы земледельческих террас Дагестана. 385
- Королева П.В., Долинина Е.А., Рухович Д.И., Куляница А.Л.* Оптимизация применения минеральных удобрений на основе составления карт заданий точного земледелия, полученных анализом больших спутниковых данных 387
- Кудрявцев А.Е., Торопова Е.Ю., Канунников С.В.* Эволюция плодородия агропочв аридных территорий при их интенсивном использовании. 389
- Курбатов А.А., Юркевич М.Г.* Динамика плодородия минеральных почв при применении бурых морских водорослей 391
- Лапа В.В.* Ресурсосберегающая система удобрения сельскохозяйственных культур в комплексе мероприятий по регулированию плодородия почв. 392

<i>Лукин С.М., Тарасов С.И.</i> Экологические проблемы использования органических удобрений в земледелии России.	394
<i>Маслова Е.А., Яковлева Л.В.</i> Динамика содержания гумуса почв земель сельскохозяйственного назначения Астраханской области	396
<i>Мащенко В.Н.</i> Деградация почв, вызванная несоблюдением систем севооборота.	397
<i>Мирсаяпов Р.Р., Асылбаев И.Г.</i> Агрохимическая оценка почв в системе точного земледелия.	399
<i>Надежкин С.М., Маркарова М.Ю., Воронкин Е.В.</i> Плодородие черноземных почв при длительном применении удобрений	401
<i>Окорков В.В., Фенова О.А., Окоркова Л.А.</i> Роль азота удобрений в повышении продуктивности севооборотов на серых лесных почвах Верхневолжья.	402
<i>Осипов А.И.</i> Современные подходы к известкованию кислых почв России.	404
<i>Персикова Т.Ф., Царева М.В.</i> Мониторинг физико-химических и физических свойств дерново-подзолистой почвы при применении куриного помета в зависимости от её гранулометрического состава	405
<i>Пропастина Е.П.</i> Продуктивность кукурузы при использовании современных агротехнологий.	407
<i>Романенков В.А., Беличенко М.В., Рухович О.В., Иванова О.И.</i> Эффективность использования азота в длительных и краткосрочных опытах Российской Федерации	408
<i>Смирнова Е.В., Гиниятуллин К.Г.</i> Внутрипольная вариабельность обеспеченности пахотных угодий доступными элементами питания и перспективы внедрения технологий дифференцированного внесения минеральных удобрений.	410
<i>Сычев В.Г., Налиухин А.Н.</i> Агрохимические факторы стабилизации гумусового состояния почв.	411
<i>Трегубова В.Г., Хохлова А.И., Бурдакова Е., Нестерова О.В.</i> Агрохимические свойства агропочв Приморского края при выращивании сои	413
<i>Трубников Ю.Н., Шпедт А.А.</i> Влияние длительного применения удобрений на плодородие чернозёмов в Приенисейской Сибири.	414
<i>Тютюнов С.И., Соловиченко В.Д.</i> Влияние удобрений, способов обработки в полевых севооборотах на плодородие чернозёмов, рост продуктивности сельскохозяйственных культур и экологию окружающей среды в юго-западной части ЦЧЗ	416
<i>Ульянова О.А., Кураченко Н.Л., Власенко О.А.</i> О возможности использования Троицкой соли качестве гербицида.	417
<i>Уталиев А.А.</i> Динамика показателей плодородия почв Астраханской области	419
<i>Фейзуллаев Г.М., Рзаев М.Я.</i> Влияние факторов возделывания на урожайность озимой пшеницы в условиях богары Южного Мугана.	421
<i>Хуснетдинова Т.И., Балабко П.Н., Черкашина Н.Ф., Батурина Л.К.</i> Роль нетрадиционных органических удобрений в повышении урожайности картофеля	422

- Шарков И.Н.* Построение рациональной системы удобрения при возделывании яровых зерновых культур по интенсивным технологиям в Сибири. 423
- Юркевич М.Г., Курбатов А.А., Икконен Е.Н.* Влияние лигносульфата натрия на почвенное плодородие. 425

Комиссия V

ГЕНЕЗИС, ГЕОГРАФИЯ И КЛАССИФИКАЦИЯ ПОЧВ

- Асаинова Ж.С., Иванов И.В.* Связи почв и почвенного покрова с факторами почвообразования в южной тайге (Подмосковье, Приокско-Террасный заповедник). 427
- Бронникова М.А., Конопляникова Ю.В., Герасимова М.И., Ефимов О.Е., Зазовская Э.П., Гуркова Е.А.* Генетические и диагностические особенности гумусового профиля криоаридных почв 429
- Васенев В.И., Долгих А.В., Иващенко К.В., Слуковская М.В., Корнейкова М.В., Ромзайкина О.Н., Саржанов Д.А., Горбов С.Н.* Анализ запасов углерода в городских почвах различных климатических зон европейской России. 431
- Волкова Е.М.* Разнообразии торфяных почв Среднерусской возвышенности. 432
- Герасимова М.И., Хитров Н.Б.* Классификация почв России (2016-2020). 434
- Горячкин С.В., Бадмаев Н.Б., Десяткин Р.В.* Классификация почв с многолетней мерзлотой: проблемы и решения. 436
- Губин С.В.* Проблемы классификации почв побережий арктических морей. 437
- Денисова Е.Э., Красильников П.В.* Почвы опытного поля Кабаньоло, Уганда в мировых и российских классификациях. 439
- Зазовская Э.П., Мергелов Н.С., Карелин Д.В., Шишков В. А., Осокин Н.И., Турчинская С.М., Почикалов А.В., Холодов В.А., Фарходов Ю.Р., Горячкин С.В.* Возраст, свойства органического вещества и эмиссия углерода в почвах и солоидах супрагляциальных и перигляциальных систем быстроотступающих ледников (на примере архипелага Шпицберген) 440
- Инишева Л.И., Головченко А.В., Шайдак Л.В.* Торфяные почвы, генезис, классификация. 442
- Каверин Д.А., Денева С.В., Пастухов А.В.* Специфика строения и свойств почв осушенных котловин термокарстовых озер в Большеземельской тундре 443
- Казинский М.Т., Лебедева М.П., Крупская В.В., Закусин С.В., Завадская А.В., Семенов И.Н.* Морфология, минералогия и геохимия термоземов Долины Гейзеров (Кроноцкий заповедник). 445
- Кайдалова Н.В., Литвинов Ю.А., Безуглова О.С., Назаренко О.Г., Цылев Е.М., Морозов И.В., Сухарев А.А., Меженков А.А.* Формирование цифрового реестра почвенных ресурсов Ростовской области. 447

<i>Кашулина Г.М., Литвинова Т.И., Коробейникова Н.М.</i> Серогумусовые почвы юго-западной части острова Западный Шпицберген: морфолого-генетическая характеристика.	449
<i>Козлова А.А.</i> Разнообразие почв и специфика почвообразования на территории Южного Предбайкалья	451
<i>Конюшков Д.Е., Ананко Т.В., Герасимова М.И., Савицкая Н.В., Жангуров Е.В., Лаптева Е.М.</i> Почвенный покров Республики Коми на новой цифровой карте в системе классификации почв России	452
<i>Любова С.В.</i> Почвы Арктических побережий и островов Архангельской области.	454
<i>Мартыненко И.А., Прокофьева Т.В.</i> Состав почвенного покрова города Москвы.	456
<i>Минаева Е.Н., Морозов И.В.</i> К вопросу о генезисе карбонатных новообразований степных и сухостепных почв.	458
<i>Новых Л.Л., Волощенко И.В., Новых Е.А.</i> Литолого-геоморфологические условия как фактор неоднородности почвенного покрова охраняемых территорий	459
<i>Поляков Д.Г., Рябуха А.Г., Ковда И.В.</i> Почвы древних кор выветривания Зауральского пенеплена.	461
<i>Прокофьева Т.В.</i> Разнообразие почв города Москвы как отражение основных направлений эволюции городских почв.	462
<i>Рожков В.А.</i> Парадоксы теории и практики классификации почв.	464
<i>Рябуха А.Г., Поляков Д.Г., Ковда И.В.</i> Почвенный покров реликтовых пятен медальонов степной зоны: генезис, морфология, проблема классификации.	466
<i>Сайранова П.Ш.</i> Диагностика особенностей почв отдела альфегумусовые по кислотному следу (хребет Басеги).	467
<i>Самофалова И.А.</i> Типовые особенности маломощных почв на Среднем Урале.	469
<i>Смирнова М.А., Жидкин А.П., Лозбенев Н.И., Заздравных Е.А.</i> Цифровое крупномасштабное почвенное картографирование в методологии и структуры почвенного покрова (на примере пашни Прохоровского района Белгородской области)	470
<i>Соколова Н.А.</i> Формирование структуры почвенного покрова в техногенных ландшафтах (на примере Горловского месторождения антрацита. Новосибирская область)	472
<i>Сухачева Е.Ю., Апарин Б.Ф.</i> Оценка и прогноз антропогенных изменений структуры почвенного покрова.	474
<i>Уманский А.С.</i> Топографический ряд почв долин малых рек Калининградской области.	476
<i>Устинов М.Т.</i> Базис эрозии – базис диагностики и оценки генетических особенностей структуры почвенного покрова.	477
<i>Хитров Н.Б., Калинина Н.В., Рухович Д.И.</i> Географическое распространение вертисолей и вертиковых почв в России	479
<i>Хохлов С.Ф.</i> Почвенное разнообразие Южных островов Курильской гряды.	480

<i>Цховребов В.С., Новиков А.А., Фаизова В.И., Калугин Д.В., Лысенко В.Я.</i> Проблемы классификации почв Центрального Предкавказья в «старой» и «новой» редакциях	482
<i>Чендеев Ю.Г., Геннадиев А.Н., Лукин С.В., Соэр Т.Д.</i> Трансформация признаков автоморфных черноземов в агролесомелиоративном ландшафте	484
<i>Шевчук Е.А.</i> Почвы Зейского заповедника.	485
<i>Шматова А.Г.</i> Структура почвенного покрова центральной части острова Колгуев, Баренцево море	487

Подкомиссия

КАРТОГРАФИЯ ПОЧВ

<i>Болдырева В.Э., Безуглова О.С., Литвинов Ю.А., Пшеничная А.А., Шкуропадская К.В., Морозов И.В.</i> К вопросу о формировании почвенно-географической базы данных на примере гранулометрического состава	489
<i>Виндекер Г.В., Савин И.Ю., Прудникова Е.Ю., Шишконокова Е.А., Грубина П.Г., Шарычев Д.В.</i> Связь спектральной отражательной способности поверхности почв с содержанием азота в пахотном горизонте	491
<i>Гафуров Ф.Г., Коркина И.Н.</i> Характеристика почвенного покрова низкогорий Среднего Урала на основе почвенного картирования М 1 : 25 000	492
<i>Голозубов О.О., Колесникова В.М., Чернова О.В.</i> Система стандартов цифровых представлений почвенных описаний.	494
<i>Грубина П.Г., Савин И.Ю., Вернюк Ю. И., Прудникова Е.Ю., Шарычев Д.В., Щепотьев В.Н.</i> Сравнительная оценка качества детектирования свойств пахотного горизонта почв по данным отражательной способности их поверхности в видимом и инфракрасном диапазонах спектра.	496
<i>Жоголев А.В.</i> Обновление мелкомасштабной почвенной карты с помощью метода построения глобально-оптимального дерева классификации.	497
<i>Жумбей А.И.</i> Диагностика опустынивания аридных и субаридных ландшафтов с использованием гис-технологий..	498
<i>Калиев М.И.</i> Методологический подход к изучению временной динамики почвенного покрова.	500
<i>Калинина Н.В., Королева П.В., Рухович Д.И., Куляница А.Л.</i> Изучение структуры почвенного покрова на основе карт устойчивой внутривидовой неоднородности почвенного покрова, полученных анализом больших спутниковых данных.	502
<i>Киселева А.А., Хасанов А.Н., Асылбаев И.Г., Рафиков Б.В., Лукманов Р.А., Галимов Р.Р.</i> Ретроспективный мониторинг основных свойств плодородия почв на землях сельскохозяйственного назначения.	503
<i>Комаров А.А., Суханов П.А.</i> Мониторинг состояния почв и возделываемых культур в региональной сети тестовых полигонов..	505

<i>Кошелев А.В.</i> Цифровое картографирование лесомелиорированных каштановых почв.	507
<i>Михеева И.В.</i> База данных вероятностно-статистических и информационных характеристик свойств почв юга Западной Сибири.	508
<i>Прудникова Е.Ю., Савин И.Ю.</i> Дистанционная оценка состояния открытой поверхности пахотных почв.	510
<i>Савин И.Ю.</i> Тренды современной почвенной картографии..	511
<i>Самбуу А.Д., Чуликова С.А.</i> Создание почвенно-географической базы данных Республики Тыва..	512
<i>Сулейманов А.Р.</i> Засоленные почвы Зауральской степной зоны Республики Башкортостан.	513
<i>Хабиров И.К., Асылбаев И.Г., Хасанов А.Н., Рафиков Б.В., Лукманов Р.А., Хасанов М.Р.</i> Оцифровка и корректировка электронных почвенных карт земель сельскохозяйственного назначения на территории муниципальных образований Республики Башкортостан..	515
<i>Шарычев Д.В., Воронин А.Я., Щепотьев В.Н.</i> Сравнительная оценка данных георадарного профилирования аллювиальных и черноземных почв лесной зоны Тульской области..	517

Подкомиссия

ПО ЛЕСНОМУ ПОЧВОВЕДЕНИЮ

<i>Агаджанова Н.В., Голованов Д.Л., Головлева Ю.А., Сорокин А.С., Сидорова В.А., Красильников П.В.</i> Процессы трансформации и передвижения минерального и органического вещества в лесных почвах юга Московской области.	518
<i>Безкоровайная И.Н., Шабалина О.М., Кастерин Г.И.</i> Роль напочвенного покрова и подстилки в формировании гидротермических условий криогенных почв после пожаров.	520
<i>Буторин А.А., Немков П.С., Грехова И.В.</i> Изменения свойств почв хвойных лесов в условиях действия антропогенных факторов..	521
<i>Вдовиченко В.А.</i> Изменение физико-химических свойств антропогенно нарушенных почв, имеющих различную литологическую основу.	522
<i>Голованов Д.Л., Сорокин А.С., Красильников П.В., Агаджанова Н.В., Головлева Ю.А., Сидорова В.А.</i> Оценка классификационного, субстантивного и функционального педоразнообразия серых лесных почв юга Московской области на основе детального картографирования..	524
<i>Головлева Ю.А., Коркина Е.А., Филлипов Н.В., Десяткин Р.В., Красильников П.В.</i> Формирование икряной структуры в таежных суглинистых почвах на террасах крупных рек Западной и Восточной Сибири.	526
<i>Гродницкая И.Д., Пашкеева О.Э., Дымов А.А.</i> Структура и особенности микробных сообществ почв лесоболотных экосистем Средней Сибири (Красноярский край).	527
<i>Деятова Т.А., Алаева Л.А., Негрובה Е.А.</i> Лесные почвы как биокосные системы в условиях типичной лесостепи..	529

- Дударева Д.М., Квиткина А.К., Юсупов И.А., Быховец С.С., Евдокимов И.В.* Влияние нагрева и иссушения на активность почвенного микробного сообщества 531
- Дылов А.А., Старцев В.В., Кутявин И.Н., Дубровский Ю.А., Боков И.А.* Изменения подзолистых почв Южного Тимана под воздействием колесной лесозаготовительной техники при летних лесозаготовках.. 532
- Енчилик П.Р., Семенков И.Н., Касимов Н.С.* Сезонная вариабельность свойств и элементного состава сопряженных по катене почв в центрально-лесном заповеднике (Тверская область). 534
- Зенкова И.В.* Особенности свойств почв под лесными культурами Учинского водохранилища Московской области. 535
- Иванов А.В., Бакина У.О., Семаль В.А., Толстикова В.Ю., Перов Н.К.* Запасы углерода в буроземах кедровников южного Сихотэ-Алиня. 537
- Квиткина А.К., Дударева Д.М., Смирнов Н.С.* Связь видového разнообразия растений с биологической активностью и химическим составом верхнего слоя почвы еловых лесов Печоро-Илычского заповедника 538
- Кормилицына О.В., Бондаренко В.В.* Влияние лесохозяйственной деятельности на лесные почвы.. 540
- Костенко И.В.* Оценка воздействия искусственных лесных насаждений на горно-луговые почвы Крымских яйл.. 541
- Кузнецова А.И., Лукина Н.В., Горнов А.В., Тихонова Е.В., Шевченко Н.Е., Гераськина А.П., Тебенькова Д.Н., Смирнов В.Э.* Характеристики плодородия почв как индикаторы сукцессионного статуса лесов. 543
- Лебедев Я.О., Горбунов Р.В., Горбунова Т.Ю., Кузнецов А.Н., Кузнецова С.П., Бобко Н.И.* Почвенные и ландшафтно-геохимические условия горных тропических лесных экосистем Южного Вьетнама. 545
- Лукина Н.В., Шанин В.Н., Тебенькова Д.Н., Чумаченко С.И., Грабарник П.Я., Чертов О.Г., Кондратьев С.А., Фролов П.В., Быховец С.С., Шмакова М.В., Кольчева А.А., Ханина Л.Г., Горнов А.В., Бобровский М.В., Карпечко Ю.В.* Почвенный углерод и экосистемные услуги лесов.. 547
- Мамай А.В., Мошкина Е.В., Медведева М.В., Карпечко А.Ю., Туюнен А.В., Дубровина И.А., Геникова Н.В., Сидорова В.А.* Динамика микробиологической активности пост-агрогенных подзолистых легкосуглинистых почв южного агроклиматического района Карелии в процессе естественного лесовосстановления. 548
- Мартыненко О.В., Карминов В.Н., Онтиков П.В., Максимова А.Н.* Влияние почвенных факторов на рост и устойчивость еловых насаждений северо-восточного Подмосковья.. 550
- Меняйло О.В., Матвиенко А.И.* Азотные удобрения приводят к потерям углерода подстилки в лесных почвах Сибири.. 551
- Моисеева Е.А., Медведева М.В., Мошкина Е.В., Туюнен А.В., Карпечко А.Ю., Геникова Н.В., Дубровина И.А., Мамай А.В., Сидорова В.А., Толстогузов О.В., Кулакова Л.М.* Динамика изменения микробиологических свойств почв на фоне постагрогенной трансформации лесных экосистем.. 552

- Мошкина Е.В., Мамай А.В., Карпечко А.Ю., Медведева М.В., Ромашкин И.В.* Влияние экологических факторов на корневую и микробную составляющие дыхания почв сосняка брусничного в условиях средней тайги. 554
- Нижегородова Д.Д.* Связь типов почв с лесной растительностью на базе практик Уральского учебно-опытного лесхоза Уральского государственного лесотехнического университета. 556
- Перминова Е.М., Лаптева Е.М., Ковалева В.А., Виноградова Ю.А., Лиханова И.А.* Биологические свойства подзолистых текстурно-дифференцированных почв таежных экосистем послерубочного происхождения. 557
- Припутина И.В., Шанин В.Н., Зубкова Е.В.* Пространственное распределение содержания азота в почвах лесов разного видового состава древостоев. 559
- Пристова Т.А.* Лизиметрические исследования в березово-еловом молодняке послерубочного происхождения в условиях средней тайги Республики Коми. 560
- Ромашкин И.В., Мошкина Е.В., Мамай А.В., Курганова И.Н., Лопес де Гереню В.О., Шорохова Е.В.* Эмиссия диоксида углерода с поверхности почвы ельника черничного в средней тайге Республики Карелия.. 562
- Солодовников А.Н.* Начальный период деструкции хвои в подстилке сосняка брусничного.. 563
- Тебенькова Д.Н., Лукина Н.В., Шанин В.Н., Чумаченко С.С. Грабарник П.Я., Чертов О.Г., Кондратьев С.А., Фролов П.В., Быховец С.С., Шмакова М.В., Колычева А.А. Ханина Л.Г., Горнов А.В., Бобровский М.В., Карпечко Ю.В.* Прогноз аккумуляции углерода в лесных почвах европейской части России в результате изменения климата. 564
- Туленкова А.В.* Характеристика почв лесопарков города Екатеринбурга в местах произрастания ракитника русского (*Chamaecytisus ruthenicus*).. 566
- Ударцев И.А., Грехова И.В.* Динамика свойств солодей и осолоделых почв березовых лесов. 567

Подкомиссия

**ПО АГРОЭКОЛОГИЧЕСКОЙ И КАДАСТРОВОЙ ОЦЕНКЕ
ПОЧВ И ЗЕМЕЛЬ**

- Бортник Т.Ю., Артюшкин В.Ф., Карнова А.Ю.* Метод многомерного шкалирования для построения математической модели связи продуктивности почв с показателями их плодородия. 570
- Бурлай А.В., Олейников А.Ю.* Оценка динамики содержания подвижного фосфора в почвах ставропольского края и количество внесённых фосфорных удобрений в корреляции с урожайностью озимой пшеницы. 572
- Глазунов Г.П.* Связь показателей плодородия чернозёмных почв с местоположением в рельефе.. 573

<i>Жуков В. Д., Васенко В.П., Шеуджен З.Р.</i> Оценка продуктивности земель сельскохозяйственного назначения Прикубанской равнины Краснодарского края	575
<i>Клеутина Е.А. Сапожников П.М.</i> Влияние радиоактивного загрязнения на кадастровую стоимость почв земель сельскохозяйственного назначения Брянской, Калужской, Орловской и Тульской областей.	577
<i>Кутькина Н.В.</i> Агроэкологическая оценка почв предгорий Хакасии.	578
<i>Русаков А.В., Симонова Ю.В., Рюмин А.Г., Попов А.И., Лемешко Н.А.</i> Почвенно-экологическое состояние пахотных угодий накануне аграрной реформы как точка отсчета для оценки их трансформации в период постагрогенеза (на примере Ярославской области).	580
<i>Самбуу А.Д., Бутанаев Ю.В.</i> Агроэкологическая оценка почв в условиях адаптивно-ландшафтных систем земледелия.	582
<i>Сулейман Г.А., Вильчевская Е.В., Рухович Д.И., Калинина Н.В.</i> Анализ опыта совершенствования кадастровых карт формированием кадастровых участков на основе почвенных контуров крупномасштабных почвенных карт..	583
<i>Суханов П.А.</i> Концепция агресурсного потенциала в аспекте кадастровой оценки земель.	585
<i>Сухановский Ю.П., Прущик А.В., Вытовтов В.В., Титов А.Г.</i> О проблеме количественной оценки влияния агротехнологий на почву..	586
<i>Хасанов А.Н., Ишемьяров А.Ш., Асылбаев И.Г., Рафиков Б.А., Лукманов Р.А.</i> Экономическая оценка плодородия почв на основе биоэнергетической концепции в системе земельного кадастра..	588
<i>Шульгина С.В., Азаренок Т.Н., Матыченкова О.В.</i> Паспорт плодородия как составная часть электронного реестра почв Беларуси..	590

Подкомиссия

ПОЧВЫ И ОКРУЖАЮЩАЯ СРЕДА

<i>Бардина Т.В., Капелькина Л.П., Чугунова М.В., Маячкина Н.В., Бардина В.И.</i> Оценка почв загрязненных территорий с использованием биотест-систем.	593
<i>Васнев И.И., Селиверстова И.Н., Яшин И.М.</i> Морфогенетическая паспортизация реферативных объектов почв с анализом их пространственной организации и динамики для информационно-методического обеспечения функционально-экологического мониторинга земель и землепользования..	595
<i>Воронина Л.П., Кеслер К.Э., Матвеева И.С., Водянова М.А., Азовцева Н.А., Смагин А.В.</i> Изменение химических характеристик почв Москвы с применением противогололедных реагентов.	597
<i>Генрих Э.А., Виноградова Ю.А., Ковалева В.А., Перминова Е.М.</i> Микробные комплексы в подзолистой почве и их изменение под влиянием агрогенного и постагрогенного воздействия в условиях средней тайги Республики Коми.	599
<i>Елисеева Н.В., Слюсаренко Э.Е.</i> Факторы, влияющие на изменение экологических свойств слитых почв Западного Предкавказья..	600

<i>Жуланова В.Н.</i> Агрогумусовый потенциал почв Тувы...	602
<i>Ковалева Е.И.</i> Подходы к экологическому нормированию загрязненных почв земель разного хозяйственного использования.	604
<i>Козунь Ю.С., Казеев К.Ш., Колесников С.И.</i> Зависимость активности каталазы зональных почв юга России от гидротермических условий..	606
<i>Кулагина В.И., Сунгатуллина Л.М., Рязанов С.С.</i> Эколого-биологическое состояние почв и органическое земледелие..	608
<i>Ларина Г.Е.</i> Комплекс микроорганизмов как важный индикатор устойчивого природопользования.	609
<i>Лемешко Н.А., Евстигнеев В.П., Русаков А.В., Симонова Ю.В.</i> Актуализация климатических индексов для оценки отклика почв агроландшафтов на современное глобальное потепление.	611
<i>Мартынова Н.А.</i> Оценка влияния литогенной матрицы фосфатонесных ландшафтов Байкальской рифтовой зоны на биотическое разнообразие биоценозов как необходимых компонентов устойчивого развития и сохранения природной среды.	613
<i>Пшеничникова Н.Ф., Пшеничников Б.Ф., Лящевская М.С., Хохлова А.И.</i> Полигенетичные буроземы как отражение прошлого и современного экологического состояния окружающей среды (полуостров Муравьев-Амурский, Приморский край).	615
<i>Семенов Н.А., Косолапов В.М., Муромцев Н.А., Витязев В.Г., Макаров И.Б., Снитко А.Н.</i> Свойства почвы и качество корма сеяных трав в процессе реставрации разновозрастной залежи.	616
<i>Убугунов Л.Л.</i> Почвы внутренней Азии: результаты и перспективы исследований для разработки моделей их устойчивого землепользования..	618
<i>Хохлова А.И., Нестерова О.В., Бовсун М.А., Шакиров Р.Б., Рыбачук Н.А.</i> Пространственное и внутрипрофильное распределение органического вещества в аквапочвах Японского моря.	620

Подкомиссия

ПО КРАСНОЙ КНИГЕ И ОСОБОЙ ОХРАНЕ ПОЧВ

<i>Александрова А.Б., Иванов Д.В., Кулагина В.И., Маланин В.В., Марасов А.А., Паймикина Э.Е.</i> Почвы природного заказника «Шорский»..	622
<i>Десяткин Р.В., Оконешникова М.В., Иванова А.З.</i> О подготовке Красной книги почв Республики Саха (Якутия).	624
<i>Дрыгваль П.В., Дрыгваль А.В., Станис Е.В., Лебедев Я.О., Горбунов Р.В., Приймак А.С., Горбунова Т.Ю., Бобко Н.И., Ляпунов С.М., Ергина Е.И.</i> Пространственная дифференциация и геохимические особенности почвенного покрова Государственного природного заповедника «Карадагский».	625
<i>Кондрашова Ю.В., Борисова И.В., Безкоровайная И.Н.</i> Типизация и определение категорий мерзлотных почв средне- и северотаежной подзона Красноярского края (Средняя Сибирь)..	627

- Кононцева Е.В., Пивоварова Е.Г., Хлуденцов Ж.Г.* Численные методы в обосновании зональных эталонов черноземов обыкновенных средне-мощных среднегумусных умеренно засушливой и колючей степей Алтайского края. 629
- Кудрявцева П.Е., Чернова О.В., Литвинов Ю.А., Голозубов О.М.* Информационно-справочная система «Красная книга почв»: возможности и проблемы.. 631
- Кунгурцев А.Я., Сулейманов Р.Р.* Почвы археологических памятников в пределах Уфимского полуострова. 633
- Лаптева Е.М., Денева С.В., Дегтева С.В.* Пойменные почвы в системе ООПТ Республики Коми. 634
- Матюгин В.А., Безуглова О.С., Шерстнев А.К.* Валовой состав краснокишечных почв Ростовской области. 636
- Митюшева Т.П.* Роль источников минеральных вод в формировании нетипичных почв на Европейском Северо-Востоке.. 637
- Присяжная А.А., Снакин В.В., Чернова О.В., Митенко Г.В.* Оценка территориальной охраны почвенного покрова в арктической зоне Российской Федерации 639
- Прокашев А.М., Соболева Е.С., Вартан И.А., Мокрушин С.Л., Потанин А.П.* О некоторых региональных аспектах создания Красной книги почв. 640
- Прохоров И.С.* Летопись природы – основа мониторинга состояния почвенного покрова ООПТ России.. 642
- Сабодина Е.П., Мельников Ю.С.* К вопросу о создании Красной книги почв России 643
- Снакин В.В., Присяжная А.А., Чернова О.В.* Повышение репрезентативности системы ООПТ в отношении почвенного разнообразия – важнейшее направление охраны почв 645
- Ткаченко Ю.Н., Бахмет О.Н., Ахметова Г.В., Солодовников А.Н., Медведева М.В., Новиков С.Г.* Редкие почвы Северного Приладожья. 647
- Убугунова В.И., Убугунов В.Л., Хитров Н.Б.* Необычные засоленные почвы зон тектонических разломов Байкальского внутриконтинентального рифта – потенциальные объекты Красной книги почв. 649
- Шестаков И.Е., Еремченко О.З., Андреев Д.Н.* Категории почв и ценные почвенные объекты Пермского края в связи с созданием Красной книги почв. 651

Рабочая группа

ПО МЕРЗЛОТНЫМ ПОЧВАМ

- Андреев М.П., Абакумов Е.В., Поляков В.В., Лупачев А.В., Жиянски М., Янева Р.* Орнитогенные почвы Антарктики: разнообразие и роль в функционировании наземных экосистем. 653
- Борисова И.В., Кондрашова Ю.В., Безжоровайная И.Н.* Постпирогенные изменения криогенных почв лиственничников северо-таежной подзоны (Центральная Эвенкия). 654

- Валдайских В.В.* Пространственная и межгодовая изменчивость глубины сезонного протаивания в различных ландшафтах Ямальской лесотундры . 656
- Виноградова Ю.А., Лаптева Е.М.* Функциональное разнообразие микробных сообществ в мерзлых торфяных почвах бугристых болот лесотундры.. 657
- Гололобова А.Г.* Особенности миграции и аккумуляции тяжелых металлов в мерзлотных почвах. 659
- Данилов П.П., Саввинов Г.Н., Боескоров В.С., Макаров В.С.* О трансформации мерзлотных почв Центрально-Якутской равнины.. 660
- Денева С.В., Шамрикова Е.В., Кубик О.С.* Свойства и классификационное положение прибрежных почв арктического региона (на примере побережья Баренцева моря). 661
- Десяткин Р.В., Оконешикова М.В., Иванова А.З., Десяткин А.Р., Филиппов Н.В.* Почвы северных пустынь-тукуланов Центральной Якутии. 663
- Жангуров Е.В., Старцев В.В., Дымов А.А.* Физико-химические свойства и минералогический состав песчаных фракций мерзлотных и длительно сезоннопромерзающих почв Приполярного Урала (бассейн среднего течения реки Кожым). 665
- Замолодчиков Д.Г., Минаева Т.Ю., Печкин А.С.* Влияние антропогенной деятельности на CO_2 -газобмен почв Северного Ямала.. 667
- Касаткина Г.А., Кобелева Н.В.* Структура растительного и почвенного покрова хасырейных комплексов правобережья реки Нгарка-Поёловаяха (Тазовский полуостров). 668
- Кубик О.С., Шамрикова Е.В., Денева С.В.* Валовое содержание и подвижные формы соединений некоторых типоморфных элементов в почвах прибрежной территории Баренцева моря (Хайпудырская губа).. 670
- Николаева М.Х., Десяткин А.Р.* Динамика режима влажности почв и продуктивности луговых фитоценозов аласов Центральной Якутии.. 672
- Оконешикова М.В.* Особенности гумуса лесных почв Центральной Якутии, развитых на породах легкого гранулометрического состава.. 674
- Пастухов А.В., Каверин Д.А., Ковалева В.А., Кубик О.С., Шахтарова О.В., Королев М.А.* Многолетнемерзлые болота: функционирование и уязвимость почвенно-геокриологических комплексов в условиях изменения климата.. 676
- Токарева И.В., Прокушкин А.С.* Влияние пожаров на химический состав почвенных растворов и руслового стока в зоне сплошного распространения многолетней мерзлоты (Центральная Эвенкия). 677
- Федоров П.П.* Влияние температуры деятельного слоя мерзлотных почв на радиальный прирост древесных пород в условиях Центральной Якутии.. 678
- Федоров-Давыдов Д.Г., Лупачев А.В., Губин С.В.* Тундровые почвы бассейна реки Алазеи (Северо-Восточная Якутия). 680
- Филиппов Н.В., Десяткин Р.В.* Изменения морфогенетических параметров окультуренных палевых почв в условиях развития термокарстовых процессов. 682

- Шамрикова Е.В., Жангуров Е.В., Кулюгина Е.Е.* Особенности пространственного распределения углерода и азота в почвах горно-тундровых ландшафтов Полярного Урала. 683
- Шахтарова О.В., Денева С.В., Лаптева Е.М.* Специфика качественного и количественного состава новообразований в тундровых почвах Европейского Северо-Востока России.. 685

Рабочая группа

ПО ИССЛЕДОВАНИЮ ЧЕРНОЗЕМОВ

- Анисимов К.Б., Муромцев Н.А., Семенов Н.А., Витязев В.В.* Особенности гидрологического состояния и функционирования влаги в толще обыкновенного и выщелоченного чернозёма. 688
- Волков Д.С., Рогова О.Б., Проскурнин М.А.* Термическая и окислительная стабильность органического вещества черноземов различного агрогенеза. 689
- Волошина М.С., Гончарова Л.Ю.* Элементный состав черноземов обыкновенных карбонатных Северного Приазовья. 691
- Гуторова О.А., Шеуджен А.Х.* Гумусовое состояние почв рисовых агроландшафтов. 692
- Даденко Е.В., Курохтина И.П.* Пространственное и временное варьирование активности почвенных ферментов чернозема.. 694
- Добрянская С.Л.* Оценка изменения свойств чернозёма выщелоченного Новосибирского Приобья в условиях длительного орошения. 696
- Замулина И.В., Минкина Т.М.* Динамичность состояния компонентов полидисперсной системы почв чернозема обыкновенного карбонатного Ростовской области. 697
- Зиборов А.С., Носов В.В., Бирюкова О.А., Пропастина Е.П.* Элементный состав зерна кукурузы при внесении минеральных удобрений на черноземе обыкновенном. 699
- Зинченко В.В., Федоренко Е.С., Лысенко Д.С., Горовцов А.В., Антоненко С.А., Сушкова С.Н., Бауэр Т.В.* Дегидрогеназная активность техногенно загрязненных почв поймы реки Северский Донец под влиянием биочара и штаммов металлоустойчивых бактерий. 700
- Кравцова Н.Е.* Изменчивость показателей фосфатного состояния в черноземах обыкновенных Ростовской области. 702
- Куваева Ю.В., Фрид А.С.* Состав микроагрегатов чернозема типичного на различных вариантах длительного опыта. 704
- Кучеренко А.В., Кучменко Е.В., Медведева А.М.* Валовой химический состав чернозема южного при различном сельскохозяйственном использовании. 705
- Литвинов Ю.А., Безуглова О.С., Горбов С.Н.* Черноземы на плотных породах: генезис, свойства, охрана.. 706
- Манджиева С.С., Бурачевская М.В., Минкина Т.М., Замулина И.В., Брень Д.В., Мальцева Т.А.* Применение комбинированной схемы фракционирования в условиях экстремальной техногенной нагрузки на почвы черноземной зоны. 708

- Медведева А.М., Кучеренко А.В., Ильченко Я.И.* Агрохимическая характеристика чернозема обыкновенного при ресурсосберегающих агротехнологиях.. 710
- Мельничук Т.Н., Абдурашитов С.Ф., Еговцева А.Ю., Андронов Е.Е., Абдурашитова Э.Р., Радченко А.Ф., Ганоцкая Т.Л., Радченко Л.А.* Влияние ассоциативных бактерий на микробные сообщества чернозема южного ризосферы *Triticum aestivum*. 712
- Онищенко Л.М., Шейджен А.Х.* Состояние чернозема выщелоченного Западного Предкавказья.. 713
- Русева А.С., Тищенко С.А.* Влияние вторичного гидроморфизма на активность почвенных ферментов углеродного цикла в черноземах миграционно-сегрегационных Ростовской области.. 715
- Скрипников П.Н.* Органическое вещество черноземов парково-рекреационных зон Ростова-на-Дону.. 716
- Сулейманов Р.Р., Адельмурзина И.Ф., Миннегалиев А.О.* Тепловой режим агрочернозема в пределах Предуральской лесостепной зоны Республики Башкортостан.. 718
- Суюндуков Я.Т., Хасанова Р.Ф., Суюндукова М.Б.* Агрохимическая характеристика черноземов юго-восточного региона Республики Башкортостан. 720
- Тищенко С.А.* Биологические свойства черноземов миграционно-сегрегационных мочарных ландшафтов. 721
- Чернов В.А., Чернов А.В.* Изменение химических свойств черноземов обыкновенных под влиянием антропогенных грунтовых вод. 723
- Шпедт А.А.* Агрочерноземы Приенисейской Сибири: оценка современного состояния и направление эволюции. 725
- Юдина Н.В.* Гумусное состояние черноземов обыкновенных в современных агроландшафтах Ростовской области. 727

Рабочая группа

ПО АРИДНЫМ ЗЕМЛЯМ

- Аличаев М.М., Казиев М.-Р., А. Султанова М.Г.* Тенденции опустынивания почв горных ландшафтов Дагестана. 728
- Асгерова Д.Б., Абдурашидова П.А., Батырмурзаева П.А., Желновакова В.А.* Дифференциация ареалов распространения опустынивания почв по природным зонам Дагестана.. 730
- Бажа С.Н., Панкова Е.И., Голованов Д.Л., Андреев А.В., Мандахбаяр Ж.* Структура почвенного покрова природных оазисов Гоби как результат переработки литогенной матрицы ландшафтно-геохимическими процессами. 732
- Батхишиг О., Голованов Д.Л., Лебедева М.П., Кутовая О.В., Абрисмов К.Н., Шишков В.А., Мандахбаяр Ж.* Сопряженный гидрофизико-биогеохимический (гидрофизико-микробиологический) механизм формирования коркового горизонта и пустынного загара почв гаммад Центральной Азии. 734

- Биарсланов А.Б., Пайзулаева Р.М.* Об изменении свойств почв Западного Прикаспия под влиянием антропогенного опустынивания. 735
- Гаджиев К.М., Гасанов Г.Н., Баширов Р.Р., Асварова Т.А., Абдулаева А.С., Салихов Ш.К.* Способ улучшения водно-солевого режима солончаков Прикаспия 737
- Гафурова Л.А., Саидова М.Э.* Биодиагностические методы оценки степени устойчивости засоленных почв Приаралья к внешним факторам на основе информативных показателей биологической активности почв. 738
- Залибеков З.Г.* Особенности развития современной стратегии борьбы с опустыниванием и деградацией почв. 740
- Ильина Л.П., Сушко К.С., Шматко В.Ю.* Солевой состав и свойства засоленных почвенных комплексов сухостепных и полупустынных ландшафтов долины Маныча.. 742
- Матяш Н. А., Гончарова Л.Ю.* Буферная способность каштановой среднесолонцеватой карбонатной почвы Государственного биосферного заповедника «Ростовский». 744
- Прокопьева К.О., Конюшкова М.В., Новикова Н.М., Улюмджиев У.Ю.* Фитоиндикация засоленности почв сухой степи севера Калмыкии.. 746
- Сушко К.С., Ильина Л.Л., Беспалова Л.А.* Современное состояние почвенного покрова островов дельты Дона в условиях интенсификации антропогенной деятельности. 747
- Черноусенко Г.И., Панкова Е.И.* Проблема аридизации климата и проявления процессов засоления в почвах Восточной Сибири и Монголии. 749
- Яковлева Л.В., Федотова А.В., Еськова В.А., Скокова А.С.* Влияние морфометрических показателей рельефа на проявление процессов засоления почв в дельте реки Волга. 750
- Якутин М.В.* Особенности формирования запасов гумуса и микробной биомассы в процессе развития каштановых почв. 752

Рабочая группа

НОРМАТИВНО-ПРАВОВОЕ СОПРОВОЖДЕНИЕ ОХРАНЫ И ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПОЧВЕННЫХ РЕСУРСОВ

- Бульшева А.М.* Почвенные исследования в рамках инженерно-экологических изысканий 754
- Королева Т.В., Семенков И.Н.* Нормативы содержания тяжелых металлов и металлоидов в почвах различных стран: оценка применимости в Российских реалиях. 756
- Нестерова О.В., Семаль В.А., Брикманс А.В.* Нормативно-правовое обеспечение органического земледелия в Российской Федерации. 757
- Новосельцев А.С.* Действующая нормативная документация, регламентирующая процесс инженерно-экологических изысканий и её понимание в части исследования почв. 759

- Тимова В.И.* О необходимости актуализации методических рекомендаций по оценке степени деградации почв земель сельскохозяйственного назначения. 761

Комиссия

ПО ПАЛЕОПОЧВОВЕДЕНИЮ

- Аюшина Т.А., Убугунова В.И.* Засоленные почвы мезозойских котловин Западного Забайкалья: роль эндогенеза и палеоразгрузок минеральных вод. 763
- Боескоров В.С., Саввинов Г.Н.* Палеоэнтомофауна мерзлотных почв Янского плоскогорья. 765
- Васильева Д.И., Приходько В.Е., Трегуб Т.Ф., Денисов А.А.* Реконструкция палеосреды на основе комплексного исследования почв срубных памятников. 766
- Занина О.Г., Лопатина Д.А.* Особенности формирования спектров палеомикрофоссилий и возможности реконструкции природных условий в зоне распространения многолетнемерзлых пород. 768
- Калинин П.И., Алексеев А.О.* Палеоклиматические условия формирования лесово-почвенной формации Приазовья в плейстоцене. 769
- Курасова А.О.* Возможности диагностики эрозионных и пирогенных событий для территории средней тайги Западной Сибири на основе изучения погребенных почв и седиментов. 771
- Макеев А.О., Русаков А.В., Курбанова Ф.Г., Хохлова О.С., Куст П.Г., Денисова Е.А.* Динамика природной среды на юге лесной зоны Русской равнины по данным георазведочных архивов. 773
- Матышак Г.В., Гончарова О.Ю., Тархов М.О.* Деформации в почвах прерывистой криолитозоны Западной Сибири и их влияние на почвообразование. 774
- Овчинников А.Ю.* Палеокриогенез и современное почвообразование в центре Восточно-Европейской равнины. 776
- Пшеничников Б.Ф., Лящевская М.С., Пшеничникова Н.Ф.* Роль климата в формировании полигенетичных буроземов прибрежно-островной зоны юга Приморья. 778
- Решетникова Р.А.* Почвы среднего Поволжья как источник палеоэкологической информации 780
- Семенова К.Е.* Погребенные почвы Ладожской трансгрессии. 782
- Сымпилова Д.П.* Разнообразие почв на лессовых породах Западного Забайкалья как отражение ландшафтно-климатических условий переходной зоны. 783
- Учаев А.П., Некрасова О.А., Дергачева М.И., Бажина Н.Л.* Палеопочвы на границе Брюнес-Матуяма (Южный Урал). 785
- Фоминых Л.А.* Почвы и ландшафтно-климатическая обстановка «времени мамонта» в Сибирской Арктике. 787
- Чендев Ю.Г., Иванов И.В.* Палеопочвенные реконструкции в археологических ландшафтах речных пойм лесостепи. 789

- Шихова Л.Н., Филимонова А.В.* Изучение истории формирования торфяных почв в голоцене с помощью ботанического и палеопалинологического методов. 91

Комиссия VI

МЕЛИОРАЦИЯ ПОЧВ

- Абрамова Т.В.* Влияние биоугля на pH и на содержание основных макроэлементов в промывных водах из органогенного горизонта дерново-подзолистой супесчаной почвы. 793
- Васильченко А.В., Васильченко А.С., Галактионова Л.В.* Характер распределения микробной биомассы и ее активности по агрегатным фракциям почв природных и сельскохозяйственных экосистем. 795
- Власенко В.П., Костенко В.В., Осипов А.В.* Агрофизический аспект техногенной деградации почв Азово-Кубанской низменности.. 797
- Гасанов Г.Н., Баширов Р.Р., Асварова Т.А., Гаджиев К.М., Абдулаева А.С., Салихов Ш.К.* Новый подход к реабилитации солончаков в полупустынных ландшафтах Прикаспия. 798
- Горохова И.Н., Панкова Е.И.* Природа пятнистости орошаемых полей и возможность распознавания ее на космических снимках. 800
- Дубина-Чехович Е.В., Бахмет О.Н., Мингалеев А.В.* Мелиорированные сельскохозяйственные угодья в условиях аэротехногенного загрязнения в Республике Карелия. 801
- Зайцева Р.И., Комаров Н.М., Фрид А.С., Аникина Л.М., Панова Г.Г., Чумакова В.В., Володин А.Б.* Влияние засоления почвы и предпосевной обработки семян кремнийсодержащим микроудобрением на проростки озимого ячменя. 803
- Карпенко Т.Ю., Васенев И.И., Сакара Н.А.* Улучшение показателей почвенного плодородия на дренажных и бездренажных участках сельскохозяйственных почв Приморского края при внесении различных доз биоугля. 804
- Клименко О.Е., Клименко Н.И., Новицкая А.П.* Фитомелиорация почв садовых агроценозов Крыма. 806
- Кольцов С.А., Титков А.А.* Трансформация плодородия солонцовых почв Крымского Присивашья под влиянием рисосеяния и оптимизация его параметров. 807
- Мальшева Н.Н., Тешева С.А., Кизинек С.В.* Анализ почвенно-мелиоративного состояния орошаемых земель нижней Кубани. 809
- Минникова Т.В.* Оценка эффективности мелиорантов различной природы при биоремедиации нефтезагрязненных почв. 811
- Морковкин Г.Г., Максимова Н.Б.* Динамика запасов продуктивной влаги по природно-почвенным зонам Алтайского края и их влияние на урожайность яровой пшеницы. 813
- Моторин А.С.* Изменение состава органического вещества торфа под влиянием осушения и сельскохозяйственного использования. 814
- Окорков В.В.* О механизме взаимодействия мелиорантов с поглощающим комплексом почв разной степени кислотности. 816

- Осипов А.В., Слюсарев В.Н., Власенко В.П.* Особенности водно-физических свойств почв рисовых агроценозов современной дельты Кубани. 817
- Романюта Е.М., Горбов С.Н., Безуглова О.С., Тищенко С.А.* Ирригационные системы в урболандшафтах юга Европейской части России: проблемы и перспективы 819
- Симонова Ю.В., Русаков А.В., Попов А.И., Рюмин А.Г., Лемешко Н.А., Мирин Д.Д.* Морфологические особенности и климатообусловленные признаки эволюции постагрогенных почв Ярославского Поволжья в связи с последними климатическими тенденциями. 821
- Тешева С.А., Малышева Н.Н., Кизинек С.В.* Исследование гидролого-мелиоративного состояния земель на рисовых оросительных системах Краснодарского края и комплекс мер по регулированию их почвенного плодородия . 823
- Фасхутдинов Ф.Ш., Гилязов М.Ю., Миникаев Р.В.* Бучильный щёллок травяной целлюлозы – новый мелиорант для кислых почв. 825
- Черкасов Е.А., Куликова А.Х.* Известкование черноземов Ульяновской области. 826
- Шаврина К.Ф., Витковская С.Е.* Влияние возрастающих доз известкового мелиоранта на накопление цинка растениями вики и овса. 828

Подкомиссия

ПО МЕЛИОРАЦИИ ИЗБЫТОЧНО-УВЛАЖНЕННЫХ ПОЧВ

- Гончарова Н.Н., Карпенко Л.В., Старцев В.В., Дымов А.А.* Влияние пожаров на формирование торфяной почвы верхового болота (Печоро-Ильчский заповедник, Республика Коми). 830
- Дмитричева Л.Е., Омелечко Д.А.* Трансформация агрофизических и физико-химических свойств мелиорируемых почв острова Валаам. 832
- Порохина Е.В., Сергеева М.А.* Биохимические процессы в эвтрофных болотах Западной Сибири и горного Алтая. 833

Подкомиссия

ПО ОХРАНЕ ПОЧВ ОТ ЭРОЗИИ

- Гаевая Э.А.* Влияние длительного применения удобрений на плодородие эродированных почв. 836
- Гафурова Л.А., Джалилова Г.Т., Жулиев М.К.* Картирование эрозии почвы с использованием интеграции дистанционного зондирования и ГИС.. 838
- Жукова И.И., Касьяненко И.И.* Почвозащитная способность сельскохозяйственных культур. 839
- Качубей А.А.* Предотвращение эрозионного разрушения насыпных оснований. 841

- Прущик А.В., Сухановский Ю.П., Вытовтов В.А.* Установка для физического моделирования дождевой эрозии. 842
- Хакбердиев О.Э., Ахмедов Ш.М.* Сравнительная оценка физических свойств эродированных почв Северных и Южных гор Республики Узбекистан. 844
- Хакбердиев О.Э., Шамсиддинов Т.Ш.* Влияние эрозии на механический состав сероземов на богаре. 846
- Цыбулько Н.Н.* Почвенно-земельные ресурсы Беларуси и защита их от деградации. 847
- Чумбаев А.С., Танасиенко А.А., Миллер Г.Ф., Соловьев С.В., Якутина О.П.* Многолетняя динамика предзимних и весенних запасов влаги в профиле эродированных черноземов юго-востока Западной Сибири. 849

Подкомиссия

ПО РЕКУЛЬТИВАЦИИ НАРУШЕННЫХ И ЗАГРЯЗНЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ

- Андроханов В.А.* Почвенно-экологическая специфика рекультивированных почв. 851
- Барахов А.В., Минкина Т.М., Манджиева С.С., Бауэр Т.В., Яковленко А.* 853
- Сазонов И.В., Константинова Е.Ю., Константинов А.О.* Инактивация Си в загрязненных почвах с использованием гранулированного активированного угля и диатомита.
- Барбашев А.И., Сушкова С.Н., Минкина Т.М., Дудникова Т.С., Антоненко Е.М.* Влияние углеродистых сорбентов на восстановление свойств почв при загрязнении бенз(а)пиреном. 854
- Васильева Г.К., Стрижакова Е.Р., Кондрашина В.С., Узорина М.Ю.* Сорбционная биоремедиация почв разных типов, загрязненных нефтью и нефтепродуктами. 856
- Воронина Л.П., Кеслер К.Э., Морачевская Е.В.* Информативность стандартных методов токсичности нефтебуровых отходов. 857
- Гильманова М.В., Грехова И.В.* Применение гуминовых препаратов при биологической рекультивации. 859
- Голядкина И.В., Тихонова Е.Н., Одноралов Г.А., Трещевская Э.И.* Особенности фитоэкстракции тяжелых металлов из технозёмов Курской магнитной аномалии (КМА). 861
- Гребенников А.М.* Нормативно-правовая документация в области рекультивации земель и охрана почв. 863
- Деденко Т.П., Малинина Т.А., Трещевская С.В.* Технология и оценка эффективности оптимизации техногенно нарушенных земель Курской магнитной аномалии. 864
- Ергина Е.И., Ергин С.М.* Эколого-экономические особенности рекультивации нарушенных земель в техногенных ландшафтах Крыма. 866
- Иванова А.З.* Опыт почвенной рекультивации берегов техногенных водоемов на территории алмазного прииска (Анабарский район, Якутия). 868

- Игловиков А.В.* Биологическая рекультивация карьерных выемок в условиях Крайнего Севера.. 870
- Капелькина Л.П.* Рекультивация земель в свете новых нормативных документов.. 871
- Кондратьева М.А.* Почвы на угольных отвалах Кизеловского бассейна. 873
- Кучинская Е.С., Витковская С.Е.* Оценка масштабов нарушенных земель с применением ГИС-технологий.. 875
- Леднев А.В.* Современные подходы к рекультивации нефтезагрязненных почв. 876
- Леднев С.А., Королева Т.В., Кречетов П.П., Семенов И.Н., Шаранова А.В.* Целлюлозолитическая активность как показатель экологического состояния техногенно нарушенных почв. 878
- Лиханова И.А., Кузнецова Е.Г., Лаптева Е.М., Денева С.В.* Первичное почвообразование на карьерах после проведения лесной рекультивации в подзоне средней тайги (Республика Коми). 880
- Маркарова М.Ю., Надежкин С.М.* Многолетний мониторинг земель после проведения рекультивации.. 881
- Мелехина Е.Н.* Динамика биоты в условиях рекультивации экосистем с нефтяным загрязнением.. 883
- Мязин В.А., Корнейкова М.В., Васильева Г.К.* Биорекультивация нефтезагрязненных почв в условиях Кольской субарктики. 884
- Петров А.А.* Первичное почвообразование в посттехногенных ландшафтах Якутии. 885
- Пономарева Т.Н., Петроченко Д.А.* Проблемы сохранения и хранения плодородного слоя почвы.. 887
- Сангаджиева Л.Х., Даваева Ц.Д., Цомбуева Б.В., Сангаджиева О.С., Есенаманова М.С.* Особенности распределения тяжелых металлов в почвах аридных территорий. 889
- Семина И.С., Куляпина Е.Д.* Рекультивация техногенно нарушенных земель Кузбасса с использованием отходов углеобогащения 891
- Слуковская М.В., Васнев В.И., Долгих А.В., Иващенко К.В., Новиков А.И., Кременецкая И.П.* Функционирование почвенно-растительных сообществ и депонирование металлов на щелочных геохимических барьерах в Субарктике. 892
- Тимофеева В.В., Ахметова Г.В., Новиков С.Г.* Оценка состояния почв и растительного покрова, формирующихся под влиянием несанкционированных свалок бытовых отходов (на примере Республики Карелия). 894
- Трегубова П.Н., Копцик Г.Н., Жеребкер А.Я.* Ремедиация почв, загрязнённых тяжелыми металлами, посредством регуляции углеродного пула: связь структурно-функциональных характеристик органического вещества с изменением химических, физических и биологических свойств почв. 896
- Шаранова А.В., Семенов И.Н., Леднев С.А., Королева Т.В.* Почвы сернокислых геокомплексов лесостепных ландшафтов на пассивной стадии горнодобывающего техногенеза. 898

- Шестакова Л.Д., Абрамова Л.П., Нижегородова Д.Д.* Экологические проблемы почв и пути их решения. 899
- Щемелинина Т.Н., Анчугова Е.М., Маркарова М.Ю.* Влияние технологий биостимуляции и биоаугментации на свойства нефтезагрязнённых почв. 901

Комиссия VII

МИНЕРАЛОГИЯ ПОЧВ

- Алексеев А.О., Алексеева Т.В., Калинин П.И.* Качественные и количественные зависимости состояния минеральных и органо-минеральных компонентов современных почв степной зоны Юго-Востока Русской равнины с климатическими параметрами.. 904
- Алексеева Т.В., Алексеев А.О.* Ректорит – сингенетичный компонент дерново-подзолистой почвы (Республика Коми) 905
- Байбеков Р.Ф., Белопухов С.Л.* Особенности оценки минералогического состава черноземов Европейской части России по данным термоанализа. 907
- Воробьева А.А., Толпешта И.И., Изосимова Ю.Г., Карпунин М.М.* Влияние проростка ели обыкновенной на трансформацию биотита в условиях краткосрочного лабораторного эксперимента. 909
- Изосимова Ю.Г., Толпешта И.И., Соколова Т.А., Золотарева Д.Д., Сиземская М.Л.* Минералогический состав подфракций ила в почве искусственного понижения 30-летнего возраста.. 910
- Ильичев П.А., Изосимова Ю.Г., Толпешта И.И.* Влияние химических обработок на дифракционные спектры илистой фракции аллювиальной дерново-глеевой почвы.. 911
- Лесовая С.Н.* Минералогический состав маломощных щебнистых почв холодного сектора Евразии. 913
- Погожев Е.Ю.* Минералогический состав крупных фракций почв, сформированных на различных типах ледниковых отложений в условиях холодного гумидного климата. 914
- Рогов В.В., Голованов Д.Л., Лебедева М.П.* Программа создания карты литолого-гранулометрической компоненты классификации почв масштаба 1:2 5000 000. 916
- Татаринев А.В., Яловик Л.И., Убугунов В.Л., Убугунова В.И.* Парагенезисы минералов как индикаторы флюидодинамических условий почвообразования в межгорных впадинах Прибайкалья и Забайкалья. 917
- Толпешта И.И., Ильичев П.А., Изосимова Ю.Г., Лашуков П.В.* Минералогический состав подфракций ила в аллювиальной дерново-глеевой, подзолистой и торфянисто-подзолисто-глееватой почвах. 919
- Хайрулина Е.А., Богуш А.А., Митракова Н.В.* Аккумуляция железосодержащих минералов в почвах при разгрузке подземных соленых вод.. 920

- Чурилин Н.А., Варламов Е.Б., Лебедева М.П.* Сравнительный анализ минералогического состава ила почв сухостепного солонцового комплекса с разной степенью выраженности микрорельефа в Северо-Западной части Прикаспийской низменности.. 922
- Чурилина А.Е.* Минералогический состав почв лимана Волгоградской области и его связь с микрорельефом 924

Подкомиссия

ПО МИКРОМОРФОЛОГИИ ПОЧВ

- Балабко П.Н., Лаптева Е.М.* Особенности микростроения аллювиальных почв речных долин. 926
- Гынинова А.Б., Бадмаев Н.Б., Куликов А.И.* Особенности микроморфологического строения почв катены «Дархитуй» на юге Витимского плоскогорья. 928
- Карпова Ю.О., Бронникова М.А., Аржанцева И.А., Кочкина А.Ф., Шашенков Д.А., Стефутин С.А.* Микроморфологические особенности педолитоседиментов раннесредневековых поселений разных природных зон.. 929
- Ковда И.В., Рябуха А.Г., Поляков Д.Г., Лебедева М.П.* Криогенные макро- и микропризнаки в степных почвах меловых ландшафтов юга Оренбургской области. 932
- Конопляникова Ю.В., Бронникова М.А., Лебедева М.П.* Морфогенез криоаридных почв Юго-Восточного Алтая. 933
- Коркина Е.А.* Морфологические признаки криогенеза в структуре таёжных почв Западно-Сибирской равнины.. 935
- Куст П.Г., Лебедева М.П., Макеев А.О.* Опыт оценки иллювиирования тонкодисперсных фракций в почвах с помощью компьютерной обработки микрофотографий шлифов 937
- Лебедева М.П., Романис Т.В., Варламов Е.Б., Макеев А.О.* Микроморфологическая диагностика современного и реликтового почвообразования сухостепного солонцового комплекса Волго-Уральского междуречья в условиях изменения климата. 939
- Мусаэлян Р.Э., Лебедева М.П., Варламов Е.Б., Романис Т.В.* Минерало-микроморфологические особенности каштановых почв при близком подстилании нижнехвалынских шоколадных глин в обнажениях нижней Волги (средняя Ахтуба и Райгород). 941
- Плотникова О.О.* Микроморфометрические показатели агрегатов черноземов типичных разной степени смывтости (Курская область) 942
- Романис Т.В., Седов С.Н., Лев С.Ю., Лебедева М.П.* Диагностика условий формирования почв и культурных слоев палеолитической стоянки Зарайск по данным микроморфологических исследований. 944
- Рыспеков Т.Р.* Форма и строение трещин почв сухостепной зоны Северного Казахстана 946
- Ямнова И.А., Черноусенко Г.И.* Сравнительная характеристика химико-морфологического строения засоленных почв Предбайкалья и Забайкалья. 947

Комиссия

ПО ПЕДОМЕТРИКЕ

- Гиниятуллин К.Г., Рязанов С.С., Сахабиев И.А.* Использование геостатистических методов для оценки закономерностей формирования запасов гумуса в залежных светло-серых лесных почвах. 949
- Дядькина С.Е., Кротов Д.Г.* Гранулометрический состав почв Брянской области. 951
- Еремина И.Г., Кутькина Н.В.* База данных агропочв предгорий Западного Саяна. 952
- Кириллова Н.П., Жулидова Д.А., Артемьева З.С.* Создание трехмерной оптической карты почвы с помощью цифровой камеры в полевых условиях. 954
- Кондрашкина М.И.* Составление карт распространения борщевика Сосновского (*Heracleum sosnowskij manden.*) на примере единичного угодья 955
- Мешалкина Ю.Л.* Анализ неопределенности в цифровой почвенной картографии. 957
- Моисеев К.Г., Зинчук Е.Г.* Применение Вейвлет-анализа фотоизображений разрезов в диагностике почв. 958
- Пивоварова Е.Г., Кононцева Е.В., Хлуденцов Ж.Г.* Информационно-логический анализ в решении теоретических и прикладных проблем классификации почв. 960
- Самсонова В.П., Благовещенский Ю.Н.* Бутстреп-моделирование в почвоведении 961
- Сахабиев И.А.* Геостатистический анализ вариабельности показателей почвенного плодородия в целях внедрения технологий точного земледелия. 963
- Хлуденцов Ж.Г., Пивоварова Е.Г., Кононцева Е.В.* Интеграция региональных и базовых классификаций для диагностики и идентификации почв подзоны обыкновенных черноземов Алтайского края. 964
- Чащин А.Н., Кондратьева М.А.* Анализ и оценка использования черноземов Пермского края на основе данных дистанционного зондирования. 966

Комиссия

ПО ИСТОРИИ, ФИЛОСОФИИ И СОЦИОЛОГИИ ПОЧВОВЕДЕНИЯ

- Васильев А.А.* Вклад В.Н. Варгина (1866-1936) в развитие агропочвоведения на Урале. 969
- Гончарова Л.Ю.* Ростовский университет в жизни выдающегося почвовед А.Ф. Лебедева. 971

<i>Иванов И.В.</i> Исследования истории и методологии почвоведения в России.	972
<i>Кириллова В.А., Алябина И.О.</i> Оценка эффективности землепользования в Нижегородской губернии по материалам экспедиции Докучаева.	974
<i>Красильников П.В.</i> Почвы и власть: немецкое и мировое почвоведение в 30-40-х годах XX века.	975
<i>Матинян Н.Н. Д.А.</i> Драницын – почвовед-географ.	977
<i>Прохорова И.И., Прохоров И.С.</i> История научных публикаций по агрохимии в России.	978
<i>Русакова Е.А., Иванов И.В.</i> Первая статья В.В. Докучаева и её роль в дальнейшем научном творчестве ученого.	980
<i>Снытко В.А., Озерова Н.А., Собисевич А.В. М.А.</i> Глазовская как исследователь почв Австралии..	981
<i>Ханмагомедов Х.Л.</i> Первые почвенно-географические исследования в Дагестане в послеоктябрьский период.	983

Комиссия

ПО ОБРАЗОВАНИЮ В ПОЧВОВЕДЕНИИ

<i>Гурова Т.А.</i> Технологии дистанционного образования по направлению «Почвоведение» с использованием социальных сетей.	985
<i>Колесникова В.М., Макаров О.А.</i> Вопросы преподавания эколого-экономической оценки земель.	987
<i>Смирнова И.Е.</i> Особенности преподавания курса «Основы почвоведения» в условиях многообразия классификаций почв.	988

IV МАКЕЕВСКИЕ ЧТЕНИЯ

<i>Бадмаев Н.Б., Гынинова А.Б., Куликов А.И.</i> Температурное поле и «зеркальное отображение» процессов промерзания и протаивания почв на юге Витимского плоскогорья Забайкалья.	991
<i>Гончиков Б.-М.Н., Куликов А.И., Гынинова А.Б., Базаров А.В., Мангатаев А.Ц., Сычев Р.С.</i> Особенности температурного режима почв на разных типах распространения многолетней мерзлоты в Байкальском регионе.	992
<i>Каверин Д.А., Пастухов А.В.</i> Температурный режим почв и многолетнемерзлых почвообразующих пород Европейского Северо-Востока на фоне климатических изменений	994
<i>Остроумов В.Е., Федоров-Давыдов Д.Г., Холодов А.Л., Давыдов С.П., Давыдова А.И., Сороковилов В.А.</i> Тепловой режим почв и многолетнемерзлых подпочвенных пород Северной Якутии в связи с глобальным изменением климата.	995
<i>Худяков О.И., Решоткин О.В.</i> Влияние современного потепления на температурный режим мерзлотных почв тайги Восточной Сибири	997

Партнеры и спонсоры VIII съезда
Общества почвоведов им. В.В. Докучаева



Научное издание

ПОЧВЫ – СТРАТЕГИЧЕСКИЙ РЕСУРС РОССИИ

Тезисы докладов

VIII съезда Общества почвоведов им. В.В. Докучаева
и Школы молодых ученых по морфологии и классификации почв

Сыктывкар, 2020-2022 гг.

Часть 3

Рекомендовано к изданию

Ученым советом Института биологии ФИЦ Коми НЦ УрО РАН

Оригинал-макет и корректура – Е.А. Волкова

Издание электронное. DOI: 10.31140/book-2021-05