

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 2



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 2 / Отв. ред.: С.А. Шоба, И.Ю. Савин, Е.М. Лаптева. – Москва-Сыктывкар: ИБ ФИЦ Коми НЦ УрО РАН, 2021. – 294 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, Е.М. Лаптева

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 978-5-6043449-9-6 (Ч. 2)  
ISBN 978-5-6043449-3-4

DOI: 10.31140/book-2021-06

© ИБ ФИЦ Коми НЦ УрО РАН, 2021

## Симпозиум 1

### Почвенные и земельные ресурсы России: оценка, нормирование, управление

Руководители: акад. РАН А.Л. Иванов, д.б.н. О.А. Макаров,  
д.г.н. В.С. Столбовой, д.б.н. А.С. Яковлев

---

УДК 504.05

### КВАЛИМЕТРИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ВОЗДЕЙСТВИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ (НА ПРИМЕРЕ СЕВЕРО-ЗАПАДА НИЖЕГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ)

**Алябина И.О., Кукушкина О.В.**

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

В рамках исследования закономерностей землепользования в Балахнинском уезде Нижегородской губернии в XVIII–XXI веках проведена экологическая оценка современного антропогенного воздействия на окружающую среду в этом промышленно развитом регионе. Здесь, как и во многих других регионах страны и мира, отмечается сокращение площадей агроландшафтов и, одновременно, последовательное увеличение воздействия промышленности на все компоненты ландшафта.

Существует множество методов оценки воздействия на окружающую среду. Некоторые позволяют оценить лишь один аспект загрязнения, другие дают комплексную оценку воздействия, однако требуют больших выборок и работают только локально. Поскольку задача исследования состояла в оценке воздействия на большой территории и картографическом его представлении, был использован собственный специальный алгоритм. Прежде всего определили список видов воздействия на атмосферу, водную среду, почвы, которое оказывают отрасли промышленности, наиболее развитые в регионе. Один вид воздействия был принят за 1 балл. Каждая отрасль получила балльную оценку – сумму видов воздействия на окружающую среду (лёгкая и пищевая промышленности – по 3 балла; деревообра-

батывающая – 4; машиностроение, химическая, нефтехимическая, промышленность строительных материалов – 5; целлюлозно-бумажная – 6; металлургия – 8; энергетика – 9). Далее были собраны данные о наиболее значимых предприятиях изучаемой территории (всего 268), которые ранжировали по объёму производства и/или количеству трудящихся от малого (1 балл по величине) до крупнейшего (4 балла). Полученные материалы использовали в расчётах для картографической квалиметрической оценки. Так, завод ГАЗ – машиностроительное предприятие. Машиностроение оказывает, главным образом, 5 видов воздействия (аэрозольное загрязнение атмосферы; химическое загрязнение атмосферы основными поллютантами; химическое загрязнение атмосферы специфическими поллютантами; химическое загрязнение водных ресурсов; химическое загрязнение почв) и оценено в 5 баллов. ГАЗ является крупнейшим предприятием региона, его балльная оценка по величине равна 4. Произведение баллов суммы воздействий машиностроительного предприятия на баллы величины предприятия, равное 20, позволяет оценить в целом его влияние на окружающую среду. Предприятие ГАЗ расположено в Нижнем Новгороде, где выделено всего 96 крупнейших и крупных предприятий. В этой административной единице рассчитаны: 1) количество видов воздействия промышленности (без учёта величины предприятий); 2) интенсивность воздействия промышленности (с учётом величины предприятий). Аналогичные расчёты проведены для всех административных единиц. В современном административно-территориальном делении Нижегородской области в границы Балахнинского уезда XVIII века попадают Городецкий, Балахнинский, Чкаловский, Володарский районы и несколько городов областного значения – Нижний Новгород, Дзержинск, Балахна, Городец.

Результаты обработки информации о предприятиях отражены на построенных тематических картограммах, для которых условно использовали границы административных единиц. Максимальное влияние промышленности на все среды характерно для наиболее экономически развитых городов региона – Нижнего Новгорода и Дзержинска. Здесь сосредоточено больше всего предприятий. Минимальное загрязнение атмосферного воздуха, воды и почв характерно для районов, в которых промышленность представлена небольшими либо единичными крупными предприятиями. Это северо-западная, западная и центральная части изучаемого региона. Таким образом, на фоне снижения влияния земледелия и другой сельскохозяйственной деятельности человека, в основном сосредоточенной, как и в прежние века, в северной части региона, показано общее возросшее негативное воздействие промышленности на все компоненты окружающей среды и, в первую очередь, на почвы. Экологически неблагоприятными являются юго-восточные и восточные районы территории. Наибольшие потенциальные риски ухудшения состояния почвенно-земельных ре-

сурсов выявлены для Нижнего Новгорода и Дзержинска, занимающих почти 14.5% площади Балахнинского уезда в границах XVIII века.

УДК 631.4:502.5

## **ПРОЦЕССЫ ДЕГРАДАЦИИ ЧЕРНОЗЕМНЫХ И КАШТАНОВЫХ ПОЧВ В РОСТОВСКОЙ ОБЛАСТИ**

**Безуглова О.С.<sup>1</sup>, Назаренко О.Г.<sup>2</sup>, Ильинская И.Н.<sup>3</sup>**

<sup>1</sup> Южный федеральный университет, Ростов-на-Дону  
E-mail: lola314@mail.ru

<sup>2</sup> Государственный центр агрохимической службы «Ростовский»,  
пос. Рассвет, Ростовская область  
E-mail: nazarenko@mail.ru

<sup>3</sup> Федеральный Ростовский аграрный научный центр, пос. Рассвет  
E-mail: izidaar1@mail.ru

Ростовская область, расположенная на контакте двух почвенных зон – степной зоне обыкновенных и южных черноземов, сухостепной зоне темно-каштановых и каштановых почв, – занимает обширную территорию 100.9 тыс. км<sup>2</sup> в речном бассейне Нижнего Дона. Это преимущественно равнинная территория, расчлененная долинами рек и балками, степной ландшафт оживляют на юго-востоке Сальско-Манычская гряда и Ергенинская возвышенность, на севере заходит Среднерусская возвышенность, на западе – отроги Донецкого кряжа. Регион характеризуется относительно благоприятным умеренно-континентальным климатом, но с неустойчивым режимом увлажнения, а также ветрами, господствующими на всей территории как зимой, так и летом. Все это предопределяет развитие эрозионных процессов и дефляции, а нерациональное природопользование способствует превращению предпосылок в реальную угрозу опустынивания территории.

Анализ изменений климатических показателей за 50 лет показал усиление аридности в Северо-Восточной и Восточной природно-сельскохозяйственных зонах (ПСЗ) Ростовской области. Наблюдаются общее потепление (0.34 °C в среднем за год), тенденция к уменьшению числа морозных дней с аномально низкими температурами, и рост количества дней с аномально высокими температурами в среднем по области на 2 дня за 10 лет, на юго-востоке области – 4 дня/10 лет. Величина коэффициента увлажнения свидетельствует, что для области характерно недостаточное увлажнение, а увлажненность восточной части области оценивается как скудная. Расчет коэффициента экологической стабильности ландшафта показал, что состояние всех природно-сельскохозяйственных зон области оценивается как нестабильное. Наиболее явно нестабильность выражена в Южной и Приазовской зонах.

По величина нормализованного индекса аридности (NIA), рассчитанного по данным за 2005–2015, крайние восточные районы области оцениваются как среднеаридные ( $NIA=0.62-0.65$ ), остальные районы этой зоны относятся к умеренно аридным. Это свидетельствует о нарастании засушливости по сравнению с последней четвертью прошлого века, когда вся Восточная ПСЗ оценивалась как умеренно аридная. Оценка по величине почвенно-экологического индекса показала, что только две зоны – Приазовская и Южная – имеют удовлетворительное экологическое состояние территорий, остальные четыре ПСЗ, где преобладают эрозионные процессы, характеризуются как территории с напряженным экологическим состоянием.

Распаханность территории является одной из важных экологических характеристик сбалансированной территориальной организации. Доля природных ландшафтов в степной зоне должна составлять не менее 35–40%, в оптимуме – до 60%, в Ростовской области этот показатель равен только 25.6%. Нерациональное землепользование сопровождается дегумификацией, агроистощением, развитием эрозии, деградацией физических свойств почв (переуплотнение). Необходимы критерии оценки для каждого из этих видов деградации. Однако ряд показателей в настоящее время не подлежит объективной оценке, так как масштабных исследований для оценки развития переуплотнения и процессов эрозии на территории Ростовской области не проводилось с конца прошлого столетия. Необходимо возобновление этих работ и не только на полигонах, но и при сплошном обследовании. Или, как минимум, проведение оценочных работ с привлечением дистанционных наблюдений, проверяемых точечными выездами на места локализации масштабных проявлений эрозии.

В Восточной ПСЗ развивается еще один вид деградации, являющийся прямым предшественником опустынивания территории. Это нерациональное использование пастбищ, проявляющееся снижением их продуктивности, обусловленным значимым превышением допустимой нагрузки сельскохозяйственных животных на 1 га пастбищ.

Таким образом, реальность угрозы опустынивания в Ростовской области доказывается изменением ряда показателей, традиционно используемых с целью диагностики деградационных процессов.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 16-0400592.

УДК 631.4:528.92.94

**ИНВЕНТАРИЗАЦИЯ, ОЦЕНКА ДИНАМИКИ И ОРГАНИЗАЦИЯ  
МОНИТОРИНГА ПОЧВЕННО-ЗЕМЕЛЬНОГО ПОКРОВА  
СУБЪЕКТОВ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
В МАСШТАБЕ 1 : 10 000**

**Вильчевская Е.В., Сулейман Г.А., Рухович Д.И., Долинина Е.А.**

Почвенный институт им. В.В. Докучаева, Москва

E-mail: landmap@yandex.ru

Сложился двоякий подход к инвентаризации почвенно-земельных ресурсов на территории России. С одной стороны, элементом инвентаризации является кадастровый участок с указанным видом разрешенного использования, с другой стороны, элементом инвентаризации является сельскохозяйственное поле. Под сельскохозяйственным полем понимают участок земной поверхности, ограниченный естественными и антропогенными разделителями (оврагами, реками, дорогами, постройками, лесополосами и т.д.) однородно обрабатываемый в течении годового севооборотного цикла. Для кадастрового же участка в современном законодательстве наличие границ на текущий момент не обязательно. Для кадастрового участка достаточно наличия собственника, площади, вида разрешенного использования и указания местоположения (без границ). Для оценки качества кадастрового участка при его предполагаемом сельскохозяйственном использовании, должен быть учтен почвенный покров. Под почвенно-земельным покровом предполагается понимать почвенный покров с указанием вида его эксплуатации. Соответственно инвентаризировать следует комплекс территориальных единиц с единством почв и способов воздействия на них.

Подход к инвентаризации на основе картографирования сельскохозяйственных полей реализовывался в виде карт внутрихозяйственного землеустройства в масштабах 1 : 10 000 и 1 : 25 000. Других материалов с указанием того, что этот участок земной поверхности является пахотным полем не предусмотрено. Мониторинг теоретически возможен на основе сравнения разновременных карт внутрихозяйственного землеустройства. Это затруднено, т.к. архивные карты находятся на бумажных носителях и были необязательны к хранению после их обновления. Подход к инвентаризации на основе кадастровых участков реализован в виде публичной кадастровой карты. Как указано выше, при кадастровом учете нет четкого указания по реальному виду использования земель под пашню, сенокос, пастбище и т.д. Конкретный вид угодий в кадастровой информации не содержится. Более того, кадастровый участок может содержать в себе несколько сельскохозяйственных угодий. В связи с этим провести инвентаризацию и мониторинг пашни на основе ка-

дастрового учета не представляется возможным.

Для составления схем внутрихозяйственного землеустройства в 70-х, 80-х годах прошлого века уже широко использовались данные дистанционного зондирования (ДДЗ) в виде аэрофотосъемки (АФС). Методы дешифрирования ДДЗ и АФС достаточно стандартизованы. Принципы униформизма и актуализма позволяют экстраполировать методы дешифрирования на ДДЗ разных лет и источников, при сопоставимых характеристиках (пространственное разрешение, спектральные диапазоны, точность географической привязки и т.д.). Можно предположить, что актуализация схем внутрихозяйственного землеустройства по ДДЗ разных лет позволит создать серию карт за временной диапазон и осуществить мониторинг. В открытом доступе в том или ином виде на всю земную поверхность существуют ДДЗ с 1968 года по настоящее время. Пространственное разрешение самых ранних материалов составляет 2 м и выполнены они в режиме панхроматической съемки, аналогичной АФС, которая использовалась для составления схем внутрихозяйственного землеустройства. Современные ДДЗ имеют разрешение 1 м и точнее. Использование всего массива ДДЗ за период с 1968 г. по настоящее время позволяет применить технологию ретроспективного мониторинга почвенно-земельного покрова для построения серии карт в масштабе 1 : 10 000. Технология апробирована в нескольких субъектах Российской Федерации. В четырех из них проведена инвентаризация пашни на всей территории. Из них в трех регионах осуществлен ретроспективный мониторинг с пролонгацией в виде перспективного мониторинга. Оценка динамики почвенно-земельного покрова на основе разновременных карт позволила показать сколько пашни в регионе было, сколько ее осталось и чем являются участки пашни, которые на настоящий момент не используются под пашню.

УДК 633.18 : 631.5

### **ВАЖНЕЙШИЕ НАПРАВЛЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЯ СОСТОЯНИЯ ЗЕМЕЛЬ НА ОСНОВЕ НОВЕЙШИХ МЕТОДОВ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ ИЗ КОСМОСА**

**Глазунов Г. П., Евдокимова М.В., Титарев Р.П., Шестакова М.В.**

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

Земельные ресурсы планеты Земля ограничены и усиленно эксплуатируются. Это приводит к их деградации. Актуальными задачами, решение которых позволит создать условия и для обеспечения продовольственной безопасности и для устойчивого развития, являются задачи глобальной оценки состояния земельных ресурсов

на единой основе для целей мелиорации, рекультивации и восстановления. Применительно к задачам исследования экологического состояния земель целых стран традиционные подходы биодиагностики, основанные на измерении и анализе отклика живого на воздействие, приходится модифицировать и использовать в качестве отклика живого показатели состояния и функционирования экосистем, определяемые по результатам съёмки земной поверхности с орбиты искусственных спутников Земли.

Расширение перспектив применения дистанционных методов при решении задач контроля состояния земельных ресурсов обусловлено результатами целенаправленной работы по: 1) увеличению доступности данных дистанционного зондирования Земли; 2) увеличению разрешающей способности сенсоров (увеличению детальности съёмки); 3) увеличению числа спектральных диапазонов съёмки; 4) применению всепогодных сенсоров на основе радаров; 5) накоплению длинных рядов данных; 6) увеличению степени покрытия земной поверхности детальной съёмкой; 7) увеличению доступности методов обработки и анализа больших массивов данных на основе облачных технологий. Открывшиеся возможности дистанционных методов широко используются в комплексе с наземными исследованиями при решении широкого круга научных и прикладных задач контроля земельных ресурсов и обеспечения устойчивого развития. При развёртывании этих работ будут полезны материалы, в которых обсуждаются возможности общедоступной платформы Google Earth Engine для дистанционной обработки больших массивов экспериментальных данных с доступом к глобальным базам данных по климату, почвам, растительности и материалам дистанционного зондирования Земли и общие методические подходы к оценке состояния земель на основе использования методов дистанционного зондирования Земли и баз данных наземных, подспутниковых измерений. Единственно адекватными масштабам наблюдаемой глобальной деградации земель являются методы дистанционного зондирования Земли из космоса. Из числа этих методов наибольшее распространение получили методы на основе вегетационных индексов, получаемых в результате обработки материалов мультиспектральной съёмки земной поверхности с искусственных спутников Земли. Наиболее широко при этом применяется нормализованный вегетационный индекс NDVI. Анализ внутригодовой динамики NDVI позволяет вскрыть фенологические фазы растительного покрова и оценить фитомассу, а анализ межгодовой динамики позволяет выявить наличие воздействий, изменяющих направление эволюционирования наземных экосистем, установить их механизмы, оценить последствия их влияния и разработать меры по снижению и устранению их негативного влияния. Все известные приложения NDVI к анализу динамики наземной растительности основаны на эмпирических моделях. В то же время дано теоретическое

обоснование известным методам анализа динамики вегетационных индексов растительности и новому методу анализа отклика на воздействие. В большом числе работ выявлены механизмы таких изменений в состоянии земель, которые приводят к их деградации. Причиной деградации чаще всего выступают антропогенные изменения и изменение климата. Налаживание глобального мониторинга состояния земель на основе дистанционных методов является необходимым условием их сохранения.

УДК 631.452

## **ОЦЕНКА ВЕЛИЧИНЫ УЩЕРБА ОТ ДЕГРАДАЦИИ ПОЧВ И ЗЕМЕЛЬ С УЧЕТОМ УТРАЧЕННЫХ ЭКОСИСТЕМНЫХ УСЛУГ**

**Гучок М.В.**

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

В настоящее время очевиден тот факт, что порча и загрязнение земель снижает продуктивность всей экосистемы. Деградация земель проявляется снижением урожайности биомассы и исчезновением поверхностной растительности. С экономической точки зрения это материальная проблема, которая приносит значительные убытки землевладельцам и обществу в целом. Инструментом экологической ответственности за деградацию земель является исчисление величины ущерба. В сумму ущерба от деградации земель, согласно ст.15 Гражданского кодекса РФ, необходимо включать три вида расходов: на восстановление нарушенного земельного участка и возвращение ему первоначальной высокой стоимости, а также размер упущенной выгоды, представляющий собой ценовое выражение утраченных возможностей экосистемы.

В качестве объектов исследования выступили земельные участки, расположенные в ХМАО-Югра, нарушенные обустройством поисково-разведывательных нефтяных скважин. Основными видами негативно-го воздействия, выявленными на изученных участках были вырубка лесов, нефтяное загрязнение и засоление почв, обустройство объектов размещения отходов – буровых шламовых амбаров. На участках производился отбор образцов загрязненных почв и отходов из бурового шламового амбара. Отобранные образцы почв и отходов были проанализированы на содержание нефтепродуктов и хлорид-ионов, как основных загрязняющих веществ, сопутствующих нефтедобыче. Также была определена степень токсичность отходов на *Paramecium caudatum* и тест-системе Эколюм.

Согласно Российскому законодательству ущерб от деградации земель может быть оценен по фактическим затратам на восстановление, либо по действующим методическим документам. В настоящее время

в РФ действуют несколько нормативно-методических документов, позволяющих оценить величину ущерба от деградации, загрязнения, захламления или иной порчи земель, однако преобладающий в данных документах нормативный подход, основанный на использовании фиксированных величин, называемых таксами, никак не соотносится с размером причиненного вреда и поэтому не отражает ни реальных потерь общества и природы, ни затрат на устранение последствий причиненного вреда.

Альтернативным вариантом монетизации ущерба предлагается расчет затрат на восстановление поврежденных природных ресурсов и оказываемых ими экосистемных услуг. Расчет затрат по восстановлению нарушенного участка был произведен по утвержденным расценкам на проведение восстановительных работ, применительно к каждому исследованному участку. Нами была предпринята попытка монетизировать стоимость утраченных экосистемных сервисов. Наиболее очевидными стали средообразующие услуги: депонирование углекислого газа, водоочистение в водоохраных зонах; и продукционные услуги: продукция древесины, биологический запас ягод и грибов, охотничья продукция. Суммарные экосистемные услуги, недополученные ввиду деградации земельных участков представляют «упущенную выгоду».

В результате произведенных расчетов было проведено сравнение результатов экономической оценки причиненного вреда, полученного по утвержденным методикам и по фактическим затратам на восстановление нарушенных земель с учетом утраченных экосистемных сервисов. Оказалось, что величина ущерба, рассчитанная по методичке практически всегда значительно завышена и абсолютно не коррелирует со стоимостью рекультивации земель. Учет экосистемных функций приводит к незначительному увеличению ущерба от деградации земель, что может говорить о недооцененности природных ресурсов.

Таким образом, необходимо привлечение внимания государства и общества для дальнейшего развития методологии оценки экосистемных сервисов, тем самым стимулирования природопользователей к восстановлению причиненного вреда. Результаты экономической оценки экосистемных услуг могут являться важным элементом анализа эффективности сложившейся правовой организации природопользования в РФ, являющейся мировым донором экосистемных услуг.

УДК 631.4

## **ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ НОРМИРОВАНИЕ СОСТОЯНИЯ ПОЧВ И РАСТИТЕЛЬНОГО ПОКРОВА В ОКРЕСТНОСТЯХ КРУПНОГО ГОРНО-ОБОГАТИТЕЛЬНОГО КОМБИНАТА ПО ДАННЫМ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ**

**Евдокимова М.В., Глазунов Г.П., Титарев Р.П.**

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

В работе подтверждена рабочая гипотеза о том, что стрессор в виде химических веществ, содержащих тяжелые металлы, оказывает на растительность весь спектр воздействия, от стимулирующего до угнетающего, а теоретическая функция отклика реципиента (растительного покрова в форме NDVI) на воздействие стрессора (в виде тяжелых металлов в почве) имеет максимум. При этом совокупная концентрация тяжелых металлов в почве (среднее геометрическое из фактических концентраций) является оптимальной для изучаемого реципиента (растительного покрова), а весь диапазон концентраций тяжелых металлов в почве естественным образом делится шестью особыми точками модели на семь категорий качества с собственным состоянием «макрокинетических» характеристик отклика реципиента (NDVI) на действие стрессора (загрязнение почвы тяжелыми металлами). Тем самым обоснован подход к нормированию и выявлению допустимого уровня антропогенного воздействия на наземные экосистемы по результатам совместного анализа сезонной динамики NDVI и распределения тяжелых металлов в почве в зоне влияния промышленного предприятия.

Объектом исследования был участок «Ямская степь» государственного природного заповедника «Белогорье», испытывающий воздействие крупного горно-обогатительного комбината. Исследуемая территория расположена на выровненном водоразделе с врезанными вершинами балок, покрытом преимущественно миграционно-мицеллярными черноземами на карбонатных лёссовидных суглинках и глинисто-иллювиальными черноземами на бескарбонатных лёссовидных суглинках под различными вариантами ковыльных и овсецовых степей, замещающихся в последние десятилетия остепненными лугами, а местами – темно-серыми лесными почвами под водораздельными дубравами, а по балкам – под различными лесами и кустарниками. Почвы заповедника загрязняются тяжелыми металлами, содержащимися в пыли, поступающей с горно-обогатительного комбината по воздуху.

Природные условия на мониторинговых площадках однородны по экспозиции и крутизне склонов, растительному и почвенному покрову. Подход к выявлению закономерностей временной и пространственной изменчивости фотосинтетически активной биомассы осно-

ван на анализе данных дистанционного зондирования Земли (NDVI, Sentinel 2) с использованием теоретического уравнения, выведенного ранее в рамках законов сохранения механики и макроскопической химической кинетики живых реагирующих систем. Показано, что при условии введения постоянной для каждой мониторинговой площадки (пикселя) результирующей (в форме среднего геометрического) начальной концентрации содержащихся в почве загрязняющих веществ (Al, As, Ba, Ca, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, K, Mg, Mn, Mo, Na, Ni, Pb, Sr, V, Zn) в константы уравнения, одномодальная сезонная динамика вегетационного индекса подчиняется теоретическому уравнению, константы и особые точки которого являются индивидуализирующими характеристиками каждой площадки (пикселя). При условии введения в константы уравнения фиксированного времени, соответствующего максимуму вегетации (24-ая неделя 2019 года) закономерности пространственного изменения вегетационного индекса по мониторинговым площадкам (пикселям) с одинаковыми, помимо концентрации загрязняющих веществ, почвенными свойствами, сведены к уравнению дозовой зависимости, константы ( $b = 4.13$ ;  $C = 2.70E-15$ ;  $k = 4.84E-04$ ) и особые точки которого являются индивидуализирующими характеристиками отклика фотосинтетически активной биомассы (NDVI) на результирующую начальную концентрацию в почве загрязняющих веществ данного набора. Весь диапазон концентраций комплекса загрязняющих веществ в почве при прочих одинаковых условиях по результатам экспериментального изучения дозовых зависимостей закономерно распределяется по семи диапазонам, выявленным анализом особых точек модели отклика на воздействие, характеризуемым общностью макрокинетических показателей отклика. Предельно допустимой концентрацией является та, при которой происходит смена стимулирующего действия загрязняющих веществ на угнетающее. Она соответствует точке максимума модели ( $z_4$ ). Для территории участка «Ямская степь» она составляет 117,2 мг/кг. Ареалы одинаковой устойчивости почв и растительного покрова к действию загрязняющих веществ в зоне воздействия горно-обогатительного комбината нанесены на топографическую основу.

УДК 632.125

## **ОЦЕНКА ДЕГРАДАЦИИ ПОЧВ И ЗЕМЕЛЬ В ВОЛГОГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ (НА ПРИМЕРЕ АГРОХОЗЯЙСТВА СП «ДОНСКОЕ»)**

**Крючков Н.Р.**

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

Как известно, деградация почв – процесс, снижающий качественно и количественно текущую и потенциальную их продуктивность.

Деградация почв может вызываться многими факторами, в том числе и естественными. Однако наиболее интенсивно деградационные процессы протекают в почвах при продолжительном нерациональном управлении земельными ресурсами. При растущих темпах воздействия человека на окружающую среду и на земельные ресурсы, в частности, деградация почв будет приводить к обострению проблемы обеспечения населения качественным продовольствием. При этом продовольственная безопасность государства будет определяться масштабами проявления деградации почв в отдельных агрохозяйствах и регионах. К числу таких агрохозяйств относится СП «Донское» Калачёвского района Волгоградской области – одного из важнейших сельскохозяйственных регионов России.

Целью проведенных исследований явилась оценка деградации почв и земель СП «Донское» Калачёвского района Волгоградской области при помощи различных методических подходов.

Использовались следующие методики:

1. «Порядок определения размеров ущерба от загрязнения земель химическими веществами» (Утверждена Роскомземом 10 ноября 1993 г. и Минприродой РФ 18 ноября 1993 г.).

2. «Методика определения размеров ущерба от деградации почв и земель» (Утверждена приказом Роскомзема и Минприроды России от 17 июля 1994 г.);

3. Методика оценки «действия и бездействия» против деградации земель (методика Й. фон Брауна).

Деградация почв агрохозяйства оценивалась, главным образом, путем сопоставления их свойств со свойствами эталонов («недеградированных аналогов»). В рамках проведенных в 2019 г. исследований изучались следующие свойства почв: плотность сложения, рН водной вытяжки, содержание органического углерода по Тюрину в модификации Никитина, содержание доступного фосфора и обменного калия по методу Мачигина, содержание суммы токсичных солей, ЕКО по методу Бобко-Аскинази, содержание тяжелых металлов и мышьяка в 1 н азотнокислой вытяжке. Кроме того, по данным дистанционного зондирования и моделирования, оценивались такие параметры как расчленённость территории оврагами, потери почвенной массы и показатель продуктивности.

В результате анализа указанных показателей было установлено, что степень проявления таких деградационных процессов в почвах как их эродированность, переуплотнение, агроистощение, осолонцевание значительно варьирует по территории агрохозяйства СП «Донское». Применение методики Й. фон Брауна показало, что для большинства сценариев «действие» оказывается более эффективным, чем «бездействие», т.е. восстановление (рекультивация) земель здесь целесообразно с экологической и экономической точек зрения.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 19-29-05021 мк «Экономика деградации земель и продовольственная безопасность регионов России».

УДК 631.42

## **АПРОБАЦИЯ РАЗЛИЧНЫХ ПОДХОДОВ К ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ОЦЕНКЕ ДЕГРАДАЦИИ ПОЧВ И ЗЕМЕЛЬ**

**Макаров О.А.<sup>1</sup>, Строков А.С.<sup>2</sup>, Цветнов Е.В.<sup>1</sup>, Абдулханова Д.Р.<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Москва  
E-mail: oa\_makarov@mail.ru

<sup>2</sup> Российская академия народного хозяйства и государственной службы при Президенте Российской Федерации, Москва  
E-mail: strokov-as@ganepa.ru

Современные концепции экономической оценки деградации и деградированных земель – оценка ущерба/вреда от деградации почв и земель, определение нейтрального баланса деградации земель (НБДЗ), экономика деградации земель (ELD) – в недостаточной степени воспринимают сигналы, поступающие от международных и национальных продовольственных рынков. Каждая из концепций нуждается в доработке, направленной на установление прочной связи деградации земель в агрохозяйстве, регионе, стране и вопросами продовольственной безопасности на этих территориях. Концепция экономической оценки ущерба/вреда от деградации земель через сравнение деградированных и эталонных почв нуждается в выходе на проблемы анализа взаимосвязи деградированности земель и потерь урожайности различных сельскохозяйственных культур, экономических потерь. Работы такого рода проводились, например, при изучении экономических потерь сельхозпроизводителей на эродированных территориях. Концепция нейтрального баланса деградации земель ориентирована, прежде всего, на гармонизацию международных и национальных индикаторов деградации, где показателям продовольственной безопасности отведено второстепенное место. Наконец, концепция экономики деградации земель пока характеризуется неспособностью включить в процессы принятия решений государственными и частными землепользователями (в том числе, сельскохозяйственными производителями) полной и реальной стоимости всех экологических услуг почвенных и земельных ресурсов, что способствует их деградации.

Целью проведенных исследований явилась апробация различных концепций эколого-экономической оценки деградации почв и земель в ряде регионов (субъектов Российской Федерации) – Волгоградской, Белгородской, Московской, Тульской областях. Кроме того, оценивалось влияние показателей деградации почв и земель на урожайность основных сельскохозяйственных культур указанных регионов.

Использование таких показателей деградации почв, как их загрязнение тяжелыми металлами, эродированность, уменьшение запасов гумуса, подвижного фосфора и обменного калия и др., позволило рассчитать величину ущерба в соответствии с «Порядком определения размеров ущерба от загрязнения земель химическими веществами» (1993), «Методикой определения размеров ущерба от деградации почв и земель» (1994), «Методикой исчисления размера вреда, причиненного почвам как объекту охраны окружающей среды» (2010) и определить перечни почвоохраняющих мероприятий в регионах. На основании базовых установок, заложенных в платформу TRENDS. EARTH и рекомендуемых КБО ООН для расчета нейтрального баланса деградации земель, удалось рассчитать доли «улучшенных земель», «деградированных земель» и итоговый показатель НБДЗ для исследуемых регионов за период 2001–2015 гг. Было установлено, что с учетом предложенных корректировок систему НБДЗ можно рекомендовать, как интегрированную систему мониторинга деградационных процессов в регионах РФ, позволяющую формировать укрупненные стратегии устойчивого землепользования. Исследование динамики землепользования и NDVI растительного покрова в регионах в 2000-х годах (главным образом, — в период 2001–2009 гг.) по данным дистанционного зондирования MODIS показало развитие в этот период деградационных процессов, приведших к снижению величины указанного вегетационного индекса. Проведенная вслед за этим экономическая оценка «действия и бездействия» (концепция ELD) выявила экономическую оправданность инвестиций в восстановление продуктивности земель региона и поддержку экосистемных услуг на 6-летнем и 30-летнем горизонтах планирования.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 19-29-05021 мк.

УДК 332.37

## **МЕТОДИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ К ОЦЕНКЕ ДЕГРАДАЦИИ ПОЧВ И ЗЕМЕЛЬ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ НА РАЗЛИЧНЫХ ТЕРРИТОРИАЛЬНЫХ УРОВНЯХ**

**Огородников С.С.**

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

Сельскохозяйственное производство вносит сравнительно небольшой вклад в валовый региональный продукт (ВРП) Тульской области (6.6% в 2017 году). Оценка деградации почв и принятие мер по её нейтрализации может повысить долю сельскохозяйственного производства в ВРП. В настоящее время Правительство региона не располагает данными, позволяющими судить о качественном состо-

янии земель. В связи с этим возникла актуальная задача оценить деградацию почв и земель на трех территориальных уровнях: области в целом, муниципального образования и конкретного агрохозяйства.

Анализ существующих методик оценки деградации выявил ряд не решенных в настоящее время задач. Почвенно-экологическим факторам в оценке устойчивого развития не уделено должного внимания. Большинство подходов учитывает только величину выбросов в атмосферу от стационарных источников. Учет показателей плодородия на уровне области ведется не по почвенным ареалам, а в границах муниципальных образований, что не позволяет составить объективного представления о состоянии земельных ресурсов области. Данные представляют собой площади территории районов, характеризующиеся различной степенью обеспеченности элементами питания. Существующие методики оценки эколого-хозяйственного баланса, средоформирующего потенциала, экологического качества основываются на данных статистического учета и не учитывают показатели плодородия почв. Система учета и контроля за показателями плодородия на уровне муниципальных образований отсутствует. Региональный агрохимцентр выполняет работы по оценке земель по заказу конкретных собственников и землепользователей. Оценка земель «агрохозяйств» вообще зачастую объявляется «коммерческой тайной» и не используется при принятии управленческих решений на более высоких уровнях. Таким образом, выявлены две проблемы управления земельными ресурсами: отсутствие структурированного и общедоступного банка информации и методических подходов, позволяющих проводить разумную «агрегацию» почвенных характеристик при принятии управленческих решений на различных территориальных уровнях.

Оценка состояния почв Тульской и Белгородской области выполнена на основе методических рекомендаций по выявлению деградированных и загрязненных земель. По содержанию подвижного фосфора ко второй степени деградации относятся Дубенский и Щекинский районы Тульской области, а также Ровеньский, Старооскольский и Яковлевский районы Белгородской области. Третьей степенью деградации характеризуются Арсеньевский, Веневский, Одоевский районы Тульской области и Вейделевский район Белгородской области. Во вторую категорию деградации по содержанию обменного калия попали территории четырех муниципальных образований Тульской области (Арсеньевский, Веневский, Одоевский, Чернский) и двух районов Белгородской области (Ивнянский и Ракитянский). В Тульской области также выявлен ряд районов с третьей степенью деградации по содержанию обменного калия – Узловский, Суворовский и Белевский. Деградация территорий муниципальных образований Тульской области по гумусу в четырех районах (Алексинский, Белевский, Дубенский, Суворовский) оказалась на уровне четвертой

степени, что можно объяснить скорее явлением зонального распределения гумуса, нежели потерей качества почв ввиду антропогенного воздействия, так как на севере области почвенный покров представлен в основном дерново-подзолистыми почвами, а к югу они сменяются черноземами. В остальных районах Тульской области и для всей территории Белгородской области деградация по гумусу очень слабо выражена или вовсе отсутствует. По значениям кислотности почв на территории обеих областей деградации в масштабе исследования не выявлено. Решением задачи формирования комплексного банка данных может стать агрегирование актуальной информации о состоянии почв и земель на базе Единого государственного реестра почвенных ресурсов Российской Федерации и разработка более подробных региональных Реестров.

УДК 631.4 – 582.52

## **ОЦЕНКА ФИТОТОКСИЧНОСТИ ПОЧВ: СОПОСТАВЛЕНИЕ ТЕСТ-ПАРАМЕТРОВ В ОСТРЫХ И ХРОНИЧЕСКИХ ФИТОТЕСТАХ**

**Прудникова Е.В.<sup>1</sup>, Кирюшина А.П.<sup>2</sup>, Терехова В.А.<sup>1,2</sup>**

<sup>1</sup> МГУ им.М.В. Ломоносова, Москва

E-mail: eva.pr@mail.ru

<sup>2</sup> Институт проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова РАН, Москва

Одним из условий обеспечения устойчивого развития биосферы и функционирования почв является своевременная и точная диагностика экологического состояния биотопов, минимизация рисков химического, биологического и других видов загрязнений. В современных условиях экологическая оценка и нормирование вредных воздействий в соответствии с биотической концепцией экологического контроля базируется на результатах биоиндикации и биотестирования. Для почв разного хозяйственного использования важным показателем при оценке экологических функций является способность обеспечивать рост растений. Именно поэтому оценка реакций растений, как в краткосрочных лабораторных экспериментах (острая фитотоксичность), так и в продолжительных вегетационных опытах (хроническая фитотоксичность) широко применяются для практических целей. Нормативные документы (ГОСТ Р ИСО 22030–2009) предусматривают оценку хронической токсичности проводить на двух видах растений – редька масличная (*Brassica rapa* L.) и овес посевной (*Avena sativa* L.), экспозиция 4 недели. Острую фитотоксичность оценивают разными способами, среди которых наиболее привлекательным нам представляется «Фитоскан» – планшетный вариант, согласно Методике измерений биологической активности гуминовых веществ методами фитотестирования (ФР.1.31.2012.11560), экспозиция – 4 сут.

Цель работы – сопоставить тест-реакции растений *Sinapis alba* L.

в остром и хроническом вариантах фитотестирования с тем, чтобы оценить адекватность планшетного способа уровню загрязнения и применимость в качестве экспрессной оценки разных почв.

Исследовали образцы двух почв с разным гумусным статусом (Сорг 1.30 и 3.86%), испытывавшие стрессовые воздействия и обработку ремедиантами. Образцы для модельного эксперимента отбирали из верхнего горизонта (0–20 см). Перед постановкой эксперимента почвы характеризовались как «агродерново-подзолистые глееватые глубокопахотные глубокооглеенные тяжелосуглинистые, подстилаемые мореной». Каждую почву загрязняли растворимыми солями тяжелых металлов –  $ZnSO_4$ ,  $PbCl_2$ ,  $CuSO_4$  в дозах металлов по 5 ОДК каждый (1100, 650 и 660 мг/кг, соответственно). Остальная масса почвы служила «контролем» к загрязнению. Через 7 сут. в образцы вносили ремедианты (биочар 47.6 мл/кг и лигногумат 25 мл/кг), а также их смесь. Острую фитотоксичность оценивали аппликатной (твердая масса) и элюатной (водная вытяжка) вариациями планшетного метода. В первом случае в камеру планшета вносили почву массой 60 г, увлажняли и покрывали фильтровальной бумагой, после чего на бумагу выкладывали семена горчицы. При элюатном способе в камеру планшета укладывали фильтровальную бумагу, смоченную почвенной вытяжкой (10 мл). По окончании 4-х суточной экспозиции образцов в климатостате в измеряли корни проростков растений. Хроническую фитотоксичность оценивали в вазонах (1 кг почвы) в тех же вариантах опыта по истечении 28 суток вегетации горчицы в теплице. Каждый вариант был представлен в трёх повторностях.

В результате измерений длины корней растений и корреляционного анализа этих тест-параметров установлено, что как негативное влияние тяжелых металлов, так и ремедиационные эффекты, в остром и хроническом вариантах имели положительную корреляцию в обеих почвах с высоким значением коэффициента корреляции – 81–99%. При этом, для других тест-параметров (длина ростков, биомасса) в богатой и бедной гумусов почве коэффициенты корреляции не были столь высокими. Можно заключить, что фитотестирование в планшетном варианте («Фитоскан») можно рекомендовать как надежный метод определения токсичности почв в экспрессном варианте по длине корней растений.

УДК: 633.31;579.64;573.22

**ТАКСОНОМИЧЕСКИЙ СОСТАВ И ФРАКТАЛЬНАЯ ОЦЕНКА  
САМООРГАНИЗАЦИИ МИКРОБНЫХ СООБЩЕСТВ, КАК  
ИНДИКАТОР СОСТОЯНИЯ ЗДОРОВЬЯ ПАХОТНЫХ И  
ПОСТАНТРОПОГЕННЫХ ПОЧВЕННЫХ ЭКОСИСТЕМ**

**Пухальский Я.В.<sup>1,2</sup>, Воробьев Н.И.<sup>2</sup>, Лоскутов С.И.<sup>1</sup>, Пирмагомедов Р.Я.<sup>3</sup>,  
Пищик В.Н.<sup>2,4</sup>, Свиридова О.В.<sup>2</sup>, Лактионов Ю.В.<sup>2</sup>, Якубовская А.И.<sup>5</sup>,  
Кожемяков А.П.<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> ООО НПО «БиоЭкоТех», Санкт-Петербург  
E-mail: info@bioecotech.ru

<sup>2</sup> Всероссийский научно-исследовательский институт сельскохозяйственной  
микробиологии, Санкт-Петербург – Пушкин  
E-mail: arriam2008@yandex.ru

<sup>3</sup> Российский университет дружбы народов, Москва  
E-mail: minformation@rudn.ru

<sup>4</sup> Агрофизический научно-исследовательский институт, Санкт-Петербург  
E-mail: sblokhina@agrophys.ru

<sup>5</sup> Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма,  
Симферополь  
E-mail: priemnaya@niishk.ru

Современная почвенная экосистема – это природный продукт, созданный и поддерживаемый длительной взаимно ассимиляционно-диссимиляционной жизнедеятельностью микроорганизмов, погруженных в изначально количественно доминирующее неорганическое вещество. Порядка 60% почвенной микрофлоры ассоциировано с гумусовым горизонтом почвы, сорбирующем в себе большую часть клеток микробов на поверхности твердой фазы агрегатов. В соответствии с локальной климатической зоной, разные типы и фациальные подтипы, известные на данный момент в иерархии почв, в той или иной степени отражают различия в структуре частотно-таксономического бонитета их микробиоты.

Известно, что в процессе эволюционного почвообразования экосистема испытывает на себе воздействие различных экологических стресс-факторов. Помимо естественных абиотических стрессов, таких как засуха или засоление, в процессе педогенеза большое значение имеют и антропогенные факторы (загрязнение окружающей среды токсичными концентрациями тяжелых металлов). Все это негативно влияет на структуру почвенных микробных сообществ. Поскольку, почвенная микрофлора является наиболее чувствительной составляющей биогеоценоза, то в данном аспекте она может выступать индикатором, характеризующим изменения состояния «здоровья», и связанного с ним актуального плодородия почв. Исползуя метод фрактального анализа, основанный на расчёте уровня детерминированности соотношения компонентов структуры микробных сукцессий,

можно выявить опосредованные связи между экологическими ситуациями в почвах и устойчивостью последних к любым флуктуациям параметров внешней среды. При условии масштабного «хроно-скрининга», данный метод, как вспомогательный к молекулярно-генетическим, позволит проводить поддерживающую терапию (санацию) и делать прогностическую оценку изменения динамики численности микроорганизмов для любых типов почв, в течении как краткосрочных (сезонных, годовых), так и более длительных (десятки и сотни лет) периодов времени. Смена модуляции активности почвенных сообществ будет выступать здесь как показатель выявленных нарушений или патологий в экосистеме, по аналогии с терапевтическими исследованиями в медицине.

Одним из моментов в регулировании микробиологических процессов *in situ* здесь может выступать способ обогащения почв агрономически полезными штаммами микробов. Это предоставит исследователю дополнительный триггер в технологии манипулирования соотношением геномного биоразнообразия микроорганизмов в почве и подборе современных биопрепаратов комплексного действия для адаптивно-ландшафтных систем земледелия, в условиях той или иной местности региона.

УДК 332.332

## **ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ И СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА СЕЛЬСКИХ ТЕРРИТОРИЙ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**Рычагова А.Г.**

Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Москва  
E-mail: onaverina5@mail.ru

В последнее время заметно обостряется проблема заброшенных сельских территорий в России. Данные Росстата позволяют оценить темпы роста такого явления: только за последние 20 лет исчезло около 23 000 деревень, а за последние 10 лет количество фермеров снизилось на 40%. Сельские территории обладают большим био-климатическим потенциалом. Заброшенные земли, как правило, находятся в муниципальной собственности и относятся к категории земель населенных пунктов, что обеспечивает их высокую рыночную стоимость по сравнению с землями сельскохозяйственного назначения. В результате забрасывания, с одной стороны, происходит естественное восстановление экосистемы, но также возрастает риск биологического загрязнения инвазивными видами. С другой стороны, если говорить о достижении целей устойчивого развития, существенно снижается рациональность потребления ресурсов, не говоря о социально-экономических показателях, таких, как качественное образование, здравоохранение, экономический рост и другие.

На сегодняшний день в России принимаются серьезные меры по

достижению целей устойчивого развития в сельских территориях. Это выражается в государственных программах («Комплексное развитие сельских территорий», «Устойчивое развитие сельских территорий»), поддержке фермерства (гранты, субсидии). Однако особое внимание общественности привлекают кампании по выдаче так называемых гектаров. Таким способом землю можно получить в регионах Дальнего Востока, в Вологодской, Костромской области, а за небольшую плату и в Тверской, Ярославской областях. Но, несмотря на предоставляемые льготы, подобные программы не вызывают существенного экономического отклика. Сравним, для примера, переселенческую кампанию в рамках программы столыпинской аграрной реформы. Людей на новые земли переселяли добровольно, вместе с имуществом, государство обеспечивало транспортировку, что позволяло даже перевезти личный скот крестьянина. Безземельные крестьяне получали по 15 га на главу семьи и по 45 га на каждого члена семьи, на 5 лет освобождались от налогов. Также предоставлялась безвозмездная денежная ссуда. И это только некоторые льготы, предусмотренные столыпинской аграрной реформой. Таким образом, менялось только расположение участка, климатическая зона, но все эти неудобства полностью компенсировались. Спустя столетие, история повторяется, стоит поучиться на опыте предшественников и учитывать и ошибки. Необходимо учитывать весь спектр социально-экономических факторов данного процесса. И именно в таком случае будут достигнуты цели устойчивого развития сельских территорий.

Подводя итоги вышеизложенному, следует отметить большой социально-экономический и ресурсный потенциал Российской Федерации, раскрыть который можно только при комплексном и равномерном развитии территорий страны. В качестве предлагаемого выхода из сложившейся ситуации стоит на государственном уровне поддерживать развитие сельскохозяйственных производственных кооперативов, основным звеном в которых является сельский предприниматель и реализовывать федеральные программы по комплексному развитию сельских территорий.

УДК 631.45 (504.53)

### **ХАРАКТЕРИСТИКА ПОЧВЕННЫХ РЕСУРСОВ ЗАПАДНОЙ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЗОНЫ РЕСПУБЛИКИ САХА (ЯКУТИЯ)**

**Саввинов Г.Н., Макаров В.С., Данилов П.П., Петров А.А., Гололобова А.Г.**

НИИ прикладной экологии Севера им. профессора Д.Д. Саввинова СВФУ,  
Якутск

E-mail: savvinov\_gn@mail.ru

Почвы территории Западной экономической зоны Республики Саха (Якутия) (ЗЭЗ) входят в состав Восточно-Сибирской мерзлотно-таежной области бореального (умеренно холодного) пояса почв России.

При этом исследуемая территория охватывает часть северотаежной и среднетаежной подзон, в пределах которых, в зависимости от материнских горных пород, климата, рельефа местности и растительного покрова происходит смена доминирующих типов почв.

Согласно почвенно-географическому районированию ЯАССР (1989), территория исследуемой Западной экономической зоны (ЗЭЗ) с севера на юг представлена следующими почвенными провинциями: Вилюйско-Оленекской таежной; Центрально-Якутской таежно-алаской; Якутской Восточно-Сибирской таежно-мелководиной; Приалданской горно-таежной.

На территории Западной экономической зоны доминирующими являются следующие комплексы типов почв: (1) Комплекс палевых почв, которые занимают 33.63% от общей площади ЗЭЗ (палевые типичные, оподзоленные, карбонатные, осолоделые, серые); (2) Комплекс дерново- и перегнойно-карбонатных почв – 29.52%; (3) Комплекс криозёмов (криозёмы глеевые, неоглеенные, тиксотропные) – 9.49%; (4) Комплекс подбуров (подбуры таежные, сухоторфянистые, охристые) – 9.37%; (5) Комплекс подзолов (подзолы сухоторфянистые, иллювиально-железистые и иллювиально-гумусовые) – 6.01%. В целом, площадь ареалов вышеперечисленных типов почв занимает около 88.02% от общей площади Западной экономической зоны (ЗЭЗ).

Из семи административных районов ЗЭЗ (Олекминский, Ленский, Мирнинский, Сунтарский, Нюрбинский, Верхневиллюйский и Вилюйский), наиболее ценные в сельскохозяйственном отношении почвенные ресурсы с относительно высоким потенциальным плодородием (дерново-карбонатные и палевые типы почв) сосредоточены в основном на территории Нюрбинского, Сунтарского и Ленского районов. В настоящее время, техногенно трансформированные почвы в пределах территории ЗЭЗ распространены на участках, где происходит добыча полезных ископаемых (алмазо-, нефте- и газодобыча), электроэнергетика, а также на селитебных территориях, прилегающих к городам Мирный, Удачный, Ленск, Нюрба и др. Площадные нарушения почвенных ресурсов наблюдаются в основном на территориях Мирнинского и Нюрбинского районов, где функционируют крупные объекты алмазодобывающей промышленности. Линейные и точечные нарушения почвенного покрова выявлены в зонах воздействия нефтегазовой промышленности на территориях Ленского, Олекминского, Сунтарского и Вилюйского районов (к примеру, магистральные трубопроводы газа и нефти: ВСТО, «Сила Сибири», Мастах – Берге – Якутск, а также сеть геологоразведочных просек). Кроме того, в районах ЗЭЗ заброшена значительная часть пахотных угодий, введенных в сельскохозяйственный оборот в советский период хозяйствования. В связи с этим, предстоит вовлечение выбывших земель сельскохозяйственного назначения в оборот до 2030 года,

путем проведения широкого спектра культуртехнических и агротехнических мероприятий. Также необходимо увеличение площадей орошаемых земель путем строительства и реконструкции систем орошения.

Проведенная оценка показывает, что почвенно-климатические условия значительной части Западной Якутии, в целом, вполне благоприятны для дальнейшего развития сельскохозяйственных отраслей, направленных на обеспечение республики высококачественной и экологически чистой продукцией местного производства. В настоящее время почвенный покров ЗЭЗ довольно слабо изучен и для разработки научных обоснований для рационального использования его ресурсов необходимо:

1) Провести инвентаризацию площадей с высоким потенциалом почвенных ресурсов на территориях сельскохозяйственных районов ЗЭЗ;

2) Провести инвентаризацию площадей, нарушенных в результате промышленного воздействия земель с определением источников техногенного загрязнения в ЗЭЗ;

3) Провести локализацию источников загрязнения по промышленным районам ЗЭЗ;

4) Разработать адаптированные проекты рекультивации и ремедиации с учетом потенциала почвенных ресурсов для северной и южной частей Мирнинского, а также Нюрбинского промышленных районов.

УДК 336.211.1

## **КАДАСТРОВАЯ ОЦЕНКА В РОССИИ НА СОВРЕМЕННОМ ЭТАПЕ**

**Сапожников П.М.**

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

С 1 января 2017 г. вступил в силу Федеральный закон от 03.07.2016 № 237-ФЗ «О государственной кадастровой оценке», которым установлен новый порядок проведения государственной кадастровой оценки. Новая система государственной кадастровой оценки предусматривает передачу полномочий по определению кадастровой стоимости государственным бюджетным учреждениям (ГБУ), создаваемым субъектом Российской Федерации (РФ). В Методических указаниях «О государственной кадастровой оценке», утвержденных приказом Министерством экономического развития РФ № 226 от 12 мая 2017 г., при кадастровой оценке земель сельскохозяйственного назначения оцениваются почвенные свойства, влияющие на плодородие земель, характеристики климата и рельефа местности. Методические указания рекомендуют проводить кадастровую оценку земель сельскохозяйственного назначения на основе Единого государ-

ственного реестра почвенных ресурсов России и расчета нормативной урожайности. Отмеченные источники предоставляют наименование почв и показатели их плодородия, а также включают характеристику других природных условий. Необходимым атрибутом проведения государственной кадастровой оценки земель сельскохозяйственного назначения является наличие информации о почвенном покрове территории (крупномасштабные почвенные карты 1 : 10 000 1 : 25 000).

В 2018–2019 гг. около 20 субъектов РФ проводили государственную кадастровую оценку земель сельскохозяйственного назначения. Однако в ходе выполнения работ по государственной кадастровой оценке земель сельскохозяйственного назначения возникли существенные проблемы методического характера:

1. Отсутствуют в необходимом объеме и соответствующего качества картографический почвенный материал. В некоторых субъектах РФ крупномасштабные почвенные обследования вообще отсутствуют (Республика Удмуртия). В связи с этим, исполнители работ вынуждены брать областные почвенные карты более мелкого масштаба и проводить работу по ним. Это делает работу по кадастровой оценке гораздо менее точной. В Еврейской автономной области управление Росреестра не выдало сотрудникам ГБУ материалы крупномасштабных почвенных исследований, мотивируя это тем, что эти материалы для служебного пользования. Не предусмотрен ограничительный критерий возможности применения почвенных карт по дате их составления, и, следовательно, не предусмотрена обязанность обновления данных материалов в случае необходимости.

2. При кадастровой оценке земель сельскохозяйственного назначения во многих ГБУ возникал вопрос — надо ли учитывать залежные земли при оценке. По нашему мнению, это делать не надо. При кадастровой оценке отнесение к различному виду сельскохозяйственных угодий определяется свойствами почв. Собственник земельного участка самостоятельно определяет, как ему использовать как ему использовать тот или иной вид угодий. При кадастровой оценке оценщики не обследуют объект на местности, а используют перечень объектов оценки, подготовленный Росреестром. В этом перечне отсутствует информация об использовании сельскохозяйственных угодий. В связи с этим при кадастровой оценке невозможно определить используется участок сельскохозяйственного назначения или нет. Необходимо также отметить, что в соответствии с ФЗ №354 от 03.07.2016 земельный участок сельскохозяйственного назначения может быть изъят из оборота в случае его неиспользования в течении трех лет.

3. Важнейшей проблемой является определение минимальных показателей кадастровой стоимости сельскохозяйственных угодий. В методических указаниях они определены как затраты на межевание земель в субъекте РФ. В некоторых северных субъектах, где величины кадастровой стоимости невысоки (Архангельская область

и республика Коми) эти показатели превышают средние показатели кадастровой стоимости по муниципальным районам.

4. Еще одной важнейшей технологической проблемой государственной кадастровой оценки является отсутствие экспертизы со стороны Росреестра в методологии работ. Должен быть Создан Методический Совет, где бы обсуждались дискуссионные методические проблемы определения кадастровой стоимости.

УДК 631.4

## **СИНТЕТИЧЕСКИЕ ГЕЛЕВЫЕ СТРУКТУРЫ В ПОЧВАХ ДЛЯ УСТОЙЧИВОГО ЗЕМЛЕДЕЛИЯ**

**Смагин А.В.<sup>1,2</sup>, Садовникова Н.Б.<sup>1,2</sup>, Смагина М.В.<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Москва  
E-mail: smagin@list.ru

<sup>2</sup> ИЛАН РАН, с. Успенское  
E-mail: root@ilan.ras.ru

Минеральные удобрения, пестициды и другие агрохимикаты, вызвавшие Зеленую революцию в сельском хозяйстве, одновременно стали причиной серьезных экологических проблем, угрожающих устойчивому развитию нашей цивилизации. Это, прежде всего, загрязнение и отравление пищи, воды, почвы, воздуха, а также проблемы нехватки воды, антропогенной деградации и вторичного засоления орошаемых земель. Современное устойчивое и экологически чистое сельское хозяйство ищет новые технологии, которые позволяют получать высокие урожаи качественных продуктов питания с минимальным риском загрязнения окружающей среды, а также эффективно использовать и экономить природные ресурсы. Одной из многообещающих тенденций здесь является разработка агрохимических систем доставки (agrochemical delivery systems) для снижения загрязнения окружающей среды и опасности агрохимикатов для здоровья. В такой системе пестицид, удобрение или другой биологически активный агент вводят в специальный носитель, обычно – полимерный материал или твердофазный адсорбент. Он сводит к минимуму воздействие вредных химических веществ на окружающую среду, уменьшая потери от выщелачивания, улугучивания и биодеградации, и, таким образом, поддерживая биологическую эффективность активного ингредиента в течение определенного времени в фиксированной точке пространства.

В развитие данного направления доклад представляет результаты инновационной разработки с использованием синтетических гелевых структур (СГС) в почве для снабжения растений водой, растворенными веществами и одновременной защиты ризосферы от патогенов. Запатентованная технология синтеза наполненных акри-

ловых гидрогелей (патент RU № 2639789) позволила впервые создать эффективные кондиционеры почвы в виде СГС, обогащенных микроэлементами, амфифильными добавками (гуматы, диспергированный торф) и современными средствами защиты растений (наночастицы, ионы серебра и фунгицид на основе азоксистробина).

Лабораторные эксперименты по оценке роста изолятов основных патогенов картофеля, термодинамической оценке водоудерживающей способности, гидравлической проводимости, гидродинамической дисперсии и дисперсности гелевых композиций, а также технологическое моделирование в среде HYDRUS-1D, позволило определить оптимальные дозы и методы размещения СГС в почвах для обеспечения планируемой продуктивности картофеля. Полевые поливариантные опыты с различными сортами картофеля, проведенные в гумидных (европейская территория России) и аридных (Узбекистан) условиях при атмосферных осадках и орошении, в открытом и закрытом грунтах, подтвердили высокую эффективность СГС. Их использование существенно (до 6–15 т/га) повышает урожайность картофеля с экономией воды в 1,3–2 раза, полным удержанием агрохимикатов в ризосфере и обеспечивает 100% защиту от основных патогенов картофеля, включая *Phytophthora infestans*, как на естественном инфекционном фоне, так и при использовании зараженного посадочного материала, согласно данным стандартного микробиологического контроля и нового метода ПЦР-диагностики клубней с использованием микрочипового амплификатора «AriaDNA» и ПЦР-микроматриц «Патогены картофеля. ДНК» во ВНИИ Фитопатологии. Потенциальной областью применения разработки является почва агрохозяйств для выращивания более дорогого семенного картофеля, но в случае поливного аридного земледелия разработка рентабельна и для производства товарного картофеля.

Исследование поддержано РНФ (грант 16-16-04014), основные результаты обобщены в базовой публикации открытого доступа (<https://doi.org/10.1038/s41598-019-55205-8>) Scientific Reports (Springer Nature).

УДК 631.46

## **ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ СВОЙСТВ ПОЧВЫ ПОСЛЕ РЕМЕДИАЦИИ ЕГОРЬЕВСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ ФОСФОРИТОВ НА КУЛЬТУРЫ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ**

**Солдатова И.С., Пузикова А.А.**

МФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, Мытищи

E-mail: [inna.solodovnikova@mail.ru](mailto:inna.solodovnikova@mail.ru); [stasid49@gmail.com](mailto:stasid49@gmail.com)

Район исследования расположен в Московской области РСФСР, в 80–100 км к юго-востоку от г. Москва. Егорьевское месторождение

фосфоритов протягивается с северо-запада на юго-восток, вдоль левобережья реки Москва. Площадь 350 км<sup>2</sup>. Общие запасы 49 млн т P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (375 млн т руды, 1984). Состоит из 21 участка, которые объединены в 3 группы: Северную, Центральную и Южную. Эксплуатируются месторождения Центральной и Северной групп. Геологоразведочные работы и промышленная эксплуатация Егорьевского рудника начаты в 1922 г., Воскресенского — в 1929 г., Лопатинского — в 1932 г. На Егорьевском карьере до 1990 г. добывалось фосфатное сырье, используемое для получения минеральных удобрений. Карьеры тянутся с некоторыми перерывами почти на три десятка километров. Они разрабатывались открытым способом многочерпаковыми экскаваторами и укладкой вскрышных пород в выработанное пространство. Вскрышные породы представлены в основном глауконитовыми, и кварцевыми песками. В геологическом строении района принимают участие мезозойские отложения — преимущественно суглинки и пески юрского возраста, на которых участками залегают раннемеловые пески. В фосфоритовых слоях в большом количестве встречаются раковины аммонитов, иногда с великолепно сохранившейся блестящей перламутровой поверхностью раковин, а в верхних песчаных слоях в отдельных местах имеются в изобилии небольших размеров хорошо сохранившиеся белемниты мелового возраста. Прилегающая территория занята смешанными лесами. По мере выработки минерального сырья эти карьеры подвергались коренной ремедиации и в основном они возвращались гослесфонду под посадку лесов.

Целью исследований является в изучении влияния слаборазвитой почвы восстановленного участка производственного карьера реплан-тированного глауконитовым песком на лесные культуры.

Объектом наших исследований были образцы глинистого материала из почвенного профиля, а так же культуры сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.). Глауконит — природный, широко распространенный минерал, водный алюмосиликат железа, кремнезема и оксида калия переменного состава. Он обладает рядом универсальных полезных характеристик — высокими ионообменными, буферными и сорбционными свойствами, а также способностью поглощать и нейтрализовать токсины, одновременно выделяя калий и микроэлементы, необходимые для обмена веществ в растениях. Изучен состав глинистых минералов фракции < 1 мкм. Фракционное разделение образцов проведено по методике Горбунова (1963) путем последовательного отмучивания. Прирост сосны обыкновенной определяли по методу дендрохронологии. Гранулометрический состав почв определяли методом пипетки по Качинскому.

Процесс почвообразования на изученных почвах начался недавно, поэтому дифференциация профиля по горизонтам достаточно слабая. Почвы отличаются очень легким гранулометрическим составом, что обуславливает их низкую структуру. Под верхним слоем образовался

переходный горизонт, глубина залегания которого 30–60 см, цвет неоднородный, в верхней части желтый с темно-бурыми и черными пятнами, в нижней – цвет более однородный, горчично-желтый с прожилками кварцевого песка, песчаный, уплотненный, содержит кутаны, плотность 1.41–1.46 г/см<sup>3</sup>, наименьшая влагоемкость 35.2–37.6%. На глубине более 60 см залегают песчаные вскрышные породы.

В ходе исследований было выявлено, что верхний горизонт слабо развитой почвы содержит незначительное количество тонкодисперсного материала фракции < 1 мкм (не более 10%), содержание ила в исходном песке мене 6%. Содержание гумуса на двух пробных площадях небольшое: 0.33–0.70%. Основными компонентами илистой фракции верхнего горизонта слабо развитой почвы и исходной породы отвала являются смешанослойные образования смектитового – преобладающего и иллитового типов, иллиты предположительно триоктаэдрические (диоктаэдрические), обломочные несовершенные каолиниты.

Установлено, что глауконитовые пески способствуют снижению выщелачивания гипса по профилю почвы и его распространению по всему профилю (по капиллярам глауконитового песка, несмотря на то, что капилляров мало, гипс поднимается в период дефицита влаги), что отрицательно сказывается на приросте сосны. Из-за транспирации доступной влаги растениями сосны наблюдается набухание, значительная усадка верхних слоев почвы и уплотнение высохшего минерального субстрата.

УДК 631.4

## **ТИПОЛОГИЯ ПОЙМЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ РЕЧНЫХ ДОЛИН РАВНИННЫХ РЕК С ПОМОЩЬЮ АЭРОМЕТОДОВ**

**Сорокин А.Е.<sup>1</sup>, Снег А.А.<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Московский авиационный институт, Москва  
E-mail: Sorokin@mai.ru

<sup>2</sup> Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Москва  
sneg\_anna@mail.ru

Разработка принципов типологии пойменных земель базируется на учениях Е.В. Шанцера – о поясах меандрирования (современный, зрелый, старый), В.И. Шрага – «любой участок поймы некогда был руслом», И.И. Плюснина – о полноразвитых и усеченных поймах, В.Р. Вильямса – о трех зонах поймы (прирусловая, центральная, притеррасная), Г.В. Добровольского – о трех типах почв (дерновые, луговые, болотные), Р.А. Еленевского – о типах пойм СССР.

В работе использовались аэрофотоснимки масштаба 1 : 25 000 и 1 : 10 000. На всех аэрофотоснимках отчетливо выделяются следующие поясы меандрирования. Современный пояс занимает при-

русловую зону полноразвитой поймы, дешифрируется по песчаным отмелям (пляжам) и лесной растительности, формируется в зоне быстroteкущих полых вод и интенсивного аллювиального процесса. Здесь формируется прирусловый тип поймы. Рельеф поверхности современного пояса меандрирования выражен в виде грив и межгривных понижений с колебанием высот от 1,0 до 2,0 м и от 2,0 до 5,0 м. Ширина грив составляет 10–25 м, межгривных понижений – 3,0–10,0 м. В зависимости от характера рельефа в прирусловом типе поймы современного пояса выделяется 2 подтипа: прируслово-ложбинно-гривистый и прируслово-логово-гривистый. Почвенный покров представлен сочетаниями дерновых примитивных (маломощных) и луговых супесчаных, а также луговых глееватых и иловато-глеевых почв. Для этих почв характерна слоистость, слабая дифференциация профиля, маломощный гумусовый горизонт, слабая агрегация почвенной массы и наличие свежего аллювия. Эти почвы легко разрушаются при антропогенном воздействии.

Зрелый пояс меандрирования, занимающий центральную область полноразвитой поймы, дешифрируется по луговой (травянистой) растительности с единичными кустарниками, старичками, косыми и распаханными участками. Рельеф более спокойный, равнинный вследствие нивелирующего действия пойменного аллювия и его большей мощности. Поверхность поймы представляет собой широкие плоские гривы (100–250 м и более) и межгривных понижений (25–50 м) с колебанием высот 0,5–1,0 м. Здесь формируется 2 типа поймы: сегментно-гривистый и равнинный. Структура почвенного покрова сегментно-гривистой поймы представлена малоконтрастными сочетаниями дерново-луговых и луговых почв. На равнинной пойме формируются комплексы и пятнистости луговых и лугово-болотных почв. Все почвы зрелого пояса меандрирования характеризуются зернистостью гумусово-аккумулятивного горизонта и его большей мощностью. Данные почвы устойчивы к антропогенному воздействию.

Старый пояс меандрирования занимает полосу, примыкающую к надпойменной террасе. Дешифрируется по болотной растительности. Пояс представлен пониженно-равнинным заболоченным типом поймы, в структуре почвенного покрова которого преобладают пятнистости болотных торфяно- и торфянисто-глеевых почв. В морфологии этих почв господствуют процессы торфонакопления, оглеения, конкрециообразования, ожелезнения и седиментации илистых частиц из паводковых вод. Почвы этого пояса являются геохимическим барьером элементов, поступающих с водоразделов.

Таким образом, тип поймы – это территория поймы в пределах пояса меандрирования, характеризующаяся однотипным характером растительности, геоморфологическим строением, структурой почвенного покрова и адаптивным использованием. Разделение

пойменной террасы на разновозрастные поясы меандрирования имеет большое практическое значение. Молодые почвы современного пояса меандрирования необходимо оставлять под природоохранную зону, чтобы сохранить генофонд медоносных и лекарственных растений, ягодников, убежища птиц и пушных зверей. Почвы зрелого пояса меандрирования могут быть использованы под сенокосы и пастбища и частично под овощеводство. Торфяные почвы старого пояса меандрирования целесообразно сохранить в естественном состоянии, учитывая их барьерно-экологическую роль в долинных ландшафтах.

Разделение пойм на типы с помощью дешифрирования аэрофотоснимков необходимо использовать при камеральном составлении почвенной и геоботанической карт.

УДК 631.46

## **ГОСУДАРСТВЕННЫЙ РЕЕСТР ПОЧВЕННЫХ РЕСУРСОВ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ УГОДИЙ РОССИИ**

**Столбовой В.С.**

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

Почвы выступают объектами земельного и природоохранного законодательства, на которые распространяется конституционная норма совместного ведения РФ и субъектов РФ (статья 72 Конституции РФ). Отмеченная особенность предъясвляет необходимость развития почвенно-информационного обеспечения 2-х уровней – федерального и регионального. Федеральный уровень обеспечивает общенациональную целостность почвенного информационного пространства, на основе принятого в 2014 году Единого государственного реестра почвенных ресурсов России (ЕГРПР). Однако, в силу высокой степени генерализации, практическое использование ЕГРПР, часто, требует детализации в рамках создания региональных, а также отдельных специализированных отраслевых реестров почвенных ресурсов, сопровождающих решение конкретных задач сельского, лесного хозяйств, промышленности, водного фонда и др.

Целью, доклада является представить новый государственный реестр почвенных ресурсов сельскохозяйственных угодий России (РПРСХ). Последний, включает интегральную пространственно-распределенную базу данных на платформе ГИС, представляющую основу для создания системы почвенного сопровождения сельскохозяйственной практики страны нового поколения.

В цифровых технологиях строительства баз данных почвенных ресурсов, применяются: 1) мультимасштабность организации почвенных данных на основе объединения детальных, сред-

немасштабных, мелкомасштабных и обзорных почвенных данных; 2) интегральность данных, включающих почвенные, природные, социально-экономические, статистическая и другие показатели. Современные цифровые технологии позволяют интегрировать в РПРСХ разнобразные параметры, которые в сумме позволяют решать комплекс актуальных и перспективных отраслевых задач с учетом социально-экономических и экологических требований ведения сельскохозяйственного производства. Почвенные характеристики РПРСХ содержат обновленные данные крупномасштабных (1 : 10 000 и 1 : 25 000) почвенных обследований IV тура РосНИИ-гипрозема, объединенные на основе ЕГРПР. Геометрическая часть РПРСХ генерирована методами цифровой агрегации полигонов различных тематических карт и включает 57 678 полигонов, что соответствует географическому масштабу 1 : 300 000. Используемая цифровая технология создания РПРСХ обеспечивает целостность почвенно-информационного ресурса для сельскохозяйственных угодий, покрывающих около 13% территории страны. Система почвенного сопровождения сельскохозяйственной практики содержит блоки: информационный, ресурсный, оценки качества, нормативный. В задачи информационного блока входит сбор, хранение и предоставление почвенно-ресурсных данных. Назначение ресурсного блока состоит в предоставлении данных о количестве, качестве и динамике почвенных ресурсов. Блок оценки качества включает данные кадастровой оценки, как базы формирования земельных платежей. Блок нормативов содержит нормы использования и охраны почвенных ресурсов. Анализ РПРСХ показывает, что несмотря на огромный земельный фонд, РФ имеет весьма ограниченные ресурсы почв, пригодных для сельскохозяйственного производства.

В настоящее время основным фактором, лимитирующим сельскохозяйственное производство, выступают климатические условия с недостаточным тепло- и влагообеспечением сельскохозяйственных культур. Наблюдаемые в последние десятилетия климатические изменения агроклиматических условий, в части трансформации температур и осадков, неодинаковы для различных сельскохозяйственных регионов и носят разнонаправленный характер. В целом, отмечается ухудшение агроклиматических условий в зоне каштановых почв и улучшение в зонах черноземной и дерново-подзолистых почв. Анализ показывает, что изменение климата открывает перспективу для интенсификация сельскохозяйственного производства на 80% площади пахотного фонда. На остальных 20% площади, включая нечерноземную зону, интенсификация производства ограничена высоким риском развития деградации почв. Более 70% почв сельскохозяйственных угодий характеризуются средним и ниже среднего качеством с нормативной урожайностью 20–30 ц/га и ниже среднего с нормативной урожайностью 10–20 ц/га, соответственно. Нормы

использования и охраны почвенных ресурсов сельскохозяйственных угодий исходят из определения плодородия почв, как функции, измеряемой показателем нормативной урожайности сельскохозяйственной культуры. Сопоставление последней с актуальным урожаем культуры может транслироваться в оценку эффективности использования земель с экономической и экологической позиций.

УДК 631.46

## **БИОДИАГНОСТИКА ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ФУНКЦИЙ ПОЧВ: ВОЗМОЖНОСТИ И ПРОБЛЕМЫ В ЭКОНОРМИРОВАНИИ**

**Терехова В.А.**

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

Практика установления экологических норм по концентрационным критериям веществ, характеризующих почвы, явно не оправдала возлагавшихся надежд. Наиболее прогрессивные системы эконормирования, развитые в таких странах как Канада, Великобритания, Нидерланды, смысл нормативов соотносят с возможностью обеспечить качество природных объектов «как среды обитания». Добиться контроля над экологической ситуацией международное сообщество надеется путем особых моделей системы управления, основанных на использовании «наилучших доступных технологий» (Директивы ЕС и ЕРА о понятиях «best available technology» и «best available technology economically achievable»; ФЗ РФ «Об охране окружающей среды» о понятии «наилучших существующих технологий»).

Внедрение самых современных из имеющихся технологий, экологически чистых производств, наилучших по экономическим показателям, представляется как надежный способ минимизировать негативные воздействия на природные среды, в том числе почвы, однако, на этом пути немало технологических, экономических и управленческих сложностей. Нельзя сказать, что недостатками нормативной базы объясняется неэффективная на современном этапе природоохранная политика в РФ. Скорее в этом отражается недостаток знаний природных закономерностей у людей, принимающих решения по вопросам нормативного правового регулирования охраны и использования природных ресурсов, их слабое взаимодействие со специалистами-экологами естественно-научного профиля. Несмотря на современную повестку и стремление улучшить экологическое состояние окружающей среды путем совершенствования инженерно-технологических процессов, актуальность стратегии оценки качества почв на основе биодиагностики не снижается. Ведь именно по таким базовым экологическим функциям как поддержание жизни и разнообразия живых систем должно оцениваться качество почв. Формированию фундаментальных основ методологии почвенного био-

мониторинга посвятили свои исследования многие ботаники, зоологи, микробиологи. Оценки экологической токсичности и биоиндикационные показатели дают основу для диагностирования экологического состояния почв. Рейтинг лучших индикаторов почв агроценозов, согласно проведенным в Европе исследованиям, возглавили показатели структуры почвенных сообществ (трех групп микроорганизмов и мезофауны) и функционирования (анализ нескольких ферментов, почвенное дыхание) (Ecological network analysis reveals the inter-connection between soil biodiversity and ecosystem function as affected by land use across Europe, 2016).

В докладе помимо индивидуальных индексов разнообразия анализируется современный потенциал микодиагностики экологического качества почв на примере разработанных моделей типа SSD (Species Sensitivity Distribution), междисциплинарного подхода TRIAD approach, OMICS – технологии, гибридного моделирования (machine learning). Современные технологии, несомненно, способствуют совершенствованию биодиагностики экологического качества почв на основе количественных стандартизированных подходов и индикаторов, их сравнения с фоновыми показателями. При этом, однако, сохраняется плохое понимание того, как биоразнообразие может быть включено в законодательство для защиты качества почвы.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 16-04-00592.

УДК 332.1; 332.2; 332.6

## **УСТОЙЧИВОЕ РАЗВИТИЕ РЕСУРСНОГО ПОТЕНЦИАЛА И СЕЛЬСКИХ ТЕРРИТОРИЙ В КОНТЕКСТЕ СОВРЕМЕННОГО ПОЛИТЭКОНОМИЧЕСКОГО ДИСКУРСА**

**Толстогузов О.В.**

Институт экономики ФИЦ Карельский научный центр РАН, Петрозаводск  
E-mail: olvito@mail.ru

В резолюции Генеральной Ассамблеи ООН «Преобразование нашего мира: Повестка дня в области устойчивого развития на период до 2030 года» концептуально осознается, что социально-экономическое развитие стран зависит от рационального использования природных ресурсов нашей планеты. В то же время, сравнивая характер развития мировой экономики с представлениями о будущем человечества, констатируем, что сегодня в ней преобладают технологические тенденции. Так экологическая функция Кузнецца показывает зависимость деградации окружающей среды от доходов: при росте доходов уровень деградации окружающей среды сначала растет; а затем, по мере достижения определенного значения доходов, снижается. Если сравнить тенденции роста валового мирового продук-

та за последние пятьдесят лет, который увеличился более чем в сто раз, и последствия, измеренные в контексте «устойчивого развития», то проявляется явный когнитивный диссонанс: до сих пор сохраняется линейная тенденция в экологической функции.

Почему так происходит? Ответ получается на основе раскрытия природы экономической ренты – фундаментальной характеристики экономического пространства и капиталистического производства. Если отталкиваться от представления экономического пространства как пространственно-временного универсума и системы геоэкономических инвариантов, то морфологические свойства детерминируются значениями экономической ренты, являющейся основным драйвером капиталистического производства. В отношении природных ресурсов и земли рента выступает как плата за использование ресурса, когда цена данных услуг целиком определяется не столько его спросом, а сколько соглашениями и прочими институциональными условиями воспроизводства капитала и получения добавленной стоимости. В широком смысле (если добавить экономическое время) экономическая рента – это выраженный в системе имущественных прав потенциал движения агента в экономическом пространстве, определяемый, в конечном счете, через рентную функцию, превращенную в цену производства. При этом стоимость земельного участка определяется не фактом его использования, а рациональностью имущественного права на юридически связанные с ним активы в контексте свойств экономического пространства с учетом его дивергентно-конвергентных свойств, институтов, транзакционных издержек и иных регуляторов.

Эволюционное экономическое развитие представляется как переход от одних основных правил к другим, а поскольку все это происходит в пространственно-временных координатах, то представляется как переход от одного геоэкономического инварианта к другому и от одного состояния геосистемы к другому. При этом трансформация порядка хозяйствования приводит к возникновению новых институциональных равновесий в экономике, влияющих на степень согласования эволюционной ритмики развития социальных и природных геосистем. Сегодня эволюция данных геосистем, как показывает политэкономический анализ, в целом не сопряжена. Следствием современной морфологии «ландшафта экономического пространства» (сложившегося в рамках определенного баланса экстрактивных и инклюзивных институтов и определенной институциональной матрицы, регулирующих порядок хозяйствования) является поляризационное развитие: быстро растущие агломерации и отстающая в экономическом смысле неурбанизированная периферия (в основе своей сельские территории). Чтобы двигаться в сторону устойчивого развития ресурсного потенциала и сельских территорий, необходимо выйти за узкие рамки бухгалтерского сче-

та издержек производства как суммы элементов и перейти к счету, основанному на понимании структуры геосистем и внедрении регуляторов порядка хозяйствования, позволяющих перевести синергию экономического пространства в долгосрочный механизм формирования активов. Тогда становится возможным их измерение в контексте устойчивого эволюционного развития, а также долгосрочная стоимостная оценка и справедливая пространственная аллокация экономической ренты.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта №19-29-05153.

УДК 631/635; 502/504; 911

## **АГРОЛАНДШАФТНО-ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ РАЙОНИРОВАНИЕ ВОСТОЧНО-СИБИРСКОГО ПРИРОДНО-ЭКОНОМИЧЕСКОГО РАЙОНА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ ДЛЯ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ ПОЧВЕННЫХ И ЗЕМЕЛЬНЫХ РЕСУРСОВ**

**Трофимов И.А., Трофимова Л.С., Яковлева Е.П.**

Федеральный научный центр кормопроизводства и агроэкологии  
им. В.Р. Вильямса, Лобня  
E-mail: vniikormov@mail.ru

Разработано агроландшафтно-экологическое районирование Восточно-Сибирского природно-экономического района (ПЭР) как продолжение исследований по агроландшафтно-экологическому районированию Российской Федерации на основе почвенно-экологического районирования. К Восточно-Сибирскому ПЭР, занимающему 415504.2 тыс. га, относятся три Республики (Бурятия, Тыва, Хакасия), два края (Забайкальский, Красноярский), одна область (Иркутская). В предыдущие годы завершено агроландшафтно-экологическое районирование Северного, Северо-Западного, Волго-Вятского, Центрального, Центрально-Черноземного, Поволжского, Северо-Кавказского, Уральского, Западно-Сибирского ПЭР. База данных к карте включает следующие показатели: распределение кормовых угодий по административному и агроландшафтно-экологическому делению территории, структуру кормовых угодий, оценку состояния земель и почв по 8 показателям, оценку состояния кормовых экосистем (рельеф, почвы, растительность, урожайность).

В результате агроландшафтно-экологического анализа на территории Восточно-Сибирского ПЭР выделено 136 единиц районирования, в том числе, 11 крупных (Арктическая, Арктотундровая, Тундровая, Северотаежная, Среднетаежная, Южнотаежная, Лиственничная, Лесостепная, Степная, Сухостепная зоны и Горные территории). Равнинные территории занимают 48% площади района, горные – 52%. Площадь природных кормовых угодий

(ПКУ) – 16,3 млн га, оленьих пастбищ – 56,6 млн га. На равнинных территориях расположено 43% ПКУ, 59% оленьих пастбищ, на горных – 57% ПКУ, 41% оленьих пастбищ. Оленьи пастбища на равнинных территориях расположены в Тундровой (24,1 млн га) и в Северотаежной (9,5 млн га) зонах. В горных территориях около 70% площади оленьих пастбищ находятся в Северотаежной Анабарско-Путранской горной провинции, 23% – в Среднетаежной Приенисейской и в Южнотаежной Прибайкальской горных провинциях. Встречаются они и в более южных горных провинциях.

Типологический состав ПКУ включает 17 классов. В лесных зонах преобладающим классом ПКУ является Л-1 (Равнинные и склоновые суходольные), занимающий 81–87% площади ПКУ. В Лесостепной зоне 62% ПКУ относятся к классу С-1 (Равнинные лугово-степные), в Степной и Сухостепной зонах 70–81% ПКУ – класс С-2 (Равнинные степные и сухостепные). В горных провинциях юго-востока Восточно-Сибирского ПЭР преобладает класс ПКУ Г-1 (Горные луговые и лугово-степные), в юго-западных провинциях – классы Г-2 (Горные степные), В-1, В-2 и В-4 (Высокогорные луговые, степные и тундровые). Типологический состав оленьих пастбищ представлен 11 классами. В Тундровой зоне более 80% оленьих пастбищ относится к классу Т-1 (Тундровые равнинные), в Северотаежной зоне по 40% занимают классы Т-1 и Л-1 (Равнинные и склоновые оленьи пастбища Северотаежной зоны). В горных провинциях, расположенных в пределах лесных зон, 94–100% оленьих пастбищ относится к классам Г-1 (Горные тундровые) и Г-2 (Горные редколесья). В горных провинциях Лесостепной и Степной зон преобладает класс Г-3 (Леса горно-таежного пояса).

Анализ состояния ПКУ Восточно-Сибирского ПЭР отражает неравномерное развитие негативных процессов. Эрозионно- и дефляционноопасные пастбища расположены преимущественно в Республике Тыва (45 и 64%), дефляционноопасные сенокосы – в Республике Хакасия (36%). Засоленные почвы сенокосов встречаются в Республиках Бурятия (30%) и Тыва (49%). Переувлажненные сенокосы – по 23% в Республике Хакасия и в Иркутской области. 26–40% каменистых пастбищ расположены в Республиках Бурятия, Тыва, Хакасия и в Забайкальском крае. Кислые почвы на сенокосах (49%) и пастбищах (26%) – преимущественно в Красноярском крае. База данных является необходимой информационной основой для рационального природопользования, конструирования высокопродуктивных и устойчивых кормовых агроэкосистем и агроландшафтов.

УДК 631/635; 502/504; 911

**РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ  
ПОЧВЕННЫХ И ЗЕМЕЛЬНЫХ РЕСУРСОВ  
ЦЕНТРАЛЬНОГО ЧЕРНОЗЕМЬЯ РОССИИ**

**Трофимова Л.С., Трофимов И.А., Яковлева Е.П.**

Федеральный научный центр кормопроизводства и агроэкологии  
им. В.Р. Вильямса, Лобня  
E-mail: vniikormov@mail.ru

В сельском хозяйстве Центрального Черноземья происходит опасный перекокс в сторону удовлетворения экономических интересов в ущерб экологическим и социальным. В результате проведенного нами районирования Центрально-Черноземного природно-экономического района (ЦЧР), агроландшафтно-экологического анализа и оценки состояния изучаемой территории выявлены следующие закономерности: разбалансированность сельского хозяйства (земледелия, растениеводства, животноводства), агроландшафтов (мало средостабилизирующих элементов, составляющих их экологический каркас), структуры посевных площадей (значительное преобладание экономически привлекательных культур).

В ЦЧР наблюдается неоправданно высокая распаханность территории (58–64%), захватывающая эрозионно опасные земли. На значительной части территории отмечается кризисное состояние агроландшафтов, деградация сельскохозяйственных земель, развитие негативных процессов эрозии, дегумификации и др. Неустойчивость сельскохозяйственного производства и колебания урожайности экосистем связаны с несбалансированностью продуктивных и защитных экосистем в нарушенной инфраструктуре агроландшафтов, структуре посевных площадей и севооборотов ЦЧР.

Существенную роль в регионе играет усиление эрозионных процессов в результате интенсификации сельскохозяйственного производства с ориентацией на зерновые, пропашные монокультуры и чистые пары, оголяющие почву, ослабляющие почвозащитные и противозерозионные свойства агроэкосистем. Сокращение поголовья скота повлекло за собой сокращение доли многолетних трав, основных почвообразователей, в структуре посевных площадей в 8–10 раз. Наиболее слабым звеном в динамической системе сельскохозяйственных модификаций является пашня, занимающая 10316,2 тыс. га, или 61% площади ЦЧР. Из общей площади пашни около 34% являются эрозионноопасными и 18% дефляционноопасными, из них 19% уже эродированы и дефлированы; 3% переувлажнены и заболочены, 56% кислые.

В результате несбалансированности продуктивных и защитных экосистем в нарушенной инфраструктуре агроландшафтов

Центрального Черноземья, структуре посевных площадей и севооборотов идет «тихий кризис» агроландшафтов, развитие негативных процессов эрозии, дегумификации, снижения плодородия почв. Полевые культуры весьма существенно различаются по их влиянию на процессы минерализации гумуса и почвообразования. Наибольшие среднегодовые потери гумуса наблюдаются под чистым паром и пропашными (1,5–2,5 т/га), средние — под зерновыми и однолетними травами (0,4–1 т/га). Под основными почвообразователями – многолетними травами, запасы гумуса увеличиваются на 0,3–0,6 т/га. Посев злаково-бобовых травосмесей эквивалентен внесению 100–150 кг/га минерального азота.

Многолетние травы являются единственной группой сельскохозяйственных культур, способствующей расширенному воспроизводству органического вещества в почве. За счет накопления корневой массы, запасы которой в почве по мере увеличения срока использования многолетних трав (с 2–3 до 5–8 лет и более) в 2–4 раза превосходят урожайность надземной массы, улучшается баланс углерода и азота в почве. В этом состоит их важное преимущество по сравнению с однолетними культурами, особенно пропашными. Вместе с тем, надземная масса однолетних культур, поступающая в виде корма животным, способствует накоплению органических удобрений в хозяйстве. Поэтому при разработке баланса гумуса на полях в зависимости от структуры севооборота необходимо учитывать, наряду с многолетними травами, поступление органических удобрений за счет этой группы культур.

Обеспечить стабильность сельскохозяйственного производства, защитить его от засух, разрушения эрозией и дефляцией, повысить плодородие почв в полной мере может только рациональное природопользование и охрана окружающей среды – это необходимые условия для обеспечения продуктивного долголетия степных экосистем и агроландшафтов. Сельскохозяйственную деятельность необходимо привести в соответствие с возможностями и выносливостью природы Центрального Черноземья с целью обеспечения продуктивного долголетия сельскохозяйственных земель и агроландшафтов региона для настоящих и будущих поколений.

УДК 631.45

## **ЗЕМЛЯ И ПОЧВА, ПОЧВА И ЗЕМЛЯ – ДВУЕДИНЫЙ РЕСУРС?**

**Федоров А.С., Суханов П.А., Комаров А.А., Малашин С.Н.**

Агрофизический научно-исследовательский институт, Санкт-Петербург  
E-mail: pavel\_suhanov@mail.ru

Согласно Земельному кодексу, земля рассматривается как природный объект и природный ресурс, земельный участок как объ-

ект земельных отношений – часть поверхности земли (в том числе почвенный слой). Почвы как естественно-исторические образования (объекты) неразрывно связаны с землей как с территорией. В пространстве (на территории) вместе с изменением климатических, геологических, геоморфологических и других условий закономерно изменяются типы почв. Свойства почв конкретного земельного участка определяются его местоположением, рельефом, геологией, типом растительности, наличием, характером и степенью выраженности антропогенного воздействия. Почва (почвенный слой), отчужденный от места его формирования (конкретного земельного участка) становится почво-грунтом, земля как территория остается. Существуют территории вообще без естественного почвенного покрова (ледники, скалы). То есть, земля как природный объект географически распространена значительно шире, чем почвы, она охватывает всю сушу земной поверхности. Однако, когда речь идет о земле как о средстве производства (сельское и лесное хозяйство, рекреационные и природоохранные цели), то речь идет всегда о почвах, о почвенном покрове, поскольку именно они определяют и характеризуют пригодность земель для этих целей.

Почвенный покров (педосфера) самая бионаселенная часть биосферы. Биосферные и экологические функции почв, их народно-хозяйственное значение невозможно переоценить. Также невозможно почвы отделить от присущей им территории (от земли). Федеральное земельное законодательство и дублирующее его региональное достаточно обстоятельно декларируют и регламентируют правовые вопросы в отношении земель. При этом почвам и почвенному покрову, учитывая их роль и значимость, уделяется неоправданно мало внимания. Поэтому возникает и продолжает обостряться вопрос о необходимости правового обеспечения отношений к почвам и почвенному покрову на самом высоком государственном уровне, поскольку Федеральный закон № 101 «О государственном регулировании обеспечения плодородия земель сельскохозяйственного назначения» не обеспечивает и не может обеспечить надлежащее отношение к почвам и почвенному покрову. Он некорректен в своем названии и не охватывает почвенный покров (педосферу) в целом, в отличие от земельного законодательства, которым охвачены все категории земель. Как решить эту проблему? Возможны, вероятно, два варианта. Первый вариант. Если принимать земли и почвы как двуединый ресурс, то во все действующие законы о земле (начиная с Земельного кодекса) следует внести дополнения (в виде специальных разделов и статей), посвященные отношениям к почвам и почвенному покрову, как к незаменимому ресурсу неразрывно связанному с землей. Второй вариант. Принимаем, что почва и земля самостоятельные природные объекты, а соответственно и самостоятельные ресурсы, хотя исторически и генетически неразрывно связанные. В

таком случае следует формировать соответствующее законодательство о почвах, почвенном покрове как о самостоятельном природном объекте и незаменяемом природном ресурсе. Определение правовых норм и правил в отношении общества к почвам и почвенному покрову представляется особенно важным на современном этапе развития страны, когда одной из главных доктрин государственной политики является обеспечение продовольственной независимости и безопасности. Активизация деятельности сообщества почвоведов в инициировании разработки законодательства о почвах и почвенном покрове актуальна как никогда.

УДК 504.06.

### **МЕХАНИЗМ КОМПЕНСАЦИИ ПОТЕРЬ ЭКОСИСТЕМНЫХ УСЛУГ ПОЧВ**

**Цветнов Е.В., Марахова Н.А.**

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

Ввиду продолжающегося роста народонаселения все острее встает перед обществом вопрос о сохранности земельных ресурсов, отвечающих за продовольственное обеспечение и, что более важно, за качество жизни человека. Проблема защиты природных ресурсов, природного капитала в целом в настоящее время является чрезвычайно острой. Деградационным процессам в той или иной форме подвержены более 60% территории России. Причиной столь масштабного развития деградационных процессов несомненно является хозяйственная деятельность человека. Ввиду этого встала необходимость разработки механизма компенсации потерь природного капитала. Одним из приоритетных направлений разработки такого механизма является изменение порядка оценки земли. В системе мер, направленных на сохранение земельных ресурсов, их эколого-экономическая оценка играет одну из первостепенных ролей, так как, не зная стоимости сохраняемого объекта, не всегда очевидна сама целесообразность инвестиций в защитные мероприятия. Результирующей величиной данной оценки должна стать не стоимость, но ценность, которая наряду с экономическими учитывала бы также и экологический фактор.

Существующие подходы к оценке ценности природных объектов базируются главным образом на концепции общей экономической ценности. Она основана на суммировании текущих и потенциальных выгод от использования окружающей среды. Данные выгоды получили название экосистемные услуги (ЭУ). Однако при всей своей широкой распространенности, этот подход имеет существенные недостатки: в подходе прямо не учитывается ущерб от дея-

тельности человека, хорошо разработаны способы оценки лишь для составляющей прямого использования, попытка определить составляющую косвенного использования (куда включена основная масса экосистемных услуг) приведет к необходимости вычленять каждую «частную» экосистемную услугу и проводить ее оценку, что приведет к росту ошибки общего расчета, то есть к росту неопределенности. Чтобы избежать указанных недостатков был разработан новый подход, сутью которого является некоторое обобщение оцениваемых параметров, включение показателя антропогенного ущерба, вычисление на уровне общества и фиксация в качестве итоговой величины новой категории – категории «общественной ценности» земли.

Предложена трансформация устоявшейся классификации экосистемных услуг в новую. В предлагаемой классификации выделяется всего две категории ЭУ: обеспечение жизни и здоровья человека и обеспечение возможности производить товары и услуги. Если проанализировать четыре категории и сравнить их с предлагаемыми двумя категориями, то станет очевидно, что все они будут в них включены. При этом мы получим возможность существенно упростить схему оценки. Ценность земли для общества в части оценки услуг обеспечения жизни и здоровья человека может быть оценена с помощью показателя стоимости жизни; в части обеспечения возможности производить товары и услуги целесообразно использовать оценку двух показателей: стоимости базовых почвенных характеристик, связанных с агропроизводством, а также оценки продукта сельского хозяйства (на основании показателя валовой выручки, без учета затрат). Ценность земли для общества может служить налоговой базой для земельного налога. Исчисленный таким образом земельный налог необходимо сделать целевым и положить его в основу схемы компенсации потерь природного капитала в агропроизводстве. Предлагаемая схема предлагает возложить ответственность за компенсацию потерь природного капитала на конкретного землепользователя. Земельный налог в данной схеме выполняет функцию стимулятора природоохранной деятельности, предполагается освобождение конкретного землепользователя от уплаты данного налога в том случае, если его хозяйствование ведет к восстановлению и улучшению его земель.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 19-29-05021 мк.

УДК 631.4

## **КРАСНАЯ КНИГА ПОЧВ КАК СИСТЕМА ЭТАЛОННЫХ ОБЪЕКТОВ ПРИ ЭКОЛОГИЧЕСКОМ МОНИТОРИНГЕ И НОРМИРОВАНИИ**

**Чернова О.В.<sup>1</sup>, Безуглова О.С.<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Институт проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова РАН, Москва  
E-mail: ovcher@mail.ru

<sup>2</sup> Академия биологии и биотехнологии им. Д.И. Иванковского, ЮФУ,  
Ростов-на-Дону  
E-mail: lola314@mail.ru

В почвенном мониторинге наиболее сложной задачей является выбор целевых показателей – фоновых или пороговых значений. В качестве точек отсчета обычно используются характеристики природных почв, предыдущие наблюдения или оптимальные для земель сельскохозяйственного назначения параметры. Европейским Агентством по окружающей среде, целью которого является гармонизация подходов к ведению мониторинга, регулярные комплексные наблюдения за состоянием почв рекомендовано приурочить к реперным участкам – фиксированным площадкам, выбранным с учетом разнообразия природных и антропогенных условий. Наиболее объективными реперными объектами (эталонами) в почвенном мониторинге являются целинные почвы – устойчивые в существующих природных условиях естественные образования. Мониторинг эталонных почв позволит определить основные направления естественных эволюционных процессов в почвах региона, а их характеристики использовать в качестве фоновых показателей при сравнении с антропогенно-измененными аналогами.

В процессе антропогенного использования, в частности сельскохозяйственного производства, почвенные характеристики могут улучшаться (содержание элементов питания растений, реакция среды и др.) или ухудшаться (физические свойства, рост концентраций загрязняющих веществ и др.), что определяется природными особенностями почв, уровнем сельскохозяйственной культуры и интенсивностью техногенной нагрузки в регионе. Поэтому для корректного ведения почвенного мониторинга требуется установление характеристик типичных для региона естественных почв с учетом их разнообразия: типологического, по гранулометрическому составу, по геоморфологии и др. Смена типов землепользования влечет за собой изменение многих почвенных свойств, обычно взаимосвязанных, поэтому мониторинг отдельной характеристики не может служить отражением происходящих изменений. В качестве эталонных параметров следует использовать не фиксированные численные значения, а совокупность характеристик реальной эталонной почвы с

учетом их природной изменчивости.

Ведущаяся в настоящее время работа над составлением Красных книг почв Российской Федерации и субъектов РФ не только способствует сохранению разнообразия природных почв, но также служит законодательной и научной основой создания репрезентативной системы реперных (эталонных) объектов мониторинга, в максимальной степени отражающей почвенное разнообразие страны или региона. Поскольку сохранение естественных почв возможно только в ненарушенных биогеоценозах, логично приурочить их к охраняемым природным территориям государственного и регионального уровней.

Одной из наиболее важных экосистемных услуг является способность почвы аккумулировать и связывать органическое вещество. Запасы органического углерода часто рассматривается как комплексная характеристика, отражающая способность экосистем функционировать в конкретной природной обстановке. На примере модельных регионов сравнивали запасы органического углерода в природных и сельскохозяйственных почвах южной тайги, лесостепи и степи Европейской России. Выявлено, что запасы углерода в 100-см слое целинных и сельскохозяйственных почв южной тайги различаются незначительно, несколько более высокие запасы углерода в почвах старовозрастных лесов обусловлены накоплением в них лесной подстилки. В лесостепном и степном регионах запасы углерода в целинных почвах заметно превышают таковые сельскохозяйственных аналогов: на 4–8 и 3–5 кг/м<sup>2</sup>, соответственно. В какой мере снижение запасов углерода в пахотных почвах обусловлено минерализацией гумуса, а в какой - потерями в результате эрозии и дефляции оценить сложно, однако снижение запасов углерода в сельскохозяйственных почвах может достигать и превышать 25% общих запасов углерода в 100 см слое почвы.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 16-04-00592.

УДК 633.18 : 631.5

## **ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ЭРОДИРОВАННЫХ ПОЧВ**

**Шестакова М.В., Глазунов Г. П.**

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

Работа посвящена обоснованию метода экологической оценки состояния эродлируемых почв в составе комплексной оценки их экологического состояния. В развитие известных методов комплексной оценки экологического состояния компонентов природной, основан-

ных на использовании в качестве меры экологического состояния количественных показателей биологического или почвенного отклика на негативное воздействие, определяемых опытным путём в дозовых экспериментах типа «доза – эффект», предложен оригинальный способ обработки откликов и их интерпретации, включающий обезразмеривание откликов и их отображение на функцию показателя состояния почвы, аргументом которой является функция отклика на воздействие. Обобщение получаемых индивидуальных откликов предлагается производить методом сложения вероятностей. Определение откликов на воздействие производится общепринятыми методами биоиндикации и биотестирования с использованием оригинальной методики интерпретации их результатов. Очевидным кандидатом в методы определения отклика биоты на проявление эрозийных процессов является «дозовый» эксперимент, в котором нагрузкой служит показатель интенсивности эрозии, а откликом – продуктивность растений на эродируемой почве. Однако постановка таких опытов в требуемых объёмах выходит за рамки возможностей. Поэтому предлагается эквивалентный ему метод, основанный на использовании подходов эрозиоведения и теории экологической оценки состояния почв. Следствием проявления эрозии являются эродированные (утратившие верхний слой) и наносные (погребённые) почвы и заовраженные земли. Хозяйственная деятельность человека оказывает решающее влияние на интенсивность этих процессов и в пределе может привести к их прекращению. Следовательно, оценка состояния почв, подверженных эрозии, по необходимости является комплексной, включающей оценку: 1) степени отличия эродированной почвы от эталонной (неэродированной) и 2) интенсивности современной эрозии. Основой оценки состояния почв по интенсивности эрозии могут быть результаты её измерения при разных скоростях потока, либо результаты моделирования. В качестве модели почвенного отклика на внешнее воздействие в виде временного водного потока на склоне, размывающего почву, или воздушного потока, выдувающего почву, использовали теоретическую модель эрозии. Полученные таким способом величины позволяют нормировать состояние эродируемых почв по известным величинам отношения среднегодовой интенсивности эрозии к среднегодовой скорости почвообразования при указанных предположениях. Изменение предположений относительно критериев понятий «норма» и «патология» приведёт к изменению значений коэффициентов уравнения показателя состояния, а с ними – и к изменению граничных значений функции почвенного отклика. В результате имеем значения нижней и верхней границ классовых промежутков на шкале интенсивности потерь для пяти категорий качества эродируемых почв в каждой из четырёх групп почв. Теперь для оценки качества эродируемой почвы достаточно определить одним из известных способов

расчётную или опытную интенсивность потерь почвы (т/га/год), задаться нормативом допустимой интенсивности потерь почвы и, воспользовавшись разработанной шкалой качества, определить показатель состояния почвы. Для комплексной оценки качества надо получить не балл качества, а значение показателя состояния эродированной почвы, поскольку обобщение ведётся не по баллам качества, а по показателям состояния, что позволяет снизить потерю информации в результате обобщения. Напомним, что полученные решения основаны на двух предположениях относительно оценки темпов эрозии: 1) интенсивность потерь, равная интенсивности почвообразования считается соответствующей «норме»; 2) интенсивность потерь, превышающая интенсивность почвообразования в десять, или более, раз считается недопустимой, соответствующей «патологии». Изменение этих предположений приведёт к «смещению» основанных на них оценок. Обобщение показателя состояния эродированной почвы и показателей состояния по другим откликам производится с использованием правил сложения вероятностей.

УДК 631.4.003.12

## **НОВАЯ МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПРИРОДНО-РЕСУРСНОГО ПОТЕНЦИАЛА АГРОЛАНДШАФТОВ**

**Шпедт А.А., Трубников Ю.Н.**

Красноярский научно-исследовательский институт сельского хозяйства Федерального исследовательского центра «Красноярский научный центр СО РАН»,  
Красноярск

E-mail: shpedtaleksandr@rambler.ru

Эффективность организации любого землепользования целесообразно оценивать через ее соответствие природно-ресурсному потенциалу земель. В идеальном случае (при полном соответствии) ПРП земель используется максимально полно, отсутствует необходимость дополнительных вложений на поддержание устойчивости землепользования. При этом вероятность возникновения нежелательных экологических последствий стремится к нулю.

Цель данной работы – предложить для обсуждения методику определения природно-ресурсного потенциала агроландшафтов России.

Полагаем, что оценка ПРП агроландшафтов должна базироваться на нескольких, немногих, фундаментальных параметрах, которые в общих чертах характеризуют основные компоненты ландшафта и систему в целом. В качестве таковых предлагается использовать почву, и климатические параметры, характеризующие условия тепло- и влагообеспеченности. Определение ПРП предполагается проводить на основе георесурсной базы данных (Георесурсная БД),

включающей систематический список почв (на базе Единого государственного реестра почвенных ресурсов России: <http://egrpr.esoil.ru/content/2рос.html>), используемых в земледелии, и агроклиматических параметров, имеющих тесную связь с продуктивностью сельскохозяйственных культур, таких как сумма температур выше 10 °C ( $\sum t > 10 \text{ }^\circ\text{C}$ ) и годовая сумма осадков ( $\sum$  осадков, мм/год). Все почвы и климатические параметры проранжированы в баллах от 5 до 100. Для расчета итогового ПРП агроландшафта предлагается использовать информационно-логический анализ и уравнения, где оцениваемые показатели оказывают наибольшее влияние на результат, если стоят в начале формулы. Так, для таежной (холодные почвы) и лесостепной зон большее значение будет иметь теплообеспеченность (уравнение:  $\text{ПРП} = T \vee (O \vee \Pi)$ ). Для степной и сухостепной зон в дефиците будут осадки, поэтому степные и сухостепные агроландшафты, с лучшей влагообеспеченностью должны быть оценены выше (уравнение:  $\text{ПРП} = O \vee (T \vee \Pi)$ ). Для интразональных ландшафтов, где качество почв будет иметь определяющее значение, уравнение будет иметь вид:  $\text{ПРП} = \Pi \vee (T \vee O)$ ; где: ПРП – природно ресурсный потенциал, балл; T – баллы за сумму температур выше 10 °C; O – баллы за годовую сумму осадков;  $\Pi$  – баллы за почву;  $\vee$  – знак нелинейного логического сложения.

Данные формулы являются «открытыми», что позволяет вводить в них другие информативные, оценочные показатели. Для более детальной оценки их можно дополнять значениями, характеризующими другие компоненты агроландшафта, или ввести уточняющие значения, например, для почв. Так, можно добавить в уравнение оценку рельефа. В этом случае уравнение может выглядеть как:  $\text{ПРП} = T \vee (O \vee (\Pi \vee P))$ , где: P – баллы за рельеф. Бальная оценка почв должна быть дополнена значениями, характеризующими степень проявления эрозии и дефляции. Полагаем, что, двигаясь в этом направлении можно значительно приблизиться к объективной оценке почв и почвенного покрова агроландшафтов. При этом следует помнить, что оценка почв с учетом условий рельефа, степени развития эрозии и дефляции должна выполняться зонально, в зависимости от природно-климатических условий.

Методика является ландшафтно-экологической и позволяет через оценку ПРП агроландшафтов классифицировать по продуктивности земли сельскохозяйственного назначения. Оценка ПРП агроландшафтов предлагается выполнять согласно градации (балл): 1–20 – низкий; 21–40 – пониженный; 41–60 – средний; 61–80 – повышенный; 81–100 – высокий.

ПРП землепользований (агроландшафтов) Красноярского края, расположенных в лесостепных черноземных и таежно-лесной зонах, соответственно, средний и низкий. ПРП оцениваемых объектов различается в 1.5 раза.

УДК 631.4.

## **СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ПОЧВ о. САХАЛИН**

**Щеглов А.И., Цветнова О.Б., Манахов Д.В., Липатов Д.В.**

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

E-mail: tsvetnova@mail.ru

Географическое положение острова Сахалин, значительная вытянутость его с севера на юг, разнообразие горных пород, горно-равнинный рельеф обусловили формирование здесь своеобразной структуры почвенного покрова, где сочетаются тундровые, таежные, горные, болотные, луговые и почвы смешанных лесов. На севере острова в основном распространены почвы подзолистого и болотного ряда, в горных районах – модификации горно-лесных бурых почв, на юге – буроземы, в ареале которых нередко встречаются аллювиальные и болотные почвы.

В настоящее время территория Сахалинской области испытывает сильную антропогенную нагрузку вследствие интенсификации добычи и транспортировки нефти и газа, что приводит не только к изменению структуры землепользования, но и степени воздействия на почвенно-растительный покров. В связи с этим нами в течение 2003–2019 годов проводились мониторинговые исследования по оценке экологического состояния почв острова. В качестве объектов исследования были выбраны наиболее распространенные типы почв: различные разновидности подзолов, бурых лесных и болотных почв. Данные почвы имеют особый набор признаков, определяемых условиями их формирования. Они характеризуются очень сильнокислой и кислой реакцией среды, нестабильностью окислительно-восстановительного режима, развитием процессов оглеения; низкой гумусностью и обеспеченностью элементами питания. При этом наблюдается высокая пространственная вариабельность состава и свойств почв, что осложняет проведение мониторинговых исследований и требует большого объема выборки для получения статистически достоверных результатов.

Наши исследования включали морфогенетическое описание профилей основных типов и подтипов почв, отбор проб по горизонтам для характеристики их состава и свойств, а также содержания и распределения ряда экотоксикантов: нефтяных углеводородов (НУВ), тяжелых металлов (ТМ), бенз(а)пирена (БП) по стандартным гостированным методикам. Кроме того, для получения показателей варьирования исследуемых параметров и статистически достоверных результатов отбор образцов из поверхностных (подстилка, дернина, очес) и подстиляющих слоев почвы до глубины 25 см проводили в большой повторности ( $n = 25-100$ ).

В результате многолетних исследований было установлено, что в настоящее время закономерно направленных изменений состава и свойств почв под влиянием техногенных факторов не наблюдается. Средние уровни и размах пространственного варьирования физических, химических, физико-химических и агрохимических показателей остаются в пределах, характерных для почв «фоновых» территорий острова Сахалин в ареалах их распространения. Наиболее высокие коэффициенты вариации ( $V$ ) в лесных почвах отмечаются для показателей зольности подстилки, содержания аммиачных и нитратных форм азота, а также подвижных форм фосфора. Пространственное варьирование величин  $pH_{\text{сол}}$  и  $pH_{\text{водн.}}$ , содержания гумуса характеризуются более низкими значениями коэффициентов вариации. В почвах болотного ряда максимальные величины  $V$  фиксируются для количества аммиачного азота и подвижных форм фосфора. Очевидно, что наблюдаемые колебания контролируемых показателей обусловлены, как уже подчеркивалось, естественным пространственным варьированием факторов почвообразования, а также, возможно, влиянием других неочевидных факторов, нарушающих равновесное состояние систем.

Достоверных закономерностей изменений количества НУВ, ТМ и БП в исследуемых почвах также не наблюдается. Уровни их концентрации, как и показатели почвенного плодородия, укладываются в диапазоны природного варьирования и не превышают установленных нормативов на их содержание. Исключения составляют территории, непосредственно примыкающие к крупным промышленным объектам и населенным пунктам, автомагистралям, теплостанциям, бывшим военным базам. Здесь в верхних горизонтах почв нередко отмечается превышение региональных фоновых уровней содержания экотоксикантов.

УДК 332.37

## **ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА, НОРМИРОВАНИЕ И УПРАВЛЕНИЕ ЗЕМЕЛЬНЫМИ РЕСУРСАМИ В ОБЛАСТИ ЭКОЛОГО-ЗЕМЛЕУСТРОИТЕЛЬНОЙ ЭКСПЕРТИЗЫ**

**Яковлев А.С.**

Московский государственный университет им.М.В.Ломоносова, Москва,  
E-mail: yakovlev\_a\_s@mail.ru

В последние десятилетия наблюдается снижение роли процедуры землеустройства и экологической экспертизы в процессе организации системы землепользования.

С точки зрения известных в области землеустройства специалистов отрицание государственного землеустройства приводит к деградации земель, неопределённости границ и площадей земель-

ных участков. Имеет место также криминализация земельных отношений, порождая множество негативных экономических и социальных последствий. Серьёзной проблемой стало развитие систем на-учного обеспечения охраны окружающей среды, рационального землепользования и подготовка профессиональных кадров для этой сферы.

В свою очередь, утрата государственных позиций в землеустройстве (ЗУ), отразилось на снижении роли экологической экспертизы (ЭЭ) и связанных с ней вопросов оценки воздействия на окружающую среду (ОВОС), основанных на принципах экологического нормирования, характеристики ресурсного потенциала и социально-экономических условий в регионах Страны.

Известно, что система ЭЭ предполагает установление соответствия намечаемой хозяйственной и иной деятельности экологическим требованиям и определению допустимости реализации объекта ЭЭ в целях предупреждения возможных неблагоприятных воздействий на окружающую природную среду и связанных с этим социальных, экономических и иных последствий реализации объекта ЭЭ.

Результаты оценки воздействия на окружающую среду (ОС) представляются на ЭЭ, а так же используются в процессе принятия иных альтернативных управленческих решений и организации системы экологического мониторинга и контроля.

Чтобы обоснованно связать представление о триедином функционирования земель, складывающегося из природного, ресурсного и социально-экономического направлений, с функционированием каждого из входящим в природный комплекс земель компонентов ОС (почвы, водные среды и др.), необходимо говорить об определенной проекции указанных направлений функционирования земель на систему показателей, характеризующих каждый из рассматриваемых компонентов ОС.

В итоге, достаточно подробно, что может быть осуществлена оценка каждого из компонентов ОС в рамках указанного триединства земель, с позиции установления экологического качества, нормирования, и сложившейся системы управления конкретным компонентом.

В результате указанной проекции складывается некая «Эколого-землеустроительная матрица» несущая концентрированное представление об информации, позволяющей оценить настоящее и прогнозируемое в будущем, при реализации проекта землеустройства, состояние территории с учетом конкретных природных условий и новых видов хозяйственного назначения земель.

Отдельные наши коллеги в странах Запада считают, что на территории их стран в целом решены вопросы относительно нормы качества компонентов окружающей среды, в том числе почв. Как по-

казывает анализ соответствующей литературы, в большей степени их беспокоят возможные потери экологического благополучия или «эколого-экономических услуг» на конкретных землях при возможных ошибках в процессе проведения различного вида планирования и землеустройства.

В этой связи, соблюдение экологических требований к нормам планирования в области землепользования выдвигается на первый план. Деградации и загрязнения земель можно избежать при создании и реализации на практике надлежащих проектов землеустройства и программ природопользования, основанных на соблюдении соответствующих экологических требований, прошедших процедуру эколого-землеустроительной экспертизы.

## Симпозиум 2

### Взаимодействие биотических и абиотических компонентов почвы

Руководители: д.б.н. С.Н. Чуков, д.б.н. А.Л. Степанов,  
к.б.н. Т.В. Алексеева

---

УДК 631.48

#### **РОЛЬ ОРГАНО-МИНЕРАЛЬНЫХ МИКРОЧАСТИЦ В ДЕГЛЯЦИАЦИИ ПОЛЯРНЫХ РЕГИОНОВ ЗЕМЛИ И ФОРМИРОВАНИИ ПОЧВОПОДОБНЫХ ТЕЛ**

**Абакумов Е.В.<sup>1</sup>, Поляков В.В.<sup>1</sup>, Темботов Р.Х.<sup>2</sup>, Лупачев А.В.<sup>3</sup>**

<sup>1</sup> Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург  
E-mail: e\_abakumov@mail.ru

<sup>2</sup> Институт экологии горных территорий им. А.К. Темботова РАН, Нальчик  
E-mail: tembotov.rustam@mail.ru

<sup>3</sup> Институт физико-химических и биологических проблем почвоведения, Пущино

Стремительная дегляциация полярных и горных регионов Земли связана не только непосредственно с масштабными климатическими изменениями, но и с глобальным переносом микрочастиц, которые накапливаясь на поверхности ледников приводят к изменению альбедо и скорости деградации ледовых толщ. Особую роль в дегляциации играют аккумуляции органогенных и органо-минеральных криоконитов, представляющих собой специфические почвоподобные тела. Они представляют из себя самоуглубляющиеся темноокрашенные образования в поверхностной толще ледника, которые, развиваясь в пространстве, могут смыкаться и образовывать развитую сеть органо-минерального материала, что приводит к интенсивному таянию льда. Выявлены следующие типы криоконитов по составу вещества: (1) преимущественно органогенные, состоящие из органического вещества типа «black carbon», образование которых связано с эоловым переносом; (2) органо-минеральные, состоящие из частиц различного происхождения, перемещенных склоновыми и эоловыми процессами на поверхность ледника; (3) вулканогенные, связанные с отложением мелкодисперсных пылеватых субстратов в зонах вулканической активности. Проведено комплексное изучение

этого явления с помощью ряда инструментальных и молекулярных методов. Для определения молекулярного состава органического вещества криоконитов был использован современный инструментальный метод –  $^{13}\text{C}$  ЯМР спектроскопия. В ходе анализа было выявлено что в криоконитах отобранных на поверхности ледников архипелага Шпицберген общее содержание органического углерода достигает 20%. Здесь накапливается существенное количество ароматических фрагментов в составе гуминовых кислот (41–45%), в то время как в естественных почвах преобладают алифатические фрагменты (до 70%). Это может быть связано со спецификой накопления органического материала в криоконитах, образовавшегося в результате выветривания моренных отложений и накопления на поверхности ледников и снежников. Также это может быть связано с угольной промышленностью, с накоплением золы, формирующейся в результате пожаров и сажи, образующейся в результате промышленного сжигания углеводородов. Органическое вещество в криоконитах нередко более гумифицировано в отличие от естественных почв того же региона, а также является более устойчивым к процессам микробиологической деградации. Такой тип гумификации может быть результатом повышенной инсоляции и отсутствия свежих органических предшественников гумификации в полуизолированных микродепрессиях.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научных проектов №№ 19-54-18003, 18-04-00900, 19-05-50107.

УДК 631.417.2

## **КАЧЕСТВЕННЫЙ СОСТАВ ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА КАК ФАКТОР, ОПРЕДЕЛЯЮЩИЙ ВОДОУСТОЙЧИВОСТЬ СТРУКТУРЫ ПОЧВЫ**

**Артемьева З.С.<sup>1</sup>, Кириллова Н.П.<sup>2</sup>, Данченко Н.Н.<sup>1</sup>, Когут Б.М.<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Почвенный институт им. В.В. Докучаева, Москва

E-mail: artemyevazs@mail.ru

<sup>2</sup> Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Москва

E-mail: npkirillova@yandex.ru

Структура почвы определяется, в первую очередь, наличием в ней водоустойчивых структурных отдельностей, которые, по сути, армируют почвенную массу. Однако вопрос о конкретных факторах, ее определяющих, остается открытым. Предполагается, что водоустойчивость, в большой степени, обусловлена наличием в составе органического вещества (ОВ) почвы гидрофобных фрагментов, которые локализуются, преимущественно, в составе зрелого ОВ. Концептуально известно о наличие разнокачественного ОВ в глинистых микроагрегатах.

Широко известны две схемы для описания их количественных отношений: непрерывная концепция и дискретная. Нами предложена модель, описывающая распределение разнокачественного ОВ в глинистых микроагрегатах, которая позволила бы осуществить выбор в пользу одной из этих концепций на основе анализа органического вещества в илистой фракции почвы. Выбор объекта исследования, в первую очередь, обусловлен определяющей ролью илстых частиц в консолидации почвенной массы на всех уровнях организации почвы (макро-, микро-, наноуровне). Глинистые микроагрегаты являются «строительными единицами» («блоками») структурных единиц более высоких порядков. Дополнительная причина такого выбора – наиболее высокая степень гомогенности среди всех пулов ОВ, выделяемых методом физического фракционирования. Модель разработана для глинистых микроагрегатов размером  $< 1$  мкм на разных уровнях организации структуры почвы – водоустойчивые макро- (2–1 мм) и микроагрегаты ( $< 0.25$  мм). Согласно модели, глинистые микроагрегаты состоят из трех частей: двух органо-минеральных частей (А и В) и минеральной матрицы (М). ОВ в глинистых микроагрегатах разделено на два пула, которые характеризуются разными величинами отношения С/Н: преимущественно широкое С/Н (часть А) и преимущественно узкое С/Н (часть В). Модель учитывает весовое соотношение между органо-минеральными частями и минеральной матрицей.

Для исследования были взяты типичные черноземы экстремальных вариантов землепользования (степь и чистый пар продолжительностью 52 года). Был использован широкий спектр методов: физическое фракционирование; грануло-денсиметрическое фракционирование; экстрагирование гумусовых веществ из глинистых микроагрегатов; колориметрический анализ ОВ; определение эффективного диаметра глинистых частиц методом динамического светорассеивания; математическое моделирование. Предложенная модель количественного распределения разнокачественного ОВ в глинистых микроагрегатах улучшает наше понимание динамики ОВ почвы и механизмов стабилизации ОВ на микроуровне. Модель согласуется с гипотезой о неоднородности ОВ, стабилизированного глинистыми частицами и больше склоняется к концепции непрерывности ОВ. Предложенная модель согласуется с экспериментальными данными, не включенными в исходные данные для модели. В частности, глинистые частицы в варианте степь (в целом, более гидрофильные по сравнению с таковыми варианта пар) формируют микроагрегаты большего эффективного диаметра. Их оптические свойства (поглощение и отражение) также свидетельствуют о большей степени зрелости (гидрофобности) ОВ в варианте пар.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 18-04-00274.

УДК 631.48

## РОЛЬ БИОТИЧЕСКИХ И АБИОТИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ В ЗАКОРИВАНИИ ПЕСЧАНЫХ АГРО-ПОЧВ

Бажа С.Н.<sup>1</sup>, Убугунова В.И.<sup>2</sup>, Харпухаева Т.М.<sup>2</sup>, Убугунов В.Л.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Институт проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова РАН, Москва  
E-mail: sbazha@inbox.ru

<sup>2</sup> Институт общей и экспериментальной биологии СО РАН, Улан-Удэ  
E-mail: ubugunova57@mail.ru

Проведенные детальные исследования на северной границе распространения степных экосистем в Евразии (Баргузинская котловина, Бурятия) выявили, что классическая схема восстановления сукцессионного развития почвенно-растительного покрова, характерная для степной зоны Казахстана, Южной Сибири и Монголии, существенно отличается. На изученных залежных землях песчано-супесчаного гранулометрического состава отмечено формирование биологических почвенных корочек (БПК). Такое явление характерно для песчаных пустынь Средней, Передней и Центральной Азии. В связи с обнаружением процессов закоривания на залежных землях степной зоны Баргузинской котловины проведено картографирование экосистем с процессами закоривания, определена степень участия низших растений, а также мхов на разных стадиях формирования БПК.

Процесс естественного восстановления растительных сообществ на залежных землях ограничен в основном бурьянистой и корневищной стадиями при отсутствии конечных восстановительных сукцессий. В то же время, практически повсеместно (за исключением динамично перевеиваемых песков), были зарегистрированы примитивные, слабо развитые и сформированные БПК. Установлено, что они бедны в видовом отношении. В них доминируют пионерные виды мхов и лишайников. На карбонатном песчаном субстрате язв эрозии выявлены только цианобактериальные сообщества, на сильно- и среднедефлированных почвах – примитивные и слабо развитые БПК, состоящие из цианобактериальных и маломощных мохово-лишайниковых группировок. Среди мхов наиболее част вид *Bryum argenteum* Hedw. Из цианей обнаружены *Scytonema sp.* и *Stygonema sp.* Из лишайников преобладают два вида рода *Endocarpon*: *Endocarpon pusillum* Hedw. и *Endocarpon mongolicum* H. Magn. При незначительных колебаниях средней толщины БПК (0.28–0.88 см) фитомасса цианопрокариотов, лишайников и мхов варьировала от 8.25 до 54.75 г/м<sup>2</sup>. При этом фитомасса мхов достигала максимумов на наиболее сформированных корковых образованиях (более 60% от общей фитомассы). Цианопрокариоты, наоборот, достигали своего доминирующего положения в фитомассе на

дефлированных залежах и периферийных участках язв дефляции с примитивными БПК (65–70% от общей фитомассы). Лишайники практически во всех исследуемых биотопах имели наименьшие значения фитомассы (5–17%). Максимальных значений общей фитомассы (89.75 г/м<sup>2</sup>) данные группы низших растений достигают на слабодефлированных восстанавливающихся почвах.

Структура микробиоценозов этих участков характеризуется явным преобладанием актиномицетного комплекса. Численность микроорганизмов во всех изученных почвах характеризуется бедным и очень бедным обогащением. Её значения в 0–20 см слое варьируют в широком диапазоне – от 127 тыс./г в язве дефляции до 1730 тыс./г – в классическом варианте восстанавливающейся залежи. Обращает на себя внимание резкое увеличение общей микроорганизмов в БПК: от 360 тыс. на язве дефляции до 7060 тыс./г почвы на восстанавливающейся залежи.

Микроморфологическое строение БПК отчетливо фиксирует активный процесс физического и химического выветривания минералов и высвобождение глинистого вещества, которое заполняет межскелетное пространство и выражено в виде пленочных образований на поверхности минералов и сгустковых скоплений. Тонкодисперсное вещество, возможно, является тем «цементом» корковых образований, которые по своим характеристикам абиотических факторов, как то: супесчано-суглинистый состав с нейтральной и слабокислой реакцией рН и слабой промываемостью и создают новый тип лишайниково-моховых экосистем с условиями, препятствующими восстановлению коренной растительности. К основным биотическим факторам, способствующим развитию БПК, следует отнести концентрацию микробиологических процессов в самом поверхностном микрослое почвенного профиля и заполнение этой ниши низшей растительностью и мхами.

Исследования выполнены по теме бюджетного проекта №АААА-А-17-117011810038-7, при финансовой поддержке гранта РФФИ №18-04-00454А, № 1729-05019.

УДК: 631.461 : 631.417.1

## **СВЯЗЬ МЕТАБОЛИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ МИКРОБИОТЫ С ОСОБЕННОСТЯМИ СОСТАВА ПОЧВЕННОГО ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА НА ВЫРУБКАХ СРЕДНЕЙ ТАЙГИ**

**Бондаренко Н.Н., Лаптева Е.М., Виноградова Ю.А., Перминова Е.М.**

Институт биологии ФИЦ Коми НЦ УрО РАН, г. Сыктывкар

E-mail: BondNikropolNik@mail.ru

Особенности формирования почвенного органического вещества (ПОВ) связаны с количеством и качеством поступающих раститель-

ных остатков, условиями их гумификации и минерализации, активностью зоомикробного комплекса. Неотъемлемой наиболее мобильной и динамичной частью ПОВ являются водорастворимые органические соединения (ВОС).

Цель работы – выявить основные закономерности изменения количественного состава комплекса ВОС в зависимости от активности микробиоты. Объектами исследования послужили типичные подзолистые почвы ельника черничного (ПП-1) и разновозрастных производных березняков, сформировавшихся после рубок главного пользования в зимний период 2001/2002 (ПП-2) и 1969/1970 гг. (ПП-3) в подзоне средней тайги. Общее содержание углерода (Собщ) в образцах определяли на CNHS-O анализаторе EA-1110 фирмы Carlo Erba, углерода ВОС – в водных вытяжках на анализаторе общего углерода ТОС VCPH. Массовую концентрацию низкомолекулярных ВОС оценивали методом газовой хроматографии и хромато-масс-спектрометрии (ГХ/МС). Определение функциональной активности микробиологических сообществ и ее изменение в процессе восстановления древесной растительности на вырубках осуществляли методом мультисубстратного тестирования (МСТ).

Как показали проведенные исследования, почвы рассмотренных участков относятся к категории почв с высоким содержанием ВОС. В лесных подстилках участков ПП-1 и ПП-3 этот показатель составляет 1.6–2.8%, на участке ПП-2 – 1.1–2.6% от Собщ. Доля углерода ВОС в лесных подстилках ключевых участков снижается по мере повышения степени разложения растительных остатков (O1→O2→O3), за исключением ПП-3, где их минимум приходится на подгоризонт O2. Аналогичная закономерность отмечена для численности микроорганизмов и параметров удельной метаболической работы W, определяемых методом МСТ. Суммарное содержание идентифицированных нами компонентов ВОС (12 низкомолекулярных органических кислот, 4 спирта, 9 углеводов) достаточно четко маркирует различия в условиях современного почвообразования на рассматриваемых участках. Для подгоризонтов лесных подстилок участков ПП-1 и ПП-2 характерно уменьшение количества идентифицированных пентоз и увеличение гексоз при возрастании показателя W почвенных микроорганизмов. Анализ спектров потребления субстратов почвенными микробными сообществами и расчет параметра W показал, что максимальными показателями характеризуются микробные сообщества лесной подстилки ПП-1, в то время как на участке ПП-2 он существенно ниже. Таким образом, проведенные исследования показали, что в формировании комплекса ВОС лесных подстилок хронологического ряда вырубок наибольшей зависимостью от активности почвенной микробиоты характеризуется ненарушенный участок. Для лесных подстилок почв вырубок наряду с активностью микробиологических сообществ существенный

вклад вносят абиотические условия процесса восстановления древесной растительности.

УДК 574

**О ПРЕДПОЧТЕНИИ ОПАДА РАЗНЫХ ВИДОВ И ФОРМ  
ХВОЙНЫХ ДЛЯ *LUMBRISCUS RUBELUS* – НАИБОЛЕЕ  
ЭФФЕКТИВНОГО ТУРБАТОРА ПОДСТИЛКИ И  
МИНЕРАЛЬНЫХ СЛОЁВ ПОЧВЫ СРЕДИ ВИДОВ ДОЖДЕВЫХ  
ЧЕРВЕЙ ТАЁЖНОЙ ЗОНЫ ЕВРОПЕЙСКОЙ РОССИИ**

**Войтехов М.Я.**

Талдомская администрация особо охраняемых природных территорий, Талдом  
E-mail: mihail-voytehov@yandex.ru

Ранее нами была выявлена наибольшая эффективность *Lumbriscus rubelus* в перемешивании подстилки и минеральных слоёв почвы среди видов дождевых червей, массово заходящих в таёжную зону Европейской России, а в качестве одного из факторов, лимитирующих его распространение, – из изученных видов хвойных пищевая привлекательность разлагающегося опада снижается в ряду: можжевельник, пихта, ель европейская, а опад сосны обыкновенной и сосны сибирской (кедра) не используется им для питания (в экспериментах в лотках червям предлагался на выбор разлагающийся опад разных видов растений).

В дальнейшем исследовании установлено, что предпочтения опада других видов хвойных снижаются в ряду: тсуга канадская, ель европейская (из Подмосковья), ель сибирская (из Новосибирской обл.), а опад голубой американской ели не используется *L. rubelus* в пищу (образцы опада пихты и американских видов хвойных собраны в Ботсаду РАН в Москве). При сравнении предпочтений опада ели европейской (из Подмосковья), ели сибирской из лесостепи (Новосибирская обл.) и ели сибирской из крайней северной тайги (Республика Коми, Интинский район) не выявлено различий в предпочтении между елью европейской и елью сибирской из крайней северной тайги, а ель сибирская из зоны лесостепи менее предпочтительна, чем обе предыдущие. По мнению Ж.Ф.Понжа и соавторов, с вкусовой привлекательностью опада для дождевых червей более выражена отрицательная корреляция с содержанием в нём вяжущих фенолов, чем положительная с содержанием кальция. Однако, поскольку источником пищи червей является не столько сам опад хвойных, сколько произрастающие на нём грибы, существенным фактором может являться толщина препятствующей развитию гиф восковой кутикулы на поверхности хвои, играющая роль в защите и от испарения, и от инвазий микрофлоры. Визуально развитие мицелия на поверхности хвои разных видов и форм ели совпа-

дало с их пищевой привлекательностью для червей.

Согласно представленным выше результатам наших исследований, среди видов ели (*Picea*) более предпочтителен опад видов (форм) из регионов с более влажным климатом по сравнению с регионами с более засушливым климатом, и различия пищевой привлекательности опада между географическими формами ели сибирской могут быть объяснены фенотипическими различиями, формируемыми под влиянием климата, но «съедобность» опада также может быть объяснена генетическими различиями, связанными с тем, что ель сибирская из Республики Коми ближе к ареалу ели европейской и генетически является промежуточной формой между елью сибирской и елью европейской, некоторые морфологические признаки ели сибирской нередки в популяциях ели вплоть до Белоруссии, а признаки ели европейской отмечены и в сибирских популяциях ели, что свидетельствует об их широкой гибридизации). Среди исследованных представителей других родов хвойных наиболее предпочитаемые – можжевельник и тсуга имеют наименее развитую кутикулу на хвое. Таким образом, одним из факторов, определяющих пищевую привлекательность для *L. rubelus* (как одного из факторов, лимитирующих его распространение и педотурбационную активность) опада исследованных видов и форм хвойных может являться развитие восковой кутикулы на поверхности хвои, коррелирующее с засухоустойчивостью видов или внутривидовых форм хвойных.

УДК 631.46-576.8

## **ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ И ТАКСОНОМИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ АКТИНОМИЦЕТНЫХ СООБЩЕСТВ ЭКОСИСТЕМ ЗАПОВЕДНЫХ ЗОН ВЬЕТНАМА**

**Грачева Т.А., Дорченкова Ю.А.**

Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Москва  
E-mail: tanyadunaeva12@mail.ru; juliadorchenkova@gmail.com

Мицелиальные актинобактерии получили широкое распространение в природе. Они встречаются в воздухе, в пресных водоемах и морях, в пище, кишечнике и экскрементах беспозвоночных, но наибольшее их разнообразие обнаруживается в почве и растительных субстратах. Такое множество местообитаний актиномицетов связано с их высокой способностью переносить неблагоприятные условия, например, временное отсутствие питательных элементов или сухие сезоны.

В настоящее время накоплено большое количество данных о распространении актиномицетов в почве и связанных с нею растительных субстратах. Известно, что в тропических лесах горной провинции Юньнань на высоте 450–950 метров над уровнем моря численность

актиномицетов составляет  $6.7 \cdot 10^5$  КОЕ/г субстрата, а доминантами являются стрептомицеты. Для ненарушенных ферраллитных тропических почв Бразилии отмечается содержание актиномицетов в пределах  $10^5$ – $10^6$  КОЕ/г. Высокое таксономическое разнообразие (более 50 родов) было обнаружено в почвах Вьетнама. Тем не менее вопрос о распространении этих организмов в экосистемах тропических регионов остается малоизученным. Нахождение места актиномицетов в микробном комплексе тропических регионов дополняет наши знания о биоразнообразии микробного мира, а также, несомненно, представляет интерес для биотехнологии.

В ходе работы проанализированы образцы почв и опада заповедных зон Среднего, Южного и Северного Вьетнама. Всего проанализировано 28 образцов почв и опада. Установлено, что все исследуемые образцы имели кислую и слабокислую реакцию среды. Проведен анализ численности и таксономического состава актиномицетных комплексов. Численность, длина актиномицетного мицелия и видовое разнообразие в исследуемых экосистемах была высокой и достигала максимальных значений ( $1.0 \cdot 10^8$  КОЕ/г) в опаде, сформировавшемся над бурой темно-ферраллитной почвой под лесом в карстовой долине национального парка Суан Шон (Вьетнам). Выявлено доминирование актиномицетов в бактериальных сообществах в красно-желтой гумусно-ферраллитной почве (pH=5.9). Видовой состав актиномицетов изученных субстратов неоднороден, представители секции и серии *Cinereus Chromogenes* и *Albus Albus* встречались во всех объектах исследования. Актиномицеты рода *Micromonospora* обнаружены в образцах почвы и в растительных субстратах, а в образцах опада парка Кон Ка Кинь их доля достигала 13%. Сравнительно невысокое таксономическое разнообразие в актиномицетных комплексах связано с отбором образцов в сухой климатический период.

Выделенные штаммы проверяли на способность к разложению целлюлозы методом посева на среду Гетчинсона с фильтровальной бумагой, практически все протестированные актиномицеты оказались целлюлозолитиками. Культуры стрептомицетов, выделенные из образцов почв и опада Вьетнама проверяли на антибиотическую активность. Тестированию подвергнут 71 штамм актиномицетов по отношению к тест-организмам, принадлежащим к разным филогенетическим группам: гриб *Aspergillus niger*, дрожжи *Candida albicans*, бактерии *Bacillus subtilis*. В основном, у штаммов наблюдается антибактериальная активность.

Полученные данные позволяют говорить о присутствии в исследуемых биотопах ацидотолерантных форм актиномицетов, которые играют здесь основную роль в деструкции органического вещества. Данные локусы могут быть использованы для поиска актиномицетов, продуцирующих активные биологические вещества.

УДК 631.4

## ПРИНЦИПЫ И ОСОБЕННОСТИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ БИОМАССЫ МИКРООРГАНИЗМОВ В ПОЧВЕ

**Евдокимов И.В.**

Институт физико-химических и биологических проблем почвоведения РАН,  
Пушино  
E-mail: [ilyaevd@yahoo.com](mailto:ilyaevd@yahoo.com)

Почвенные микроорганизмы являются движущей силой в циклах биофильных элементов, в связи с чем в математических моделях, описывающих циклы С и N в почве, почвенную микробную биомассу обычно концептуально относят к активной фракции почвенного органического вещества (ПОВ). Почвенная микробная биомасса является также и биоиндикатором стрессов, вызванных естественными или антропогенными причинами. В частности, в последнее десятилетие активно развивается концепция экологической стехиометрии С:N:P для биомассы почвенных микроорганизмов и почвенных питательных субстратов. Наряду с рассмотрением эволюции основных принципов определения биофильных элементов в составе почвенной микробной биомассы, мы осветим и наиболее значимые успехи в создании новых методических подходов для определения микробной биомассы за последние два десятилетия.

Главные особенности (и трудности) определения микробной биомассы в почве связаны с гетерогенностью и многофазностью этой среды обитания, крайне неравномерным распределением как микроорганизмов, так и питательных субстратов в пространстве. При этом свойства почв изменяются в широких пределах в зависимости от почвенного типа, наземной экосистемы и систем землепользования, что создает огромные методические трудности при изучении жизни почвенного микробного сообщества как *in vitro*, так и *in situ*. Наряду с многообразием задач, стоящих перед почвенными микробиологами, фактор сложности такого объекта, как почва и ее микробное население, также способствует развитию разнообразия и многочисленности методов определения почвенной микробной биомассы.

Единой, общепринятой классификации методов определения почвенной микробной биомассы не существует. Однако, для удобства использования, а также для понимания границ применимости тех или иных методов, их можно условно классифицировать по способу получения аналитического сигнала: 1) биоцидные методы; 2) методы, основанные на определении дыхательного отклика микробного сообщества на внесение глюкозы; 3) методы, основанные на анализе биомаркеров. При этом исследователь обязательно должен учитывать область применимости того или иного метода и источники ошибок, связанные с методическими ограничениями.

Важнейшими особенностями развития методов определения микробной биомассы в почве в последние два десятилетия были следующие: 1) повышение автоматизации определения как биофильных элементов (биоцидные методы), так и скоростей определения дыхательного отклика микробного сообщества; 2) использование изотопов соответствующих биофильных элементов – в зависимости от условий эксперимента, стабильных или радиоактивных – в сочетании с экспресс-методами химического определения соответствующих элементов; 3) упрощение и сокращение по времени уже известных методических процедур (например, процедуры фумигации почвы); 4) использование индивидуальных пересчетных коэффициентов (факторов эффективности) для каждого почвенного типа, определенных либо по полному балансу внесенных изотопов соответствующих биофильных элементов, либо с использованием эмпирических формул, описывающих зависимость пересчетных коэффициентов от рН, содержания ПОВ, механического состава, соотношения C:N и прочих свойств конкретных почв в эксперименте. Кроме того, наблюдается существенный прогресс в определении пула микробного Р в почве на основе комбинации метода анионообменных мембран, фумигационного и изотопных методов. Выбор конкретного метода определения микробной биомассы в почве зависит от задач исследования, специфических свойств почвы (свежевнесенные органические или минеральные удобрения, загрязненность ксенобиотиками, воздействие абиотических стрессов и т.д.), необходимости использования изотопно-меченых соединений в качестве питательных субстратов, необходимости определения динамики пулов, возможностей автоматизации определений и т.д.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 20-04-00343-а.

УДК 631(436,468)

## **СУТОЧНАЯ И СЕЗОННАЯ ДИНАМИКА ТЕМПЕРАТУРЫ И АКТИВНОСТИ ФАУНЫ В ПОЧВЕННОМ ЯРУСЕ ЗАПОЛЯРНЫХ ЛЕСОВ**

**Зенкова И.В., Штабровская И.М.**

Институт проблем промышленной экологии Севера ФИЦ  
«Кольский научный центр РАН», Апатиты  
E-mail: i.zenkova@inep.ksc.ru; ishtabrovskaya@mail.ru

В северотаежном сосново-мелколиственном лесу на Al-Fe-гумусовом подзоле с типичным профилем O-E-BHF(BF, BH)-C исследовали суточную и ежемесячную динамику почвенной фауны и окружающих температур. Температуру и влажность атмосферного воздуха (на высоте 2 м), поверхности и толщи подстилки (на глуби-

не 5 см) измеряли автономными термохронами серии ТРВ ежедневно с мая по октябрь 2019 г. Беспозвоночных – обитателей подстилки и яруса напочвенной растительности отлавливали 500 мл ловушками с формалином, вкопанными в почву ниже границы подстилки (О) и минерального (подзолистого, Е) горизонта. Суточную активность фауны учитывали в период с 15 мая по 10 июля (всего 60 сут.), совпадающий на широте Мурманской области (67–69° с.ш., 34° в.д.) с периодом полярного дня (22 мая–22 июля). Ловушки меняли 5 раз в сутки: в 4, 8–9, 14–15, 18–19, 22–23 часа; интервалы соответствовали суточной динамике температуры подстилки, выявленной в сосняке в 2016–2018 гг.

Весной 2019 г., после схода снега (5.05.2019), подстилка прогрелась до среднесуточных положительных температур к 12.05.2019. Устойчивые  $T \geq +5^\circ\text{C}$  поддерживались на поверхности с 25.05.2019, в толще подстилки – с 30.05.2019 до 19.09.2019 (113 сут). Прогрев подстилки до  $T \geq +10^\circ\text{C}$  не был устойчивым и отмечался периодами с 8.06.2019 до 13.09.2019 (всего 50 сут.). Температура воздуха на высоте 2-х м и на поверхности подстилки имела сходную динамику, различаясь по среднесуточным значениям не более чем на  $2^\circ\text{C}$  и превышая температуру в толще подстилки в разные дни не более чем на  $4.5^\circ\text{C}$ . Наибольший прогрев воздуха и подстилки чаще всего отмечался с 15 до 18 час (в 53 и 59% случаев соответственно). До минимальных температур воздух и поверхность почвы остывали в 3–5 утра (в 67 и 69% случаев), подстилка позднее – в 4–8 утра (74%).

На протяжении всего сезона многочисленными в почвенных ловушках были (в порядке убывания обилия): *коллемболы*, *пауки*, *имаго двукрылых (мухи, комары)*, *жуки чернотелки*, *цикадки*. На фоне круглосуточной активности эти беспозвоночные в максимальных количествах улавливались в самые теплые (14–19) часы. Представители следующих таксонов единично появлялись с мая-июня и летом увеличивали численность (в порядке убывания обилия): *трипсы* (отмечены в ловушках с 29.05.2019), *перепончатокрылые* (21.05.2019), *сминтуриды* (17.06.2019), *стафилиниды* (20.05.2019), *жужелицы* (26.05.2019), *панцирные клещи* (28.05.2019), *сенокосцы* (6.06.2019), *листоеды* (20.05.2019), *тли* и *имаго шелкоунов* (12.06.2019). Наиболее активны они были с 15 до 23 часов, наименее – в самые холодные часы с 4 до 9 утра. Малочисленными в ловушках в мае-июле, но отловленными также в самое теплое время суток (14–19) были: *шмели*, *муравьи*, *личинки мягкотелок*. *Протуры*, *клещи-краснотелки*, *скорпионовые мухи-бореиды*, *белокрылки*, *жуки короеды* и *ощупники* учтены единично, что не позволило выявить тенденции их суточной или сезонной активности.

Типичные обитатели подстилки – *дождевые черви*, *энхитреиды*, *личинки двукрылых*, *слизни* и *раковинные моллюски*, а также *эктопаразитические блохи* шли в ловушки в дождливые дни при

температуре подстилки  $\geq +4$  °С и ее влажности  $\geq 91\%$ . Максимальная суточная активность блох с 23 до 4 часов совпадала с таковой для их прокормителей – *бурозубок*. В эти же часы наибольшей уловистостью характеризовались потенциальные пищевые объекты бурозубок – черви, личинки двукрылых, сенокосцы, многоножки-костянки.

Таким образом, по результатам учетов почвенными ловушками, в условиях круглосуточного светового дня заполярных широт подавляющее число беспозвоночных (массовых и малочисленных, аэробиионтных, герпетобиионтных и подстилочных) проявляют наибольшую активность в послеполуденные и вечерние часы в соответствии с наибольшим прогревом воздуха, поверхности и толщи подстилки. Периодом минимальной активности фауны являются холодные утренние часы с 3(4):00 до 8(9):00.

Исследования выполнены в рамках темы ГЗ № 118021490070-5.

УДК 631.468+631.467[591.5+591.9](470.11)

### **ПОЧВЕННЫЕ БЕСПОЗВОНОЧНЫЕ В ЭКСТРЕМАЛЬНЫХ УСЛОВИЯХ СЕРОВОДОРОДНЫХ ИСТОЧНИКОВ НА СЕВЕРЕ (НЕНЕЦКИЙ АВТОНОМНЫЙ ОКРУГ, ЗАКАЗНИК ПЫМВАШОР)**

**Колесникова А.А., Конакова Т.Н., Таскаева А.А., Кудрин А.А.**

Институт биологии ФИЦ Коми НЦ УрО РАН, Сыктывкар

E-mail: kolesnikova@ib.komisc.ru

Гидротермы, расположенные в труднодоступных районах северных территорий, представляют большой интерес, являясь уникальной системой, где сохранился весь комплекс эндемичных видов растений и животных, приуроченных к данным источникам. Горячие источники Пымвашор (гряда Чернышова, Полярное Предуралье, восток Большеземельской тундры) – единственный достоверно известный выход термальных вод в пределах Европейского Заполярья, который может рассматриваться в качестве эталонного объекта для сравнения с североазиатскими и североамериканскими гидротермами. Термальные экосистемы могут быть рассмотрены как очаги видовой разнообразия, в условиях Субарктики как очаги биопродуктивности, а в некоторых случаях как рефугиумы, в которых сохраняются фрагменты реликтовых сообществ.

Источники Пымвашор находятся в пределах крупного понижения рельефа местности на западной окраине гряды Чернышова по левому берегу р. Адъзвы. Воды источников слаботермальные, высоконапорные, газируют; трещинно-пластовые и трещинно-жильные. В районе урочища отсутствуют многолетнемерзлые породы (ММП), хотя сам объект находится в пределах распространения островных и редко-островных ММП. Сотрудниками Института экологических проблем Севера УрО РАН (ныне ФИЦКИА РАН) в ноябре 2009 г. проведено

зонирование термального урочища с выделением зон, находящихся под влиянием низкотемпературных карстовых и термальных подземных вод. Выделено три термальные зоны (максимальная температура термальных вод – 28.5 °С). Зона (t1) включает три источника, вытекающих из-под вертикальной скалы на левом берегу по течению ручья. Зона (t2) объединяет четыре источника Горячей горы, воды которых сливаются в один ручей Горячий, впадающий в ручей Пымвапор. Зона (t3) характеризуется наиболее мощным выходом термальных вод и относится к источнику «Бассейн». И выделено три карстовые зоны (k1, k2, k3), где температура вод не превышает 2–3 °С.

Наши полевые исследования проведены в августе 2019 г. В каждой из выделенных термальных и карстовых зон выбрано по одному биотопу (геоботанические описания сделаны н.с. отдела флоры и растительности Севера Института биологии Коми НЦ УрО РАН В.А. Каневым). В каждом биотопе отобрано по 5 почвенных образцов размером 10x10 см для последующей выгонки почвенных беспозвоночных. Ранее изучение почвенных беспозвоночных урочища Пымвапор было проведено в зимний период. При обследовании было обнаружено 10 видов ногохвосток, 8 видов панцирных клещей, по 1 виду пауков, дождевых червей и двукрылых. На основе наших данных можно утверждать, что разнообразие и численность почвенных зооценозов вблизи термальных источников выше, чем в окрестностях карстовых источников. Облик почвенных зооценозов определяют таксоны нематод, коллембол и крупных беспозвоночных (Lumbricidae, Lithobiidae, Cantharidae, Carabidae, Staphylinidae, Elateridae, Chrysomelidae, Hydrophilidae, Coccidae, Diptera), характерные для тундровых биотопов.

Исследования проведены в рамках темы НИР отдела экологии животных (AAAA-A17-117112850235-2), проекта комплексной программы УрО РАН № 18-4-4-37 (AAAA-A18-118011390005-9).

УДК 633.491; 631.811.98

## **ВЛИЯНИЕ РАЗЛИЧНЫХ ГУМИНОВЫХ ПРЕПАРАТОВ НА УРОЖАЙНОСТЬ И КАЧЕСТВО КАРТОФЕЛЯ В УСЛОВИЯХ ПРОИЗВОДСТВА**

**Комаров А.А.<sup>1</sup>, Суханов П.А.<sup>2</sup>, Комаров А.А.<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Ленинградский НИИСХ, Белогорка  
E-mail: kommon87@mail.ru

<sup>2</sup> Агрофизический научно-исследовательский институт, Санкт-Петербург

Известно, что в условиях сельскохозяйственного производства порой получают совершенно иные данные, чем те, что получены в условиях лабораторных, вегетационных и даже мелкоделяночных опытов. Это связано со многими причинами, в том числе со спец-

ификой проведения полевых экспериментов, где в основу положено применение тех технологических операций, которые применяются в производственной практике, а также неоднородностью пространства поля по элементам плодородия. Так, в качестве некорневой подкормки редко используются однофункциональные средства коррекции, которые изучают как отдельные варианты в полевых экспериментах. Как правило, в условиях производства формируется баковая смесь, состоящая не только из питательных элементов подкормки, но и средств защиты растений, других компонентов. Исследования проводились с 2011 по 2015 гг. в ЗАО «Победа» Ломоносовского района Ленинградской области. Использовалась базовая технология производства картофеля (сорта «Невский» и «Ред Скарлет»), применяемая в хозяйстве. Хозяйственная технология включала внесение минеральных удобрений под планируемую урожайность; обработку пестицидами – после посадки Зенкор 1 кг/га; затем через 2 недели Зенкор 400 г/га, Титус 50 г/га; затем Браво, Ридомил, Каратэ; обработку клубней перед посадкой – Максим 4 л/т. Корректирующее действие некорневых подкормок проводилось в оптимальные фазы роста и развития растений картофеля с использованием технических средств хозяйства. В экспериментах оценивалось действие гуминовых препаратов, выделенных из различных источников и по разным технологиям. В том числе из торфа – «Стимулайф», из сапропеля – «Дарина», из лигнифицированных отходов производства – «Лигногумат», из вермикомпоста – «Идеал». Препараты применялись в дозах, рекомендуемых их производителями из расчета их оптимальных концентраций в баковой смеси с 200 л воды на га. Площадь каждой делянки опыта – не менее 1 га, учетной площадки – 10–100 м<sup>2</sup>. В качестве контроля оценивался вариант с высокоинтенсивным уровнем применения средств химизации (хозяйственная технология). Этот вариант использовался в качестве фона для проведения подкормок. Установлено, что во все годы исследований все применяемые препараты обеспечивали прибавку урожайности картофеля по сравнению с хозяйственным фоном. Наименьшая прибавка урожайности на картофеле (3 ц/га) получена с применением подкормки препаратом «Идеал». Более значимую прибавку урожая по годам исследований обеспечило применение «Дарины» (12–21% или 4.2 т/га) и «Лигногумата» (13–21% или 5.7 т/га). Наибольшую прибавку урожая, до 14–27% (7 т/га), обеспечило использование препарата «Стимулайф». Оценка качества полученной продукции показала уменьшение накопления в ней нитратов за счет используемых гуминовых препаратов. Более значимое уменьшение нитратов наблюдалось на варианте «Стимулайф» – до 189 мг/кг против 248 мг/кг на фоне. Однозначно можно сказать, что после обработки растений гуминовыми препаратами во всех вариантах опытов наблюдалось увеличение содержания крахмала в клубнях картофеля. Так, применение «Дарины» обеспечило

содержание крахмала в клубнях до 11.7–12.5%, «Лигногумата» – до 12.7–13.1%, а «Стимулайфа» – до 11–13.2%, против 10.6–11.2% на фоне интенсивной технологии. Таким образом, разнообразные гуминовые препараты оказались весьма эффективными при возделывании картофеля в условиях производства.

УДК 574:44.630

### **ВЛИЯНИЕ МИКРОКЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ НА ПОЧВЕННУЮ ФАУНУ В ТУНДРОВЫХ ПОЧВАХ ЕВРОПЕЙСКОГО СЕВЕРО-ВОСТОКА РОССИИ (ТРАНСПЛАНТАЦИОННЫЙ ЭКСПЕРИМЕНТ)**

**Кудрин А.А., Конакова Т.Н., Таскаева А.А., Колесникова А.А.**

Институт биологии ФИЦ Коми НЦ УрО РАН, Сыктывкар  
E-mail: kudrin@ib.komisc.ru

Факторы, определяющие структуру почвенной фауны, а, следовательно, и ее функции, до сих пор остаются предметом пристального внимания ученых. Особенно актуально данное направление исследований на северных территориях, наиболее подверженных глобальным климатическим изменениям.

Наша работа направлена на оценку значения микроклиматических условий и свойств почвы для функционирования почвенной фауны в условиях южной тундры. Для этого мы осуществили эксперимент по перекрестной пересадке блоков почвы с различных тундровых биотопов, отличающихся микроклиматическими условиями и свойствами почвы. В первом случае блоки почвы пересаживали из кустарничковой тундры с «жесткими» микроклиматическими условиями в ерниковую тундру, где условия значительно «мягче». Второй вариант предусматривал пересадку образцов почвы в обратном порядке – из ерниковой в кустарничковую тундру. Температура почвы между участками в среднем отличалась на 5 °С. Блоки размером 25x25x15 см извлекали из почвы в каждом биотопе в количестве 16 штук и помещали в пластиковые контейнеры. Половина из них оставалась на участке, другую половину переносили в соседний биотоп. В эксперименте в общей сложности использовали 32 блока почвы. Период инкубации составил два года, после чего контейнеры с почвой извлекали и анализировали.

Предполагалось, что для функционирования почвенной фауны большее значение играют свойства почвы, а не микроклиматические условия. Таким образом, после пересадки почвы на участки, отличающиеся микроклиматическими условиями, сообщества почвенных беспозвоночных должны сохранять черты характерные для «донорского» биотопа и отличаться от сообществ биотопа «акцептора». В соответствии с нашей гипотезой после пересадки блоков почвы из «жестких» условий кустарничковой тундры, в более «мягкие»

условия ерниковой тундры численность нематод и коллембол, а также структура их сообществ не отличалась от таковой в «донорском» биотопе. Однако при пересадке почвы из ерниковой тундры в кустарничковую их численность сократилась по сравнению с биотопом «донором». При этом произошло и изменение структурных характеристик.

Таким образом, в зависимости от контекста в южных тундрах лимитирующими факторами в одних случаях может выступать микроклимат, в других – свойства почвы. Вероятно, что «жесткие» микроклиматические условия, складывающиеся в определенных биотопах, выступают лимитирующим фактором и приводят к угнетению сообществ почвенных животных. В таких условиях свойства почвы не оказывают значительного эффекта на распределение беспозвоночных. В более «мягких» микроклиматических условиях, лимитирующее значение данного фактора ослабевает, и на первый план в распределении нематод и коллембол выходят свойства почвы.

УДК. 631.445.41

## **ВЛИЯНИЕ ГУМИНОВОЙ КИСЛОТЫ НА ПОРИСТОСТЬ ПОЧВ И ГЛИНИСТЫХ МИНЕРАЛОВ**

**Курочкина Г.Н.<sup>1</sup>, Пинский Д.Л.<sup>1</sup>, Хайнос М.<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Институт физико-химических и биологических проблем почвоведения РАН,  
Пуццино  
E-mail: colloid41@rambler.ru

<sup>2</sup> Институт агрофизики Польской Академии наук, Люблин, Польша  
E-mail: zosia@maja.ipan.lublin.pl

Проблема взаимодействия органических веществ специфической природы с почвами и глинистыми минералами является наиболее актуальной в почвоведении и в учении физикохимии поверхности. В частности, поглощение органических веществ глинистыми минералами и почвами приводит к существенному изменению их поверхностных свойств, устойчивости агрегатов, изменению пористых характеристик.

В данной работе изучена адсорбция гуминовой кислоты (ГК) из разбавленных водных растворов на поверхности глинистых минералов и почв. Для этого использовали глинистые минералы с различным типом структуры кристаллической решетки: монтмориллонит (Na-форма) из Пыжевского, каолинит из Глуховецкого, палыгорскит Калино-Дашковского (Серпуховский-Московский ярусы карбона) месторождений и кварцевый песок из Вольского месторождения. Также использовали серую лесную почву (Futric Retisol (Loamic, Cutamic, Ochric) с опытной полевой станции ИФХиБПП РАН (г.Пуццино Московской области) и чернозем выщелоченный (Luvisc Chernozems Pasch) Тульской области.

Органическое вещество – ГК – особо чистый немецкий препарат фирмы «Aldrich-Chemie D 7924 Stein heim» Hummussaeure Natriumsalt в натриевой форме, выделенный из торфа. Концентрацию ГК в растворе определяли колориметрическим методом. Удельную поверхность адсорбента измеряли по сорбции паров воды в вакуумно-сорбционной установке Мак-Бэна–Бакра с пружинными кварцевыми весами при  $25 \pm 0.1$  °С, а также по физической сорбции азота. По сорбции паров воды рассчитывали емкость монослоя и величину удельной по уравнению полимолекулярной адсорбции БЭТ. Дзета-потенциал определяли анализатором гранулометрического состава Zetasizer Nano ZS Malver (Англия). Статистическую обработку результатов проводили автоматически пакетом Statistica, встроенным в прибор. Дзета-потенциал рассчитывали по уравнению Генри. Ртутно-порометрические исследования проводили на поромере фирмы «Micromeritics» модели «AutoPoreIV 9500» в широком интервале давлений 0.0036–413 МПа с учетом цилиндрической модели пор (4V/A).

Физико-химическими методами установлено, что адсорбция ГК на всех объектах определяется временем взаимодействия, концентрацией твердой фазы, рН, температурой и может сопровождаться ионным обменом. По количеству адсорбированной ГК (мг/г) минералы располагаются в следующий ряд: монтмориллонит > палыгорскит > почвы > каолинит > кварцевый песок. Однако в пересчете на площадь поверхности (абсолютная адсорбция, м<sup>2</sup>/г) для каолинита характерны наибольшие значения адсорбции, что можно объяснить наличием положительных зарядов на его поверхности. В экспериментах по определению пористости, ИК-микроскопических исследований показано, что модификация поверхности минералов и почв ГК по-разному влияет на пористость, средние радиусы, суммарную площадь поверхности и объем порового пространства как в сторону увеличения, так и в сторону уменьшения размеров в зависимости от вида сорбента. При этом она приводит к существенному изменению дифференциального объема пор и более однородному перераспределению пор по размерам. Полученные результаты позволяют направленно регулировать водно-физические и структурные свойства почв, что является важнейшим фактором их плодородия.

УДК 631.46

## **МЕТАБОЛИЧЕСКИ АКТИВНАЯ ПРОКАРИОТНАЯ КОМПОНЕНТА И БИОТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПОТЕНЦИАЛ ПОЧВ**

**Манучарова Н.А., Зенова Г.М., Степанов А.Л.**

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

Формирование разнообразия организмов неразрывно связано с почвой, так как она является необходимой средой для протекания

стадий онтогенеза. Феномен некультивируемых микроорганизмов позволяет предположить, что истинное разнообразие почвенной биоты значительно превышает существующие в настоящее время оценки. Выяснение свойств почв, способствующих формированию и сохранению биоразнообразия, получение консорциумов микроорганизмов, обладающих биотехнологическим потенциалом (способность к азотфиксации, гидролизу природных полимеров и ксенобиотиков, синтезу вторичных метаболитов) – важнейшая научная проблема современной микробиологии. Для сохранения биоразнообразия существенное значение имеет протекторная функция почвы – консервация в жизнеспособном состоянии различных переживающих стадий организмов.

Целью исследований явилось выявление специфики устойчивости и развития гидролитических микробных комплексов, обладающих биотехнологическим потенциалом (осуществляющих деструкцию биополимеров и углеводов) в наземных экосистемах, установление закономерностей их распространения в биогеоценозах и зависимости функциональной активности от основных экологических факторов (влажности, температуры, присутствия метаболизируемого субстрата).

В процессе исследований оценивалось разнообразие микробного комплекса, включающее его прокариотную составляющую; выявление способности систем к процессам, направленным на деструкцию труднодоступных соединений, трансформацию окисленных и восстановленных форм азота, определение наличия функциональных генов у микроорганизмов, обладающих биотехнологическим потенциалом способных к метаболической активности в почвах, различающихся параметрами основных экологических факторов. Новизна разработанного подхода состоит в возможности усиления биотехнологических свойств микроорганизмов путем интродукции высокоактивных селекционных штаммов и создания условий для их деятельности в природных системах и агроценозах. Объектами исследования являлись микробные сообщества современных почв (чернозема, серой лесной, каштановой) и реликтовых местообитаний (подкурганные каштановые почвы, погребенные вулканические слоисто-пепловые почвы Камчатки, образцы многолетнемерзлых грунтов Антарктиды, подвергавшихся одновременному погребению на большой глубине и воздействию низких температур). К изучению прокариотных сообществ использовался комплексный подход: молекулярно-биологические методы оценки (высокопроизводительное секвенирование и метагеномный анализ результатов с выявлением доминантов сообщества, обладающих различными биотехнологическими функциями; определение метаболически активных компонент отдельных групп и таксонов методом флуоресцентной *in situ* гибридизации); определение физиологического состояния микробных сообществ методами газовой

хроматографии. На основе экофизиологических критериев определена функциональная значимость гидролитических прокариотных микробных комплексов в наземных экосистемах, выявлена степень толерантности исследуемых микробных сообществ к экстремальным параметрам экологических факторов. Установлена возможность классификации и биодиагностики образцов наземных экосистем по структурному показателю микробного комплекса, в том числе по его гидролитической составляющей. Выявленное возрастание потенциальной активности сообществ по мере увеличения степени «законсервированности» открывает возможности для биотехнологического использования штаммов, выделенных из реликтовых местообитаний.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 19-29-05197-мк.

УДК 631.417:631.461

## **БИОЛОГИЧЕСКИЕ И БИОХИМИЧЕСКИЕ МЕХАНИЗМЫ СТАБИЛИЗАЦИИ ГУМУСА ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТЫХ ПОЧВ**

**Орлова Е.Е.<sup>1</sup>, Орлова Н.Е.<sup>1</sup>, Битюцкий Н.П.<sup>1</sup>, Майоров Е.И.<sup>1</sup>,  
Шахназарова В.Ю.<sup>1,2</sup>**

<sup>1</sup> Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург

<sup>2</sup> Всероссийский НИИ сельскохозяйственной микробиологии, Санкт-Петербург  
E-mail: orlova55@mail.ru

Дерново-подзолистые почвы характеризуются невысоким содержанием гумуса и слабой степенью его гумифицированности. Они имеют низкую экологическую устойчивость и достаточно уязвимы для воздействия человека. Поэтому при использовании их в земледелии особое внимание необходимо уделять повышению стабилизации почвенного органического вещества. В агродерново-подзолистых почвах стабилизация органического вещества, в первую очередь, должна обеспечиваться за счет углубления химической зрелости и увеличения биотермодинамической устойчивости как новообразованных, так и уже сформированных в почве гуминовых веществ. Это может реализовываться повышением их биогенности, а также внесением в почвы органических удобрений, содержащих гуминовые вещества, характеризующиеся повышенной степенью ароматизации, например биогумуса (вермикомпоста). Одним из перспективных органогенных мелиорантов, которые предположительно можно использовать для этих целей, является биоуголь (БУ). В данной работе представлены результаты исследований влияния совместного внесения БУ и растительных остатков на интенсивность биологических процессов и их возможную роль в стабилизации гумуса агродерново-подзолистой почвы.

Изучение трансформации растительных остатков проводили в

инкубационном эксперименте в агродерново-подзолистой супесчаной почве. БУ был произведен быстрым пиролизом из древесины березы и осины при 550 °С. В качестве материала для изучения трансформации растительных остатков в почве использовали клевер (*Trifolium pratense* L.) и тимофеевку (*Phleum pratense* L.). Концентрация БУ и растительных остатков в почве составляла 1%. Длительность инкубации – 90 дней. Повторность опыта 3-кратная. Интенсивность микробиологических процессов оценивали по изменению активности почвенных ферментов – каталазы методом Джонсона и Темпле, дегидрогеназы по Ленарду и фосфатазы методом Галстяна. Для определения количества и таксономического состава почвенных прокариот и грибов использовали метагеномный анализ.

Установлено, что БУ ускорял процесс разложения растительных остатков, трансформация их проходила быстрее и более полно. Внесение БУ в почву, как без растительных остатков, так и с их добавлением приводило к интенсификации минерализационных процессов почвенного органического вещества. Добавление растительного материала в почву способствовало активизации жизнедеятельности микробиоты и, соответственно, возрастанию активности почвенных ферментов, в большей степени, чем добавление БУ. При совместном внесении в почву растительных остатков и БУ стимулирующее действие растительных остатков на ферментативную активность почвы сохранялось, однако дополнительного увеличения ферментативной активности не выявлено. Одновременно наблюдались изменения состава и структуры сообществ почвенных микроорганизмов. При внесении БУ в почву было отмечено возрастание обилия бактерий семейств *Nocardioideae* и *Micrococcaceae*, а также грибов семейства *Aspergillaceae*, представители которых способны разлагать сложные циклические органические соединения, в том числе и входящие в состав гумуса. Вероятно, этим могла быть вызвана как активная минерализация, так и углубление химической зрелости почвенного органического вещества. Кроме того, внесение в почву БУ вызвало перестройку бактериального и грибного сообществ гидролитиков. Прежде всего, изменилось обилие ряда семейств актинобактерий, порядка *Bacilli* фила *Firmicutes*, порядков *Chitinophagales* и *Cytophagales* (фила *Bacteroidetes*). Также были отмечены изменения таксономического состава грибов семейств *Aspergillaceae*, *Pleosporaceae*, *Lasiosphaeriaceae*, и *Chaetomiaceae*, многие из которых являются гидролитиками.

Таким образом, внесение БУ в агродерново-подзолистую почву может увеличивать ее биологическую активность, эффективность применения органических удобрений, способствовать переводу гуминовых веществ в формы относительно устойчивые к микробиологической деструкции, что в целом, несмотря на активизацию минерализационных процессов, повышает стабилизацию почвенного

органического вещества в целом.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта №18-016-00208а.

УДК 631.417

## **ОСОБЕННОСТИ НОВООБРАЗОВАНИЯ И СТАБИЛИЗАЦИИ ГУМУСОВЫХ ВЕЩЕСТВ ПРИ МЕЛИОРАЦИИ АГРОДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТЫХ ПОЧВ С ПРИМЕНЕНИЕМ БИОУГЛЯ**

**Орлова Н.Е., Орлова Е.Е., Якконен К.Л., Гуртовая А.В.**

Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург  
E-mail: norlova48@mail.ru

Биоуголь (БУ) является перспективными органогенным мелиорантом почв. Его получают путем пиролиза древесины или других отходов растительного происхождения в инертной атмосфере, переводя соединения углерода в стабилизированное состояние. В литературе широко обсуждается вопрос о целесообразности применения БУ в сельском хозяйстве. Есть сведения как о положительных, так и о негативных процессах, возникающих в почвах под влиянием БУ. Основное беспокойство вызывают данные об интенсификации процессов минерализации почвенного органического вещества. Результаты наших исследований, впервые проведенных в северо-западном регионе России, показали усиление разрушения лабильных форм и гумуса в целом при внесении БУ в почвы. В задачу данной работы входило оценить действие БУ на процессы трансформации органического вещества агродерново-подзолистых почв и охарактеризовать его влияние на новообразование и стабилизацию гумусовых веществ.

Исследования проводились в вегетационно-полевых и инкубационных экспериментах на агродерново-подзолистых супесчаных почвах разной степени гумусированности (Ленинградская обл.), БУ был произведен быстрым пиролизом из древесины березы при 600 °С. Для изучения новообразования гумусовых веществ были использованы растительные остатки *Trifolium pratense* L. и *Phleum pratense* L.

Показано, что при внесении БУ в почвы наблюдалась интенсификация процессов трансформации органического вещества в почвах, что согласуется с повышением ферментативной активности почв – оксиредуктаз и гидролаз. Причем под влиянием БУ увеличивалась и пероксидазная, и полифенолоксидазная активность почв, что свидетельствует об активизации процессов и минерализации, и гумификации органического вещества. В большей степени БУ повлиял на усиление процесса минерализации. Тем не менее, потери гумуса отчасти компенсировались новообразованием гумусовых веществ из поступающих и/или внесенных в почвы растительных остатков. Наиболее четко отмеченные закономерности проявились в

инкубационных экспериментах.

БУ ускорял процесс разложения растительных остатков, трансформация их проходила быстрее и более полно. Активизация процессов минерализации под влиянием БУ сопровождалась изменениями в характере гумификации и свойствах новообразованных соединений. Содержание гуминовых кислот (ГК) в процессе компостирования продолжало постепенно увеличиваться на протяжении всего периода наблюдений. Это связано с тем, что в процесс гумификации на фоне БУ вовлекались также трудногидролизуемые соединения, что подтверждается снижением нерастворимого остатка в составе гумуса. Кроме того, по-видимому, сформированные в присутствии БУ ГК более устойчивы к разложению. Возможно, наблюдаемые эффекты связаны с появлением в составе ГК гуматов кальция – фракций, отличающихся относительно высокой биотермодинамической устойчивостью. Для новообразованных ГК данная фракция нехарактерна, поскольку они обладают очень низкой степенью бензоидности и отсутствием сродства к кальцию. По-видимому, под влиянием БУ в компосте (или в почве) создаются специфические условия для образования этой фракции – очень высокое содержание кальция и/или способность самого БУ к адсорбции формирующихся ГК.

Таким образом, при внесении БУ и в почву, и в компосты были выявлены характерные признаки стабилизации системы гумусовых веществ. В тоже время меньшая доступность для микробиологической деструкции сформированной системы ГК и пополнение ее новообразованными соединениями привели к тому, что углубление химической зрелости новообразованных ГК замедлялось. Однозначное, детальное объяснение наблюдаемых особенностей формирования ГВ в присутствии БУ требует более глубокой проработки.

Авторы выражают благодарность старшему научному сотруднику Агрофизического научно-исследовательского института Е.Я. Рижия за предоставление образцов почв вегетационно-полевых опытов для исследований.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 18-016-00208а.

УДК 550.47:631.41

## **ПОГЛОЩЕНИЕ КАТИОНОВ МИКРОЭЛЕМЕНТОВ В ОРГАНО-МИНЕРАЛЬНЫХ СИСТЕМАХ**

**Переломов Л.В., Мухторов Л.Г., Никишина М.Б., Атрощенко Ю.М.**

Тульский государственный педагогический университет им. Л.Н. Толстого, Тула  
E-mail: perelomov@rambler.ru

Взаимодействие органических веществ с глинистыми минералами является сложным процессом, зависящим от химической природы

поверхности и структурных параметров минералов, физических и химических свойств органических веществ, условий среды. Органические вещества оказывают значительное влияние на минералы, модифицируя их поверхность за счет образования как химических соединений, так и межмолекулярных агломератов, построенных за счёт водородных связей и других дальнедействующих сил, а также коагуляционных контактов. В результате физические, химические и физико-химические свойства органо-минеральных систем, одновременно включающих органические вещества и глинистые минералы, заметно отличаются от свойств отдельных компонентов как с точки зрения электрических свойств двойного электрического слоя коллоидных частиц, так и количества функциональных групп, доступных для взаимодействия с неорганическими и органическими веществами.

Нами было изучено поглощение катионов микроэлементов слоистыми силикатами групп каолинита и монтмориллонита в присутствии фульвокислот, выделенных из низинного торфа. Поведение катионов в трехкомпонентной системе, состоящей из раствора металла, органического лиганда и глинистого минерала определяется несколькими процессами, такими как: адсорбция свободных и гидратированных катионов на поверхности минерала; адсорбция свободных и гидратированных катионов поверхностью минерала, модифицированной вследствие образования органо-минеральных кластеров и матриц при взаимодействии с анионами растворенных органических веществ; образование комплексных соединений металлов с органическими компонентами раствора различного состава; адсорбция заряженных комплексных форм микроэлементов на модифицированных и немодифицированных поверхностях минерала.

Адсорбция катионов микроэлементов каолинитом и каолинитом в присутствии фульвокислот в кислой среде в диапазоне концентраций элементов 0.4–4.0 ммоль/л удовлетворительно аппроксимируется уравнением Ленгмюра. Существуют многочисленные литературные данные, показывающие, что фульвокислоты могут как увеличивать, так и уменьшать поглощение микроэлементов каолинитом. В условиях нашего эксперимента фульвокислоты усиливали адсорбцию катионов. Полученные результаты показывают, что в кислых условиях наблюдается тенденция увеличения адсорбции с ростом pH. Основными факторами, влияющими на взаимодействия микроэлементов в трехкомпонентных системах, являлись свойства иона, кислотность экспериментального раствора, концентрации элементов и органических веществ, последовательность добавления растворов катионов и фульвокислот к глинистому минералу.

Обладая большей ёмкостью катионного обмена, бентонит и его органо-минеральные структуры обладают большей величиной предельной адсорбцией по сравнению с каолинитом и каолинитом, модифицированным фульвокислотами. Фульвокислоты увеличивали

поглощение микроэлементов бентонитом, однако это происходило только при более высоких изученных концентрациях элементов в растворе (2 ммоль/л и выше). С ростом содержания фульвокислот в растворе от 0.04 г/л до 0.4 г/л поглощение микроэлементов бентонитом увеличивалось. Данные рентген-дифрактометрического анализа свидетельствуют о снижении упорядоченности структуры минерала в присутствии фульвокислот, начиная с концентрации органического вещества 0.2 г/л. Изменение величины межпакетного расстояния происходит при более высоких, чем изученные, концентрациях гумусовой кислоты – 1 г/л. Высокое содержание по данным спектроскопии ЯМР в составе использованных фульвокислот карбоксильных групп (4.6%), кетонных и хиноидных групп (1.1%), высокое общее содержание гидрофильных фрагментов (53.4%) очевидно способствует формированию комплексных соединений с катионами микроэлементов, обладающих более высоким сродством к поверхности глинистых минералов. Модификация гуминовыми кислотами минералов, прежде всего, затрагивает их поверхность, и только при высоких концентрациях растворимых органических веществ – межпакетное пространство.

Таким образом, поглощение катионов микроэлементов в органико-минеральных системах является сложной проблемой, изучение которой имеет как фундаментальное значение, так и большой практический интерес для практики охраны природы и ведения экологичного сельского хозяйства.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 18-04-00274.

УДК 631.46

## **МИКРОБНАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ АЗОТА В ПОЧВАХ: ОСОБЕННОСТИ ПРОТЕКАНИЯ И ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗНАЧЕНИЕ**

**Степанов А.Л., Сошникова Е.А., Манучарова Н.А., Кожевин П.А.**

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

В настоящей работе рассматриваются процессы биологической трансформации азота в почвах с учетом гетерогенности почв как среды микробного обитания, функционирования бактерий в адсорбированном состоянии, высокой концентрации микробных клеток и присутствия корней растений. Подробно излагаются новые данные о физиологии и экологии микроорганизмов цикла азота. Даются оценки разнообразия микроорганизмов круговорота азота и их участия в глобальных биосферных процессах, роли микроорганизмов в обеспечении почвенного плодородия, а также об их практическом использовании в современной биотехнологии.

На протяжении последних лет открыты новые организмы и процессы микробной трансформации азота. Информация о распространении новых организмов цикла азота в почвах (таумархеот) и интенсивности протекания новых процессов – анаэробного окисления аммония (anammox) или одностадийной нитрификации (comammox) в почвах, пока очень ограничена. Особое внимание уделяется изучению нитрифицирующих архей в дерново-подзолистой и серой лесной почвах с определением их вклада в образование закиси азота – одного из парниковых газов. Оценка вклада таумархеот в газообразные потери азота в форме закиси азота в дерново-подзолистой почве показала, что закись азота обнаруживается только в микрокосмах с аммонием и ацетиленом (10 Pa), т.е. детектируется только архейная нитрификация. В образцах с аммонием без ацетилена (ожидалось проявление активности аммонийокисляющих бактерий) образование закиси азота за период эксперимента не обнаружено. В контрольной почве (без добавления аммония) в присутствии ацетилена (10 Pa) закись азота также не выделялась: в этих условиях автотрофная нитрификация ингибируется, а денитрификаторы не развиваются за непродолжительный промежуток времени эксперимента из-за отсутствия достаточного количества нитратов. Результаты амплификации гена amoA архей и бактерий свидетельствуют о доминировании архейных генов над бактериальными в почвах ненарушенных экосистем по сравнению с агроценозами с относительно высокими показателями обилия и активности аммонийокисляющих бактерий. По разности между активностью денитрификации в контроле и выделением закиси азота после внесения аммония и ингибирования активности аммонийокисляющих бактерий ацетиленом (10 Pa), была осуществлена оценка вклада аммонийокисляющих архей в образование закиси азота, что составило 20—25% от общего потока закиси азота из исследованных почв.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 19-29-05197 мк.

УДК 574:44.630

### **ЯВЛЯЕТСЯ ЛИ НАЛИЧИЕ СНЕЖНОГО ПОКРОВА В БОРЕАЛЬНОМ ЛЕСУ ФАКТОРОМ, ОПРЕДЕЛЯЮЩИМ ТРОФИЧЕСКУЮ АКТИВНОСТЬ ПОЧВЕННЫХ ЖИВОТНЫХ В ЛЕТНИЙ ПЕРИОД?**

**Таскаева А.А., Кудрин А.А., Фатеева А.А., Конакова Т.Н., Колесникова А.А.**

Институт биологии ФИЦ Коми НЦ УрО РАН, Сыктывкар

E-mail: taskaeva@ib.komisc.ru

Поставлен полевой эксперимент по влиянию температуры на трофическую активность почвенных беспозвоночных. Исследование

проводили в ельнике чернично-зеленомошном, где было выделено три участка, расположенных на удалении не менее 100 м друг от друга. На каждом участке было заложено по две пробные площадки размером 3х6 м, каждая площадка была разбита на две одинаковые субплощадки, соответствующие двум вариантам воздействия. Первый вариант предусматривал отсутствие снежного покрова в зимний период (сооружение навесов и регулярная уборка снега с них). Второй вариант был контрольным и не предусматривал каких-либо манипуляций. Оценка трофической активности почвенных животных осуществлялась с помощью bait-lamina теста. Данный метод является быстрым и недорогим способом оценки биологической активности почв и позволяет оценить активность почвенной фауны *in vivo*. Суть метода заключается в установке в почву пластиковых пластинок с отверстиями, в которые загружается приманка. По количеству перфорированных отверстий делается вывод о степени трофической активности. Всего за весь период исследования было заложено 720 пластинок с интервалом в 14 дней. Отсутствие снежного покрова на экспериментальных площадках привело к снижению температуры почвы по сравнению с контролем и к достоверному снижению трофической активности почвенных животных в летний период. Но этот эффект весьма непродолжителен, выраженное влияние зимнего промерзания почвы на трофическую активность почвенных животных приходится на май-июнь, к осени восстанавливаясь до контрольных значений. Полученные результаты свидетельствуют о том, что промерзание почвы оказывает очень ограниченный эффект на трофическую активность почвенных животных, которая быстро восстанавливается до контрольных значений.

УДК 631.81

## **ВЛИЯНИЕ ГУМИНОВЫХ КИСЛОТ НА ЧИСЛЕННОСТЬ И РАЗМЕР КЛЕТОК *CHLORELLA VULGARIS***

**Торопкина М.А., Рюмин А.Г. Чуков С.Н.**

Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург  
E-mail: S\_Chukov@mail.ru

Физиологическая активность является одной из важных экологических функций гуминовых кислот (ГК). Мы занимаемся изучением влияния препаратов ГК на физиологические процессы одноклеточной зеленой водоросли *Chlorella vulgaris*. Для оценки влияния препаратов ГК на водоросль использовались такие показатели как фотосинтез, дыхание, численность и размеры клеток.

Структурно-функциональные свойства ГК, выделенных из контрастных почв, сильно различаются. Это обусловлено спецификой биогидротермических условий гумификации, определяющих молеку-

лярную структуру препаратов. Содержание ароматических структур в молекулах ГК определяли методом  $^{13}\text{C}$ -ЯМР. Содержание свободных радикалов оценивали методом ЭПР. Изучение скорости фотосинтеза и дыхания *Chlorella vulgaris* проводили по содержанию кислорода на свету и в темноте. Продолжительность взаимодействия клеток водоросли с ГК составляла от 1 до 5 суток. Оценка размеров и численности культуры клеток водоросли проводилась методом прямого счета под микроскопом с использованием компьютерной программы анализа графических изображений (на языке Python), а также лазерного дифрактометра Shimadzu SALD-2201.

За время выполнения исследований было установлено, что препараты ГК благоприятно влияют на физиологические процессы культуры водоросли *Chlorella vulgaris*. В промежутке концентраций от 0.001 до 0.007% оптимальными являются концентрации ГК до 0.003%. При концентрациях ГК более 0.003% отмечается негативное действие всех ГК: у клеток *Chlorella vulgaris* падает интенсивность фотосинтеза и резко увеличиваются деструктивные процессы, вызывающие рост потребления кислорода.

Показано положительное влияние ароматичности препаратов и концентрации свободных радикалов ГК чернозема на ускорение процессов фотосинтеза *Chlorella vulgaris*. ГК дерново-подзолистых почв с низкой ароматичностью и невысоким содержанием свободных радикалов стимулируют в основном процессы размножения. В результате исследований отмечена тенденция положительного влияния ароматичности и концентрации свободных радикалов препаратов ГК на ускорение процессов фотосинтеза *Chlorella vulgaris*. Стимуляцию процессов размножения культуры *Chlorella vulgaris* наоборот можно связать с невысокой концентрацией свободных радикалов и небольшой долей ароматических фрагментов в молекулах ГК.

Исследование выполнено при поддержке гранта СПбГУ ID PURE №49683190 «Оценка физиологической активности гуминовых кислот на культуре водоросли *Chlorella vulgaris*».

## Симпозиум 3

### Биогеохимические циклы элементов

Руководители: чл.-корр. РАН В.Н. Кудеяров, д.б.н. И.Н. Курганова

---

УДК 551.509.22 (470.67)

### **КОНЦЕНТРАЦИЯ И ЗАПАСЫ АЗОТА В БЛОКАХ РАСТИТЕЛЬНОГО ВЕЩЕСТВА ТЕРСКО-КУМСКОЙ НИЗМЕННОСТИ ПРИКАСПИЯ**

**Асварова Т.А., Гасанов Г.Н., Баширов Р.Р., Гаджиев К.М., Абдулаева А.С.,  
Салихов Ш.К., Гимбатова К.Б., Ахмедова З.Н.**

Прикаспийский институт биологических ресурсов ДФИЦ РАН, Махачкала  
E-mail: tatacvar@mail.ru

Исследования проводили на Кочубейской биосферной станции ПИБР ДФИЦ РАН в течение 2011–2018 гг. на Терско-Кумской низменности, на 3-х типах почв: светло-каштановой, лугово-каштановой и солончаке типичном автоморфном в заповедном режиме. Флористический состав на экспериментальных участках представлен 42 видами, принадлежащими к семействам: Asteraceae – 4 вида, Chenopodiaceae – 8 видов, Poaceae – 16 видов; семейства: Zygophyllaceae, Brassicaceae, Fabaceae, Lamiaceae – по 2 вида; семейства: Cyperaceae, Polygonaceae, Caryophyllaceae, Ariaceae, Euphorbiaceae, Ranunculaceae – по одному виду. Наиболее стабильными растительными сообществами являются эфемероидно-лерхо-попынно-мятликовые, эфемерово-попынные, злаково-попынные и разнотравно-костровые фитоценозы.

Результаты исследований динамики концентрации азота в блоках растительного вещества (зеленая масса, ветошь, войлок, корни) и запасов азота выявили существенное различие азота в фитомассе различных растительных ассоциациях по типам почв. Наибольшее содержание валового азота и его запасов отмечено в светло-каштановых почвах (2.35% и 10.4 кг/га) по сравнению с лугово-каштановыми (1.94% и 4.0 кг/га) и солончаком типичным (1.76% и 3.27 кг/га), различие более чем 1.2–1.3 раза по концентрации азота и в 2.6–3.2 раза по запасам азота. Связано это с более высокой продуктивностью

надземной и подземной массы фитоценоза на светло-каштановой почве, по сравнению с другими типами почв: 4.5; 2.0 и 1.86 т/га·год для зеленой массы и 78.2; 35.1 и 28.6 т/га·год для корневой массы.

Азот накапливается в растениях во время вегетации. Его уменьшение более, чем в 2 раза, особенно в зелёных ассимилирующих органах растений, к концу вегетации обусловлено, по-видимому, оттоком азота и других элементов. Содержание азота к концу вегетации уменьшается и в многолетних органах, так как возврат элементов в почву в течение сезона возможен и через корневую систему. Наименьшие значения азота в зеленой массе отмечены эфемероидно-полынно-мятликовой ассоциации, где доминантами являются злаковые (0.1–0.3%). Достоверно выше содержание азота в злаково-полынной, полынно-солянковой, разнотравно-солянковой и злаково-солянковой ассоциациях, соответственно 1.9; 1.97; 2.2 и 2.57%. Возможно, высокие значения азота связаны с преобладанием видов *Artemisia taurica* Willd. и *Artemisia lerchiana* Web., в которых более чем в 5–8 раз выше содержание азота в растениях (1.3 и 1.37%) и солянки иберийской (1.28%) по сравнению с злаковыми, крестоцветными, гвоздичными.

Транслокация зеленой массы в ветошь, а затем в войлок на исследуемых типах почв Терско-Кумской низменности протекает достаточно интенсивно, несмотря на засушливость климата на данной территории. Азот большей частью накапливается в зеленой массе фитоценоза. В ветоши концентрация азота снижается в 1.2–1.4 раза, в войлоке незначительно ниже по сравнению с его содержанием в зеленой массе. Показатели азота в корневой массе несколько ниже, чем в зеленой массе в 1.3 раза. В условиях заповедных участков светло-каштановой почвы запасы азота в блоках растительного вещества – зеленая масса, ветошь и войлок, составляет соответственно (10.4; 10.0 и 8.94 кг/га·год), чем на лугово-каштановой (4.0; 3.26 и 3.24 кг/га·год) и солончаке типичном (3.27; 2.47 и 2.8 кг/га·год), различие более в 3.5 раза. Исходя из статистики линейной регрессии, изменение запаса азота зависит в большей степени от содержания азота в блоках растительного вещества, чем от типа почв.

УДК 631.44.061:550.424.6

## **ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ МАКРО- И МИКРОЭЛЕМЕНТОВ В СИСТЕМЕ «ПОЧВА – РАСТЕНИЯ» В СРЕДНЕТАЕЖНОЙ ПОДЗОНЕ КАРЕЛИИ**

**Ахметова Г.В.**

Институт леса Карельского научного центра РАН, Петрозаводск

E-mail: akhmetova@krc.karelia.ru

Современные направления геохимических исследований являются следствием возрастающего антропогенного воздействия на все

сферы планеты. При химической характеристике территории важно учитывать потоки перемещения веществ, которые связывают все компоненты экосистем. В Республике Карелия в последние годы наблюдается интенсификация рубок леса, все меньше остается территорий с естественным почвенным и растительным покровом, что приводит к изменению круговорота химических элементов.

Исследования проводились в Государственном заповеднике «Кивач», в районе доминирования сосновых местообитаний на волнистой песчаной водно-ледниковой равнине. Изучались физико-химические свойства почв, содержание макро- и микроэлементов в почвах и доминирующих видах растительности. Выявлены особенности радиальной и латеральной дифференциации в почвах катены химических элементов и особенности их биологического поглощения растениями.

Определяющими условиями, влияющими на ландшафтно-геохимическую дифференциацию химических элементов в изучаемых почвах, являются избыточное увлажнение, промывной режим почв, небольшой уклон поверхности, песчаные водно-ледниковые почвообразующие породы, таежная растительность и заторможенное разложение растительных остатков. Почвы автоморфных и транзитных элементарных ландшафтов характеризуются окислительными условиями и имеют характерный для среднетаежной подзоны Карелии кислый класс водной миграции. Торфяные глеевые почвы являются неоднородной геохимической системой, в них условия миграции с глубиной резко меняются с окислительной на восстановительную, они имеют глеевый класс водной миграции.

Для всех изучаемых почв характерен дефицит микроэлементов, особенно никеля, кобальта, марганца. Для почв автоморфных и транзитных ландшафтов характерно накопление в лесной подстилке микроэлементов-биогенов, с увеличением степени оторфованности подстилки происходит снижение содержания микроэлементов. Радиальное распределение большинства элементов по профилям подзолов носит аккумулятивно-элювиально-иллювиальный характер. Наблюдается различная степень контрастности миграции элементов в связи с изменением в положении в рельефе. По типу латеральной дифференциации, изучаемые катены относятся к транзитно-элювиальным. Изучены особенности накопления химических элементов в растениях, к элементам биологического накопления отнесены марганец, калий и кальций, менее энергично накапливаются магний. В большинстве исследуемых растений среди микроэлементов-тяжелых металлов активнее всего накапливается цинк и медь. Остальные микроэлементы входят в группу элементов биологического захвата. Железо относится к элементам очень слабого захвата.

Самый высокий показатель биохимической активности характерен для черники, а также для брусники, но в меньшей мере. Особенно отличаются интенсивным накоплением марганца наземные

органы этих растений. Также выявлено уменьшение интенсивности биологического поглощения марганца черникой в соответствии с увеличением гидроморфности, в меньшей степени это характерно и для брусники. В химическом составе хвои сосны доминируют калий и кальций, почти одинаково содержание марганца и магния. Как и в случае с кустарничками, для хвои характерны наибольшие коэффициенты биологического накопления марганца. Среди микроэлементов отличается активной аккумуляцией цинк. Отмечено что при смене гидрологического режима происходит изменение химического состава хвои сосны – увеличение концентрации кальция и в разной степени снижение содержания остальных элементов. В зеленых мхах из изучаемых макро- и микроэлементов преобладают калий и кальций, также отмечается высокое содержание марганца. Для мхов-торфообразователей характерна очень низкая зольность и низкое содержание исследуемых элементов.

Исследования выполнены на научном оборудовании Центра коллективного пользования Федерального исследовательского центра «Карельский научный центр Российской академии наук».

УДК 630\*187:582.475.3:577.121:631.4:581.55(470.1)(063)

## **ЗОНАЛЬНЫЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ ОБМЕНА ВЕЩЕСТВ В СИСТЕМЕ «ПОЧВА – ФИТОЦЕНОЗ» В КОРЕННЫХ ЕЛЬНИКАХ ЕВРОПЕЙСКОГО СЕВЕРО-ВОСТОКА РОССИИ**

**Бобкова К.С.**

Институт биологии ФИЦ Коми НЦ УрО РАН, Сыктывкар

E-mail: bobkova@ib.komisc.ru

В развитии теории обмена веществ в лесных экосистемах большое значение имеет оценка биологического круговорота углерода, азота и зольных элементов. Этот процесс показывает связь в системе взаимоотношений между растительностью и почвой и является одним из основных характеристик функционирования лесных сообществ.

Исследования биологического круговорота углерода и элементов минерального питания проведены в старовозрастных ельниках разных типов северной и средней тайги на территории республики Коми Определены основные составляющие круговорота: емкость (аккумуляция), интенсивность (накопление), возврат с опадом, процессы деструкции и минерализации. Запасы углерода в спелых и перестойных ельниках составляют 133–285 т га<sup>-1</sup>, более половины которого концентрируется в почве. Значительная часть органического углерода почвы аккумулируется в лесной подстилке. Старовозрастные еловые сообщества как в подзоне северной, так и средней тайги являются в основном

резервуаром для стока углекислого газа. Нетто-продукция (NPP) углерода фитомассы в них составляет 2.0–4.9 т га<sup>-1</sup>. Выявлено, что общее количество минеральных элементов, заключенных в фитомассе разных типов старовозрастных ельников северной тайги, колеблется в пределах 635–1730, средней – 1824–2436 кг га<sup>-1</sup>. Особенностью круговорота веществ в коренных ельниках является значительное накопление минеральных элементов в мертвой органической массе, особенно в подстилке. Во многих типах леса концентрация минеральных элементов в мортмассе (сухостой, сухие ветви, подстилка) превалирует над живой. Запасы элементов минерального питания в мертвой массе ельников составляют от 1037 до 6847 кг га<sup>-1</sup>.

В среднетаежных ельниках количество минеральных элементов на формирование годичной продукции на 15–25% приходится больше, чем в северо-таежных и составляет 145–186 кг га<sup>-1</sup>. Для годичной продукции большинства типов еловых лесов средней тайги характерен азотно-калиевый режим потребления. Общее количество минеральных элементов, возвращаемых с годичным опадом, в ельниках северной тайги колеблется от 94 до 128 кг га<sup>-1</sup>, средней – от 102 до 133 кг га<sup>-1</sup> и составляет 70–80% соответственно потребляемого количества их на прирост фитомассы. Большая часть (71–79%) элементов от общего их количества отчуждается с опадом зеленых частей, 10–16% – с опадом корней, остальные – с опадом и отпадом многолетних надземных органов растений. Ведущую роль в структуре минерального состава опада также, как и прироста принадлежит азоту. Наиболее сильно удерживается N и Ca, количество которых на порядок превышает содержание остальных элементов. Менее всего в нетто-продукции удерживается Na, Al, Fe и Si. Скорость оборота химических элементов фитодетрита подстилки в ельниках северной тайги колеблется от 9 до 53, средней – от 8 до 20 лет. Скорость разложения опада в еловых фитоценозах средней тайги составляет менее 25, северной – менее 33% в год от общего его количества. Интенсивность выщелачивания минеральных элементов согласуется со скоростью минерализации.

Таким образом, обмен веществ между почвой и растительностью в коренных ельниках европейского Северо-Востока ограничен в основном биологическим ярусом (фитоценоз – подстилка). В ельниках данного региона весьма значительны запасы мортмассы и химических элементов в ней, что создает гарантии устойчивости их в условиях Севера.

УДК 631.433.53(571.63)

## **ВЛИЯНИЕ ПРИМЕНЕНИЯ БИОУГЛЯ НА ЭМИССИЮ $\text{CO}_2$ И $\text{CH}_4$ ИЗ АГРОЗЕМОВ ТЕКСТУРНО-ДИФФЕРЕНЦИРОВАННЫХ ЮГА ПРИМОРСКОГО КРАЯ**

**Бовсун М.А.<sup>1</sup>, Колесникова Ю.А.<sup>1</sup>, Нестерова О.В.<sup>1</sup>, Семаль В.А.<sup>1,2</sup>,  
Брикманс А.В.<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Дальневосточный федеральный университет, Владивосток  
E-mail: pompoi.tt@mail.ru

<sup>2</sup> ФНЦ Биоразнообразия наземной биоты Восточной Азии ДВО РАН,  
Владивосток  
E-mail: semal.va@dvmfu.ru

Считается, что внесенный в почву биоуголь при применении на землях сельскохозяйственного назначения благодаря секвестрации способен уменьшать количество выбросов парниковых газов. Однако существуют исследования, не подтверждающие секвестрационные свойства биоугля, что ставит под сомнение теорию его положительного действия.

В условиях полевого опыта исследовано действие биоугля на эмиссию  $\text{CO}_2$  и  $\text{CH}_4$  из агроземов текстурно-дифференцированных (темногумосовый подбел) (55% физического песка, 45% физической глины – бездренажное поле; 62% физического песка, 38% физической глины – дренажное поле). Полевой опыт был заложен в июне 2018 г. на территории ООО «Приморской овощной опытной станции ВНИИО» (с. Суражевка, Приморский край, Россия). Для исследования был выбран биоуголь, произведенный из древесных остатков березы *Betula alba* методом пиролиза при температуре 360–380 °С. Биоуголь в дозах 0 (контроль), 1 и 3 кг/м<sup>2</sup> вносили на опытные участки на поля с дренажной и бездренажной системами. Эмиссия  $\text{CO}_2$  и  $\text{CH}_4$  измерялась после 30 дней действия биоугля. Измерение эмиссии проводилось камерным методом в четырехкратной повторности при помощи портативного трехгазового анализатора Picarro G4301 (Picarro, USA).

В результате проведенных исследований выявлено повышение кумулятивного потока углекислого газа и метана как на дренажном, так и на бездренажном полях. После первого месяца применения было зафиксировано уменьшение потока  $\text{CO}_2$  на 29% на участке с дозой внесения 1 кг/м<sup>2</sup> и на 46% на участке с дозой внесения 3 кг/м<sup>2</sup> на бездренажном поле и незначительное увеличение потока  $\text{CO}_2$  на дренажном поле в обоих вариантах опыта по сравнению с контролем. Аналогично углекислому газу поток метана на бездренажном поле после первого месяца применения уменьшился на 45% и 87% на участках с дозой внесения 1 кг/м<sup>2</sup> и 3 кг/м<sup>2</sup> биоугля, соответствен-

но. На дренажном поле увеличение метана в 2 и 6 раз на участках с дозой внесения 1 кг/м<sup>2</sup> и 3 кг/м<sup>2</sup> было зафиксировано уже после первого месяца применения.

Результаты исследования в целом свидетельствуют о положительном действии биоугля на эмиссию парниковых газов сразу через месяц после применения под овощными культурами, но вопрос о положительном действии внесенного в почву биоугля на эмиссию парниковых газов остается открытым и нуждается в более долгосрочных исследованиях.

Исследования выполнены при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта №19-29-05166\19.

УДК 631.84:631.454 (571)

### **КИНЕТИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ЦИКЛА АЗОТА В СИСТЕМЕ «ПОЧВА–УДОБРЕНИЕ–РАСТЕНИЕ» В СЕВЕРНОЙ ЧАСТИ ЦЕНТРАЛЬНОЙ АЗИИ**

**Будажатов Л.В.<sup>1</sup>, Гамзиков Г.П.<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Бурятский научно-исследовательский институт сельского хозяйства, Улан-Удэ  
E-mail: nitrolu@mail.ru

<sup>2</sup> Новосибирский государственный аграрный университет, Новосибирск  
E-mail: gamolgen@rambler.ru

Современные подходы к формированию биогеохимической характеристики цикла азота в природных системах опираются на лучшие классические практики научных достижений вкупе с достоинствами общепризнанных инструментальных методов анализа и оценки при широком масштабировании достигнутых результатов. В этом понимании, цикл азота является одним из наиболее чувствительных в плане стороннего и внутреннего отклика, а значит проявляет лучшие свойства лабильных циклов, для оценки которого привлечение новой парадигмы позволяют расширить и углубить понимание цикла этого элемента.

Общепризнанная высокая подвижность минеральных форм азота и слабая органических соединений в почвах сопровождается разной кинетикой превращений и оборота азотных пулов цикла азота. При этом, величина, характер и направленность этих проявлений под воздействием азотных удобрений приводит к изменению информационных, обменных и скоростных характеристик составляющих цикла азота. Последние в этом представлении являются ключевыми, отражая высокую динамичность цикла азота и разную подвижность основных азотных потоков с одной стороны, и выстроить реальную панораму их перехода по величине и направленности процессов в скоростном выражении по кинетическим константам ( $k$ ) – с

другой. В этой мотивации реализован кинетический подход к оценке цикла азота для аридных почвенных режимов в виде скоростных различий процессов.

Доказана различная кинетика усвоения растениями азота удобрений и почв, активности и участия микробного пула почв в ассимиляционно-минерализационных процессах азота, снижения минерального азота и закрепления  $^{15}\text{N}$  удобрений в почвах, включения  $^{15}\text{N}$  удобрений в состав органического вещества почв и последующего распределения по группам и фракциям. Выведены кинетические параметры минерализации органического азота почв из лабильной фракции или метаболического и устойчивого азотного пула почв с оценкой кинетического вклада микрофлоры почв в кинетику азот-минерализующего их потенциал. На этом основании для ярко выраженных аридных условий региона раскрыта скоростная панорама кинетического цикла азота в системе «почва–удобрение–растение» как биокинетическая концепция, в которой дано приложение фундаментального понятия классической кинетики к вопросам скоростных характеристик превращений, оборота и цикла азота удобрений в системе «почва–растение».

Биокинетический цикл азота для криоаридных условий северной части Центральной Азии как частное проявление биогеохимического цикла биофильных элементов в природных системах представляет комплекс высокосопряженных превращений азота с разными количественными и кинетическими параметрами, динамичность которых оказывает прямое и косвенное воздействие на состояние азотного статуса системы «почва–растение». В этом отражении в качестве современной парадигмы оценки цикла азота предлагается выстроить на базе многолетних и длительных наблюдений панораму экспоненциальных уравнений первого порядка по характеристике быстрооборачиваемых, устойчивых и медленно-оборачиваемых фракций минерального и органического азота в системе «почва–удобрение–растение». Междисциплинарность такого подхода в рассмотрении цикла азота очевидна и невозможна без привлечения максимально возможных направлений и оценок смежных фундаментальных дисциплин для более полной визуализации цикла азота. В качестве такого примера служит построение моделей экспоненты по составляющим цикла азота с вычленением кинетической константы ( $k$ ) каждого из процессов с последующим сравнением этих скоростных констант в характеристике цикла азота.

УДК 574.4

## ИЗМЕНЕНИЕ ИЗОТОПНОГО СОСТАВА УГЛЕРОДА И АЗОТА В ПРОЦЕССЕ ТРАНСФОРМАЦИИ ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА РАСТЕНИЙ–ТОРФООБРАЗОВАТЕЛЕЙ

Головацкая Е.А., Никонова Л.Г.

Институт мониторинга климатических и экологических систем СО РАН, Томск  
E-mail: golovatskayaea@gmail.com; lili112358@mail.ru

Медленная скорость разложения растительного опада в болотных экосистемах является фундаментальным механизмом, обеспечивающим постоянное накопление углерода в виде торфяных залежей. Поступающие в торф растительные остатки характеризуются определенным химическим составом, который в результате процесса разложения претерпевает изменения. При этом происходит не только изменение содержания различных элементов (например, углерода и азота), но и изменение их изотопного состава. Фракционирование углерода зависит от процессов фотосинтеза и активности микроорганизмов, участвующих в разложении лигноцеллюлозного комплекса, изменение соотношения стабильных изотопов азота зависит лишь от активности микроорганизмов азотного цикла. Изменение соотношения между стабильными изотопами свидетельствует о происходящих биохимических превращениях, и, следовательно, позволяет получить информацию о функционировании экосистем в естественных условиях.

Изучение содержания стабильных изотопов углерода и азота в растениях-торфообразователях и их изменение в процессе трансформации органического вещества проводилось для семи видов растений (*Eriophorum vaginatum*, *Carex rostrata*, *Chamaedaphne calyculata*, *Ledum palustre*, *Andromeda polifolia*, *Sphagnum fuscum*, *Sphagnum angustifolium*). Скорость разложения определялась методом закладки растительности в торф в сосново-кустарничково-сфагновых фитоценозах (рямах) и осоково-сфагновых топях на олиготрофных болотах «Тимирязевское» (Томский район, Томская область) и «Бакчарское» (Бакчарский район, Томская область) в течение двух лет. Определение изотопного состава проводилось на базе Лаборатории биоинформационных технологий ИМКЭС СО РАН при помощи элементного анализатора Thermo Flash EA 2000 соединенного с изотопным масс-спектрометром DELTA V Advantage (IRMS).

Потери массы органического вещества в исследуемых образцах растений в течение 2 лет составляли от 26% (*Sphagnum fuscum*) до 57% (*Chamaedaphne calyculata*) на Тимирязевском болоте и от 19% (*Sphagnum angustifolium*) до 41% (*Ledum palustre*) Бакчарском болоте. Более интенсивная потеря массы характерна для Тимирязевского болота, которое отличается более низкими уровнями болотных вод.

Анализ изотопного состава растений-торфообразователей болота «Бакчарское» и «Тимирязевское» показал, что наличие тяжелых и легких изотопов С и N зависит как от особенностей самих растений, так и от места произрастания. Содержание  $\delta^{13}\text{C}$  у разных видов растений колеблется незначительно от  $-26.6$  до  $-29.0\text{‰}$ . Растения, растущие на осоково-сфагновой топи, обладают более высокими значениями  $\delta^{13}\text{C}$  (*Carex rostrata*, *Eriophorum vaginatum* и *Sphagnum angustifolium*). В среднем разница составляет около  $1.4\text{‰}$ . При этом содержание  $\delta^{15}\text{N}$  варьирует в большем широком диапазоне (от  $-3.9$  до  $+6.2\text{‰}$ ). Положительными значениями  $\delta^{15}\text{N}$  ( $2.5$ – $6.2\text{‰}$ ) характеризуются *Carex rostrata*, *Eriophorum vaginatum* и *Sphagnum fuscum*, а кустарнички характеризуются более легким изотопным составом азота (от  $-1.7$  до  $-3.9\text{‰}$ ).

В процессе трансформации растительных остатков наблюдается обеднение  $\delta^{15}\text{N}$ , при этом наиболее выраженное обеднение происходит наблюдается в образцах растений, изначально обогащенных  $\delta^{15}\text{N}$ , изменение может достигать  $4.4$ – $9.3\text{‰}$ , в зависимости от вида растения. Также следует отметить, что максимальные изменения изотопного состава азота характерны для растений с низким начальным содержанием общего N, которое увеличивается в процессе трансформации за счет увеличения микробной биомассы. Содержание  $\delta^{13}\text{C}$  в исследуемых растительных остатках в результате разложения изменилось незначительно. Практически для всех исследуемых видов наблюдается обеднение  $\delta^{13}\text{C}$ , за исключением *Eriophorum vaginatum* как в условиях Тимирязевского, так и Бакчарского болот.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 15-05-06775а.

УДК 631.433; 550.47

## **ЗАКОНОМЕРНОСТИ И ФАКТОРЫ ПЕРЕРАСПРЕДЕЛЕНИЯ ПОЧВЕННЫХ, ВОДНЫХ И АТМОСФЕРНЫХ ПОТОКОВ УГЛЕРОДА В ТОРФЯНО-БОЛОТНОМ КОМПЛЕКСЕ НА ЮЖНОМ ПРЕДЕЛЕ РАСПРОСТРАНЕНИЯ МНОГОЛЕТНЕМЕРЗЛЫХ ПОРОД (ЗАПАДНАЯ СИБИРЬ)**

**Гончарова О.Ю., Матышак Г.В., Тимофеева М.В., Исаева А.В.,  
Сефилян А.Р., Петров Д.Г.**

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

Актуальность исследования обусловлена наблюдаемыми в настоящее время изменениями Арктических экосистем на всех уровнях организации, возникающими в связи с изменяющимися климатическими параметрами, усиливающейся антропогенной нагрузкой и возможной деградацией многолетней мерзлоты.

Основная цель исследования заключалась в оценке механизмов, закономерностей и факторов перераспределения почвенных, водных и атмосферных потоков углерода в торфяно-болотном комплексе севера Западной Сибири (зона прерывистого распространения многолетнемерзлых пород (ММП)).

Исследования проводились в типичных для криолитозоны Западной Сибири экосистемах бугристых торфяников с близким залеганием ММП, а также сопряженных с ними болотных экосистемах, где мерзлота отсутствует. В качестве объекта для ежегодного мониторинга был выбран изолированный торфяник (палса), на котором точки опробования располагались четырьмя концентрическими кругами, включая круг по обводнённому участку (без мерзлоты) в непосредственной близости от торфяника. Измерения проводились четыре раза – в августе 2016–2019 гг. Исследование включало одновременное измерение ряда лабильных показателей почв и природных вод, а также факторов окружающей среды. Полевые и лабораторные методы исследования растворенного, дисперсного и газообразного углерода в почвах и природных водах были апробированы и адаптированы с учетом их специфического генезиса и функционирования.

Исследования показали, что торфяник характеризуется выраженным рельефом мерзлоты: он имеет крутой обрыв на северной и северо-восточной стороне торфяника и плавный, с противоположной стороны. Межгодовая изменчивость погодных условий определила разницу в температуре почвы по годам. Определяющим фактором, влияющим на температуру, являлась глубина сезонного протаивания ( $R = 0.6$ ;  $p < 0.01$ ). В исследуемый период температура болотных вод была значительно выше (на 3–13 °C), чем температура верхних горизонтов почв. Влажность верхних горизонтов почв характеризовалась низкой пространственной вариабельностью и высокой межгодовой.

Содержание растворенного органического углерода широко варьировало в пределах комплекса: от 35 мг/л в болотных водах до 300 мг/л в почвенных растворах. Наблюдалась тенденция увеличения его содержания в краевых частях торфяника и в водах в непосредственной близости от торфяника.

Минимальные величины концентрации  $\text{CO}_2$  в почвенном воздухе в надмерзлотном горизонте были отмечены для срединной части торфяника, максимальные – для краевой. Верхние слои болотных вод были пересыщены углекислым газом по сравнению с атмосферой в среднем в 10 раз. Таким образом, переувлажненные участки исследованного комплекса являются потенциальным источником поступления  $\text{CO}_2$  в атмосферу.

Эмиссия  $\text{CO}_2$  характеризовалась высокой вариабельностью в пределах комплекса (50–75%). Она статистически не различалась по годам для торфяника (80–130 мг  $\text{CO}_2/\text{м}^2/\text{час}$ ) и значимо различалась для гидроморфных участков (30–270 мг  $\text{CO}_2/\text{м}^2/\text{час}$ ). Величина

эмиссии как с поверхности торфяника, так и с поверхности болота в пространственном масштабе оказалась связанной с температурой субстрата, но с различными регрессионными зависимостями. В связи с этим, величина потока  $\text{CO}_2$  с поверхности болота не коррелировала с потоком с поверхности торфяника.

Мы считаем, что перераспределение соединений и потоков углерода в исследованном комплексе обусловлено в том числе его латеральным переносом, особенно в надмерзлотном горизонте и в значительной степени зависит от топографии поверхности многолетней мерзлоты. Максимальные величины эмиссии и концентрации  $\text{CO}_2$ , а также растворенного органического углерода наблюдались на краевых участках торфяника и в болоте вблизи торфяника. Эти участки являются горячими точками процессов углеродного обмена между водой, почвой и атмосферой.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта №18-04-00952А.

УДК 631.4

## **ПОЧВЕННАЯ ЭМИССИЯ ДИОКСИДА УГЛЕРОДА В ЭКСТРЕМАЛЬНЫХ УСЛОВИЯХ ЦЕНТРА МОСКВЫ**

**Долгих А.В.<sup>1,2</sup>, Васенев В.И.<sup>2</sup>, Петров Д.Г.<sup>1</sup>, Брянская И.П.<sup>2</sup>, Демина С.А.<sup>2</sup>,  
Махиня К.И.<sup>2</sup>, Ромзайкина О.Н.<sup>2</sup>, Добрянский А.В.<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Институт географии РАН, Москва  
E-mail: dolgikh@igras.ru

<sup>2</sup> Российский университет дружбы народов, Москва  
E-mail: vaseniyov@mail.ru

Москва – крупнейший мегаполис Европы, площадь запечатанных территорий в центре более 50% (без гидрологических объектов). Противогололедные смеси, автомобильный трафик, аэрозоли и пыль, вытаптывание – все это приводит к максимальному стрессу экосистем в условиях городской среды. Почвенная эмиссия является самым большим компонентом дыхания наземных экосистем, включая и города. Полевые измерения эмиссии диоксида углерода позволяют оценить и сравнить состояние и отдельно подземного яруса, и всей экосистемы в целом в разных функциональных зонах города с разными типами растительности. В 2019 году на 15 ключевых участках (15 раз, 1 раз в 2 недели) проведены полевые измерения эмиссии диоксида углерода, которые показали, что в историческом центре не только температура на разных глубинах почвы, влажность почвы, содержание углерода, гранулометрический состав, но и разнообразие факторов, объединенных в группу «землепользование», а именно: об-

работка почвы человеком техникой, полив, стрижка газона, уборка мусора, подсыпка торфо-компостной смеси, вытаптывание, привнос противогололедных реагентов и т.д., контрастно влияют на эмиссию диоксида углерода городскими почвами. В одних случаях эмиссия ниже условно фоновых значений (лес в черте города), в других же выше до нескольких раз, что позволяет по-новому оценивать почвы незапечатанных (открытых) территорий центра крупного мегаполиса как важную составную часть (микро-)регионального круговорота углерода. Полученные данные позволяют сравнить современное состояние верхней части подземного яруса городских экосистем, находящихся в условиях максимальной антропогенной нагрузки на территории современного крупного города, где доля открытых поверхностей минимальна. Выделяются территории, где напочвенный ярус представлен культивируемым газоном, для них характерны максимальные значения почвенной эмиссии диоксида углерода.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФ в рамках проекта №19-77-30012 (полевые измерения в периферийных участках Москвы) и РФФИ в рамках проекта №18-35-20052 (полевые измерения в историческом центре Москвы).

УДК 574.4

## **БИОГЕОХИМИЯ БИОГЕННЫХ И ТОКСИЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ В ВЫСОКОГОРНОМ ПОЯСЕ БАСЕЙНА ТЕЛЕЦКОГО ОЗЕРА (ГОРНЫЙ АЛТАЙ)**

**Ельчинова О.А.<sup>1</sup>, Кузнецова О.В.<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Институт водных и экологических проблем СО РАН, Барнаул  
E-mail: gafiver@mail.gornyu.ru

<sup>2</sup> Горно-Алтайский государственный университет, Горно-Алтайск  
E-mail: kuznecova04ru@mail.ru

Исследования проводили в высокогорном поясе бассейна Телецкого озера – Джулукульской котловине и окрестностях озера Джулукуль, из которого вытекает р. Чулышман – крупнейший приток Телецкого озера, доля вод которого в питании озера около 70%. Изучение эколого-биогеохимической обстановки экологически благополучных территорий, к которым относится высокогорный пояс бассейна Телецкого озера – озеро Джулукуль и Джулукульская котловина, находящихся на территории Алтайского государственного природного биосферного заповедника, актуально еще и по причине эталонного состояния экосистем в настоящее время.

В высокогорных ландшафтах бассейна р. Чулышман обнаружены невысокие концентрации марганца в почвообразующих породах, т.к. они представлены в основном озерными отложениями легкого

гранулометрического состава. Оно ниже кларка элемента в литосфере, почвообразующих породах Западной Сибири, подстилающих и почвообразующих породах Горного Алтая. Значительное варьирование валового содержания и подвижных форм марганца в почвах обусловлено различием условий увлажнения, типом растительности, содержанием органического вещества. По содержанию марганца исследуемые почвы образуют следующий убывающий ряд: горно-тундровые гидроморфные > горные лугово-степные, горно-луговые > горно-тундровые автоморфные. Степень подвижности марганца варьирует в очень широких пределах – от 0.6 до 9.6%. Распределение марганца в почвенной толще неоднородно. Для большинства почв отмечено биогенное накопление элемента.

Максимальные концентрации марганца обнаружены в корнях (горная лугово-степная и горно-луговая почвы). Высокое содержание элемента в опаде растительности, развитой на горно-тундровых почвах связано с более низкой скоростью деструкции опада в сложившихся условиях. Распределение запасов марганца в разных частях растительных ассоциаций свидетельствует о преобладании элемента в корневой массе: от 33% в горно-тундровых почвах до 89–97% в горных лугово-степных и горно-луговых почвах соответственно, так как в степных и луговых растительных ассоциациях основная доля от биологической массы приходится на корни. В опаде сосредоточено от 2–9 (горно-луговые и горные лугово-степные почвы) до 13–44% (горно-тундровые почвы). На долю надземной массы приходится 1–23% запасов марганца. Особенно низкие запасы марганца отмечены в надземной массе луговой и лугово-степной растительности, так как условия почвообразования не способствуют накоплению элемента в надземной фитомассе.

Почвообразующие породы исследуемой территории характеризуются невысоким содержанием свинца (3.5 мг/кг), которое ниже кларка элемента в литосфере. Содержания валового свинца и его подвижных форм в почвах в целом находятся ниже средних значений для различных типов почв мира, регионов России и Сибири и значительно ниже ПДК, принятых в нашей стране и за рубежом. Во всех растительных ассоциациях, развитых на исследованных типах почв, большая часть свинца сосредоточена в корневой массе. Значительное количество свинца накапливается в опаде горно-тундровых почв, но вовлекается в биологический круговорот медленно. В горных лугово-степных и горно-луговых почвах, в связи с небольшой массой опада, вовлечение свинца в биологический круговорот минимально.

Работа выполнена в рамках государственного задания ИВЭП СО РАН (проект № 0383-2019-0005), а также при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта №18-45-040008 p\_а.

УДК 631.4

**МЕЖГОДОВАЯ ВАРИАБЕЛЬНОСТЬ ТЕМПЕРАТУРНОЙ  
ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ ЭМИССИИ CO<sub>2</sub> ИЗ ДЕРНОВО-  
ПОДЗОЛИСТОЙ ПОЧВЫ ПРИОКСКО-ТЕРРАСНОГО  
ЗАПОВЕДНИКА: АНАЛИЗ ДАННЫХ  
20-ЛЕТНЕГО МОНИТОРИНГА**

**Жмурин В.А., Мякшина Т.Н., Курганова И.Н.**

Институт физико-химических и биологических проблем почвоведения РАН,  
Пушино  
E-mail: zhmurin.vasya@mail.ru

Большинство эмпирических моделей используют температуру почвы ( $T_s$ ) в качестве главного предиктора для численной оценки эмиссии CO<sub>2</sub> из почв, или дыхания почвы (SR). Наиболее часто применяемой функцией для оценки температурного отклика SR в пределах его годовой динамики является функция Вант-Гоффа, именуемая температурным коэффициентом  $Q_{10}$ . Существуют доказательства, что для одной и той же экосистемы температурный отклик SR (или коэффициент  $Q_{10}$ ) не является постоянным и зависит от температурного интервала и условий влагообеспеченности, в которых происходило эмпирическое определение SR.

Цель представляемого исследования состояла в анализе межгодовой вариабельности температурной чувствительности дыхания дерново-подзолистой почвы Приокско-Террасного биосферного заповедника, выполненном на основе данных 20-летнего круглогодичного мониторинга эмиссии CO<sub>2</sub> из почв, в течение которого наблюдались самые разные сочетания гидротермических условий.

Непрерывные определения интенсивности выделения CO<sub>2</sub> из дерново-подзолистой супесчаной почвы в зрелом смешанном лесу Приокско-Террасного государственного биосферного заповедника (54°55'N, 37°34'E) проводятся с 1997 г. Эмиссия CO<sub>2</sub> из почв (общее дыхание почвы, SR) определяется круглогодично (3–5 раз в месяц) с использованием камерного статического метода. Параллельно с определением дыхания почв контролируется температура и влажность почвы в слое 0–5 см. Оценка температурного отклика величины SR проводилась на базе 20-летнего ряда экспериментальных данных (1998–2018 гг.) дифференцированно для различных временных интервалов, а именно для каждого из 20 лет, в течение которых проводили определение SR, и для временных интервалов, объединяющих данные измерений за 2, 3, 4 и 5 лет. Для этой цели мы использовали температурный коэффициент  $Q_{10}$ , показывающий во сколько раз увеличивается величина SR при повышении температуры на 10 °C. Для вычисления температурных коэффициентов  $Q_{10}$ , использовали линейное регрессионное уравнение между натуральным логарифмом SR и температурой верхнего слоя:  $SR = k \cdot T_p + b$ . Величина  $Q_{10} = \exp(10 \cdot k)$ .

Выполненные численные эксперименты показали, что в зависимости от года исследований величина температурного коэффициента изменялась от 1.57 до 5.27. Согласно нашим оценкам, межгодовая вариабельность значений  $Q_{10}$  дыхания дерново-подзолистой почвы в лесном ценозе за 20-летний период исследований составила 32%. Расчеты, проведенные для отдельных календарных сезонов, показали, что в теплый период года (май-октябрь) значения  $Q_{10}$  были минимальны (1.57–2.00), а в холодный (ноябрь–апрель) – максимальны (4.51–6.46). В зимний и летний периоды связь между температурой почвы и интенсивностью выделения  $CO_2$  была более слабой и не всегда достоверной, а весной и осенью температурные коэффициенты были близки между собой и изменялись от 2.07 до 3.40.

Таким образом, мы заключаем, что нужно очень с большой осторожностью использовать температурные коэффициенты  $Q_{10}$  для предсказания интенсивности выделения  $CO_2$  из почв. Оценки, выполненные с использованием экспоненциальных моделей, полученных на основе экспериментальных данных за 1–2 года наблюдений, могут дать искаженные величины реальных потоков  $CO_2$  из почв.

Исследование выполнено в рамках государственного задания ФИЦ ПНЦБИ РАН (рег. № АААА-А18-118013190177-9), при финансовой поддержке Программы Президиума РАН № 51 (рег. № АААА-А18-118013190179-3) и РФФИ (проект №15-04-05156).

УДК 630.114.351

## **ФАКТОРЫ, РЕГУЛИРУЮЩИЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ УГЛЕРОДА И ДЫХАТЕЛЬНУЮ АКТИВНОСТЬ ПОЧВ В ЛЕСНЫХ ЭКОСИСТЕМАХ ЮЖНОГО ВЬЕТНАМА**

**Каганов В.В.<sup>1</sup>, Лопес де Гереню О.В.<sup>2</sup>, Кузнецов А.Н.<sup>3</sup>, Нгуен Ван Тхинь<sup>3</sup>**

<sup>1</sup> Центр по проблемам экологии и продуктивности лесов РАН, Москва  
E-mail: saganss@rambler.ru

<sup>2</sup> Институт физико-химических и биологических проблем почвоведения РАН, Пущино  
E-mail: vlopes@mail.ru

<sup>3</sup> Совместный Российско-Вьетнамский тропический научно-исследовательский и технологический центр, Ханой, Хошимин, Вьетнам  
E-mail: forestkuz@mail.ru, thinh39b@gmail.com

Оценка емкости пулов углерода (С) и направленности его потоков в экосистемах являются основой для понимания современной экологической роли тропических лесов и формирования прогнозов их дальнейшего развития в свете современных изменений климата на планете. Поскольку именно древесная растительность является эдифицирующей и обладает наибольшим средообразующим потенциалом, важнейшим резервуаром углерода в лесных экосистемах является пул фитомассы деревьев. Из него в дальнейшем формируются пулы мертвой древесины (сухостой и валеж) и пул лесной подстилки.

Видовой состав и состояние древостоя определяют объем и качество органического вещества, поступающего в почву и являющегося ключевым фактором формирования потока углерода с ее поверхности.

Основной целью исследования было определение запасов С в ключевых пулах лесных экосистем на территории национальных парков Бу Зя Мап и Йок Дон (южный Вьетнам), а также выявление факторов, влияющих на формирование потоков углерода с поверхности почвы. Для определения запасов стволовой древесины был использован метод ключевых участков, на которых были организованы постоянные пробные площади, выполнен сплошной пересчет деревьев, проведен учет мертвой древесины и сбор лесной подстилки. Основой для определения запасов углерода в пуле фитомассы являются данные о запасе стволовой древесины, которые с использованием системы конверсионных коэффициентов были пересчитаны в запасы С. На территории национального парка Бу Зя Мап были организованы две пробные площади размером 50x25 м, расположенные на небольших плоских уступах в низкогорной местности. На первой из них запас стволовой древесины составил 352.7 м<sup>3</sup>/га, запас сухостоя – 2.2 м<sup>3</sup>/га, на пробной площади определено 24 вида деревьев. На второй пробной площади запас составил 496.1 м<sup>3</sup>/га, сухостой на площадке отсутствует, определено 23 вида деревьев. Среднее количество сезонного листового опада составляет 806 ± 64 г/м<sup>2</sup> и 904 ± 60 г/м<sup>2</sup> соответственно. На территории национального парка Йок Дон, в условиях плато с диапазоном высот 200–230 м были организованы 2 постоянные пробные площади размером 50x25 м. Запас стволовой древесины составил 120 и 58 м<sup>3</sup>/га, представляя собой «плюсовой» и «минусовой» варианты развития древесной растительности. Запасы сухостоя составили 5.2 и 1.3 м<sup>3</sup>/га соответственно. Еще одна площадка аналогичного размера была создана на берегу сезонного водотока, запас стволовой древесины на ней составил 301 м<sup>3</sup>/га, сухостоя – 3.1 м<sup>3</sup>/га. Более сложной в условиях национального парка Йок Дон является оценка объемов поступающего листового опада. Это связано с тем, что по мере накопления пирогенного материала, в национальном парке проводится его периодическое контролируемое сжигание, что способствует поступлению в почву зольных элементов и является дополнительным фактором, оказывающим влияние на формирование потока углерода с ее поверхности.

Таким образом, показано, что тропические леса южного Вьетнама являются сложными биологическими системами, с высокой степенью неоднородности по запасам углерода, что обусловлено сложностью местообитаний (горная местность) и большим видовым разнообразием древесных видов-эдификаторов. Все эти факторы, в свою очередь, оказывают влияние на распределение влаги, тепла и органического вещества по поверхности почв, что сказывается на формировании потока углерода с ее поверхности.

УДК 630\*114.6+574.4

**ВКЛАД ПОЧВЕННОЙ ЭМИССИИ CO<sub>2</sub> В СДВИГ НЕТТО-БАЛАНСА УГЛЕРОДА В ХОДЕ ГИБЕЛИ ЕЛОВОГО ДРЕВОСТОЯ****Карелин Д.В.<sup>1,2</sup>, Замолодчиков Д.Г.<sup>2</sup>**<sup>1</sup> Институт географии РАН, Москва

E-mail: dkarelin7@gmail.com

<sup>2</sup> Центр по проблемам экологии и продуктивности лесов РАН, Москва

E-mail: dzamolod@mail.ru

На экспериментальном полигоне Валдайского филиала Государственного Гидрологического института Росгидромета РФ, находящегося в центре Валдайской возвышенности (подзона южной тайги, N57°57'43.0", E33°20'19.4", 226 м над ур.м.), проанализированы результаты многолетних (2009–2019) полевых наблюдений за почвенной эмиссией CO<sub>2</sub>, дыханием от разложения крупного древесного дебриса, а также нетто-потоками CO<sub>2</sub>/паров воды в ходе гибели древостоя елового леса при комбинированном действии изменений климата, атак насекомых-ксилофагов и последующих ветровалов.

Интенсивное усыхание еловых насаждений за 11-летний период наблюдений не привело к значительному снижению удельных показателей экосистемного дыхания в лесных массивах с полностью погибшим древесным ярусом по сравнению со здоровым лесом. Это связано с заменой автотрофного дыхания елей на гетеротрофное дыхание микродеструкторов (грибы и бактерии), осваивающих новый древесный субстрат — мортмассу валежа и сухостоя елей. В ельниках с полным распадом древостоя дыхание почвы составляет 64.8% от экосистемного дыхания, на 2-ом месте по вкладу находится надземная растительность (15.5%), затем следуют т.н. «hot spots» (горячие точки) на поверхности почвы под сухостоем елей и ветровальными пнями (12.1%, что наблюдалось в течение как минимум пяти лет после образования участка распада древостоя), на последнем месте — вклад разложения крупного древесного дебриса (7.6%). Предположительно, обнаруженные «горячие точки» связаны с увеличением активности подземных сапротрофов (грибов), а также с облегчением выделения CO<sub>2</sub> из почвы под сухими стволами. С 2010 по 2019 г. на исследуемой площади 0.5 км<sup>2</sup> наблюдалось значительное снижение годового нетто-стока CO<sub>2</sub> с –300 до –95 г C м<sup>-2</sup> год<sup>-1</sup>, что, в основном, связано с прогрессирующим распадом древесного яруса. Это дополнительно подтверждается данными таксации и наблюдениями за потоками CO<sub>2</sub> летом 2019 г., когда были обнаружены сильные положительные корреляции нетто-потоков C–CO<sub>2</sub> по 8-ми 45° ветровым секторам с запасами в них сухостойных елей ( $r = +0.84$ ,  $p < 0.01$ ), а также с уровнями эмиссии CO<sub>2</sub> из почвы ( $r_p = +0.78$ ,  $p < 0.05$ ). Снижение нетто-поглощения углерода сопровождается также сокращением эвапотранспирации в пределах футпринта (0.0142 > 0.0116 г

$\text{H}_2\text{O}$   $\text{м}^{-2}$   $\text{сек}^{-1}$ , медианный тест,  $p=0.027$ ) с мая по октябрь 2018 г. по сравнению с аналогичным периодом 2010 г. Предполагается, что наблюдаемое снижение поглощения углерода связано со снижением как первичной продуктивности древесного полога, так и относительной площади, занятой незатронутыми распадом еловыми насаждениями. Постепенное ослабление и деградация еловых древостоев, связанные с современным потеплением и последствиями атак насекомых-ксилофагов, привели к трехкратному уменьшению поглощения углерода на больших площадях, несмотря на старт восстановительных сукцессий в окнах распада древостоя. Расчеты показывают, что дальнейшее увеличение полного распада древостоя до 27% площади превращает С-баланс бореального леса в источник  $\text{CO}_2$  для атмосферы, что следует учитывать при прогнозировании влияния климатических или антропогенных факторов на леса в биосфере.

Полевая работа выполнена при финансовой поддержке РФФ (проект №18-17-00178) и РФФИ (проект № 16-04-01580а), анализ данных – в рамках госзадания Института географии РАН №0148-2019-0006 (Карелин Д.В.) и госзадания Центра по проблемам экологии и продуктивности лесов РАН №АААА-А18-118052400130-7 (Замолодчиков Д.Г.).

УДК 631.433.3:630\*221.01

## **ДИНАМИКА ЭМИССИОННЫХ ПОТОКОВ $\text{CO}_2$ С ПОВЕРХНОСТИ ПОЧВ СРЕДНЕТАЕЖНЫХ ЕЛОВЫХ ВЫРУБОК**

**Кузнецов М.А.**

Институт биологии ФИЦ Коми НЦ УрО РАН, Сыктывкар  
E-mail: kuznetsov\_ma@ib.komisc.ru

Наиболее часто применяемые в настоящее время сплошнолесосечные рубки с использованием средоразрушающей техники, нарушение технологии лесозаготовительных работ приводят к формированию на вырубках лиственных и лиственно-хвойных насаждений. Сукцессионная смена растительности, вызванная лесозаготовительной деятельностью, является одним из существенных антропогенных факторов, изменяющих и почвенный покров лесных территорий. Эмиссия  $\text{CO}_2$  с поверхности почвы является чувствительным и информационным показателем функционального состояния экосистем.

Исследования были проведены на территории Чернамского лесного стационара Института биологии Коми НЦ УрО РАН (62°00' с.ш., 52°30' в.д.), который расположен в подзоне средней тайги Республики Коми. Объекты исследования – 7–9 летние еловые вырубки на полугидроморфных почвах. При измерении эмиссии  $\text{CO}_2$  с поверхности почвы использовали инфракрасный газовый анализатор LI-COR 8100 (LI-COR Biosciences, США) с почвенной камерой survey chamber 20 cm 8100-103. Камера устанавливалась на стационарные пластиковые

кольца диаметром 20 см в четырехкратной повторности с учетом техногенной нагрузки (пасека, волок). В годы исследований место-положение колец не изменялось. Лесная подстилка сохранялась, надземные побеги растений срезались.

Нами проведены наблюдения за эмиссией  $\text{CO}_2$  на вырубках ельников с учетом техногенной нагрузки: пасечные участки и трелевочные волока. Для пасечных участков характерно незначительное влияние лесозаготовительной техники на почву, сохранение эдафоценологических признаков материнского насаждения и наличие лесной подстилки. На трелевочных волоках наблюдается техногенное воздействие. Выделение диоксида углерода с поверхности почвы в начале (май-июнь) и конце (сентябрь-октябрь) вегетации сопоставимо как для пасечного, так и для волочного участков. Для полугидроморфной почвы пасечного участка вырубки характерно смещение интенсивного выделения диоксида углерода на июнь-июль, с максимумом в июне (25% от общей суммы эмиссии  $\text{CO}_2$  за вегетационный сезон). Всего за эти два летних месяца выделяется 47% от общего потока  $\text{CO}_2$ . На волочном участке в отличие от пасечного выделяется два пика выделения  $\text{CO}_2$  в июне (24%) и августе (25% от общего потока эмиссии за вегетацию). Снижение эмиссии диоксида углерода в июле связано с большим выпадением осадков в конце июня. Второй пик эмиссии (в августе) связан с увеличением температуры почвы, что положительно влияет на условия жизни почвенной мезо- и микрофауны, способствует деструкции растительных остатков в почве и лесной подстилке.

Регрессионный анализ показал положительную корреляцию между выделением  $\text{CO}_2$  и среднесуточными значениями температуры и влажности почвы. В среднем за три года с поверхности полугидроморфной почвы 7–9-тилетней вырубки ельника черничного влажного выделяется  $4.16 \pm 0.54$  т С га<sup>-1</sup>, что в 1.7 раза больше, чем с поверхности такой же почвы старовозрастного ельника.

УДК 631.4; 631.417.4

## **АЗОТ В ПОЧВАХ КАШТАНОВО-СОЛОНЦОВОГО КОМПЛЕКСА НИЖНЕГО ПОВОЛЖЬЯ**

**Кузнецова Т.В., Удальцов С.Н.**

Институт физико-химических и биологических проблем почвоведения РАН,  
Пушино

E-mail: tvku19@mail.ru; udaltsov@issp.serpukhov.su

Почвы сухих степей Европейской территории России занимают достаточно обширные площади, значительная часть которых отведена под сельскохозяйственные угодья, однако азотный статус этих почв исследован далеко не полностью.

Цель данной работы – оценка содержания различных пулов азота в почвах каштаново-солонцового комплекса сухостепной зоны Нижнего Поволжья (Волгоградская обл., Октябрьский р-н). Исследовали каштановые, лугово-каштановые почвы и солонцы естественных (целина) и антропогенно-измененных (залежь, лесополоса, агроценоз) экосистем. Образцы почв были отобраны в летнее время из гор. А1 (Апах).

Содержание азота общего (Нобщ) в почвах находилось в пределах от  $121 \pm 7$  до  $264 \pm 8$  мг/100 г (соответственно каштановая, агроценоз и луговая темноцветная, залежь), но этот показатель не отражает в полной мере представления о запасе активного азота, трансформируемого микроорганизмами и используемого растениями. Содержание подвижного минерального азота (Нмин) в одних исследуемых почвах было представлено преимущественно обменным аммонием, в других – нитратной формой азота: величины обменного аммония составляли от  $0.17 \pm 0.01$  мг N/100 г (солонец, целина) до  $0.97 \pm 0.02$  мг N/100 г (луговая темноцветная, залежь); нитратный азот в каштановой почве (лесополоса и залежь) и луговой почве (залежь) обнаружен в следовых количествах, в остальных почвах он изменялся от  $0.40 \pm 0.03$  (солонец, целина) до  $1.67 \pm 0.04$  мг N/100 г (лугово-каштановая, залежь). Содержание необменного (фиксированного аммония) составляло 4.1–8.7% от Нобщ. Впервые для почв каштаново-солонцового комплекса были рассчитаны величины содержания органического азота (Nорг) по разнице между содержанием Нобщ и общего минерального азота (обменный + фиксированный аммоний + нитраты), оно варьировало в пределах от 109 до 251 мг N/100 г (соответственно каштановая, агроценоз и луговая темноцветная, залежь).

Биогеохимический цикл азота в почве сопряжен с разными по химической природе, степени подвижности и скорости оборачиваемости пулами азота, которые могут изменяться в зависимости от воздействия различных биотических и абиотических факторов. Комплексным показателем для характеристики основных процессов биогеохимического цикла азота в почве может служить ее азотминерализующая способность. Азотминерализующую способность почв оценивали при помощи биокинетического метода (по накоплению Нмин ( $N-NH_4^+$  обм +  $N-NO_3^-$ ) в разные сроки (0, 5, 10, 20, 30, 60, 90, 120, 150 и 180 сут.) инкубации почвенных образцов (22 °С и 24 вес.% влажности). Исследования показали, что почвы каштаново-солонцового комплекса имеют достаточно высокую азотминерализующую способность. Максимальная величина (10.90 мг N/100 г) потенциально-минерализуемого азота (Нпм) была отмечена в каштановой почве целинного участка, в остальных почвах эта величина находилась в пределах 5.97–6.98 мг N/100 г, доля Нпм от содержания азота органического составляла 2.5–5.8%. Нетто-минерализованный азот во всех почвах был представлен только нитратной формой, при

этом размеры  $N_{nm}$  в 4.3–16.9 раз превышали исходное содержание в почвах нитратного азота, что может быть причиной избыточного его накопления в водоисточниках и растительной продукции, а также эмиссии закиси азота из почвы в атмосферу в период летних ливневых дождей, характерных для этого периода в исследуемом регионе. Полученные результаты могут быть использованы при прогнозировании состояния азотного статуса почв сухостепной зоны в условиях современных климатических изменений и при разработке конкретных мер по сохранению и повышению плодородия почв в исследуемом регионе.

Исследования выполнены в рамках темы государственного задания № 0191-2019-0045 при финансовой поддержке РФФИ в рамках проекта № 18-04-00773а.

УДК 631.417.2

## **ОЧАГИ И МОМЕНТЫ МАКСИМАЛЬНОЙ АКТИВНОСТИ МИКРООРГАНИЗМОВ В ПОЧВЕ (MICROBIAL HOTSPOTS & HOT MOMENTS IN SOIL)**

**Кузяков Я.В.**

Университет Геттинген, Германия  
E-mail: ykuzyakov@yandex.com

Одной из наиболее важных особенностей почвы является ее гетерогенность – самая высокая по сравнению с любыми другими частями экосистем. Гетерогенность касается факторов, процессов и их скоростей, свойств, и функций почвы, включая биогеохимические циклы элементов. Активность микроорганизмов, движущая сила всех биогеохимических циклов, распространена в почве редкими, но очень интенсивными очагами, какими являются ризосфера, детритосфера, биопоры, поверхности агрегатов. Активность микроорганизмов включает в себя скорость роста, производство ферментов, потребление кислорода и выделения  $CO_2$ , оборот органических веществ, мобилизацию питательных веществ и мн. др. Основной причиной высокой активности в таких очагах является локальное ослабление дефицита углерода и энергии (характерного для почвы), благодаря выделению легкодоступных органических веществ разлагающимся детритом, а также живыми корнями. В докладе будут представлены концепции микробных очагов (hotspots) и горячих моментов (hot moments) в почве.

Широкий спектр методов визуализации позволил количественно оценить свойства таких микробных очагов. По автораддиографии  $^{14}C$ , корневые выделения локализуются на кончиках корней и занимают менее 10% объема почвы. Несмотря на короткую продолжительность жизни (около 1–2 недель), очаги корневых выделений запускают

целый каскад микробных процессов: рост микроорганизмов, потребление  $O_2$  и выделение  $CO_2$  при быстром разложении органических веществ, производство ферментов и последующую минерализацию азота и фосфора из органического вещества почвы. Все эти процессы структурируют окружающую среду вокруг очагов и делают ее более пригодной для роста как микроорганизмов, так и корней растений. Следовательно, микробные очаги функционируют как инженеры экосистемы, строя свою среду обитания за счет очень тесного взаимодействия между всеми фазами почвы. Различные методы визуализации показали, что ризосфера простирается на 0.5–4 мм от поверхности корня, в зависимости от свойств. Лишь очень немногие свойства (концентрации  $O_2$  и  $CO_2$ , градиенты pH и воды) имеют диапазоны более 4 мм. Пространственное и временное распределение этих и других процессов будет показано на основе различных методов визуализации. Основываясь на хронорядках микробной активности в очагах, мы впервые показали, что потребление легкодоступного С ограничивает длительность существования очагов и определяет моменты максимальной активности микроорганизмов (hot moments) в почве. Это один из основных принципов распределения и функционирования микробных сообществ, задающих и поддерживающих структурирование процессов в почве, приводящих к микропульсации биогеохимических процессов.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 19-29-05260.

УДК 631.421

## **ЦИКЛЫ УГЛЕРОДА, АЗОТА, ФОСФОРА И КАЛИЯ В ПОДСТИЛКАХ ЕСТЕСТВЕННЫХ И ИСКУССТВЕННЫХ ФИТОЦЕНОЗОВ ПОЛУПУСТЫНИ СЕВЕРНОГО ПРИКАСПИЯ**

**Кулакова Н.Ю.**

Институт лесоведения РАН, с. Успенское  
E-mail: nkulakova@mail.ru

В антропогенно преобразованных экосистемах полупустыни изменяются объем и состав поступающих на поверхность почвы растительных остатков, условия их разложения. На основании данных натурального 4-летнего эксперимента по разложению растений-доминантов степных и пустынных фитоценозов, опада дуба черешчатого, интродуцированного в условия пустыни, и фекалий овец, поступающих на пастбища, определены особенности круговорота основных биофильных элементов (С, N, P, K) в подстилках нативных, лесных и пастбищных фитоценозов Северного Прикаспия (Волгоградская область, Джаныбекский стационар ИЛАН РАН).

Концентрацию С и N в образцах, компостируемых на поверх-

ности почвы, и в пробах подстилки определяли на автоматическом анализаторе элементного состава Mario MICRO (Elementar, Германия), P и K – рентгенфлуоресцентным методом (РФА) на спектроскане МАКС-GV («НПО «СПЕКТРОН», Россия). Были выбраны три участка: 1) заповедный – площадью 20 га; 2) пастбище с многолетним выпасом животных, преимущественно овец; 3) насаждение дуба черешчатого 70-летнего возраста. Пустынные сообщества были приурочены к микроповышениям с солонцами (Gypsic Salic Solonetz по классификации WRB), степные фитоценозы и насаждение дуба – к понижениям с лугово-каштановыми почвами (Haplic Kastanozem). В работе учитывали данные по изъятию растительной массы пастбищными животными и по поступлению фекалий в экосистемы. Считали, что средняя многолетняя наземная продуктивность степных и пустынных фитоценозов приблизительно соответствует величине среднего ежегодного поступления мортмассы на поверхность почвы.

Установлено, что в нативных пустынных растительных ассоциациях скорость круговорота углерода и азота, подсчитанная как отношение запаса элемента в подстилке к массе его ежегодного поступления, на порядок выше, чем в нативных степных фитоценозах. Вместе с тем скорость разложения пустынных растений, измеренная в ходе эксперимента в условиях затенения, оказалась ниже, чем у степных растений: константы разложения пустынных видов за 4-летний период были в 1.8 раза ниже, чем константы разложения степных растений. В пастбищных степных ассоциациях с разреженной растительностью скорость круговорота азота и углерода была более чем в 10 раз выше, чем в нативных степных ассоциациях, где подстилка защищена от прямых солнечных лучей. Более высокую скорость круговорота C и N в фитоценозах с разреженным растительным покровом можно объяснить усилением процесса фотодеградации органических остатков под действием света. Показано, что примерно в 6 раз более низкая, чем в степной подстилке, скорость круговорота азота и углерода в подстилке дубового насаждения, соответствует более низкому, чем у растений-доминантов степных ассоциаций, значению констант разложения листьев дуба.

Накопление калия в подстилках исследуемых степных и пустынных экосистем было связано не только с биологическим круговоротом этого элемента, но и с накоплением пыли, т.к. в гумусовом горизонте почв, определяющим состав аккумулирующейся пыли, содержание калия приблизительно в 6 раз выше, чем в растительных остатках.

Найдены существенные различия в депонировании элементов в подстилках нативных и искусственных экосистем: в подстилках нативных степных ассоциаций накапливается в 16–19 раз больше углерода и азота и в 2–2.5 раза больше калия и фосфора, чем в пастбищных. Нативные растительные сообщества пустыни аккумулируют в подстилке C, N, P и K в 1.5 раза интенсивнее, чем пастбища. В

подстилке дубового насаждения запасы основных биофильных элементов в 5–8 раз выше, чем в степной подстилке.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 18-04-00246.

УДК 631.4

## **РОЛЬ ПОЧВ В РЕГУЛИРОВАНИИ ЭМИССИИ ПАРНИКОВЫХ ГАЗОВ В АТМОСФЕРЕ В ИНТЕНСИВНО ЗАСТРАИВАЕМОМ РАЙОНЕ НОВОЙ МОСКВЫ**

**Кулачкова С.А., Коваленко А.В., Шишкина Е.И.**

Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Москва  
E-mail: kulachkova\_sa@inbox.ru

Проблема увеличения содержания парниковых газов в атмосфере актуальна из-за их влияния на климат планеты. Городские почвы и техногенные поверхностные образования (ТПО), сформированные на насыпных грунтах и содержащие рекультивационные субстраты, строительного-бытового мусора, выступают источниками или стоками парниковых газов.

Цель исследования – выявить роль городских почв в регулировании эмиссии парниковых газов в одном из интенсивно застраиваемых районов Новой Москвы.

Полевые работы проводились летом 2018 и 2019 годов в поселке Коммунарка, на территории которого располагаются жилые дома разных лет постройки. В почвенном покрове застроенных в последние пять лет участков доминируют реплантоземы и слаборазвитые техногенные почвы, участков более ранней застройки (2000–2012 гг.) – серогумусовые техногенные почвы и реплантоземы, в самых старых микрорайонах (1970-е гг. и ранее) – урбаноземы и реплантоземы на недавно благоустроенных территориях. В рекреационной зоне представлены серые почвы парка и (техно)перегнойно-глеевые – поймы малой реки. Эмиссия метана и углекислого газа определялась камерным методом, концентрация в почвах – путем размещения пластиковых трубок на глубинах горизонтов, биологическое образование и окисление метана – кинетическими методами, количественный анализ – на газовом хроматографе.

Роль почв в регулировании эмиссии парниковых газов в атмосфере состоит в образовании, депонировании и поглощении этих газов. Активность образования метана и его концентрация в почвах снижались с увеличением возраста застройки. Наибольшая скорость метаногенеза ( $> 1 \text{ нг} \cdot \text{г}^{-1} \cdot \text{ч}^{-1}$ ) наблюдалась в молодых рекультивационных горизонтах реплантоземов, созданных в 2014 году и позже, уменьшалась, но еще была велика – в глеевых горизонтах (техно)перегнойно-глеевых почв и в ТСН-горизонтах ТПО, созданных в 2009

году и позже. В ТСН-горизонтах реплантоземов и серогумусовых почв, сформированных в 2003 году и раньше, скорость метаногенеза и содержание метана близки к показателям иллювиального горизонта почвы парка ( $0.03 \text{ нг} \cdot \text{г}^{-1} \cdot \text{ч}^{-1}$  и  $1.5 \text{ ppm}$ , соответственно). Накопление метана до 0.6% происходило только в глеевых горизонтах техно-перегнойно-глеевых почв с очень низкой активностью окисления ( $<1 \text{ нг} \cdot \text{г}^{-1} \cdot \text{ч}^{-1}$ ). Наибольшая интенсивность окисления метана наблюдалась в верхних горизонтах реплантоземов, созданных в 2014 году и позже (до  $32 \text{ нг} \cdot \text{г}^{-1} \cdot \text{ч}^{-1}$ ), а среди ТСН-горизонтов – в ТПО 2009 года и позже. Выделялись участки, где содержание и окисление метана увеличивались в нижних горизонтах, что свидетельствует об ассимиляции аллохтонных газов из подстилающих грунтов. Окисление, близкое природной почве парка ( $3 \text{ нг} \cdot \text{г}^{-1} \cdot \text{ч}^{-1}$ ), наблюдалось в почвах и ТПО участков 2003 года застройки и раньше.

Эмиссия метана в атмосферу доминировала на (техно)перегнойно-глеевых почвах (до  $57.15 \text{ мг} \text{ CH}_4 \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{ч}^{-1}$ ), тогда как из ТПО и почв на участках разных лет застройки и парка она, как правило, отсутствовала (по медианам). Локальные максимумы эмиссии ( $0.02\text{--}5.25 \text{ мг} \text{ CH}_4 \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{ч}^{-1}$ ) встречались на 25–33% точек опробования на реплантоземах 2014 года и моложе, реже и/или с меньшей интенсивностью – из почв и ТПО более зрелого возраста. Наибольшая эмиссия углекислого газа наблюдалась из реплантоземов, созданных позже 2014 года, уменьшалась к ранним периодам застройки вслед за снижением количества углерода органического вещества в РАТ-горизонтах и содержания  $\text{CO}_2$  в ТСН. Среди серогумусовых почв отмечена такая же тенденция в пик вегетации растений. Эмиссия  $\text{CO}_2$  из почв и ТПО участков 2003 г. застройки соответствовала почвам парка, увеличивалась из зрелых урбаноземов с интенсивным дыханием густой растительности.

УДК 631.41

## **РАЗЛИЧИЯ ПРОТОЧНОСТИ БОЛОТНЫХ МИКРОЛАНДШАФТОВ МЕРЗЛЫХ БОЛОТ И ГИДРОХИМИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ ПОЧВЕННЫХ ВОД**

**Кулижский С.П., Раудина Т.В., Лойко С.В., Лим А.Г.**

Томский государственный университет, Томск  
E-mail: tanya\_raud@mail.ru

В тундровой зоне Западной Сибири широко распространены мерзлые полигональные болота. Исходя из прогнозов изменения климата эти болота могут довольно сильно измениться в сторону увеличения мощности деятельного слоя, появления таликов в топях. Поэтому на данном этапе необходимо накапливать информацию о параметрах этих болот, что послужит отправной точкой при дальнейшем мониторинге их состояния. Для этого нами проводятся исследова-

ния мерзлых болот криолитозоны Западной Сибири, в том числе и полигональных в тундре. Установлено, что последние обладают существенной изменчивостью как в пространстве, так и по профилю, включая мерзлую часть торфяных залежей. В данном сообщении рассматривается один из таких градиентов гидрохимических свойств почвенных вод, связанный с различной степенью проточности болотных микроландшафтов.

Исследования проводились на полигональном болоте ключевого участка «Тазовский» Пур-Тазовского междуречья (южная тундра Западной Сибири). Болота приурочены к понижениям на относительно плоской 3-й террасе реки Таз, генетически являясь низинными. В ходе их развития центральная часть болот приобрела слабовыпуклую форму, отчего влиянию натечного увлажнения с плакоров в настоящее время подвержены лишь краевые топи, на границах с минеральными берегами. Все изученные почвы по степени проточности выстраиваются в следующий ряд, по мере убывания проточности: устьевые части топей, часто с руслом имеющим слабое течение (степень проточности 4) > крупные трещины между полигонами и места их пересечения, топи без русел, верховья топей (степень проточности 3) > просевшие, деградирующие и обводненные полигоны и малые трещины между ними (степень проточности 2) > наименее проточные участки – выпуклые и плоские полигоны (степень проточности 1).

Установлены закономерности изменения величин рН, содержания растворенного кислорода, электропроводности, макро- и микроэлементов почвенных вод по мере увеличения проточности. Значения большинства рассматриваемых параметров вод топей с руслом (4 степень) в значительной степени ( $p < 0.05$ ) отличаются от значений в других микроландшафтах меньшей проточности (1–3). При этом электропроводность,  $SO_4^{2-}$ , POY, Al, Ti, V, Nb, Mo, Cd, Cu, Cs, Ba, La, Pr, Sm, Th, U показали ясный тренд уменьшения значений почвенных вод ( $0.63 < R^2 < 0.97$ ,  $p < 0.05$ ) от наименее проточных полигонов к нижним частям топей с руслами (от 1 к 4). И, наоборот, прослеживается тренд ( $0.38 < R^2 < 0.85$ ,  $p < 0.05$ ) плавного увеличения значений рН, растворенный  $O_2$ ,  $Cl^-$ , K, Li, Mg, Mn, Zn, Co и Na в ряду от полигонов (1) к топям с руслом (4). Концентрации PНУ, Ca, Fe, Si, As, Zr, W, Tl, и Pb не показали статистически значимого тренда ( $R^2 < 0.5$ ), либо их тренд был недостоверным.

Установлено, что выявленные различия обусловлены временем пребывания воды, а также особенностями режимов промерзания, снегонакопления и снеготаяния. Так весенние воды быстро скатываются с полигонов в топи по ещё не оттаявшей поверхности полигона, сильно увеличивая влагозапасы топей, в дополнение к водам от накопившегося в этих понижениях снега. В летний период топи постепенно отдают воду в гидрологическую сеть, испытывая лишь

незначительное влияние вод, поступающих с полигонов благодаря дождевым осадкам и медленно оттаивающей мерзлоте. Большую роль играет и растительность, фитомасса которой в топях меньше.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 19-29-05209-мк.

УДК 631.46

## **ЭМИССИЯ CO<sub>2</sub> ПОЧВАМИ КАК ВАЖНЕЙШЕЕ ЗВЕНО БИОГЕОХИМИЧЕСКОГО ЦИКЛА УГЛЕРОДА В ЛЕСНЫХ ЭКОСИСТЕМАХ ЗВЕНИГОРОДСКОЙ БИОСТАНЦИИ МГУ**

**Куприянова Ю.В., Кадулин М.С., Копчик Г.Н.**

Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Москва  
E-mail: kupriyanovajulia46@gmail.com

Эмиссия диоксида углерода (CO<sub>2</sub>) почвами в значительной степени, определяет углеродный баланс лесных экосистем, являясь наиболее мощным потоком, выводящим углерод в атмосферу. Несмотря на ее интенсивное изучение все более актуальным направлением становится оценка суммарных годовых величин эмиссии CO<sub>2</sub> почвами и ее многолетняя изменчивость. Ситуация усугубляется современным сокращением стока углерода в леса России за счет изменения климатических условий, а также деструктивных воздействий (пожары, ветровалы, энтомовредители), приводящих к отмиранию и гибели лесов.

Исследования проводили на территории государственного природного заказника регионального значения «Звенигородская биостанция МГУ и карьер Сима» (ЗБС, Московская область), расположенном в подзоне хвойно-широколиственных лесов, где в 2007 году было начато проведение комплексного мониторинга лесных биогеоценозов (БГЦ). Скорость выделения CO<sub>2</sub> из почв *in situ* измеряли методом закрытых камер с помощью ИК CO<sub>2</sub>-газоанализатора AZ 7752 ежемесячно в 2014–2019 гг. в 9-кратной повторности в каждом БГЦ. Одновременно измеряли температуру и влажность почвы. Вклад микробного и корневого дыхания определяли полевым методом субстрат индуцированного дыхания. Метеорологические условия охарактеризованы на основании архивных данных ближайшей метеостанции Ново-Иерусалимская (web-сайт «Расписание погоды»). Температуру воздуха и поверхностного слоя почв (0 и 5 см) измеряли с помощью регистраторов Hygrochron (iButton DS1923). Скорость эмиссии CO<sub>2</sub> в зависимости от температуры рассчитывали путем аппроксимации экспериментальных данных уравнением Аррениуса в модификации Ллойда и Тейлора.

Поток CO<sub>2</sub> с поверхности почв характеризуется высокой временной и меньшей пространственной изменчивостью. Годовые потоки CO<sub>2</sub> из почв лесных БГЦ значимо не различаются между собой, со-

ставляя в среднем 740–810 г/м<sup>2</sup>. Межгодовая, сезонная и суточная динамика эмиссии CO<sub>2</sub> почвами лесных экосистем ЗБС прямо или косвенно контролируется температурой и влажностью верхнего слоя почвы, а также изменением структуры растительности, вызванным вспышкой короэда-типографа. В зависимости от погодных условий и внешних деструктивных воздействий годовые потоки CO<sub>2</sub> изменяются от 460 до 1080 г/м<sup>2</sup>. Для всех БГЦ характерен классический для умеренной зоны ход изменения сезонных потоков CO<sub>2</sub> из почв с минимумом зимой и максимумом летом. В целом, в холодный период (ноябрь–март) выделение CO<sub>2</sub> почвами в сумме составляет 19–30% годового потока в зависимости от типа ценоза и погодных условий. Наиболее интенсивная суточная эмиссия CO<sub>2</sub> соответствует оптимальному сочетанию влажности и температуры в послеполуденные часы вследствие наибольшего прогревания верхнего слоя почвы.

Доля микробного дыхания в общей эмиссии CO<sub>2</sub> почвами лимитировалась температурно-влажностным режимом. Доля микробного дыхания в засушливом 2014 г. была ниже и составляла 9–34%. В благоприятном по температуре и влажности 2016 г. доминировало микробное дыхание – 55–75%. В 2019 г. наблюдалось увеличение корневого дыхания относительно 2016 г. за счет увеличения корневой массы травянистых растений в следствии осветления лесов в результате ветровалов и вспышки короэда-типографа. Вклад корней достигал максимума летом в редилах, где наблюдается наибольшее развитие травянистых растений, снижался осенью, в период наступления покоя. Микроорганизмы, разлагающие подстилку, напротив, давали наибольший вклад в осеннее время во всех БГЦ.

Полученные характеристики позволяют проследить многолетнюю изменчивость годовых потоков CO<sub>2</sub> из почв лесных экосистем для корректной оценки углеродного баланса в условиях меняющихся природной среды и климата.

УДК 631.46

## **ТРАНСФОРМАЦИЯ ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА ПОЧВ В ПРОЦЕССЕ ИХ ПОСТАГРОГЕННОГО ВОССТАНОВЛЕНИЯ В ОСНОВНЫХ БИОКЛИМАТИЧЕСКИХ ЗОНАХ РОССИИ**

**Курганова И.Н.<sup>1</sup>, Овсепян Л.А.<sup>1</sup>, Лопес де Гереню В.О.<sup>1</sup>, Личко В.И.<sup>1</sup>,  
Телеснина В.М.<sup>2</sup>, Караванова Е.И.<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Институт физико-химических и биологических проблем почвоведения РАН,  
Пушино  
E-mail: ikurg@mail.ru

<sup>2</sup> Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Москва

Отсутствие отчуждения растительного материала в виде урожая и последующее восстановление многолетней растительности на бывших пахотных угодьях инициируют процессы накопления органического

углерода (Сорг). Интенсивность аккумуляции Сорг зависит от периода восстановительной сукцессии, а вновь образованное органическое вещество (ОВ) характеризуется иным соотношением функциональных пулов в своем составе, определяя его стабильность, которая является ключевым фактором секвестрирования Сорг в почвах. В рамках представляемой работы выполнена сравнительная оценка запасов Сорг, микробиологической, ферментативной активности и экофизиологических параметров состояния микробных сообществ в пахотных и залежных почвах, приуроченных к зонам с различным биоклиматическим потенциалом – южно-таежной, лиственно-лесной, лесостепной и степной. Показано, что в ходе постагрогенной эволюции бывших пахотных почв более существенное увеличение запасов Сорг во всех биоклиматических зонах, за исключением южно-таежной, происходило в верхней 10-см части пахотного слоя. Темпы накопления Сорг в слое 0–10 см наиболее богатых органическим углеродом почв (темно-серая лесная и чернозем типичный) были существенно меньше, чем в почвах с более низкими запасами Сорг (дерново-подзолистая, серая лесная, чернозем обыкновенный). В почвах всех изученных хронорядов в ходе естественного восстановления выявлено накопление углерода во всех денсиметрических фракциях, однако прирост фракций различной плотности был неодинаковым в почвах различных климатических зон, что связано с различным качеством и количеством поступающего в почвы растительного опада при восстановлении естественной растительности на бывших пахотных почвах.

Сопряженный анализ изменения содержания Сорг и экофизиологических параметров микробного сообщества при самовосстановлении пахотных почв в основных биоклиматических зонах Европейской части России (от южно-таежной до степной) подтверждает тесную связь процессов аккумуляции ОВ и изменения его устойчивости с усилением активности микрофлоры, о чем свидетельствуют значимые корреляции между содержанием Сорг и экофизиологическими параметрами. Постепенный рост микробной активности почв в ходе залежной сукцессии происходит главным образом за счет накопления Сорг в свободной и окклюзированной фракциях ОВ, что подтверждают значимые взаимосвязи между содержанием Сорг легких фракций, скоростью базального дыхания и величиной микробной биомассы. Активность ферментов класса оксидаз демонстрировала более высокие значения на пашне по сравнению с почвами зрелых залежей, обусловленное, главным образом интенсивными процессами гумификации органического вещества и менее активными минерализационными процессами в почвах пашни. Активность ферментов класса оксидаз в черноземах была существенно ниже, чем в серых лесных почвах, что также можно объяснить разным качеством ОВ, поступающего в почвы с растительностью. Сукцессия растительного и микробного сообществ при постагрогенной эволюции влияет на

качество и количество поступающего ОБ и процессы его разложения, что, по-видимому, во многом объясняет различия в активности гидролитических ферментов и сопровождается повышением доли активности ферментов с узкой субстратной специфичностью.

Таким образом, в пределах лесной зоны выявлены как общие тенденции развития постагрогенных почв, так и значительные различия в процессах их восстановления в зависимости от типа почвы, который является доминирующим фактором, позволяющим объединить почвы разного землепользования в группы, которые характеризуются наибольшим сходством основных физико-химических и биологических свойств.

Исследование выполнено в рамках государственного задания ФИЦ ПНЦБИ РАН (рег. № АААА-А18-118013190177-9), а также при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 18-04-00773а.

УДК 631.4

## **ДЫХАНИЕ ПОЧВ В ТРОПИЧЕСКИХ ЛЕСАХ ЮЖНОГО ВЬЕТНАМА: ВЛИЯНИЕ ВЫСОТНОГО ГРАДИЕНТА И РЕЖИМА ИСПОЛЬЗОВАНИЯ**

**Лопес де Гереню В.О.<sup>1</sup>, Каганов В.В.<sup>2</sup>, Курганова И.Н.<sup>1</sup>, Кузнецов А.Н.<sup>3</sup>**

<sup>1</sup> Институт физико-химических и биологических проблем почвоведения РАН,  
Пушино  
E-mail: vlopes@mail.ru

<sup>2</sup> Центр по проблемам экологии и продуктивности лесов РАН, Москва

<sup>3</sup> Совместный Российско-Вьетнамский Тропический научно-исследовательский и технологический центр; Ханой-Хошимин, Вьетнам

Тропические леса играют огромную роль в поддержании глобального углеродного баланса: на их долю приходится 32–36% нетто-экосистемной продукции наземных экотопов. Количественная оценка эмиссии CO<sub>2</sub> из почв, как одного из основных слагаемых баланса углерода, в тропических лесах базируется на фрагментарных наблюдениях. Почти вся территория Вьетнама, ранее покрытая тропическими муссонными лесами, в настоящее время используется для производства различной сельхозпродукции. Относительно нетронутые муссонные полулистопадные леса сохранились только в местах, практически непригодных для ведения сельского хозяйства. Эти территории в некоторых регионах страны используются для создания национальных парков (НП). Однако и в них хозяйственная деятельность полностью не прекращена. Цель представляемой работы состояла в сравнительной оценке дыхания почв в экосистемах естественных тропических лесов, расположенных на разных высотах

относительно уровня моря и имеющих разную степень антропогенной нагрузки.

Исследования проводили на территории трех национальных парков: (1) НП Нам Кат Тьен (высота 140 м над ур. м., антропогенная нагрузка отсутствует); (2) НП Йок Дон (высота 230 м над ур. м., выраженная антропогенная нагрузка) и (3) НП Бу Зя Мап (высота 430 м над ур.м., антропогенная нагрузка отсутствует). В каждом парке для проведения стационарных наблюдений за эмиссией  $\text{CO}_2$  из почв (почвенным дыханием) были выбраны площадки с относительным преобладанием представителей семейства Диптерокарповые (*Dipterocarpaceae*) и рода Лагерстремия (*Lagerstroemia*). Поскольку влажность почвы оказывает огромное влияние на формирование эмиссионного потока  $\text{CO}_2$  из почв и в почвах муссонных тропических лесов она сильно зависит от сезона, то измерение почвенного дыхания (эмиссии  $\text{CO}_2$  из почв) проводили в конце сухого сезона (февраль-март) и в конце влажного сезона (ноябрь-декабрь).

Дыхание почв было самым низким (65–88 мг С/м<sup>2</sup>/час) в сухой сезон в лагерстремиевых и диптерокарпусовых насаждениях НП Йок Дон, характеризующихся наименьшей влажностью (1.3–2.0 об.%) и высоким уровнем антропогенного влияния (сильный выпас скота и периодические палы сухих листьев). Самый высокий поток  $\text{CO}_2$  из почв в сухой сезон демонстрировали наиболее влажные площадки НП Бу Зя Мап – 182–284 мг С/м<sup>2</sup>/час. Из-за более высокого положения в рельефе, территория этого НП получала существенно более высокое количество осадков, и влажность почв в разгар сухого сезона здесь составляла 20.6–25.8 об.%. Во влажный сезон, когда в почвах было достаточное количество влаги, дыхание почв заметно увеличивалось. На площадках НП Нам Кат Тьен это превышение было двукратным, а в насаждениях диптерокарпуса НП Йок Дон – трехкратным. На площадках НП Бу Зя Мап дыхание почв во влажный и сухой сезоны достоверно не отличалось, что мы связываем с некоторым переувлажнением почв на площадках НП во влажный сезон.

Полученные предварительные результаты позволяют говорить о влиянии как высотного градиента на дыхание почв в тропических лесах южного Вьетнама, так и уровня антропогенной нагрузки. Влияние типа насаждения проявлялось не всегда и не во всех национальных парках.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 18-04-00773а, а также в рамках государственного задания «Исследование почвенных предшественников, источников и стоков парниковых газов в связи с климатическими изменениями» (рег. № АААА-А18-118013190177-9).

УДК 574.4:631.42

## СТАБИЛЬНЫЕ ИЗОТОПЫ КАК ИНДИКАТОРЫ ПРОЦЕССОВ БИОГЕОХИМИЧЕСКОГО ЦИКЛА АЗОТА

**Макаров М.И.**

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

Колебания изотопного состава азота (соотношения  $^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$ ) в природных объектах связаны с фракционированием изотопов, главным образом, в биологических процессах азотного цикла. Многие процессы превращения соединений азота (нитрификация, денитрификация, ассимиляция) достаточно сильно дискриминируют тяжелый изотоп, то есть в реакциях преимущественно участвует  $^{14}\text{N}$ , а остаточный субстрат, не вовлеченный в процесс, относительно обогащается изотопом  $^{15}\text{N}$ . Хотя изотопный эффект индивидуальных процессов азотного цикла в целом известен, интерпретация результатов изотопных исследований азота в почвоведении и экологии является непростой задачей. Это связано с тем, что биогеохимический цикл азота в биосфере сложен – в нем могут одновременно протекать несколько процессов, фракционирующих изотопы, и в них может использоваться разная доля субстрата. Тем не менее, именно изотопные исследования позволяют характеризовать актуальные активности отдельных процессов и интегральную активность биогеохимического цикла азота в экосистемах.

Азотное питание растений – важный процесс биогеохимического цикла азота, специфика которого у разных видов и функциональных групп также находит отражение в изотопном составе. Интерпретация результатов изотопных исследований этой части биогеохимического цикла – не менее сложная задача, так как формирование изотопного состава азота растений определяется комплексным влиянием целого ряда факторов. Важнейшие из них – это различия в изотопном составе поглощаемых соединений, которые зависят как от формы соединения (нитраты, аммоний, органические компоненты), так и от их локализации в почве (разная глубина корневых систем). Помимо этого, важным фактором является фракционирование изотопов в процессе поглощения и ассимиляции азота, проявление которого определяется доступностью ресурса и микоризным статусом растения.

На примере горных почв альпийских экосистем Северного Кавказа и тундровых экосистем Хибин показано, что изотопный состав азота разных пулов в почве (общий, аммонийный, нитратный, экстрагируемый органический, микробной биомассы) является хорошим индикатором процессов азотного цикла и сбалансированности азотного питания почвенных микроорганизмов. Изотопный состав азота растений, в свою очередь, является чувствительным индикатором

условий азотного питания, включая изменения соотношений разных источников, активности микоризы и симбиотической азотфиксации. Зачастую, он может отражать такие трансформации азотсодержащих соединений в почве, которые не могут быть уверенно диагностированы химическим анализом.

УДК 630 :161.32

## **ВКЛАД ДЫХАНИЯ КОРНЕЙ В ДЫХАНИЕ ПОЧВЫ В СОСНОВОМ ДРЕВОСТОЕ**

**Молчанов А.Г.**

Институт лесоведения РАН, с. Успенское  
E-mail: a.georgievich@gmail.com

Проведено сравнение дыхания почвы без корней растений и дыханием корней. Исследования проводились в Московской области в Серебряноборском опытном лесничестве Института лесоведения РАН (55°45'N, 37°20'E, Московская область) в сосняке разнотравно-черничном I бонитета 140-летнего возраста.

Измерение эмиссии CO<sub>2</sub> с поверхности почвы проводили по открытой схеме с помощью инфракрасного газоанализатора «LICOR-820» (Li-Cor, США). Показания газоанализатора регистрировались непрерывно в течение суток. Для измерения эмиссии CO<sub>2</sub> с поверхности почвы устанавливали камеру диаметром 20 см и высотой 10 см, через которую над поверхностью почвы в камере поддерживали постоянный проток окружающего атмосферного воздуха со скоростью 60–120 л/ч. Эмиссию CO<sub>2</sub> определяли в трех участках. Один из участков был без корней. Для этого на участке размером 0.5х0.5 м, огороженном вертикальными стенками глубиной 0.5 м, были извлечены корни растений. Для определения дыхания почвы с корнями были использованы такие же две камеры на расстоянии около 2 м друг от друга. Дыхание корней определяли как разность в интенсивности эмиссии CO<sub>2</sub> на участках с ненарушенной почвой и на участке, где корни древесных растений были извлечены. Под камерой на расстоянии 0.5 м от участка с удаленными корнями было 1.47 г тонких корней. Под дальней камерой – 2.91 г в 10 см слое почвы. Более подробная методика изучения газообмена в древостоях изложена нами ранее в опубликованных работах.

В результате наших исследований получили, что в апреле при температуре почвы 0.7 °C, а воздуха 11.5 °C дыхание почвы без корней было и дыхание корней было одинаково = 1.5 мкмоль CO<sub>2</sub>/м<sup>2</sup>. (Здесь и далее приведены данные дыхания корней под дальней камерой). Осенью в середине октября при температуре почвы 6.8 °C и воздуха 4.1 °C дыхание корней снизилось в два раза и составило 0.7 мкмоль CO<sub>2</sub>/м<sup>2</sup>, а дыхание почвы без корней было 1.3 мкмоль CO<sub>2</sub>/м<sup>2</sup>. Весной с поте-

плением воздуха и почвы интенсивность дыхания почвы без корней и дыхание корней увеличивается, при этом дыхание корней в большей степени. Уже 21 апреля при температуре воздуха 14.2 и почвы 2.3 °С дыхание корней стало 2.0, а дыхание почвы 1.8 мкмоль CO<sub>2</sub>/м<sup>2</sup>. Однако далее в мае месяце с 5–15 мая при средней температуре воздуха – 15.4 и почвы 9.6 дыхание почвы без корней было 3.3, а дыхание корней 2.3 мкмоль CO<sub>2</sub>/м<sup>2</sup>с. В июле (27–31) месяце средняя за сутки температура воздуха и почвы стала максимальной 22.6 и 19.4 °С средняя интенсивность дыхания почвы за этот промежуток времени составляла 2.7, а корней 1.5 мкмоль CO<sub>2</sub>/м<sup>2</sup>с. В августе (1–8) при температуре воздуха 17.0 °С и почвы 15.1 несмотря на несколько снижение температуры интенсивность дыхания почвы без корней несколько даже увеличилась – 2.8, а корней 1.7 мкмоль CO<sub>2</sub>/м<sup>2</sup>с. В октябре, как писали выше, при значительном снижении температуры сильно снизилось и дыхание. В течение вегетационного периода характер изменения дыхания корней и почвы идентичен, но интенсивность дыхания корней примерно на 30% слабее.

Используя ранее полученные нами данные о поглощении CO<sub>2</sub> пологом соснового древостоя, получили, что дыхание корней лучше коррелирует с поглощением CO<sub>2</sub> пологом древостоя (коэффициент корреляции = 0.68), чем с температурой почвы (0.20). Дыхание почвы без корней в большей степени коррелирует с температурой почвы (0.72), но с поглощением CO<sub>2</sub> пологом древостоя была еще выше (0.93).

УДК 631.433

## **БИОГЕОХИМИЧЕСКИЕ И ЭКОЛОГО-ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ПОТОКОВ ПАРНИКОВЫХ ГАЗОВ НА СТЕПНОЙ КАТЕНЕ**

**Наумов А.В.**

Институт почвоведения и агрохимии СО РАН, Новосибирск  
E-mail [anaumov@issa-siberia.ru](mailto:anaumov@issa-siberia.ru)

Целью исследований потоков парниковых газов на степной катене является установление особенностей структурно-функциональной организации почвенного покрова элементарных ландшафтов в условиях засоления. Среди экологических проблем, затрагивающих степные экосистемы, аридизация и засоление почв занимают важное место в научных исследованиях. Геохимическая сопряженность степных экосистем во многом определяет специфику их газообмена с атмосферой. Экологический подход позволяет более детально оценивать взаимоотношения ландшафтно-геохимической системы с окружающей средой.

Исследования проводились в Баганском районе Новосибирской области на катене протяженностью 1100 метров, сформировавшейся

в приозерной депрессии горько-соленого озера Большой Баган. Растительные сообщества и почвы степной катены составляли (сверху вниз) следующий ряд: 1 – ковыльно-разнотравная степь на черноземе южном осолоделом, 2 – засоленный злаково-разнотравный луг на солонце среднем, 3 – полынно-злаковое сообщество, солонец мелкий, 4 – разреженное разнотравное сообщество с кермеком, солонец корковый, 5 – солончак приозерный. В качестве параметров, характеризующих функциональное состояние и работу отдельных звеньев каскадной биогеохимической системы, изучалась фотоассимиляция, почвенное дыхание (SR), общее дыхание экосистемы (R), суммарное испарение (E), концентрация углекислого газа и метана в почвенном воздухе и атмосфере.

Содержание  $\text{CO}_2$  в почвенном воздухе разных позиций катены невысокое. Максимальные концентрации 0.4-0.5% наблюдались на глубинах 100–150 см. Почвы, расположенные ниже по катене характеризовались более высоким уровнем  $\text{CO}_2$ . По уровню общей эмиссии  $\text{CO}_2$  более высокими значениями (R) характеризовались верхние позиции катены. Вниз по катене этот показатель снижался. Солончак приозерный занимает в этом ряду особое место в связи с разной направленностью потока углекислого газа в разные годы.

Фоновая концентрация метана в атмосфере составляла 1.68 ppm на высоте 2 м. Однако в почвенном воздухе чернозема южного метан не был обнаружен, что свидетельствует о наличии биогеохимического барьера. Сделано предположение о полной утилизации атмосферного метана почвенными метанотрофами южного чернозема. Содержания  $\text{CH}_4$  в почвенном воздухе солонца среднего было ниже атмосферного, что также может указывать на работу «метанового» фильтра. В верхних горизонтах солонца коркового концентрация метана соответствовала фону и возрастала с глубиной.

Почвы сопряженных экосистем степной катены, сформированной в условиях засоления, дифференцированы в отношении выполняемой ими функции газообмена с атмосферой. Почвы верхней части катены выполняют функцию поглотителя атмосферного метана, образуя биогеохимический барьер большой емкости на пути миграции газа вниз по профилю. Солонец луговой корковый является локальным источником метана. В связи с изменчивостью погодных условий работа биогеохимических барьеров в разные годы проявлялась в разной мере.

В летний период экосистемы степной катены функционируют в широком диапазоне изменений температуры воздуха и почвы. Нередко в середине лета температура воздуха достигает критических значений для большинства физиологических процессов. На черноземе южном при температурах воздуха от 33 до 37 °C общее дыхание экосистемы (R) составляло 205–475 мг  $\text{CO}_2/\text{м}^2/\text{ч}$ . Более широкий диапазон значений скорости эмиссии (66–587 мг  $\text{CO}_2/\text{м}^2/\text{ч}$ ) наблюдался на солончаке приозерном.

Эвапотранспирация варьировала на разных позициях катены от 3 до 7 мм/сут. Установлена линейная зависимость скорости эвапотранспирации от температуры воздуха. Возрастание температуры с 42 до 45 °С приводило к резкому увеличению скорости ассимиляции. При температуре около 46 °С наблюдалось выделение углекислого газа, что указывало на снижение фотоассимиляции и превышение общего дыхания экосистемы над фотосинтезом.

УДК 631.423.1, 631.423.4, 631.453, 631.472.54

## **ТЯЖЕЛЫЕ МЕТАЛЛЫ И МЕТАЛЛОИДЫ В ПОЧВАХ И РАСТЕНИЯХ ЗОНЫ ВОЗДЕЙСТВИЯ СТОЙЛО-ЛЕБЕДИНСКОГО ГОРНОДОБЫВАЮЩЕГО КОМПЛЕКСА**

**Низиенко Е.А., Ладонин Д.В.**

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

Стойленское и Лебединское месторождения Курской магнитной аномалии обеспечивают наиболее крупные предприятия России по добыче, обогащению железистых кварцитов и производству сырья высокого качества для нужд чёрной металлургии. Разработка полезных ископаемых проводится открытым способом, что приводит к выбросам пыли в атмосферу и выпадению загрязняющих веществ на территории, находящейся в зоне активного запыления. В результате деятельности горнодобывающего комплекса (ГДК) сформировалась техногенная зона запыления атмосферы эллипсоидной формы с ориентацией длинной оси вдоль преобладающего западного направления ветров. Присутствие тяжёлых металлов (ТМ) в почвах само по себе, однако не является негативным фактором: ТМ также являются микроэлементами, необходимыми для полноценного вегетативного цикла растений, нормального роста и развития животных и человека. В условиях интенсификации использования земель в сельскохозяйственных целях зачастую наблюдается недостаток микроэлементов, который, как правило, восполняется за счёт внесения удобрений. В рассматриваемом регионе микроэлементы поступают в почву в том числе вместе с оседающей из атмосферы пылью.

Целью работы ставится определение валового содержания ассоциированных с железом элементов в почвах и растениях для характеристики эколого-геохимической обстановки промышленного района в зоне воздействия Стойло-Лебединского ГДК. В качестве вспомогательного материала также были проанализированы образцы пыли, собранной с дорожного полотна.

Валовое содержание ТМ в почвах, растениях и пыли определялось при помощи ISP-MS с предварительным разложением проб в смеси

кислот, обработка почвы для оценки связанных с (гидр)оксидами железа и марганца проводилась реактивом Тамма. Для оценки биологической миграции элемента используют коэффициент его биологического поглощения (КБП) растениями, рассчитывающийся как частное содержания элемента в золе растения и содержания этого же элемента в среде, чаще всего – в корнеобитаемом слое почвы. Ранжирование элементов по величинам КБП позволяет оценить характер и степень опасности загрязнения почв тяжелыми металлами.

В результате исследования почв и растительности были сделаны следующие выводы:

1. Пространственное распределение большинства элементов имеет схожие черты, однако выявить четкую зависимость от расстояния не представляется возможным. Реальное распределение было показано при помощи косвенной оценки связанных с несиликатными соединениями железа форм элементов. Для таких сидерофильных элементов, как Mn, Co, Ni, Cu, Zn, V, Mo, Pb, Th и U хорошо заметно снижение с расстоянием содержания форм, извлекаемых при помощи реактива Тамма;

2. По результатам анализа данных, полученных при исследовании придорожной пыли, наибольшему влиянию комплекса подвержены территории в радиусе 15 км. В пыли для большинства элементов в целом характерно снижение содержания с увеличением расстояния. Так, содержание Fe, Co, Ni, Zn, Sr, Mo, Tl, Cr, Cd, понижается с удалением от ГДК, а Th и U, напротив, склонны к накоплению с удалением от источник;

3. Для исследованных видов растений построены ряды биологического поглощения элементов, также подтверждающие факт выпадения элементов с пылью из атмосферы. По элементному составу наземной части видов можно судить о загрязнении почв тяжелыми металлами и металлоидами. Для индикации загрязнения среды по подземной части растений лучшим видом оказался Горец птичий.

УДК 631.433.3

### **ВЛИЯНИЕ СПЛОШНОЙ РУБКИ НА ЭМИССИЮ CO<sub>2</sub> С ПОВЕРХНОСТИ БОЛОТНО-ПОДЗОЛИСТОЙ ПОЧВЫ СРЕДНЕТАЕЖНОГО СОСНЯКА ЧЕРНИЧНОГО (РЕСПУБЛИКА КОМИ)**

**Осипов А.Ф.**

Институт биологии ФИЦ Коми НЦ УрО РАН, Сыктывкар  
E-mail: osipov@ib.komisc.ru

Глобальное изменение климата требует понимания роли деятельности человека в этом процессе. В связи с этим, учет углероддепонирующей способности лесов и управление балансом лесохозяй-

ственными мероприятиями являются актуальными направлениями исследований. В бореальном поясе рубка леса является основным видом хозяйственной деятельности, которая оказывает значимое влияние на цикл углерода. Территория Северо-Востока европейской части России характеризуется высокой лесистостью, следовательно, выполняет важную роль в регулировании средообразующих процессов. Однако, значительные массивы лесов обуславливают и интенсивную лесозаготовку. В настоящее время, ежегодно в Республике Коми рубками проходится 40–60 тыс. га площади. Тем не менее, исследования цикла углерода здесь единичны. Цель настоящей работы охарактеризовать влияние сплошной рубки на эмиссию  $\text{CO}_2$  с поверхности почвы среднетаежного сосняка черничного.

Работа выполнена в течение вегетационных периодов 2018–2019 гг. в естественно развивающемся фитоценозе и на вырубке сосняка черничного на торфянисто-подзолисто-глеевой иллювиально-железистой почве. Рубка проведена в 2015 г. с использованием современных лесозаготовительных комплексов. Эмиссию  $\text{CO}_2$  определяли инфракрасным газоанализатором LI COR 8100 с почвенной камерой 20 см один-два раза в месяц на стационарных основаниях с учетом технологических элементов рубки. Непрерывное измерение температуры почвы выполняли датчиками НОВО. Для расчета потерь углерода в виде  $\text{CO}_2$  использовали уравнение Вант-Гоффа.

Эмиссия  $\text{CO}_2$  с поверхности почвы сосняка черничном в течение вегетационных периодов 2018 и 2019 гг. достоверно не различалась и составила  $316 \pm 23$  и  $299 \pm 42$  г С м<sup>-2</sup>, соответственно. В результате рубки скорость потока диоксида углерода с поверхности почвы на пасечных участках уменьшилась на 32–36%. На волоках, где сложено большое количество порубочных остатков, интенсивность выноса углерода составляет  $\approx 262$  г С м<sup>-2</sup>. На основании полученных результатов можно сделать вывод, что снижение дыхания почвы на слаборазрушенных лесозаготовительной техникой пасечных участках, наиболее идентичных фоновым, связано с удалением деревьев древостоя и прекращением функционирования их корней. Следовательно, полученная разница в выносе С- $\text{CO}_2$  между естественным фитоценозом и пасечными участками подтверждает литературные данные о доле дыхания корней в общей эмиссии для таежной зоны в пределах 30–40%.

Исследование выполнено при финансовой поддержке Комплексной программы УрО РАН в рамках проекта № 18-4-4-29 и РФФИ в рамках научного проект № 18-34-00563-мол\_а.

УДК 631.471.1

## **ЗАПАСЫ УГЛЕРОДА В ПРЕОБЛАДАЮЩИХ ТИПАХ ПОЧВ ХВОЙНЫХ ЭКОСИСТЕМ НА СЕВЕРО-ВОСТОКЕ ЕВРОПЕЙСКОЙ ЧАСТИ РОССИИ**

**Осипов А.Ф.<sup>1</sup>, Машков П.Ф.<sup>2</sup>, Дымов А.А.<sup>1,2</sup>**

<sup>1</sup> Институт биологии Коми научного центра УрО РАН, Сыктывкар  
E-mail: osipov@ib.komisc.ru

<sup>2</sup> Сыктывкарский государственный университет им. Питирима Сорокина,  
Сыктывкар

Изменение климата, вследствие накопления в атмосфере парниковых газов, обусловили необходимость определения пулов и потоков углерода в наземных экосистемах. Почва является крупнейшим наземным депо углерода. Однако, оценки этого резервуара часто варьируют в широких пределах и не имеют тенденции к сходимости. Накопление эмпирических данных по запасам углерода в разных типах почв позволит вывести для них усредненные значения, по которым, в дальнейшем возможно снизить неопределенности при расчете пула углерода почвенного органического вещества (ПОВ). Цель настоящей работы оценить запасы углерода в преобладающих типах почвах хвойных экосистем на Северо-Востоке европейской части России.

Работа выполнена на территории Республики Коми. Основными группами типов лесных почв в регионе являются болотно-подзолистые ( $\approx 44\%$  от общей площади), подзолистые ( $\approx 12\%$ ) и подзолы ( $\approx 10\%$ ). Мы использовали результаты собственных исследований по определению запаса углерода в почвах разных типов. Кроме этого, был проведен анализ литературы, задачей которого было выявить результаты описаний разрезов в почвах региона, которые бы позволили увеличить объем выборки для расчета средних запасов углерода ПОВ. Основными недостатками, препятствующими дальнейшему использованию описаний почв из литературы, является отсутствие концентрации углерода/гумуса и сведений по объемному весу в отдельных горизонтах. Используя массив данных описаний почв, полученных нами при проведении экспериментальных работ, мы вывели усредненные значения объемных весов, как для отдельных горизонтов, так и типов почв. Всего для расчетов было использовано 90 описаний почвенных разрезов, в том числе 43 болотно-подзолистые почвы, 24 подзолистые и 23 подзолы, из которых 24 результаты собственных исследований. Основное внимание было уделено следующим слоям: лесная подстилка, слой 0–30 см, 0–50 см и 0–100 см включая лесную подстилку.

Большими запасами углерода ПОВ в метровом профиле характеризуются болотно-подзолистые почвы, которые изменяются от 5.7 до 22.6 кг м<sup>-2</sup>, со средним значением  $10.9 \pm 3.4$  (среднее  $\pm$  стан-

дартное отклонение). В подзолистых почвах пул углерода меньше в 1.4 раза, чем в болотно-подзолистых и составляет  $7.7 \pm 2.9$  кг м<sup>-2</sup>. Подзолы, формирующиеся на песчаных и супесчаных отложениях древнеаллювиального и водно-ледникового происхождения, характеризуются наименьшей концентрацией углерода ( $3.5 \pm 2.3$  кг м<sup>-2</sup>). Большой разброс оценок для этой группы типов почв определяют листовенничные и еловые насаждения, формирующиеся на подзолах в условиях крайне-северной, северной тайги и в предгорьях Урала. Вклад лесных подстилок в общие запасы углерода ПОВ варьирует от 23 до 32%, участие слоя 0–30 см изменяется от 47 до 62%, кор-необитаемого горизонта 0–50 см – в пределах 71–78%.

Таким образом, полученные значения по запасам ПОВ можно использовать при расчетах пула углерода лесных почв на европейском Северо-Востоке России, используя данные по их распространению в регионе.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 19-29-05111-мк.

УДК 574.24

## **ВКЛАД ЦИАНОБАКТЕРИЙ В ПРОЦЕССЫ ФИКСАЦИИ МОЛЕКУЛЯРНОГО АЗОТА В ГОРНЫХ И РАВНИННЫХ ТУНДРАХ ЕВРОПЕЙСКОГО СЕВЕРО-ВОСТОКА**

**Патова Е.Н., Сивков М.Д.**

Институт биологии ФИЦ Коми НЦ УрО РАН, Сыктывкар  
E-mail: patova@ib.komisc.ru

Цианобактерии благодаря уникальной способности к автотрофии по углероду и азоту являются важным функциональным компонентом арктических и горных экосистем. В высокоширотных регионах эта группа организмов входит в комплекс доминантов в биологических почвенных корочках, формирующихся на оголенных грунтах, а также широко представлена в эпифитном комплексе мохового покрова тундровых и болотных экосистем.

Цель работы – получение новых данных о разнообразии и вкладе этой группы организмов в процессы фиксации молекулярного азота в биологических почвенных корочках и в моховых ассоциациях различных типов горных и равнинных тундр европейского Северо-востока.

Исследования проведены в 2015–2019 гг. в различных вариантах растительных сообществ: пятнистые тундры и заболоченные комплексы Полярного, Приполярного Урала и Малоземельской тундры. Изучено видовое разнообразие и структура сообществ диазотрофных видов цианобактерий, а также их азотфиксирующая активность для 50 различных вариантов тундровых сообществ. Измерения нитрогеназной активности выполнены методом ацетиленовой ре-

дукции. Активность фиксации молекулярного азота рассчитана как продукция этилена в  $\text{мг C}_2\text{H}_4 \text{ м}^{-1} \text{ ч}^{-1}$ . Оценено влияние на процесс азотфиксации комплекса экологических факторов, основными из которых являются для северных регионов температура и влажность. Средние показатели азотфиксации для биологических корочек при температуре  $12^\circ\text{C}$  составили для: макроколоний ведущего в тундрах азотфиксатора *Nostoc commune* Vauch.  $2.15 \pm 0.39 \text{ мг C}_2\text{H}_4 \text{ м}^{-2} \text{ ч}^{-1}$ , биологических корочек увлажненных вариантов моховых пятнистых тундр  $1.61 \pm 0.77 \text{ мг C}_2\text{H}_4 \text{ м}^{-2} \text{ ч}^{-1}$ , биологических корочек сухих пятнистых кустарничковых тундр  $0.67 \pm 0.38 \text{ мг C}_2\text{H}_4 \text{ м}^{-2} \text{ ч}^{-1}$ , оголенных грунтов на пятнах пучения  $0.26 \pm 0.13 \text{ мг C}_2\text{H}_4 \text{ м}^{-2} \text{ ч}^{-1}$ , для эпифитных ассоциаций цианобактерий со сфагновыми махами  $0.78 \pm 0.15 \text{ мг C}_2\text{H}_4 \text{ м}^{-2} \text{ ч}^{-1}$ .

Полученные результаты могут служить основой для выполнения расчетов сезонной азотфиксирующей активности цианобактерий в равнинных и горных тундрах северо-востока европейской России и дополнить представления о биологическом накоплении в них азота. Величины, полученные для азотфиксации болотных комплексов, являются первыми сведениями для региона исследований и представляют собой рекогносцировочные данные требующие дальнейшего уточнения.

Исследования выполнены в рамках госбюджетной темы АААА-А19-119011790022-1, при частичной финансовой поддержке гранта РФФИ в рамках проекта №18-04-00643.

УДК 631.417.2

## РАСТИТЕЛЬНЫЕ ОСТАТКИ КАК ИСТОЧНИК ПОЧВЕННОЙ ЭМИССИИ ДИОКСИДА УГЛЕРОДА

Паутова Н.Б.

Институт физико-химических и биологических проблем почвоведения РАН,  
Пушино  
E-mail: nakhodkanbz@mail.ru

Считается, что при разложении растительного опада и почвенного органического вещества в атмосферу поступает в 10 раз больше  $\text{CO}_2$ , чем за счет сжигания ископаемого топлива из промышленных источников. Несмотря на значимую роль разложения органических остатков в глобальном балансе углерода, потенциальный вклад отдельных органических материалов в эмиссию диоксида углерода требует уточнений.

В лабораторном опыте при постоянных условиях температуры ( $22^\circ\text{C}$ ) и влажности (25 весовых%) путем количественного измерения продуцируемого  $\text{C}-\text{CO}_2$  исследовали разложение и минерализацию остатков древесной растительности, луговых трав, сельскохозяйствен-

ных культур и органических удобрений. Органические материалы инкубировали с образцами серой лесной почвы, отобранной под лесом, лугом и на пашне. Масса органических материалов составляла 1% от массы почвы. Параллельно, те же органические материалы инкубировали в смеси с вермикулитом, в которую добавляли почвенную суспензию для интродукции аборигенного микробного сообщества. Концентрацию  $C-CO_2$  определяли на газовом хроматографе (Кристалл Люкс 4000 М).

Установлено, что при инкубации с почвой получают в целом те же характеристики процесса разложения растительных остатков, что и на вермикулите, инокулированном почвенной суспензией. Более трех четвертей от всей годовой продукции  $C-CO_2$  при разложении надземной массы луговых трав, корней и надземной массы клевера выделилось за стартовые 2 мес. инкубации, листьев дуба и осины – за 4 мес., корней луговых трав, соломы и корней ячменя, хвой сосны, тонких корней и мелких ветвей деревьев – за 5–6 мес. На более поздних стадиях разложения темпы выделения  $C-CO_2$  из разных видов растительных остатков были слабыми. Удельные годовые величины продукции  $C-CO_2$  разлагающимися растительными остатками варьировали от 106 до 290 г/кг сухой массы, органическими удобрениями – от 105 до 184 г/кг, а образцами пахотной и необрабатываемой серой лесной почвы – от 1.1 до 1.9 г/кг воздушно-сухой почвы. Растительные остатки давали в 69–264 раз больше  $C-CO_2$ , чем почвенное органическое вещество, а органические удобрения – в 100–167 раз. Из опавших листьев дуба, осины и хвой образовывалось в 1.2–2.0 раза больше  $C-CO_2$  ( $234 \pm 7$ ,  $199 \pm 10$  и  $168 \pm 5$  г/кг соответственно), чем из мелких ветвей и тонких корней ( $136 \pm 21$  и  $119 \pm 19$  г/кг). Зеленая масса и корни вегетирующих луговых трав давали высокие размеры продукции  $C-CO_2$  ( $270 \pm 1$  и  $163$  мг/кг сухой массы), что могло быть обусловлено присутствием представителей бобовых растений, что подтверждается наибольшей среди всех органических материалов продукцией  $C-CO_2$  при разложении надземной массы и корней клевера ( $255 \pm 1$  и  $281 \pm 12$  г/кг соответственно). Эмиссионный потенциал соломы и корней ячменя ( $171 \pm 7$  и  $118 \pm 7$  г/кг соответственно) был соответственно 1.5 и 2.4 раза меньше, чем надземной массы и корней клевера. Размеры продукции  $C-CO_2$  органическими удобрениями возрастали в ряду навоз КРС < птичий помет < свиной навоз, составляя соответственно  $107 \pm 4$ ,  $139 \pm 3$  и  $182 \pm 3$  мг/кг сухой массы. Чем шире было отношение C:N в растительных остатках, тем меньше  $C-CO_2$  выделялось ими в течение разложения ( $r = -0.922$ ,  $P < 0.001$ ). Вместе с тем, при близких значениях C:N в растительных остатках клевера и в трех видах навоза (12–16 и 11–18, соответственно) продукция  $C-CO_2$  остатками клевера была в 1.4–2.6 раз выше, чем органическими удобрениями. Следовательно, отношение C:N может быть предиктором

минерализационных потерь углерода только для близких по своей природе органических материалов. Таким образом, при прогнозировании эмиссии диоксида углерода из растительных остатков важно учитывать продолжительность периода разложения и неравномерность скорости минерализации на ранней и поздней стадии трансформации.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта №17-04-00707а.

УДК 631.821: 631.851

## **ТРАНСФОРМАЦИЯ И МИГРАЦИЯ МАКРО- И МИКРОЭЛЕМЕНТОВ В СИСТЕМЕ «АТМОСФЕРНЫЕ ОСАДКИ – ПОЧВА – УДОБРЕНИЯ – РАСТЕНИЯ»**

**Пироговская Г.В., Исаева О.И., Хмелевский С.С.**

Институт почвоведения и агрохимии, Минск, Республика Беларусь  
E-mail: brissa\_pir@mail.ru

В сообщении приводятся экспериментальные данные по трансформации и миграции макроэлементов, полученные на лизиметрической станции РУП «Институт почвоведения и агрохимии» (Минск) за 35-ти летний период (1981–2015 гг.), микроэлементов – за 2015–2018 гг.

Поступление элементов питания с атмосферными осадками в центральной части Республики Беларусь (По – приход с осадками, кг/га) в среднем за 1981–2015 гг. составило: азота – 25.8 кг/га, в том числе азота нитратного – 10.2 и аммонийного – 14.9 кг/га,  $P_2O_5$  – 0.93 и  $K_2O$  – 10.1, Ca – 34.0 (CaO – 47.6), Mg – 4.1 (MgO – 6.8),  $SO_4^{2-}$  – 54.7 (S – 18.3), Cl<sup>-</sup> – 40.7 и  $Na_2O$  – 7.6 кг/га. Во все годы исследований не отмечено превышение ПДК по содержанию  $NO_3^-$ , K, Ca, Mg, Na,  $SO_4^{2-}$ ,  $PO_4^{3-}$ , Cl<sup>-</sup> в атмосферных осадках, за исключением  $NH_4^+$  (концентрация в отдельные годы была выше ПДК). Поступление микроэлементов с атмосферными осадками на поверхность дерново-подзолистых почв в среднем за годы исследований составило: Cu – 100 г/га, Mn – 230 г/га, Zn – 2.4 кг/га, Co – 160 г/га, F – 2.7 кг/га, N– $NO_2$  – 5.59 кг/га.

Установлено, что при одном и том же количестве выпадающих атмосферных осадков, температурном режиме, одинаковом уровне применения минеральных удобрений под культуры севооборотов, инфильтрация атмосферных осадков из слоя почв 1.0–1.5 м изменялась в зависимости от типа и гранулометрического состава почв и была в пределах: из дерново-подзолистых легкосуглинистых – 90.2–90.6 л/м<sup>2</sup>, легкосуглинистых, подстилаемых моренными суглинками, или рыхлыми песками – 127.4–143.4 л/м<sup>2</sup>, связно-, рыхлосупесчаных, подстилаемых моренными суглинками или рыхлыми песками – 144.4–149.9 л/м<sup>2</sup>, песчаных – 207.9 и торфяной – 100.4 л/м<sup>2</sup>.

Среднегодовые потери (за 35 лет) элементов питания при вы-

мывании (расходная статья баланса) из дерново-подзолистых почв составили: из легкосуглинистых – N общего – 12.9–20.1 кг/га,  $P_2O_5$  – 0.14–1.12,  $K_2O$  – 6.7–12.7, Ca – 47.3–59.2, Mg – 9.7–14.4,  $SO_4^{2-}$  – 21.6–26.2 кг/га; из суглинистых, развивающихся на легких лессовидных суглинках, подстилаемых моренными суглинками или песками: N – 26.8–29.5 кг/га,  $P_2O_5$  – 0.104–0.138,  $K_2O$  – 7.9–8.9, Ca – 59.7–72.0, Mg – 12.0–15.3,  $SO_4^{2-}$  – 20.8–24.2 кг/га; из связно-, рыхлосупесчаных, подстилаемых с глубины моренными суглинками, или песками: N – 30.1–37.1 кг/га,  $P_2O_5$  – 0.087–0.257,  $K_2O$  – 11.0–32.5, Ca – 56.4–115.0, Mg – 17.9–18.8,  $SO_4^{2-}$  – 22.7–26.0 кг/га; из песчаных: N – 43.7 кг/га,  $P_2O_5$  – 0.154,  $K_2O$  – 47.6, Ca – 73.2, Mg – 19.4,  $SO_4^{2-}$  – 29.1 кг/га; из торфяных низинных, развивающихся на древесно-осоковом торфе (в севообороте): N – 43.7 кг/га,  $P_2O_5$  – 0.136,  $K_2O$  – 11.3, Ca – 131.8, Mg – 14.5,  $SO_4^{2-}$  – 30.8 кг/га; соответственно, из торфяных низинных (под монокультурой многолетних травосмесей): N – 39.4 кг/га,  $P_2O_5$  – 0.154,  $K_2O$  – 7.7, Ca – 105.4, Mg – 10.3,  $SO_4^{2-}$  – 19.2 кг/га. Ежегодные потери других элементов ( $Na_2O$ , Cl,  $HCO_3^-$  и ВОВ), которые не учитываются при расчете баланса элементов питания, но важны при охране окружающей среды, составили: из суглинистых почв –  $Na_2O$  – 17.4–25.6 кг/га, Cl – 42.8–56.9,  $HCO_3^-$  – 161.1–295.0, водорастворимого органического вещества (ВОВ) – 14.3–22.1 кг/га; из супесчаных, развивающихся на связных и рыхлых породах –  $Na_2O$  – 21.7–25.3 кг/га, Cl – 24.7–26.4 и ВОВ – 25.8–28.3 кг/га; песчаных, развивающихся на песках –  $Na_2O$  – 26.4 кг/га, Cl – 59.7,  $HCO_3^-$  – 558.9 и ВОВ – 31.3 кг/га; из торфяных низинных (в севообороте) –  $Na_2O$  – 20.4 кг/га, Cl – 60.0,  $HCO_3^-$  – 266.8, ВОВ – 67.9 кг/га; под монокультурой многолетних травосмесей –  $Na_2O$  – 8.8 кг/га, Cl – 17.6, ВОВ – 74.3 кг/га. Соответственно микроэлементов (в зависимости от гранулометрического состава почв): Cu – 10–24 г/га, цинка – 30–70 г/га, марганца – 6–38 г/га, кобальта – 7–50 г/га, фтора – 100–200 г/га и лития – 1–8 г/га. Потери при вымывании брома и N-NO<sub>2</sub> были несущественны (значения выходили за возможные пределы обнаружения прибора).

УДК 631.417.1

## ЛАТЕРАЛЬНАЯ МИГРАЦИЯ ОРГАНИЧЕСКОГО УГЛЕРОДА ИЗ МЕРЗЛОТНЫХ ЛАНДШАФТОВ СРЕДНЕСИБИРСКОГО ПЛОСКОГОРЬЯ

Прокушкин А.С., Токарева И.В., Титов С.В., Прокушкин С.Г.

Институт леса СО РАН, Красноярск

E-mail: prokushkin@ksc.krasn.ru

Почвы бассейнов крупнейших рек Арктики содержат значительный пул органического углерода, причем, только на криолитозону

приходится свыше 1600 ПгС. Вследствие роста скоростей минерализации этого пула при наблюдаемом повышении температур происходит увеличение эмиссий в атмосферу парниковых газов и латеральных потоков терригенного органического вещества в гидросферу. Как следствие, количественная оценка экспорта углерода из наземных ландшафтов с речным стоком, характеристики его молекулярного и изотопного состава, возраста, сопряженность с выносом других элементов и особенно эмиссионные потоки парниковых газов с поверхности водотоков остаются актуальными вопросами в современных исследованиях биогеохимии бассейна СЛО.

В данной работе обобщены результаты многолетних исследований латеральной миграции растворенного органического вещества (РОВ) в мерзлотных ландшафтах Среднесибирского плоскогорья в пределах бассейна р. Нижняя Тунгуска. Ключевыми задачами являлись: (а) анализ изменений количественных и качественных характеристик РОВ в процессе его инфильтрации в почвенном профиле; (б) исследование сезонной динамики состава РОВ, поступающего в водотоки, и его трансформация в процессе транспорта в конечный водоем стока; (в) оценка минерализации терригенного органического вещества в водотоках на основе измерений эмиссионных потоков парниковых газов с их поверхности. В виду значительной роли пожаров в бюджете углерода территории исследований на примере 17 малых водосборных бассейнов, характеризующихся разной пожарной историей, нами прослежена многолетняя динамика поведения РОВ в их русловом стоке.

Исследования выполнены при финансовой поддержке РФФИ в рамках проекта №18-05-60203-Арктика.

УДК 631.46; 631.95

## **ТРАНСФОРМАЦИЯ СОЕДИНЕНИЙ УГЛЕРОДА И АЗОТА В ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ СУПЕСЧАНОЙ ПОЧВЕ С БИОУГЛЕМ**

**Рижия Е.Я., Бучкина Н.П., Балашов Е.В.**

Агрофизический научно-исследовательский институт, Санкт-Петербург  
E-mail: alenarizh@yahoo.com

Процессы трансформации биогенных веществ в почве осуществляются с участием почвенных микроорганизмов. Высокая чувствительность и отзывчивость микробной биомассы к изменениям в окружающей среде служит индикатором состояния почвы. К наиболее информативным микробиологическим показателям относятся дыхание почвы (выделение  $\text{CO}_2$ ), углерод микробной биомассы (Смик), микробный метаболический коэффициент ( $q\text{CO}_2$ ), прямая эмиссия монооксида диазота ( $\text{N}_2\text{O}$ ). По изменению данных показателей оценивается влияние естественных и антропогенных факторов, влияющих на почвенную экосистему и ее возможность противостоять стрессам

и восстанавливаться до нормального функционирования.

Складывающийся в последние годы переход к адаптивной интенсификации растениеводства ориентирует развитие земледелия на ресурсоэнергоэкономичность, экологическую безопасность и рентабельность. Особое значение в связи с этим приобретает разработка и освоение инновационных технологий возделывания сельскохозяйственных культур. В последнее десятилетие в сельском хозяйстве разных стран мира в качестве органического мелиоранта широко используется биоуголь – продукт высокотемпературной бескислородной карбонизации органических остатков в пиролизных печах. Так как биоуголь характеризуется высокой устойчивостью к трансформации и высокой адсорбционной способностью, а основная масса химических элементов, входящих в его состав, недоступна микроорганизмам и растениям, возникает необходимость раскрытия механизмов взаимодействия данного продукта с почвой и биотой. Конкретизация механизмов устойчивости биоугля к воздействию биотических и абиотических факторов представляет актуальный интерес, поскольку именно устойчивость биоугля обуславливает продолжительность его влияния на качество почв. Кроме того, для обоснования эффективности использования карбонизированных мелиорантов в сельском хозяйстве нашей страны, необходимо иметь достоверные данные о трансформации соединений углерода и азота, ассоциированных с почвенными микроорганизмами.

В полевых и лабораторных экспериментах, начиная с 2012 г., исследовалась трансформация углерода и азота в дерново-подзолистой супесчаной почве при внесении различных доз древесного биоугля. Используя физиологические, хроматографические и химические методы, применяемые в почвенной микробиологии, определялась динамика диоксида углерода, углерода микробной биомассы, минерального азота, прямой эмиссии  $\text{CO}_2$  и  $\text{N}_2\text{O}$ . Учитывался урожай культуры по стандартным методикам.

Установлено, что древесный биоуголь оказывал незначительное влияние на изменение концентрации обменного аммония в почве, но всегда существенно ( $p < 0.05$ ) увеличивал содержание нитратов. Максимальное количество  $\text{C}_{\text{мик}}$  выявлено в вариантах почвы с биоуглем, а расчет микробного метаболического коэффициента показал, что в почвах без данного мелиоранта затраты энергии на формирование единицы микробной биомассы были достоверно выше ( $p < 0.05$ ), чем в почвах с мелиорантом. Биоуголь в разные годы исследований способствовал сокращению эмиссии  $\text{N}_2\text{O}$  на 20–36%, но в меньшей степени влиял или не влиял на эмиссию  $\text{CO}_2$ . Внесение биоугля в почву достоверно ( $p < 0.05$ ) снижало интенсивность денитрификации при влажности почвы выше 17% и температуре почвы выше 16 °С. При более низких значениях температуры и влажности почвы влияние биоугля на процесс денитрификации было не существенным.

При этом, биоуголь не способствовал существенной прибавке урожая выращиваемых в данные годы пропашных или зерновых культур (отмечался тренд увеличения урожая, но без существенных различий с контролем), и для более эффективного использования растениями почвенного азота при одновременном снижении эмиссии  $N_2O$  из почв рекомендуется вносить биоуголь совместно с минеральными или органическими удобрениями.

Исследование выполнено при частичной финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 19-016-00038\19.

УДК УДК 630\*187:582.475.3:547.1(470.13-924.82)

## **ОЦЕНКА ДИНАМИКИ РАСТВОРИМОГО ОРГАНИЧЕСКОГО УГЛЕРОДА В СТАРОВОЗРАСТНЫХ ЕЛЬНИКАХ СРЕДНЕЙ ТАЙГИ**

**Робакидзе Е.А., Торлопова Н.В., Бобкова К.С.**

Институт биологии ФИЦ Коми НЦ УрО РАН, Сыктывкар  
E-mail: robakidze@ib.komisc.ru

Атмосферные осадки являются важным источником питания растений лесных фитоценозов. Им отводится роль постоянного «резервного фонда» биологического круговорота веществ, компенсатора, благодаря которому происходит постоянное пополнение биогеоценоза углеродом и элементами минерального питания извне.

Цель данной работы – изучение динамики содержания растворимого органического углерода в атмосферных осадках и почвенных водах коренных еловых экосистем средней тайги Республики Коми.

Исследования проводили в трех спелых ельниках: черничном влажном и разнотравно-черничных на территории Ляльского лесозащитного стационара Института биологии АВУ Коми НЦ УрО РАН в подзоне средней тайги (62°17' с.ш, 50°40' в.д.) как условно фонового района. Ельники развиваются на подзолистых супесчаных почвах, подстилаемых суглинками. Установка семплеров и сбор образцов осадков и лизиметрических вод проводили согласно общепринятым международным методикам. Количественный химический анализ проб воды проводили в лаборатории «Экоаналит» Института биологии Коми НЦ УрО РАН (аттестат аккредитации № РОСС RU.0001.511257).

Выявлено, что в составе атмосферных осадков, поступающих под полог ельников концентрация растворенного органического углерода (DOC) подвержена значительным колебаниям. Поступление DOC со снегом под полог ельников варьирует от 6.8 до 33.0 мг/дм<sup>3</sup>. Более высокие выпадения DOC отмечаются в декабре и январе и в среднем составляют 24.0 и 17.0 мг/дм<sup>3</sup> соответственно. В феврале происходит уменьшение содержания DOC в снеговой воде в среднем до 10.9, а

в марте – увеличение до 15.6 мг/дм<sup>3</sup>. За зимний период в ельниках растворенного органического углерода выпало 54.5–76.9 мг/дм<sup>3</sup>.

Общая минерализация дождей осадков, прошедших под полог древостоев коренных ельников средней тайги, стабильно низкая. В химическом составе дождей осадков под кронами деревьев ели и в водах ручья доминирует растворенный органический углерод. Выявлены тесные взаимосвязи между минерализацией и содержанием растворенного органического углерода. Коэффициент корреляции между этими показателями составляет 0.7–0.9 со степенью надежности 90% ( $P < 0.1$ ). В зависимости от периода вегетации содержание органического углерода в дождевых водах под пологом еловых древостоев изменяется от 6.9 до 61.0 мг/дм<sup>3</sup>. Более высокие показания его отмечены в июне и июле. В августе наблюдается резкое падение содержания DOC в дождевой воде в среднем в 3.8 раза. В сентябре его концентрация начинает увеличиваться и возрастает к октябрю соответственно в 1.8–3.9 раза. Всего за вегетационный период под полог ельников поступило 125.2–183.9 мг/дм<sup>3</sup> растворенного органического углерода. В водах на открытом месте содержание растворенного органического углерода меньше, чем под кронами ели. Это может быть связано с тем, что дождевые воды, проникая через кроны, растворяют вещества, которые образуются и накапливаются на поверхности листьев, ветвей и стволов. Всего с дождевыми и снеговыми осадками под полог ельников поступило 196.9–238.4 мг/дм<sup>3</sup> DOC. Воды в почвах ельников характеризуются относительно высоким содержанием растворенного органического углерода. Содержание его в лизиметрических водах из подстилки значительно в течение всего периода наблюдений (до 230 мг/дм<sup>3</sup>). Из минеральных горизонтов почвы органические вещества вымываются слабо, достигая всего лишь 17 мг/дм<sup>3</sup>.

Таким образом, в старовозрастных ельниках фитоценоз оказывает существенное влияние на динамику содержания органического вещества в атмосферных осадках и в почвенных водах.

УДК 631.45:631.8

## **ДЛИТЕЛЬНЫЕ ПОЛЕВЫЕ ОПЫТЫ КАК ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ БАЗА ДЛЯ ПРОВЕРКИ ИНИЦИАТИВЫ 4 ПРОМИЛЛЕ**

**Романенков В.А.<sup>1,2</sup>, Беличенко М.В.<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Москва  
E-mail: romanenkov@soil.msu.ru

<sup>2</sup> ВНИИ агрохимии им. Д.Н. Прянишникова, Москва  
E-mail: mvbelichenko@gmail.com

Инициатива 4 промилле, выдвинутая в 2015 г. на 21 сессии Конференции сторон Рамочной конвенции ООН об изменении климата,

предусматривает ежегодное увеличение запасов органического углерода (С) в верхнем слое почвы на 0,4% в качестве компенсации эмиссии CO<sub>2</sub> от сжигания ископаемого топлива, обуславливающего проявление парникового эффекта и наблюдаемых изменений климата. Противники данной концепции утверждают, что накопление органического С ожидается лишь в течение ограниченного периода времени, до достижения определенного равновесного значения, другими словами, эффект секвестрации С почвой будет иметь краткосрочный эффект. В связи с этим важно оценить потенциал накопления С в длительной перспективе, что определяет необходимость осуществления не только длительного мониторинга за изменением запасов почвенного С, но и соблюдение единых агротехнологических приёмов на протяжении десятков лет. Таким требованиям удовлетворяет Географическая сеть полевых опытов в России, в которых в качестве исследуемых факторов изучаются системы минеральных, органических и органо-минеральных удобрений.

Для описания динамики органического С использована модель RothC–26.3. В качестве объектов исследования использованы 7 продолжающихся более 30 лет опытов, по которым в 2001 г. были созданы электронные БД в рамках европейской сети EuroSOMNET, дополненные современными экспериментальными данными по проекту ФЦП «Управление депонированием атмосферного углерода пахотными почвами России». Опыты начаты в 1931–1980 гг. на дерново-подзолистой тяжелосуглинистой и легкосуглинистой почве, супесчаном подзоле, черноземе обыкновенном тяжелосуглинистом. Начальный запас С был наименьшим для подзола – 16–26 т/га (0,5–0,8%), максимальным – для обыкновенного чернозема: 82–92 т/га (2,4–2,7%). В каждом опыте для сравнения отбирались варианты с контролем, внесением минеральных, органических и органо-минеральных форм удобрений в эквивалентных дозах.

Согласно расчетам по модели RothC, для поддержания постоянного запаса органического С необходимо обеспечить среднегодовое поступление С 1,1; 1,4–1,5 и 2,8–2,9 т/га на подзолах, дерново-подзолистых почвах и черноземах, соответственно. Средний ежегодный прирост запасов С в вариантах с применением органических удобрений превысил 4‰: для дерново-подзолистых почв самое низкое значение 7,5‰ было получено в опыте Пермского НИИСХ, в опытах Московской и Тверской областей оно составило 7,7–13,5‰, для супесчаного подзола Владимирской области – 17,3‰. В длительном опыте в Ростовской области на черноземной почве среднегодовое накопление С не превышало 1,0‰, предположительно, в результате высокого начального уровня С. Внесение эквивалентных доз макроэлементов с минеральными удобрениями было достаточно главным образом для поддержания запасов С в долгосрочной перспективе, с небольшими положительными или отрицательными значениями ( $\pm 0,7\%$ ).

Результаты имитационного моделирования с использованием RothC показывают, что при преобразовании пахотных участков в кормовые угодья с возвращением полученного навоза почвы способны поддерживать запас С в течение длительного времени либо обеспечивать сток  $\text{CO}_2$ , сопоставимый с вариантами с внесением минеральных удобрений, но значительно меньше целевого показателя 4‰. Сложность в управлении стоком С заключается в том, что увеличение запасов С в значительной степени зависит от межгодовой изменчивости урожайности: изменения одного-двух благоприятных лет на экстремальные за 25-летний период достаточно для проследивания потерь С в верхнем слое почвы. Результаты также показывают, что традиционные системы земледелия с использованием только минеральных удобрений вряд ли могут быть рекомендованы для секвестрации углерода в пахотных почвах.

УДК 631.4

### **АНАЛИЗ ДИНАМИКИ ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА ПОЧВ НА ОСНОВЕ МИНИМАЛЬНЫХ МОДЕЛЕЙ КРУГОВОРОТА УГЛЕРОДА**

**Рыжова И.М.**

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

Прогнозирование отклика экосистем и биосферы в целом на изменения в биогеохимических циклах элементов-биофилов в условиях возрастающего антропогенного воздействия и глобального изменения климата является одной из наиболее актуальных экологических проблем. Надежность прогнозов во многом определяется уровнем развития биогеохимических моделей и их информационного обеспечения. Важнейшей составляющей биогеохимических циклов являются процессы превращения органического вещества почв, поэтому моделирование его динамики имеет первостепенное значение для развития биогеохимических моделей.

В настоящее время известно около 250 моделей динамики органического вещества почв и циклов углерода и азота. Характеристике уровня развития этих моделей и обсуждению нерешенных в настоящее время проблем моделирования посвящены вышедшие в последнее десятилетие несколько обстоятельных обзоров. Рассматриваемые модели значительно различаются по используемым подходам, пространственно-временному масштабу и уровню сложности. Наибольшее распространение получили процесс-ориентированные имитационные модели биогеохимического цикла углерода, в которых органическое вещество почв представлено конечным числом пулов, каждый из которых характеризуется позицией в структуре

модели и специфической константой скорости разложения. Обычно предполагается, что скорость разложения следует кинетике первого порядка. Как правило, эти модели имеют сходную структуру, которая представляет собой цепь, звеньями которой являются пулы с возрастающей устойчивостью. Выбор пулов и их количество является умозрительным. Большинство из них не имеют экспериментально определяемых аналогов, что создает проблемы инициализации и проверки моделей. Несмотря на этот недостаток, модели этого типа после предварительной калибровки успешно применялись для изучения реакции почв на хозяйственные воздействия, изменения в характере землепользования и оценки почвенного потенциала для секвестрации углерода.

В последнее десятилетие достижения почвенной микробиологии, развитие экспериментальных методов изучения органического вещества почв существенно повлияли на понимание процессов и механизмов, определяющих его динамику. Появились новые концептуальные модели, например, модель стабилизации органического вещества в почве, модель насыщения и физической защиты органического вещества почв, поэтому возникла необходимость в моделях нового поколения, формулировка и структура которых отражают современные представления. На наш взгляд, при разработке новых моделей, очень полезными могут оказаться минимальные модели. Эти достаточно простые, не отягощенные деталями модели, позволяют изучать влияние отдельных механизмов и нелинейных взаимодействий между компонентами системы на ее общие динамические свойства, такие, как количество стационарных состояний, их устойчивость, возможность перехода из одного состояния в другое. В качестве удачного примера использования минимальных моделей можно привести сравнительный анализ минимальных моделей, описывающих субстрат-микробные взаимодействия при разложении органического вещества, что позволило выявить качественные различия в динамике органического вещества почв в зависимости от выбора функций, описывающих эти взаимодействия. Эти результаты могут быть использованы для определения того, как и с какой степенью детализации следует включить описание субстрат-микробных взаимодействий в модели экосистемного и более высоких уровней иерархии, чтобы снизить неопределенность прогнозов. В нашей работе обсуждаются результаты анализа динамики органического вещества почв на основе минимальных моделей круговорота в зависимости от описания нелинейных взаимодействий между почвой и растительностью на экосистемном уровне и выбора концептуальной модели стабилизации органического вещества почв.

УДК 631.95(470.67)

## КАЛЬЦИЙ В ФИТОЦЕНОЗАХ СРЕДНЕГОРЬЯ ДАГЕСТАНА (НА ПРИМЕРЕ ГОРЫ МАЯК)

Салихов Ш.К., Гасанов Г.Н., Семенова В.В., Гаджиев К.М., Баширов Р.Р.,  
Хяжиев М.А., Рамазанова Н.И., Кичева Ж.О., Гимбатова К.Б.

Прикаспийский институт биологических ресурсов ДФИЦ РАН, Махачкала  
E-mail: salichov72@mail.ru

Исследования проведены в 2017 г., на склонах противоположных (северной и южной) экспозиций горы Маяк Гунибского плато на территории экспериментальной базы «Верхний Гуниб» Горного ботанического сада ДНЦ РАН, на гипсометрической отметке 1700 м над уровнем моря. Площадь экспериментальных участков составляла по 100 м<sup>2</sup>, каждый из них разделен на 100 постоянных квадратов, площадью по 1 м<sup>2</sup> полиэтиленовым шпагатом. На огороженных площадках был введен запovedный режим, что исключало сенокосение и выпас домашних животных.

Участок южной экспозиции был заложен на склоне средней крутизны (25°) на Гунибском плато. Микрорельеф – склон с террасами. Почва участка – горная лугово-степная карбонатная маломощная тяжелосуглинистая на делювиальных плотных известняковых отложениях. Растительное сообщество – остепнённый послелесной луг. Ассоциация: *Caramagrostidetum carecosum*. Субассоциация: *Caramagrostidetum carecoso-bromopsosum*. Участок северной экспозиции находится на склоне средней крутизны (15°) Гунибского плато, с выраженными террасами. Почва горная бурая лесная олуговелая карбонатная маломощная тяжелосуглинистая на делювиальных глинистых карбонатных отложениях. Растительное сообщество – послелесной луг. Ассоциация: *Caramagrostidetum carecosum*. Субассоциация: *Caramagrostidetum carecoso-astrantiosum* и *Caramagrostidetum carecoso-trifoliosum*.

На формирование массы в структуре растительного вещества (зеленая масса, ветошь, войлок, корни) повлияли гипсометрическая отметка и экспозиция склона. Так, продолжительность вегетационного периода составила в Гунибе (1700 м) – 265 дней. Отличия были в температуре воздуха на различных экспозициях склонов, которые в Среднегорной подпровинции отклонялась на 10 °С. Это приводило к различиям в датах наступления и продолжительности прохождения фаз развития растений и вегетационного периода фитоценозов. Повышению продуктивности лугового фитоценоза на южной экспозиции склона, способствовало, на наш взгляд, также накопление в слое почвы 0–40 см на 25% больших запасов влаги, чем на северной экспозиции склона. Формирование таких запасов связано с высокой каменистостью почвы, которая, начиная с глубины 40–50 см, со-

ставляет 30–40% от ее объема.

Отмечено снижение в 2017 г. показателей накопления растительной массы по экспозициям склонов Среднегорной подпровинции дагестанской части Восточного Кавказа по сравнению с предыдущими 2012–2016 гг. Это связано с нарастанием по годам, в условиях заповедного режима, накапливаемой массы ветоши и войлока, которые, хотя и играют положительную роль в накоплении гумуса и питательных элементов в почве, препятствуют прорастанию семян однолетних трав и формированию вегетативной массы многолетних растений. Отмечено незначительное по сравнению с 2012–2016 гг. увеличение концентрации кальция в фитомассе, вследствие накопления и дальнейшего разложения большого количества растительных остатков (ветоши и войлока), вследствие заповедного режима содержания экспериментальных участков. В нашем случае суммарное накопление ветоши и войлока отклонялось от 41 до 55.1 ц/га, в зависимости от экспозиции склона.

Максимальное количество зеленой фитомассы (7.1 кг/га·сутки), ветоши (14.2 кг/га·сутки), степного войлока (6.2 кг/га·сутки) и корней (75.6 кг/га·сутки) накапливалось на южном склоне горы Маяк. Концентрация кальция, запасы его в надземной и подземной массе соответствовали урожайности фитоценозов. В зеленой фитомассе его концентрация составила – 0.48–0.50; в ветоши – 0.49–0.52; в войлоке – 1.16–1.18 и корнях – 12.22–1.24%. Причем более высокие показатели содержания кальция в фитомассе были обнаружены на склоне южной экспозиции горы Маяк.

В Среднегорной подпровинции Дагестана складывался положительный баланс кальция – потребление из почвы было ниже возврата в неё этого элемента.

УДК 631.433.3

### **БИОЛОГИЧЕСКИЙ КРУГОВОРОТ УГЛЕРОДА В СИСТЕМЕ «ПОЧВА – РАСТЕНИЕ» В СУХИХ СТЕПЯХ УБСУНУРСКОЙ КОТЛОВИНЫ ТУВЫ**

**Самбуу А.Д.<sup>1</sup>, Жуланова В.Н.<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Тувинский институт комплексного освоения природных ресурсов СО РАН,  
Кызыл

E-mail: sambuu@mail.ru

<sup>2</sup> Тувинский государственный университет, Кызыл

E-mail: zhvf@mail.ru

Функционирование биосферы осуществляется сложной системой циклических процессов, разных по своей пространственно-временной структуре. Основой и первоисточником циклического движения материи является живое вещество. Теоретическое представление о

сложной системе взаимодействия всех компонентов в биосфере и биогеоценозе были заложены классическими работами В.В. Докучаева, В.И. Вернадского, Л.С. Берга, Р. Линдемана, Г.Ф. Морозова, В.Н. Сукачева, Ю. Одума. Представления о геохимических провинциях и ландшафтах были выдвинуты в работах А.П. Виноградова, Б.Б. Полынова, А.И. Перельмана. Геохимические режимы геосистем исследовались В.А. Снытко, Е.Г. Нечаевой и Б.И. Кочуровым. Главным резервуаром биологически связанного углерода на континентах являются почвы, которые содержат до 1500 млрд т этого элемента. Масса углерода, содержащегося в растительности, составляет 560 млрд т. В научной литературе на основе изучения продукционных, деструкционных процессов и процессов ресинтеза органических соединений приводится характеристика цикла углерода в системе «растение–почва», состоящего из блоков-компонентов, связанных между собой потоками. Согласно А.А. Титляновой, блоком может быть любое из природных тел: вода, почва, атмосфера, растения, животные и т.д.

Объектом исследований является система «растение–почва» сухих степей Убсунурской котловины в Туве. Здесь преобладают повышения поверхности до 1400–1500 м и характерные для останцовых массивов и эоловых процессов холмистость и мелкосопочность. Климат резко континентальный, отличается аридностью, резкими суточными колебаниями температуры, что находит отражение в почвенно-растительном покрове. В сухих степях широко распространены почвообразующие породы в основном легкого гранулометрического состава – подгорно-пролювиальные отложения и эоловые песчаные отложения четвертичного периода. Распространены изреженные злаково-полынные, злаково-лапчатковые сообщества, образованные, главным образом, дерновинными злаками: житняк, тонконог, ковыль, змеевка и др. Часто встречаются кустарники и полукустарнички. Зональными почвами являются каштановые почвы. Разделение типа каштановых почв на подтипы проявляется отчетливо.

Выявлено, что в сухих степях Убсунурской котловины в бюджете углерода основную статью расходов баланса составляет процесс минерализации – дыхание гетеротрофов, сопровождающееся незначительным закреплением органического вещества в почве, а в приходной части – подземная продукция, создаваемая за счет транслокации ассимилятов из зеленых частей растений. Баланс органического вещества отрицательный, т.е. из экосистемы выносятся больше углерода, чем вносятся. Однако незначительная разница может быть отнесена к погрешностям в расчете баланса, или неучтенному фактору выноса органического вещества. Результаты исследования биологического круговорота углерода в сухих степях Тувы может служить методологической основой экологического прогноза изменений сухостепных экосистем Центральной Азии.

Исследования выполнены при финансовой поддержке гранта РФФИ в рамках научного проекта № 19-29-05208 мк.

УДК 631.4; 574.42

## **ВЛИЯНИЕ ПАЛОВ НА ПУЛЫ И ПОТОКИ УГЛЕРОДА В ТРАВЯНИСТЫХ ЭКОСИСТЕМАХ**

**Сапронов Д.В.**

Институт физико-химических и биологических проблем почвоведения РАН,  
Пушино  
E-mail: sadmvas@gmail.com

Пожары являются проблемой по всему земному шару. У нас в стране и за рубежом ведутся работы по изучению пожаров. Исследуются экологические последствия пожаров, их влияние на изменение физических, химических и биологических свойств почвы и экосистем, ведётся моделирование процессов горения и распространения дымовых шлейфов, разрабатываются системы космического мониторинга и т.д. Однако, с позиций влияния на пулы и потоки углерода в экосистеме, пожары и особенно палы изучены слабо.

Исследования проводились на серой лесной почве, под лугом и разновозрастными залежами в условиях естественных травяных палов на территории бывшей Опытной полевой станции Института физико-химических и биологических проблем почвоведения РАН (г. Пушкино Московской обл.), а также в лабораторных экспериментах.

В результате проведённых исследований установлено, что прямая эмиссия углекислого газа от палов в результате сгорания биомассы может составлять от 100 до 350 г С-СО<sub>2</sub>/м<sup>2</sup>. При этом палы приводят к практически мгновенному выбросу значительных количеств углекислого газа в атмосферу. Для сравнения, количество СО<sub>2</sub>, выделяющееся при дыхании луговых экосистем составляет 400–800 г С-СО<sub>2</sub>/м<sup>2</sup> в год.

При изучении влияния пожара на формирование надземных запасов биомассы травянистой растительности установили, что при сгорании ветоши в условиях естественного пожара потери биомассы составили 71%. При этом масса собственно углей, оставшихся на поверхности почвы, составила 22%, на долю слабо обуглившегося материала приходилось около 7%. При сжигании травянистой биомассы в лабораторных условиях потери составляли от 50 до 83%, в зависимости от типа биомассы и условий горения. Обнаружено что, в результате весеннего пала сухой травы, запасы живой растительной биомассы к моменту развития максимального травостоя на горелом участке были меньше в 1.2 раза, а отмершей биомассы в 2.4 раза по сравнению с негорелым участком. Кроме того, и на следующий год после пожара между участками было зафиксировано различие запасов ветоши в 1.3 раз.

Проведённые исследования показали, что травяные палы способствуют уменьшению количества  $\text{CO}_2$  выделяемого с поверхности почвы, вероятно это обусловлено задержкой развития растений, изменением гидротермического режима и уменьшением вклада дыхания подстилки. В целом поток  $\text{CO}_2$  из почвы, подвергшейся палу, за вегетационный период снижался на 7–11%. Травяные пожары не оказывают существенного термического воздействия на почвенное органическое вещество, поскольку при прохождении пала температура поверхности почвы повышается всего на 1–6 °С. Выгорания гумуса под влиянием палов не происходит. В результате отсутствия температурного воздействия на почву гибель микроорганизмов также не наблюдается. Отсутствие легко доступных субстратов в углях не способствует их активному использованию микроорганизмами и росту микробной биомассы.

Рассчитано, что скорость накопления углерода углистых остатков в почве в результате единичного пожара будет изменяться в пределах ошибки определений. Но, при этом, углистые остатки характеризуются высокой устойчивостью к разложению. Следовательно, травяные пожары приводят к трансформации травянистой биомассы и перераспределению углерода по пулам, увеличивая долю трудно разлагаемого органического вещества в почве.

Исследования выполнены при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта №18-04-00773а, а также в рамках государственного задания «Исследование почвенных предшественников, источников и стоков парниковых газов в связи с климатическими изменениями» (рег. № АААА-А18-118013190177-9).

УДК 631.41

## **АНТРОПОГЕННО-ИЗМЕНЕННЫЕ ПОДСТИЛКИ КАК ХАРАКТЕРИСТИКА БИОЛОГИЧЕСКОГО КРУГОВОРОТА В ГОРОДСКИХ ЛАНДШАФТАХ**

**Семенюк О.В., Телеснина В.М., Богатырев Л.Г.**

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

E-mail: [olgatour@rambler.ru](mailto:olgatour@rambler.ru)

Ведущая роль в функционировании ландшафтов принадлежит биологическому круговороту, в котором важнейшими компонентами являются растительность и подстилки. Особенность ландшафтов городских территорий определяется как разнообразием растительного покрова по видовому составу, так и степенью антропогенной преобразованности, которая связана с режимом ухода за насаждениями.

Цель работы – изучение биологического круговорота на основе свойств подстилок древесных насаждений Москвы. Исследование проводилось на территории МГУ им. М.В. Ломоносова на парковой территории и в ботаническом саду в наиболее типичных для города насаждениях березы (*Betula pendula* Roth.), липы (*Tilia cordata* Mill.) и клена (*Acer platanoides* L.). В парковых насаждениях проводятся мероприятия по уходу: удаляют подрост и подлесок, периодически убирают листья после листопада. Биогеоценозы ботанического сада приняты как условно-эталонные. Почвы представлены культуроземами. Образцы подстилок отбирались до и после листопада (в конце лета, в начале осени). Определяли мощность, строение, фракционный состав подстилок и фракции детрита. Объем ежегодно реализуемого органического вещества в подстилке рассчитывали по разности запасов легкоразлагаемой части до и после листопада. Определение зольных элементов в подстилках проводилось методом сухого озоления (450 °С).

Подстилки изученных насаждений представлены 2 типами: деструктивные и ферментативные. Ферментативная подстилка выявлена только в березняке в ботаническом саду, ее формирование свидетельствует о пониженной скорости биологического круговорота. Мощность подстилок после листопада колеблется от 0.7 до 5.2 см – подстилки маломощные и очень маломощные, после периода реализации опада мощность подстилки на всех площадках уменьшается. Изучение динамики фракционного состава подстилок показало, что в конце периода реализации доля фракции листьев уменьшается в 2–9 раз по сравнению с долей этого компонента после листопада. Особенности видового состава насаждений сказываются на фракционном составе подстилок: в подстилках березняка запасы детрита выше, а запасы легкоразлагаемых фракций в 2 раза ниже, чем в подстилках липняка и кленовника. Наибольшие запасы подстилки отмечены после листопада с максимумом для подстилки в кленовнике ботанического сада – 840 г/м<sup>2</sup>, после периода реализации запасы подстилки уменьшаются и варьируют от 250 до 600 г/м<sup>2</sup>. Однако снижение мощности и запасов неодинаково для разных типов насаждений. Отмечено снижение запасов подстилки липняка и кленовника до 2 раз, изменение запасов в березняке незначительно. Подстилки кленовых насаждений характеризуются наибольшими запасами зольных элементов (500 г/м<sup>2</sup>) и максимальной величиной годового поступления зольных элементов в почву (350 г/м<sup>2</sup>). Доля ежегодно реализуемого органического вещества в подстилках составляет 65–90% в зависимости от вида древесных насаждений. Исследования показали, что после периода реализации наблюдается тенденция к изменению в фракционном составе детрита: увеличивается доля мелких фракций, в первую очередь фракций 7–5 и 5–3 мм. Установлено увеличение зольности компонентов подстилок насаждений парковой территории,

окруженной транспортными проездами, по сравнению с подстилками условно-эталонных насаждений ботанического сада, что характеризует подстилки как барьер для поступающих из атмосферы пылевых частиц. В условиях городского ландшафта наблюдается интенсивный биологический круговорот веществ, о чем свидетельствует преобладание маломощных подстилок деструктивного типа и высокая доля ежегодно реализуемого органического вещества подстилок. На особенности биологического круговорота в большей степени влияет тип насаждения, чем характер ухода. Свойства подстилки березняка указывают на минимальную скорость круговорота по сравнению с другими насаждениями. Установлено локальное повышение зольности подстилок в городских ландшафтах.

Исследовано выполнено при частичной финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 18-04-00773а.

УДК 631.433.3 + 504.05 + 574.474

### **СУТОЧНАЯ ДИНАМИКА ДЫХАНИЯ ПОЧВЫ В УСЛОВИЯХ АЭРОТЕХНОГЕННОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ: СООТНОШЕНИЕ ПРОСТРАНСТВЕННОЙ И ВРЕМЕННОЙ ИЗМЕНЧИВОСТИ.**

**Сморкалов И.А.**

Институт экологии растений и животных УрО РАН, Екатеринбург

E-mail: [ivan.a.smorkalov@gmail.com](mailto:ivan.a.smorkalov@gmail.com)

Изучение временной и пространственной изменчивости дыхания почвы (ДП) важно с фундаментальной и с практической точки зрения. Для оценки сезонных и годовых потоков углекислого газа или при сравнении ДП на удаленных друг от друга участках оперируют величиной суточной эмиссии. Однако ее определение при использовании наиболее распространенных камерных методов – очень трудоемкая задача. Поэтому разные исследователи предлагают конкретные временные интервалы (окна) в течение суток, когда моментальная скорость соответствует среднесуточной. Размер таких окон в разных работах колеблется от 1–2 до 4–24 часов. Широкие окна, в основном, характерны для лесных экосистем из-за высокой пространственной вариабельности ДП. Однако часто не указывают ни критерий, по которому определяли отличия моментальной эмиссии от среднесуточной, ни способ сопоставления пространственной и временной вариабельности ДП.

Цель работы – сравнить разные критерии определения отличий моментальных значений ДП от среднесуточных и определить соотношение пространственной и временной изменчивости ДП лесных и луговых экосистем в условиях аэротехногенного загрязнения. Измерения эмиссии углекислого газа с поверхности почвы вы-

полнены в районе многолетнего воздействия атмосферных выбросов (сернистый ангидрид и тяжелые металлы) Среднеуральского медеплавильного завода (г. Ревда) на двух территориях, контрастно различающихся уровнем загрязнения – фоновой (33 км от завода) и импактной (3 км). В каждой зоне работы провели в лесных (ельники-пихтарники) и луговых биотопах. Проведено 2 тура круглосуточных измерений респирометрами Li-8100A в разгар вегетационного сезона (9 и 26 июля 2018 г. в импактной и фоновой зоне, соответственно, средняя  $\pm$  ошибка температура почвы равна  $14.3 \pm 1.7$  °C) и по его завершении (25 октября и 4 ноября 2018 г.,  $4.6 \pm 2.2$  °C). В каждом варианте было заложено по три трансекты 2x10 м (всего 12 трансект). В пределах каждой трансекты ДП измеряли каждый час в течение суток в 10 постоянных точках; всего выполнено 5760 измерений. Различия между ДП в каждый часовой интервал и среднесуточным значением оценивали с помощью контрастов сумм модели однофакторного дисперсионного анализа, а также попарных сравнений с поправкой Бенъямини-Йекутили. Соотношение пространственной и временной изменчивости ДП оценивали по отношению пространственных и временных коэффициентов вариации. Отношение пространственной и временной изменчивости ДП больше в лесных биотопах, чем в луговых (1.4–1.7 и 0.8–1.5, соответственно). Пространственная вариабельность была стабильной в разные сезоны, а временная – увеличивалась осенью, что уменьшало отношение. В импактном лесу оба типа вариабельности были меньше, чем в фоновом, а их соотношение не различалось. Импактный и фоновый дуга имели сходную изменчивость ДП.

Сравнили количество и размер временных окон, в которых скорость эмиссии значимо не отличалась от среднесуточной, полученных разными методами. Анализ контрастов оказался более жестким критерием, чем попарные сравнения. Независимо от критерия, в лесах такие окна суммарно составляли 18–24 ч, а на лугах – 9–18 ч. Таким образом, в лесах пространственная изменчивость ДП превышает временную вне зависимости от уровня загрязнения. Даже при использовании жесткого статистического критерия, моментальная скорость ДП в них, при условии достаточного числа пространственных повторностей, почти никогда не отличается от среднесуточной скорости.

Исследование выполнено при финансовой поддержке Комплексной программы УрО РАН в рамках проекта №0400-2018-0005.

УДК 631.41

**ПОСТАГРОГЕННАЯ ДИНАМИКА ХИМИЧЕСКИХ И  
МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПОЧВ ЮЖНОЙ ТАЙГИ****Телеснина В.М.<sup>1</sup>, Лопес де Гереню В.О.<sup>2</sup>, Курганова И.Н.<sup>2</sup>,  
Личко В.И.<sup>2</sup>, Караванова Е.И.<sup>1</sup>**<sup>1</sup> Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Москва  
E-mail: vtelesnina@mail.ru<sup>2</sup> Институт физико-химических и биологических проблем почвоведения РАН,  
Пушино

Цель работы – изучить динамику показателей гумусного состояния и биологической активности почв при постагрогенном лесовосстановлении на примере Костромской области. Объект – хроноряд, представляющий собой зарастающую пашню: 1 – собственно пашня; 2 – залежь 8–9 лет, луг; 3 – залежь 15 лет, почти сомкнутый древостой из ивы; 4 – осиново-березовый лес 40–45 лет; 5 – березово-еловый лес 100 лет. Почвы: 1 – агродерново-подзол, 2, 3 – агродерново-подзол реградированный, 4 – дерново-подзол постагрогенный, 5 – подзол. Выявлено увеличение кислотности в ходе сукцессии с pH 4.8 до 3.3, увеличение содержания органического углерода в слое 0–5 см почти в 3 раза, в слое 5–10 см – в 1.5 раза. Отношение C/N возрастает от 10 до 18. Содержание водорастворимого углерода минимально в почве пашни (16 мг/100г), повышается по мере сукцессии, достигая максимума в почве 100-летнего леса (более 40 мг/100г). Микробная биомасса в слое 0–5 см минерального горизонта возрастает (от 147 до 471 мкг С/г ч), достигая максимума в почве осиново-березового леса, затем снова уменьшается вдвое. В слое 5–10 тренд не столь отчетлив. Интенсивность базального дыхания очень мала в почве пашни – 0.34 мкг С/г ч – затем возрастает до 1.38 в почве мелколиственного леса, снова незначительно уменьшаясь на следующей стадии. Минимальное значение коэффициента  $q_{CO_2}$  соответствует почве пашни (0.16), самые высокие – почве березово-елового леса (0.5), где, микробоценоз уже относительно стабилизирован, и почве луговой залежи (0.45), где после прекращения распашки увеличивается поступление свежего опада, что не может не отражаться на активности почвенных микроорганизмов. Удельная скорость минерализации – соотношение базального дыхания и общего углерода – почти не меняется, однако вдвое выше других этот индекс в почве осиново-березового леса, что говорит об интенсивном процессе трансформации органического вещества. Это согласуется с повышенной интенсивностью субстрат-индуцированного и базального дыхания, а также максимальным запасом ежегодно поступающего легко разлагаемого опада (6 т/га по сравнению с 3–4 на остальных стадиях). Интенсивность разложения целлюлозы повышена (35–40%) в почвах второй и четвертой стадий

на фоне остальных (не более 10%). Итак, динамика показателей биологической активности определяется факторами, меняющимися в ходе сукцессии с разной скоростью – последствием распашки, сокращение травяного яруса, трансформация дернового горизонта, формирование подстилки, изменение состава опада. В почву пашни поступают лишь послеуборочные остатки, она бедна органическим веществом и имеет самые низкие показатели биологической активности. После прекращения распашки растет биомасса трав, что в сочетании с еще высоким рН и обогащенностью элементами питания способствует развитию и активности микробоценоза. Далее роль травостоя уменьшается, а древостой начинает формироваться. Уменьшается объем поступающего опада, но разнообразие экологических ниш для микроорганизмов увеличивается - микробная биомасса и базальное дыхание продолжают увеличиваться. После достижения лесом 40–45 лет возможно, усиливается минерализация, о чем говорит увеличение ее удельной скорости. Именно тогда снова повышается активность разложения целлюлозы и базальное дыхание. После выхода ели в древостой органическое вещество почв в большей степени сосредоточено в подстилке (до 30%), меняется состав опада, и многие показатели биологической активности снова стабилизируются.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 18-04-00773а.

УДК 631.4; 631.417.1

### **АКТИВНОЕ ОРГАНИЧЕСКОЕ ВЕЩЕСТВО В ПОЧВАХ СКЛОНОВЫХ ЛАНДШАФТОВ НИЖНЕ-ВОЛЖСКИХ СУХИХ СТЕПЕЙ**

**Удальцов С.Н., Ельцов М.В., Кузнецова Т.В.**

Институт физико-химических и биологических проблем почвоведения РАН,  
Пушино

E-mail: udaltsov@issp.serpukhov.su; m.v.eltsov@gmail.com; tvku19@mail.ru

При разработке мер по управлению плодородием почвы и повышению продуктивности агроэкосистем необходимо учитывать влияние местоположения почвы в рельефе на особенности динамики основных компонентов органического вещества почвы, от которых зависит содержание общего и активного органического вещества в ней. В связи с этим определяли структуру, размеры и константы скоростей минерализации фракций и компонентов углерода активного органического вещества (АОВ) почв, приуроченных к разным формам рельефа, в сухих степях Нижнего Поволжья на примере Волгоградской обл., характеризующейся большим разнообразием форм рельефа и пестроты геологического строения.

Образцы каштановых почв разной степени солонцеватости и со-

лончаковатости отобраны из гор. А1 (Апах): на водоразделе – целина, агроценоз; на середине водораздельного склона – целина, агроценоз; в нижней части склона – лесополоса; на пойме (р. Аксай) – залежь. Исследования проводили с использованием метода биокинетического фракционирования органического вещества почв (инкубационный эксперимент, 60 сут., 24% вес. влажность, 22 °С). Кумулятивные кривые продуцирования C–CO<sub>2</sub> за период инкубации почвы аппроксимировали уравнениями экспоненциальной регрессии, рассчитывали: величины потенциально-минерализуемого углерода (С<sub>пм</sub>), различных по минерализуемости фракций углерода активного органического вещества, углерода микробной биомассы (С<sub>мб</sub>), а также константы скорости минерализации (k) этих компонентов и фракций.

В структуре АОВ почв были обнаружены легко и трудно минерализуемые фракции углерода, а умеренно минерализуемая фракция отсутствовала. Величины С<sub>пм</sub> были в среднем в 2.6 раза выше в почвах естественных экосистем, чем антропогенно-измененных, при этом константы скорости минерализации С<sub>пм</sub> в почвах антропогенно-измененных экосистем были в среднем в 1.3 раз выше, что способствовало обеднению последних активным органическим веществом. С<sub>пм</sub> в исследуемых почвах на 29.3–58.0% был представлен С<sub>мб</sub>, доля которого от Сор<sub>г</sub> составляла 1.3–2.6%. Величины С<sub>пм</sub> достоверно зависели от содержания в почвах Сор<sub>г</sub>, Ноб<sub>щ</sub>, солерастворимого С и обменного аммония ( $r = 0.732-0.865$ ,  $P < 0.001$ ). Интенсивность минерализации разных компонентов и фракций углерода АОВ, рассчитанная на основе констант скоростей минерализации, в почвах, приуроченных к склоновой позиции, была выше в среднем в 1.6 и 1.3 раза (целина и пашня соответственно), чем в почвах на водоразделе.

Биогеохимические циклы углерода и азота сопряженно связаны между собой через участие микроорганизмов в процессах синтеза и разложения органического вещества, поэтому для более объективной оценки качества АОВ следует определять одновременно размеры углерод- и азотминерализующих потенциалов почв. Впервые для почв исследуемого региона нами было рассчитано соотношение содержания потенциально-минерализуемых углерода и азота: в почвах целины оно составляло 20.2 и 27.8, агроценоза – 9.4 и 12.6 соответственно на водоразделе и склоне. Полученные данные показывают обедненность активного органического вещества и большую его подверженность деградации в почвах на склоне, чем на водоразделе.

Таким образом, структура и размеры активного органического вещества почв сухих степей Нижнего Поволжья были обусловлены как приуроченностью их к разным формам рельефа, так и типом землепользования. Результаты проведенных исследований можно использовать при оценке количества и качественного состава АОВП для разработки приемов и способов повышения продуктивности агроценозов в условиях данного региона.

Исследования выполнены в рамках тем госзаданий № 0191-2019-0045 (инкубационные эксперименты) и № 0191-2019-0046 (отбор и описание почвенных образцов в рамках экспедиций ИФХиБПП РАН), а также при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта №17-19-04257.

УДК 631.4

## **РОЛЬ СНЕЖНОГО ПОКРОВА В ФОРМИРОВАНИИ ЗИМНИХ ПОТОКОВ CO<sub>2</sub> ИЗ ПОЧВЫ: РЕЗУЛЬТАТЫ ПОЛЕВОГО ИМИТАЦИОННОГО ЭКСПЕРИМЕНТА**

**Хорошаев Д.А.<sup>1,2</sup>, Лопес де Гереню В.О.<sup>1</sup>, Жмурин В.А.<sup>1</sup>, Курганова И.Н.<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Институт физико-химических и биологических проблем почвоведения РАН,  
Пушино

E-mail: d.khoroshaev@tutanota.com

<sup>2</sup> Пушинский государственный естественно-научный институт, Пушино

Дыхание почв (ДП) как базовая составляющая расходной статьи углеродного баланса наземных экосистем в значительной мере определяет источником или стоком CO<sub>2</sub> выступает экосистема. Несмотря на активное и широкое изучение ДП, зимняя эмиссия CO<sub>2</sub> до сих пор остается слабоизученным звеном углеродного цикла, представляя собой источник неопределенности в оценке годового углеродного баланса. Величина зимней эмиссии CO<sub>2</sub> из почв для экосистем с годовым балансом углерода близким к нулевому будет определять, попадет ли данная территория в категорию источника или стока диоксида углерода. В связи с наблюдаемыми климатическими изменениями, которые на европейской части России в зимний период выражаются в уменьшении продолжительности и высоты снежного покрова, детальное изучение зимних потоков CO<sub>2</sub> из почв приобретает особую актуальность. Цель работы заключалась в изучении влияния высоты снежного покрова на эмиссию CO<sub>2</sub> из почв в полевом имитационном эксперименте, который был заложен в 2014 году на опытных участках ИФХиБПП РАН (Московская обл., г. Пушино; 54°20'N, 37°37'E).

Почва участка — серая лесная (Halpic Luvisol), соотношение песок : глина : ил составляет 1 : 1.8 : 2, полевая влагоемкость — 58%, рНКС1 = 5.9. Содержание общего углерода и азота составляет 13.4 ± 0.9 г С кг<sup>-1</sup> и 1.01 ± 0.10 г N кг<sup>-1</sup>, соответственно. Общая площадь участка была разбита на 12 делянок по 4 м<sup>2</sup>, половина из которых была засеяна бобово-злаковой травосмесью, а на остальных поддерживался чистый пар. Регулирование высоты снежного покрова в холодное время года позволило обеспечить промерзание почв различной интенсивности. Эксперимент включал три варианта: (1) без промерзания почвы (БП), которое достигалось дополнительным утеплением с помощью 15-см слоя синтепона, который укладывался на поверхность почв незадолго до первых заморозков; (2) глубокое про-

мерзание почв (ГП), которое обеспечивалось регулярным удалением снега с поверхности почвы; (З) контроль (К) с естественной высотой снежного покрова. Определение интенсивности выделения  $\text{CO}_2$  проводилось камерным методом (LiCOR 820) не реже 1 раза в неделю с ноября по апрель в 2014–2017 гг. и ежедневно – в период оттепелей. Одновременно контролировалась температура почвы в слое 0–20 см.

Суммарное дыхание почв в зимний период (ЗД) в зависимости от года исследований и варианта опыта составило 35–416 г С м<sup>-2</sup> на луговых делянках и 34–147 г С м<sup>-2</sup> – на парующих участках. Промерзание почв приводило к снижению ЗД на 35–85% в зависимости от варианта. Как правило, ЗД на пару было на 30–70% ниже, чем на травяных участках. Ранневесенние оттепели приводили к кратковременному, но значительному по величине выбросу больших количеств С– $\text{CO}_2$  из почвы. Так, в течение 10 дней весенней оттепели суммарная эмиссия С– $\text{CO}_2$  могла достигать 17–40% от общих потерь С– $\text{CO}_2$  за предшествующие 134–154 дня зимнего периода. В отсутствие снежного покрова эмиссия С– $\text{CO}_2$  подвержена влиянию температуры воздуха и эта связь носит имеет экспоненциальный характер ( $R^2 = 0.3–0.4$  с резким усилением дисперсии при температуре  $> 0$  °С). После формирования снежного покрова эмиссия С– $\text{CO}_2$  определяется локальным климатом, который образуется под снежным покровом в результате погодных условий конкретного зимнего сезона. Теплые зимы приводят к снижению теплоизоляционной функции снежного покрова и соответственно к охлаждению почв. Таким образом, зимняя эмиссия  $\text{CO}_2$  может достигать весомых величин. В значительной степени она зависит от состояния снежного покрова и текущих погодных условий. Динамика интенсивности ДП, особенно на не промёрзших почвах, имеет контрастный характер, что может приводить к смещению суммарных оценок ЗД при редких измерениях потоков  $\text{CO}_2$  в зимний период.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 15-04-05156, Программы Президиума РАН (рег. № 0191-2019-0045), а также в рамках государственного задания (рег. № АААА-А18-118013190177-9).

УДК 631.4

## **ОБРАЗОВАНИЕ И ЭМИССИЯ УГЛЕКИСЛОГО ГАЗА ИЗ ПРИРОДНЫХ И АНТРОПОГЕННЫХ ПОЧВ ОЗЕЛЕНЕННЫХ ТЕРРИТОРИЙ г. МОСКВЫ**

**Шишкина Е.И., Кулачкова С.А., Коваленко А.В.**

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

В настоящее время активно изучается выделение углекислого газа из городских почв, что актуально в связи с его влиянием на парни-

ковый эффект, при этом отмечается широкое варьирование эмиссии  $\text{CO}_2$  из почв рекреационных зон, что требует уточнения.

Цель работы – выявить пространственно-временные закономерности образования и эмиссии углекислого газа из природных и антропогенных почв некоторых озелененных территорий города Москвы.

На трех ключевых участках, расположенных на Теплостанской возвышенности под одинаковой лесной растительностью с доминированием липы сердцевидной, выявлялось влияние типов почв на динамику образования и эмиссии  $\text{CO}_2$ . Первая группа – антропогенные серогумусовые урбистратифицированные почвы в Ботаническом саду МГУ на Воробьевых горах, вторая – природные серые почвы в природно-историческом парке «Битцевский лес», третья – природные серые почвы с подсыпанным рекультивационным горизонтом в «Липовом парке» поселка Коммунарка (Новая Москва). Для выявления влияния растительности в Ботаническом саду исследованы также антропогенные почвы под газоном, а на окраине Битцевского леса – природные под луговой растительностью. Эмиссия углекислого газа определялась статическим камерным методом (в первой половине дня) в 5 повторностях для каждого из участков в летний (июнь, июль) и осенний (октябрь, ноябрь) периоды 2018, 2019 гг. Содержание  $\text{CO}_2$  устанавливалось на глубинах горизонтов, микробиологическое образование оценивалось по базальному дыханию, количественные анализы выполнены на газовом хроматографе.

В зависимости от типов почв получили следующие закономерности. В пик вегетационной активности в середине июля 2018 г. эмиссия из менее кислых антропогенных почв Ботанического сада была наименьшей и составляла  $385 \text{ мг CO}_2/\text{м}^2$  в час, увеличивалась из природных почв в Битцевском лесопарке ( $736 \text{ мг CO}_2/\text{м}^2$  в час). Базальное дыхание почв увеличивалось в этом же ряду. Наибольшая эмиссия  $\text{CO}_2$  была из природных почв с подсыпанным горизонтом в «Липовом парке» ( $760 \text{ мг CO}_2/\text{м}^2$  в час), что связано с особенностью его свойств и повышенной концентрацией  $\text{CO}_2$ . В июле 2019 г. эмиссия на участках оказалась ниже в 1.3–1.8 раз ( $329$  и  $467 \text{ мг CO}_2/\text{м}^2$  в час в Ботаническом саду и Битцевском лесопарке, соответственно;  $406 \text{ мг CO}_2/\text{м}^2$  в час в «Липовом парке»), чем в 2018 г., из-за более холодных и влажных погодных условий. В осенний период содержание и интенсивность эмиссии  $\text{CO}_2$  снижались в 2–3 раза по сравнению с летом и в ноябре были достоверно самыми низкими. При этом осенью лесные почвы с антропогенным нарушением являлись более мощным источником  $\text{CO}_2$  в атмосферу, чем природные. В природных почвах сезонные изменения проявлялись контрастнее, то есть различия в интенсивности эмиссии в изученные месяцы были выражены сильнее.

Тип растительности оказывал влияние на базальное дыхание почв, содержание и эмиссию  $\text{CO}_2$  в атмосферу. В период максимального роста травянистой растительности (июнь-июль) базальное дыхание

почв, содержание  $\text{CO}_2$  и, следовательно, эмиссия в атмосферу были выше из почв под газоном в Ботаническом саду и разнотравно-злаковым лугом на окраине Битцевского лесопарка, чем из почв под древесной растительностью. При этом в середине вегетационного сезона эмиссия из антропогенных серогумусовых почв под газоном была меньше, чем из природных почв под лугом за счёт менее интенсивного корневого дыхания, по сравнению с естественным сообществом. Осенью различия в эмиссии  $\text{CO}_2$  под травянистыми и лесными сообществами были менее значительны.

УДК 631.452

### **ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТЬ МИКРОСТРУКТУРЫ ПОЧВ К ТИПУ ЭКОСИСТЕМЫ И ВИДУ ЗЕМЛЕПОЛЬЗОВАНИЯ: ПРОСТОЙ ПОДХОД К МОНИТОРИНГУ ПУЛОВ С**

**Юдина А.В.<sup>1</sup>, Чепцов В.С.<sup>2,3</sup>, Трегубова П.Н.<sup>4</sup>, Абросимов К.Н.<sup>1</sup>,  
Фарходов Ю.Р.<sup>1</sup>, Фомин Д.С.<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Почвенный институт им. В.В. Докучаева, Москва  
E-mail: yudina\_av@esoil.ru

<sup>2</sup> Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Москва

<sup>3</sup> Институт космических исследований РАН, Москва

<sup>4</sup> Сколковский институт науки и технологий, Москва

Органическое вещество (ОВ) почв как один из основных факторов агрегации обеспечивает существование иерархической организации структуры почв. Структурная организация почв на микроуровне (мкм-мм) включает в себя уровни первичных элементов почвы, элементарных почвенных частиц и микроагрегатов, характеризующиеся различным по составу, механизмам стабилизации и динамике ОВ.

Цель доклада – показать различия в составе и чувствительности уровней микроструктуры почвы к типу экосистемы и изменениям вида землепользования.

Исследуемые объекты – черноземы миграционно-мицеллярные (Курская область, Россия) 6 видов землепользования, различающихся по типу растительности и типу цикла С (естественная степь, естественный лес, традиционная вспашка, длительный «черный» пар, лесополоса). Разделение пулов углерода может быть выполнено по данным распределения частиц по размерам, полученных методом лазерной дифракции с высоким разрешением. Математические расчеты, проводимые с распределениями, позволяют определить преимущественные размеры частиц, чувствительные к выбранному фактору. Для каждого из трех типов частиц (органоминеральные частицы ОМр, дисперсное органическое вещество РОМ, микроагрегаты  $\mu\text{A}$ ) можно рассчитать два параметра (средний объемный диаметр MVD, мкм и содержание, %). РОМ является наименьшим (3 или менее %), но наи-

более лабильным пулом С твердой фазы почв, очень чувствительным к изменениям в землепользовании и к глубине залегания исследуемого слоя почвы. ОМр чувствительны к долговременным факторам, и их содержание минимально в варианте длительный «черный» пар. Так как чернозем является хорошо структурированной почвой, содержание  $\mu\text{A}$  менее чувствительно, чем MVD, который варьирует от 50 мкм под длительным «черным» паром до 170 мкм в почве под лесом. Представленные индикаторы в сочетании с данными по запасам С в почве характеризуют роль ОВ в микроструктурной организации почв. Мы предположили, что различия в динамике между ОМр, РОМ и  $\mu\text{A}$  обусловлена внутренней структурой частиц и доступностью ОВ к микробной трансформации. Для физико-биологического обоснования предложенных показателей были выделены маркерный типы частиц и охарактеризована их термическая стабильность, удельная поверхность, микропористость, активность и состав микроорганизмов. Предложенный подход является простым, чувствительным и эффективным инструментом для мониторинга динамики пулов ОВ почв.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научных проектов №№ 18-34-00825, 18-316-00139, 19-29-05260.

## Симпозиум 4

### Пост-катастрофическое и пост-антропогенное развитие почв в антропоцене

Руководители: д.б.н. А.А. Гольева, д.б.н. А.О. Макеев, д.б.н. А.А. Дымов

---

УДК 631.41

#### ПИРОГЕННАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА И ПОВЕРХНОСТИ ТВЕРДОЙ ФАЗЫ ПОДСТИЛОК ЛИТОЗЕМОВ ПРИПОЛЯРНОГО УРАЛА

Валдес-Коровкин И.А.<sup>1</sup>, Дымов А.А.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Москва  
E-mail: [ilyavaldeskorovkin@gmail.com](mailto:ilyavaldeskorovkin@gmail.com),<sup>2</sup> Институт биологии ФИЦ Коми Уро РАН, Сыктывкар

Ежегодно в России пожары охватывают миллионы гектаров лесных массивов, существенную долю которых составляют бореальные леса. Для таежной зоны севера европейской части России, в том числе и Приполярного Урала, это один из главных факторов эволюции и экологического состояния экосистем. В результате пожаров происходят существенные изменения почвенных свойств.

Целью данной работы было изучение трансформации под влиянием пожаров органического вещества (ОВ) и свойств поверхности твердой фазы подстилок, сформированных под листовенными лесами Приполярного Урала.

Почвенный покров участка исследований представлен торфяно-литоземами. Объекты расположены в северной части Приполярного Урала на территории национального парка «Югыд Ва» Республики Коми. Образцы отобраны из трех горизонтов подстилки с не затронутого пожаром фонового участка, территории, а также с участка, затронутого пожарами непосредственно сразу после горения, и спустя 1 и 2 года после пожара. Для выявления пирогенных изменений ОВ определены общий углерод (Собщ.) методом сухого сжигания на анализаторе АН-7529 (Беларусь); содержание углерода, экстрагируемого 0.1 н NaOH, методом Тюрина; гидрофильность экстрагируемых целочью органических веществ методом жидкостной хроматографии

гидрофобного взаимодействия (ЖХГВ) на жидкостном хроматографе Biologic LP (США); проведен анализ выделяющегося газа (EGA-MS) и получены пиролитические спектры образцов подстилок на пиролизере Pyrolyzer EGA/PY-3030D (Frontier Lab Ltd., Fukushima, Япония) с газово-хроматографическим и масс-спектрометрическим окончанием GCMS-QP2010Ultra (Shimadzu, Япония). Для характеристики трансформации поверхности твердой фазы определен краевой угол смачивания (КУС) методом подъема капиллярной каймы. Также определена кислотность образцов подстилок потенциометрическим методом.

Установлено значительное снижение кислотности (с рН 4.5 до 8) сразу после пожара, что связано с разрушением органических кислот в составе подстилок. Однако спустя 2 года кислотность возвращается к фоновым значениям (рН 5.3). Наибольшее содержание Собщ. выявлено в поверхностном горизонте подстилки через год после пожара. Выявлено некоторое увеличение гидрофильных фракций в поверхностном горизонте во время пожара и увеличение гидрофобных фракций в срединном горизонте. Спустя 1 год после пожара снижается доля гидрофильных фракций в составе ОВ из-за их вымывания в нижележащие горизонты с нисходящими токами воды. Для нижних горизонтов подстилки выявлено значительное (с 57 до 86°) увеличение КУС, что свидетельствует о гидрофобизации поверхности твердой фазы в результате миграции гидрофобных компонентов по профилю. После пожара увеличивается содержание термостабильной группы ОВ за счет увеличения доли ароматических соединений.

УДК 631.44.061: 632.187(571.5): 504.45.058

## **ПОСТПИРОГЕННАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ ПОЧВ И ПРОБЛЕМА ЭВТРОФИКАЦИИ ПРИБРЕЖНОЙ ЗОНЫ ОЗЕРА БАЙКАЛ**

**Вашукевич Н.В.<sup>1</sup>, Тимошкин О.А.<sup>2</sup>, Самсонов Д.П.<sup>3</sup>,  
Куликова Н.Н.<sup>2</sup>, Левашева М.В.<sup>4</sup>**

<sup>1</sup> Уральский государственный аграрный университет, Екатеринбург  
E-mail: nadiav@bk.ru

<sup>2</sup> Лимнологический институт СО РАН, Иркутск  
E-mail: timole.turgenevo@gmail.com

<sup>3</sup> НПО «Тайфун», Обнинск  
E-mail: samsonov@rpatyphoon.ru

<sup>4</sup> Иркутский государственный университет, Иркутск  
E-mail: lemavlad@mail.ru

Сопряженные исследования постпирогенного состояния биогенных и абиогенных элементов прибрежных вод байкальской акватории были инициированы д.б.н. О.А. Тимошкиным в 2017 г. Модельным полигоном является пострадавшая от пожара 2015 г. территория

бухты Северная на острове Большой Ушканий. В 2016 г. в прибрежной зоне бухты, к которой вплотную примыкал выгоревший лесной массив, было обнаружено массовое цветение и береговые выбросы сине-зеленых водорослей. При этом в пробах интерстициальной воды из лунок на пляже зафиксированы повышенные концентрации элементов-биогенов, в то же время гидрохимические показатели прибрежных вод озера были в норме. В качестве рабочей гипотезы было выдвинуто предположение о возможном источнике данных элементов – С, N, P, поступающие в зону пляжа с берегового склона, из трансформированных при пожаре почвенных горизонтов.

Необходимо отметить уникальность территории исследования. Остров Большой Ушканий возвышается над урезом Байкала на 216 м и является самым крупным из 4 островов архипелага – вершин подводного хребта Академический, разделяющего Северную и Среднюю котловины озера. Особенности геологии, климата, труднодоступность из-за жесткой природоохранной регламентации предопределили достаточную сохранность фоновых режимов компонентов прибрежных экосистем. Пожарам остров подвергался неоднократно, по дендрохронологическим исследованиям В.Н. Моложникова частота их составляла от 25 до 50 лет на протяжении последних двух веков. Это связано с высокой горимостью распространенного здесь светлохвойного леса и частыми летними грозами.

Оценка процесса постпирогенной склоновой эрозии в бухте Северной проводилась на основании детального исследования двух почвенных катен на береговых участках с различной степенью пожарного воздействия. Одной из задач работы было подробное изучение состояния почв после пожара. Мезоморфологические исследования почвенных горизонтов выявили сильные изменения верхнего (4–5 см) слоя почв. Это выражено в обугливание растительных остатков или их полном сгорании, отсутствии биоты (при обычном ее обилии в горизонтах O и AO), образовании пирогенной (красноватой) окраски в виде пленок на минеральных зернах, разрушении почвенной структуры. Наличие дресвы и пылеватых частиц в верхних горизонтах почв диагностируют эолово-делювиальный генезис отложений. Результаты мезоморфологического анализа позволили в дальнейшем оценить динамику физико-химических показателей постпирогенных почвенных процессов. Были выявлены склоновая миграция, и накопление в аккумулятивной части катены общего органического углерода (30–35 мг/г), аммонийного азота  $N-NH_4$  (40 мг/кг), подвижных фосфатов (104 мг/кг), что в 1.5–3 раза превышает содержание данных элементов в негоревшей почве на бровке склона. Миграция постпирогенного органического материала прослежена при изучении содержания полиароматических углеводородов (ПАУ). На 80–90% ПАУ представлены ретенем – маркером сжигания древесины хвойных пород. В верхней части склона сумма ПАУ в почве составила 270 нг/г,

в транзитном положении идет их активный вынос и содержание снижается до 47 нг/г, в нижней части склона за счет аккумуляции органических соединений содержание ПАУ возрастает до 100 нг/г.

Таким образом, процессы постпирогенной склоновой эрозии почв в бухте Северная через год после пожара явно прослеживаются. Результатом является миграция биогенных элементов и аккумуляция их в зоне пляжей (включая интерстициальную воду), что может являться потенциальным фактором эвтрофикации прибрежной зоны озера Байкал.

УДК 631.48

### **ВАРИАНТЫ ЕСТЕСТВЕННОГО ВОСПРОИЗВОДСТВА ПОЧВ В ПОСТСЕЛИТЕЛЬНЫХ ЭКОСИСТЕМАХ ЗАБРОШЕННЫХ СЕЛЬСКИХ НАСЕЛЕННЫХ ПУНКТОВ ЧЕРНОЗЕМЬЯ**

**Голеусов П.В.**

Белгородский государственный национальный  
исследовательский университет, Белгород  
E-mail: Goleusov@bsu.edu.ru

В Центрально-Чернозёмном регионе по данным переписи населения 2010 года и по космическим снимкам идентифицировано 1714 заброшенных сельских населённых пунктов. В 2018–2019 гг. обследовано более 110 постселитебных экосистем на территории пяти областей Черноземья. Заброшенные сельские поселения ЦЧР в ландшафтном отношении расположены в пойменном, приречном, надпойменно-террасовом, плакорном типах местности, с явной приуроченностью к речной сети, реже – к лесным массивам. Главным направлением сукцессий является лесное, простимулированное искусственными садовыми и декоративными насаждениями. Степные сукцессии отмечены лишь на юго-востоке Белгородской и юге Воронежской областей, севернее они возможны лишь при определённом антропогенном воздействии, угнетающем древесную растительность (выпас, сенокошение, выжигание).

Среди ренатурационных процессов в постселитебных экосистемах особое внимание уделено естественному воспроизводству почв, которое протекает в трёх основных вариантах: первичное (на развалинах домов и различных насыпях, не содержащих почвенного материала), рецентное (на перемещённых почво-грунтах), вторичное (на нарушенных почвах (культурных слоях, агропочвах). В пространственном отношении преобладает вторичное воспроизводство почв, которое может быть: (1) аппликативным – с хорошо заметным наложенным новообразованным профилем и остаточными горизонтами почвы-предшественника; (2) демулационным – в системе существующих горизонтов слабонарушенной почвы, с восстановлением преимущественно

но функциональных признаков, из морфологических – почвенной структуры. Иногда перечисленные варианты воспроизводства почв в заброшенных поселениях очень тесно расположены в пространстве и могут быть описаны даже в одной почвенной траншее. Но, тем не менее, результаты почвообразования в этих вариантах существенно различаются: по мощности новообразованного гумусового горизонта, содержанию гумуса, геохимическим показателям и др.

В геохимическом отношении регенерационные почвы постселитебных экосистем имеют свою специфику, обусловленную биогенным и техногенным накоплением ряда химических элементов в период существования поселений. Накопление азота и фосфора приводит к эвтрофикации экосистем, способствует распространению специфических растительных группировок (крапивы, клёна ясенелистного), задержке сукцессий. Участки разрушающихся построек формируют кальциевые техногенные аномалии, с повышенным значением рН. Среди микроэлементов в наибольшей степени превышают фоновые значения содержание Sr, Zn, Ni, Cu. В наибольшей степени загрязнены тяжёлыми металлами участки накопления золы каменного угля.

В почвенно-генетическом отношении наиболее заметны признаки, характеризующие морфологическую дифференциацию профиля, обусловленную формированием гумусового горизонта, структурообразованием с активным участием почвенной фауны. Под древесной растительностью активно протекают также процессы лессиважа и выщелачивания. Однако признаки лесного генезиса новообразованных почв отмечены лишь в постселитебных экосистемах лесного типа в Тамбовской области, на лёгких по гранулометрическому составу материнских породах. На суглинистых субстратах, при повышенном содержании карбонатов (антропогенного происхождения) морфологическая дифференциация профилей по лесному типу неочевидна.

Исследование восстановительных процессов в постселитебных экосистемах и их почвах имеет большое научное и практическое значение для определения путей их дальнейшего использования и экологической реабилитации. Нецелесообразно и небезопасно вовлечение территории заброшенных поселений в интенсивный сельскохозяйственный оборот вследствие их геохимической специфики, но вполне допустимы выпас и сенокосение. Более востребованы эти экосистемы в структуре экологического каркаса чрезмерно освоенных территорий, т.к. уже сейчас они являются привлекательными биотопами для дикой фауны, в них интенсивно протекают ренатурационные процессы, происходит активная фиксация углерода.

Исследования выполнены при финансовой поддержке РФФИ в рамках проекта № 18-05-00093 «Эколого-экистическое состояние, экологическая реабилитация и стратегии сбалансированного природопользования на постселитебных территориях Центрально-Чернозёмного региона».

УДК 631.48

## **ПЕДОАНТРАКОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ РАЗНОВОЗРАСТНЫХ КУЛЬТУРНЫХ СЛОЕВ**

**Гольева А.А.**

Институт географии РАН, Москва

E-mail: golyevaaa@yandex.ru

Изучение древесных углей в горизонтах современных и погребенных почв, определение информационной и диагностической роли углей актуально и в последнее время стало приобретать большую популярность. Основное внимание при этих исследованиях уделяется определению состава древесных пород, возраста пожаров, стратиграфии отложений. Реже подобные работы дополняются весовыми процентами содержания углистой массы, оставшейся на сите после отмучивания. Как правило, используется один размер сит. Основная масса опубликованных работ посвящена изучению динамики и специфики естественных пожаров, статей, где изучались бы древесные угли в культурных слоях существенно меньше.

Целью наших исследований было определить количественную и качественную специфику углистой массы, являющейся важным компонентом любого культурного слоя.

Для проведения сравнительного анализа мы отбирали материал разновозрастных культурных слоев центральной полосы Европейской территории России: от неолита до средневековья. В полевых условиях каждый раз отбирался фиксированный объем материала культурного слоя и, для сравнения, из нижележащего и, при наличии, из вышележащего горизонтов с целью определения объемного веса изучаемых горизонтов и слоев. Почвенная масса строго определенного веса просеивалась через ряд сит разной размерности и в образцах более 2 мм определялась порода дерева. Вся угольная масса высушивалась и взвешивалась для каждого размерного ряда отдельно.

Таким образом, мы смогли использовать в своей работе весовые и объемные показатели количества углей в образцах. В итоге у нас получился хроноряд по изменению содержания углистых частиц в культурных слоях различных эпох как по объему в толще слоя, так и по массе и по размерности. Эти хроноряды дополнены информацией о составе древесных пород, использованных представителями разных культур.

Исследования выполнены при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 19-23-05238.

УДК 631.445.24

## **ПОСТ-АНТРОПОГЕННОЕ РАЗВИТИЕ АГРОДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ СРЕДНЕСУГЛИНИСТОЙ ПОЧВЫ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ИСХОДНОГО УРОВНЯ ПЛОДОРОДИЯ ЗЕМЕЛЬ КРАТКОСРОЧНОЙ ЗАЛЕЖИ**

**Дмитриев А.В.**

Ижевская государственная сельскохозяйственная академия, Ижевск  
E-mail: LexusD1976@mail.ru

Согласно официальной статистике в Российской Федерации в настоящее время не используется в сельском хозяйстве более 35 млн га или 18% от площади сельскохозяйственных угодий. Основная часть этих земель приходится на Нечернозёмную зону Российской Федерации, в состав входит Удмуртская Республика, земельный фонд которой, в первую очередь, представлен агродерново-подзолистыми почвами. Исключение таких почв из активного использования приводит к изменению свойств и почвенных режимов.

Изучение химических свойств под влиянием краткосрочной залежи проводилось на агродерново-подзолистой среднесуглинистой почве залежного участка. Сгруппированные площадки со средним исходным уровнем почвенного плодородия имели содержание гумуса в верхнем гумусовом слое (0–10 см) в год закладки опыта (2015 г.) в среднем  $1.78 \pm 0.18\%$  от массы абс. почвы, повышенного уровня плодородия –  $2.26 \pm 0.11\%$  и высокого уровня плодородия –  $2.48 \pm 0.07\%$ .

Четырехлетнее зарастание бывшей пашни рудерально-сорной растительностью как правило привело к увеличению содержания гумуса в верхней части гумусового слоя и снижению его в нижней части гумусового слоя. На фоне повышенного исходного плодородия содержание гумуса в слое 0–10 см увеличилось на 0.12% (–5.5% отн.), в слое 10–20 см – снизилось на 0.03% (–1.5% отн.). На фоне высокого почвенного плодородия наблюдалась аналогичная картина – содержание гумуса в слое 0–10 см увеличилось на 0.08 (3.1% отн.), а в слое 10–20 см произошло беле значимое снижение содержания гумуса за этот период на 0.31% (–13.0% отн.). На фоне среднего плодородия содержание гумуса увеличилось как в слое 0–10, так и в слое почвы 10–20 см на 0.16% (+9.0% отн.) и на 0.07% (+4.6% отн.) соответственно.

В почвах ключевых площадок, имеющих повышенный уровень плодородия, содержание подвижного фосфора как в слое почвы 0–10 см, так и в слое 10–20 см снизилось на 53 мг/кг (–18.0%) и в слое 10–20 см – на 57 мг/кг (–18.0%) по сравнению с исходными данными 2015 г. На фоне высокого плодородия содержание подвижного фосфора снизилось в почвах краткосрочной залежи в слое 0–10 см

на 87 мг/кг (–24%) и в слое 10–20 см – на 118 мг/кг (–34%). На фоне среднего плодородия содержание подвижного фосфора в слое почвы 0–10 см незначительно увеличилось на 5 мг/кг (+5%), а в слое 10–20 см его содержание имеет тенденцию на снижение – на 4 мг/кг (–2%).

На четвертый год исследований наблюдалось активное накопление обменного калия в гумусовом горизонте. В слое почвы 0–10 см на фоне среднего плодородия содержание обменного калия увеличилось на 98 мг/кг (+66%), на фоне повышенного плодородия – на 153 мг/кг (+132%) и на фоне высокого плодородия – на 116 мг/кг (+89%). Аналогичная картина наблюдалась и в слое почвы 10–20 см.

Таким образом, изменения показателей химических свойств гумусового слоя краткосрочной залежи напрямую зависят от исходного сформированного уровня почвенного плодородия. При этом необходимо учитывать и поступление свежего растительного опада залежных угодий, количество которого напрямую зависит от почвенного плодородия и видового состава растений.

УДК 631.46

## УГЛЕРОД ПИРОГЕННОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ В ПОЧВАХ МАЛОНАРУШЕННЫХ ЛЕСНЫХ ЭКОСИСТЕМ

Дымов А.А.<sup>1</sup>, Старцев В.В.<sup>1</sup>, Кутявин И.Н.<sup>1</sup>, Дубровский Ю.А.<sup>1</sup>,  
Гродницкая И.Д.<sup>2</sup>, Прокушкин А.С.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Институт биологии Коми НЦ УрО РАН, Сыктывкар  
E-mail: aadymov@gmail.com

<sup>2</sup> Институт леса им. В.Н. Сукачева СО РАН, Красноярск

Пожары являются одним из ведущих факторов трансформации лесных экосистем. Периодически воздействуя на бореальные биогеоценозы огонь пожары могут оказывать, как негативное, так и положительное воздействие на развитие экосистем. Значительные территории лесных сообществ неоднократно подвергались воздействию пирогебеза. Совместно с климатом, пирогенный фактор контролирует возрастную структуру и мозаичность растительного покрова, его дальнейшую эволюцию, потоки вещества и энергии. В большинстве случаев, пирогенные признаки фиксируются исследователями в почвах гарей и горельников лишь в первые годы после пожара, и редко учитываются при анализе дальнейшего функционирования и развития лесных территорий. В почвах таежных экосистем сосредоточены существенные запасы углерода, которые с одной стороны могут вовлекаться в процесс горения, а с другой стороны, являются продуктами горения. При этом, в настоящее время отсутствуют оценки влияния пожаров на свойства почв и почвенного органического

вещества. В связи с чем, цель данной работы заключалась в анализе развития почв лесных малонарушенных лесных экосистем с учетом их пирогенной истории.

В качестве объектов исследования были подобраны участки на территории средне- и северотаежных ландшафтов Республики Коми (Печоро-Илычский заповедник, национальный парк «Койгородский», Максимовский стационар) и среднетаежных ландшафтов Красноярского края (окрестности международной обсерватории Зотино). В качестве объектов выступили старовозрастные сосновые и еловые лесные экосистемы. Всего исследовано 8 участков с временем прошедшим с момента последнего пожара от 46 до 250 лет. Датировку пожаров и межпожарных интервалов на подготовленных образцах древесины проводили при помощи программ CDendro 9.0.1. Показано, что морфологические пирогенные признаки характерны для всех исследуемых почв. Наибольшая сохранность пирогенных признаков выявлена на границе нижних подгоризонтов подстилок и верхних минеральных горизонтов. В целом, исследуемые почвы, характеризуются типичными физико-химическими признаками: кислой реакцией среды, иллювиально-иллювиальным распределением углерода, ненасыщенностью почвенного поглощающего комплекса основаниями. Выявлено, что наибольшее количество углерода пирогенного происхождения сосредоточено в нижней части подстилок и верхних минеральных горизонтах почв. Именно в данных горизонтах выявлено наибольшее количество углерода пирогенного происхождения оцениваемого по содержанию углистых включений в составе легких денсиметрических фракций. Информативными биомаркерами пирогенного воздействия на лесные почвы являются бензенполикарбоновые кислоты (ВРСА), полициклические ароматические углеводороды (ПАУ), которые сохраняются в рассматриваемых горизонтах почв в достаточно высоких концентрациях на протяжении всего периода их постпирогенного развития. Для рассматриваемых горизонтов почв характерно высокая доля ароматических соединений в составе почвенного органического вещества. На основании полученных данных можно предположить, что пожары оказывают значительную роль в долговременной стабилизации части углерода, вовлекаемого в состав почвенного органического вещества.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 19-29-005111 мк.

УДК 631.445.24

## **ОСОБЕННОСТИ ПОСТАГРОГЕННОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ ПОДЗОЛИСТЫХ ПОЧВ СРЕДНЕЙ ТАЙГИ**

**Елькина Г.Я.<sup>1</sup>, Лаптева Е.М.<sup>1</sup>, Лиханова И.А.<sup>1</sup>, Холопов Ю.В.<sup>1</sup>,  
Смотрина Ю.А.<sup>2</sup>, Уляшев А.В.<sup>3</sup>**

<sup>1</sup> Институт биологии ФИЦ Коми НЦ УрО РАН, Сыктывкар  
E-mail: elkina@ib.komisc.ru

<sup>2</sup> Сыктывкарский государственный университет им. Питирима Сорокина,  
Сыктывкар

<sup>3</sup> Ухтинский государственный технический университет, Ухта

В сельскохозяйственное освоение в Республике Коми вовлекались подзолистые почвы, отличающиеся низким естественным плодородием. Применение удобрений, мелиорантов позволило повысить плодородие почв и обеспечить высокую продуктивность. В результате экономического кризиса 90-х годов прошлого столетия значительные площади сельскохозяйственных угодий перестали использоваться и начали зарастать травянистой, позднее древесной растительностью.

Цель работы – выявить закономерности изменения пахотных почв средней тайги в процессе их постагрогенной трансформации.

Показано, что на первых этапах самовосстановительной сукцессии (до 25 лет) почвы в основном сохранили признаки агроземов. При этом в них начались процессы трансформации почвенного профиля с формированием в верхней части маломощного серогумусового (дернового) горизонта. Однородный прежде пахотный горизонт дифференцировался на два горизонта с различающимися физико-химическими свойствами и гумусовым статусом. Наиболее интенсивные процессы характерны для дернового горизонта. В нем сосредоточено максимальное количество углерода и азота, водорастворимых органических соединений, поглощенных катионов и подвижных элементов питания. Горизонт характеризуется более низкой обменной кислотностью, представленной в основном ионами водорода.

При положительных изменениях в серогумусовом горизонте в основной толще в отсутствии агротехнических мероприятий по поддержанию почвенного плодородия шел медленный процесс восстановления кислотно-основных свойств, характерных для целинных подзолистых почв. Отмечено повышение всех форм кислотности, основной вклад в обменную кислотность, как и в целинных почвах, вносили ионы алюминия. С переходом к древесной стадии обменный алюминий появился уже в серогумусовом горизонте. Преобладающая часть бывшего пахотного слоя обеднилась двухвалентными катионами и подвижными элементами питания за счет вымывания в результате интенсификации элювиальных процессов и некомпенсируемого выноса растениями.

В агрогенезе трансформация качественного состава гумуса шла в направлении увеличения содержания гуминовых кислот, гумус приобрел фульватно-гуматный характер. В почвах увеличилось количество гуминовых кислот, связанных с кальцием. Перевод пашни в состояние залежи в отсутствии обработки, органических удобрений и поддерживающего известкования при ином характере растительности изменил гумусовый статус почв. Максимальное содержание углерода в почвах залежи пришлось на серогумусовый горизонт, в остальной старопашотной толще количество его снизилось. Различия с прилегающим к нему слоем составили 1.5–2.5, а с нижней частью ранее обрабатываемого горизонта – 3–4 раза.

Специфичность гумусообразования на стадии залежи привела к изменению его качественного состава. Если в верхней части реградируемого пахотного горизонта на луговой залежи преобладали гуминовые кислоты и гумус остался гуматно-фульватным, то в остальной толще он приобрел фульватный характер. На начальной стадии зарастания древесными породами (молодой лес 10–12 лет) синтез ФК усилился, по соотношению С<sub>гк</sub>/С<sub>фк</sub> постагрогенные почвы частично приблизились к показателям целинного леса. Увеличение доли фульвокислот отражает специфику зонального почвообразовательного процесса.

Анализ содержания водорастворимых органических веществ (ВОВ) также показал, что наиболее интенсивные процессы образования и деструкции гумусовых соединений сосредоточены в дерновом горизонте. Максимум ВОВ в горячей вытяжке, установлено в слое 0–3 см молодого леса, повышение произошло за счет листового опада, богатого водорастворимыми соединениями.

Завершение периода культурного земледелия с последовательной трансформацией растительных сообществ, изменением состава микрофлоры и интенсивности протекания микробиологических процессов привели к снижению обогащенности почв азотом. Судя по величине С/Ν, органическое вещество дернового горизонта обеднено соединениями азота в большей мере, чем таковое на луговой стадии. В целом на динамику изученных свойств на первых этапах постагрогенной эволюции большее влияние оказали возраст залежи и ее хозяйственное использование (неиспользование) в качестве сенокоса, основные изменения происходили в пределах бывшего пахотного слоя.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 20-44-110009 p\_a.

УДК 631,46

## ПОСТПИРОГЕННОЕ ИЗМЕНЕНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПОЧВ ЮГА РОССИИ

**Казеев К.Ш.**

Южный федеральный университет, Ростов-на-Дону  
E-mail: e-mail kamil\_kazeev@mail.ru

Пожары являются одним из главных негативных факторов в природных экосистемах. Они являются частыми явлениями, которые возникают как естественным образом, так и при воздействии человека. Последние годы принесли множество крупных природных пожаров, нанеших масштабный ущерб экосистемам нашей планеты. Пожары влияют на все компоненты биогеоценоза, особенно сильно на растительный покров и фауну. Однако почвенный покров после пожаров также претерпевает значительные изменения.

Целью работы было исследование влияния на биоту и биологическую активность пожаров в ряде районов юга России. Объектами исследований были песчаные почвы под сосняками Усть-Донецкого лесничества Ростовской области, коричневые почвы заповедника «Утриш» Краснодарского края. Кроме того были проведены модельные исследования влияния пирогенного эффекта на черноземы ботанического сада Южного федерального университета (Ростов-на-Дону). Среди исследуемых параметров были температура, влажность, реакция среды, электропроводность почв, содержание органического углерода, питательных веществ растений, активность почвенных ферментов и другие показатели.

Уникальные экосистемы Абраусского полуострова Черноморского побережья Кавказа, сохранившиеся в заповеднике «Утриш» представлены сухими восточно-средиземноморскими субтропиками с можжевельново-фисташковыми редколесьями. В 2016–2019 гг. здесь на нескольких участках проведены исследования биологических свойств коричневых почв. Основное внимание было уделено постпирогенным участкам, расположенным на южных склонах хребта Навагир заповедника «Утриш». Возраст пожарищ на разных участках варьировал от одного года до 10 лет. В результате исследований на пожарищах выявлено развитие восстановительных сукцессий в травянисто-кустарниковой стадии. Биологические свойства постпирогенных почв заповедника «Утриш», как правило, значительно уступают контрольным значениям почв, незатронутых пожарами. Наибольшее влияние пожар оказал на поверхностные горизонты почвы (0–10 см). Интенсивность дыхания почв пожарищ на 40%, содержание органического углерода на 20–45% ниже, чем в почвах контрольных участков леса. Активность оксидоредуктаз (каталазы, пероксидазы, дегидрогеназ) в пирогенных почвах снижена на 14–37%, а активность гидролаз

(инвертазы, уреазы, фосфатазы) незакономерно варьирует на разных участках. Степень различий биологических параметров зависит от возраста постпирогенного участка. Чем меньше времени прошло с момента пожаров, тем большие различия выявлены для исследуемых почв. Даже спустя 9 лет после пожара многие показатели значительно различаются по сравнению с контрольными участками можжевельникового редколесья. Следует учитывать значительную зависимость свойств почв от времени наблюдения. Некоторые показатели коричневых почв заповедника (рН, электропроводность, содержание карбонатов, активность инвертазы) варьировали во времени в большой степени, чем на участках с разным пирогенным воздействием.

Верховой пожар в сосняках Усть-Донецкого лесничества привел к полному уничтожению растительного покрова. Исследования здесь провели, провели через 2 недели, один и два года после пожара. Реакция среды (рН) в постпирогенных почвах незначительно увеличивается по сравнению с контрольными значениями в лесу.

Ферментативная активность почв на всех исследуемых участках пожарища закономерно снижается по сравнению с контрольными значениями по мере усиления пирогенного воздействия. Песчаные почвы даже на контрольных участках соснового леса характеризуются низкими значениями биоты и биологической активности, приуроченной к поверхностному органогенному горизонту подстилки. С его уничтожением в результате пожара связано снижение активности ферментов разных классов (каталазы, пероксидазы, фосфатазы). Изменения касаются, прежде всего, поверхностных горизонтов, непосредственно подверженных влиянию пирогенного воздействия. Уже начиная с глубины 3 см эффект ослабевает.

Модельные исследования подтвердили высокое индикационное значение биологических параметров при диагностике последствий пирогенного воздействия. Выявлена тесная корреляция активности ряда ферментов с интенсивностью пожаров (температурой и временем воздействия).

УДК 631.41

## **СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ПОСТАГРОГЕННЫХ ПОЧВ ЮГА ПРИМОРЬЯ**

**Киселева И.В.<sup>1,2</sup>, Бурдуковский М.Л.<sup>2</sup>, Перепелкина П.А.<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Дальневосточный федеральный университет, Владивосток  
E-mail: kiseleva-iv@inbox.ru

<sup>2</sup> ФНЦ Биоразнообразия ДВО РАН, Владивосток  
E-mail: burmaxs@inbox.ru

При повторном вовлечении почв залежей в сельскохозяйственный оборот необходимо комплексное изучение агрохимических, физических и биогеохимических процессов. Полученные знания

помогут правильно проводить мероприятия по их окультуриванию.

Цель исследования – изучить особенности изменения основных физико-химических свойств пахотных почв Приморского края в ходе их постагрогенного развития.

Исследования проводили на бывших пахотных землях Уссурийского, Анучинского и Яковлевского района Приморского края. Объектом исследований явились залежные темногумусовые подбелы (15, 20, 35 лет) аллювиальные серогумусовые (60 лет) и буро-подзолистые почвы (2, 5, 10, 20, 30 лет).

На этапе активного возобновления древесных видов растений на темногумусовых подбелах отмечается увеличение кислотности. Почвы отличаются разбалансированностью по содержанию подвижных форм фосфора и калия: содержание фосфора очень низкое и низкое, калия – высокое и очень высокое. Степень насыщенности основаниями снижалась по мере постагрогенного развития почв. Содержание гумуса находится на уровне низких и ниже средних значений (3.25–5.53%). Запасы гумуса на 15-ти летних залежах характеризуются в основном как низкие в слое 0–20 см (61–62 т/га), на более зрелых – средние (102–122 т/г). Тип гумуса варьирует от гуматно-фульватного до фульватно-гуматного. При длительном нахождении почв в залежи, происходит снижение 2 фракции ГК до низких значений, по сравнению с пахотными почвами. Содержание макроагрегатов > 5 мм в темногумусовых подбелах достоверно уменьшается с увеличением возраста залежей. По сравнению с пахотными аналогами, отмечалось снижение количества агрегатов > 10 мм. Количество агрономически ценных агрегатов (АЦА) превышает 70%, что говорит об их отличном агрегатном состоянии, то же характерно и для аллювиальных серогумусовых почв.

Аллювиальные серогумусовые почвы характеризуются слабокислой и нейтральной реакцией среды (5.9–6.2). Содержание подвижных форм фосфора находится на уровне высоких и очень высоких значений, калия – высоких и избыточных. Гумуса содержится от 3.8 до 5.0%, его запасы при этом низкие (49–76 т/га). В составе гумуса явно доминируют гуминовые кислоты, а тип гумуса изменяется от фульватно-гуматного до гуматного. Доля 1 и 2 фракции ГК находится на уровне низких, реже – средних значений. При сравнении с пахотными аналогами, отмечено увеличение содержания гумуса в поверхностном горизонте почв и снижение 2 фракции ГК. В почвах отмечается увеличенное количество агрегатов 2–5 мм, по сравнению с темногумусовыми подбелами.

Буро-подзолистая почва, выведенная из сельскохозяйственного оборота около 2 лет назад, принята в качестве контроля. Для нее характерна нейтральная реакция среды, повышенное содержание подвижных форм фосфора и среднее – калия, низкая гидролитическая кислотность. Содержание гумуса низкое (3.3%). При увеличении

периода пребывания буро-подзолистых почв в залежном состоянии отмечено повышение кислотности почв до слабокислой и кислой, снижение содержания подвижных форм фосфора и калия до низких значений и степени насыщенности почв основаниями. Содержание гумуса варьирует от низких до средних значений, запасы гумуса при этом очень низкие и низкие в слое почв 0–20 см (от 17.8 до 44.1 т/га). Гумус имеет фульватно-гуматный и гуматно-фульватный состав. Содержание «свободных» гуминовых кислот возрастает по мере увеличения времени нахождения почв в залежи. Содержание ГК, связанных с  $\text{Ca}^{2+}$  имеет противоположную зависимость. В агрегатном состоянии буро-подзолистых постагрогенных почв преобладает совокупность фракций 1–5 мм. С увеличением периода нахождения полей в залежном состоянии, количество агрегатов размером  $> 10$  мм уменьшается. В верхнем слое почв количество АЦА растет с увеличением возраста залежей.

Изъятие земель из сельскохозяйственного использования приводит к постепенному восстановлению их естественной структуры, увеличению содержания гумуса и сокращению доли гуминовых кислот, связанных с  $\text{Ca}^{2+}$ , по сравнению с их пахотными аналогами.

УДК 631.472.5:[504.5:669.2/.8]

## **ИЗМЕНЕНИЕ ФОРМ ГУМУСА В ХОДЕ ПОСТТЕХНОГЕННОЙ ВОССТАНОВИТЕЛЬНОЙ СУКЦЕССИИ**

**Коркина И.Н., Воробейчик Е.Л.**

Институт экологии растений и животных УрО РАН, Екатеринбург  
E-mail: korkina@ipae.uran.ru

Вблизи длительно действующих крупных промышленных предприятий почвы сильно изменены под влиянием загрязнения, в частности тяжелыми металлами. В последние годы совершенствование технологий и реконструкция производств обусловили снижение выбросов, что инициировало процессы восстановления экосистем. Протекающие в почвах процессы закономерно отражаются в их морфологическом строении; наиболее чувствительна к внешним факторам верхняя часть профиля. Поэтому для изучения закономерностей восстановления почв перспективно использовать формы гумуса (humus forms) – морфологически различимые типы строения верхней части почвенного профиля, представленные последовательностью органогенных (органических и органоминеральных) горизонтов. Спектр форм гумуса информативен для характеристики состояния почвенной биоты, особенностей деструкционных процессов и типа трансформации почвенного органического вещества.

Наши исследования базируются на Европейской морфофункциональной классификации форм гумуса, в которой для Terrestrial

humus systems выделяют 10 вариантов по степени уменьшения биологической активности – Eumull, Mesomull, Oligomull, Dysmull, Hemimoder, Eumoder, Dysmoder, Hemimor, Humimor, Eumor. Ранее для трех районов вблизи медеплавильных предприятий Среднего и Южного Урала мы показали, что загрязнение ведет к изменению спектра форм гумуса: в автоморфных лесных почвах по мере приближения к источнику выбросов зоогенные формы мюль-типа сменяются незоогенными формами мор-типа, причем спектры импактной и фоновой зон даже не пересекаются. Смещение спектров в градиенте загрязнения совпадает с изменениями в структуре сообществ крупных почвенных беспозвоночных (снижение обилия вплоть до полного исчезновения дождевых червей) и активности почвенной микрофлоры. На основании этого мы рекомендовали использовать спектр форм гумуса в оценке состояния почв и в экологическом мониторинге.

Изучение изменений экосистем после снижения техногенной нагрузки мы проводим в лесах с дерново-подзолистыми почвами (реже буроземами оподзоленными) в районе воздействия Среднеуральского медеплавильного завода – на протяжении 70 лет крупнейшего в России источника атмосферного загрязнения, но практически прекратившего выбросы около 10 лет назад. В последние годы наблюдается реколонизация дождевыми червями ранее дефаунированной территории, особенно по прирусловым участкам малых лесных рек. При заселении крупными сапрофагами крайних вариантов незоогенных форм (Eumor и Humimor) происходит их постепенное возвращение к наиболее распространенным на фоновой территории формам Dysmull и Oligomull. Описаны промежуточные стадии восстановительных сукцессий, которые представлены нетипичными формами, сочетающими признаки разных систем и форм. Мы назвали их химерными – Chimeric forms: они не имеют аналогов среди известных природных форм и не отражены в Европейской морфофункциональной классификации. Причинами формирования химерных профилей могут быть: неодинаковые характерные времена формирования и стирания признаков в разных горизонтах при изменении факторов среды, особенности заселения и «предпочтение» определенных слоев органических горизонтов загрязненных почв беспозвоночными-сапрофагами, неравномерное изменение скорости разложения в разных слоях подстилок.

Основные варианты нетипичного строения профилей, описанные на исследованной территории, следующие (в порядке уменьшения встречаемости): 1) нетипичная последовательность органических горизонтов (zoOF, nozOF, OH); 2) включение фрагментов (локусов) одного горизонта в пределах другого; 3) несоответствие структуры органических (лесных подстилок) и органоминеральных (гумусовых) горизонтов какой-либо одной типичной форме; 4) несоответствие характера перехода между органическими и органоминеральными

горизонтами типичной форме гумуса; 5) инверсии слоев в пределах горизонтов  $pozOF$  и  $zoOF$  по степени разложения растительных остатков. Детальное описание особенностей строения химерных профилей и дальнейшая разработка их классификации позволят оценивать характер и степень восстановления загрязненных почв.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ в рамках научных проектов №№ 19-29-05175 и 18-04-00160.

УДК 630\*11:43:114

## **ЭРОЗИЯ ПОЧВ НА ГАРЯХ В ГОРНЫХ ЛЕСАХ БАСЕЙНА ОЗЕРА БАЙКАЛ**

**Краснощеков Ю.Н.**

Институт леса им. В.Н. Сукачева СО РАН, Красноярск  
E-mail: kyn47@mail.ru

Лесные почвы в байкальском бассейне формируются при регулярном воздействии пирогенного фактора. По тяжести и масштабности воздействия на почвы из всех антропогенных факторов первенство принадлежит пожарам.

Низовые подстильно-гумусовые пожары, преобладающие в данном регионе, в зависимости от интенсивности огня по-разному трансформируют основные компоненты лесных экосистем – почву, живой напочвенный растительный покров, формируют сукцессионные стадии их восстановления, влияют на послепожарное формирование насаждений и динамику прироста древостоев. При любом пожаре в сферу горения попадает напочвенный покров и органогенные горизонты почв. При высокой интенсивности пожара и полном сгорании поверхностного органогенного горизонта, термовоздействию подвергаются органо – минеральные или минеральные горизонты почв. Уничтожение огнем защитного растительного покрова и лесной подстилки на горных склонах приводит к развитию ускоренной эрозии почв, ведущей к разрушению почвы как природного тела. Развитие эрозионных процессов на горях наблюдается в основном в виде плоскостного смыва и мелкоструйчатого размыва. Кроме этого, большое влияние на разрушение почвы здесь оказывают вывалы поврежденных и ослабленных огнем деревьев.

Часть смытого почвенного мелкозема с поверхности водоразделов и верхних частей склонов образуют новый чехол делювиальных наносов на средних и нижних вышоложенных участках склонов. В результате этих процессов наблюдается погребение органогенных пирогенных и поверхностных гумусовых горизонтов, образование почв со сложным полициклическим профилем. Однако, часто в условиях горного рельефа на крутых склонах после лесного пожара высокой интенсивности, смывается весь почвенный мелкозем и образуются

каменистые россыпи (курумники), не зарастающие лесом неопределенно долгое время.

Приведены количественные показатели жидкого и твердого поверхностного стока формирующихся на горях в зависимости от крутизны склонов, интенсивности и давности пройденных пожаров. Так, на свежих горях кедровых лесов на склонных, крутизной 5–15° суммарный размер эрозии изменяется от 600 до 1800 т/км<sup>2</sup> в год. Наиболее интенсивный снос почвы наблюдается на свежих горях, пройденных пожарами высокой и средней интенсивности – при поверхностном стоке 320–350 мм в год суммарный размер эрозии на склонах 15–25° достигает 3000–3400 т/км<sup>2</sup>. На старых горях (старше 10 лет) при условии восстановления растительности на них эрозионные процессы незначительны и не превышают естественную эрозию под пологом леса.

На свежих горях светлохвойных лесов на склонах крутизной 5–15° суммарный размер эрозии составляет 800–1100 т/км<sup>2</sup>, а при крутизне 15–25° увеличивается до 3500–4800 т/км<sup>2</sup> в год. Относительно длительное время эрозионные процессы развиты на старых горях (10–25 летних), где процессы восстановления растительного покрова замедлены повторными пожарами. Даже на склонах 15–25° суммарный размер эрозии при стоке 50–90 мм составляет 270–350 т/км<sup>2</sup> в год. На старых возобновившихся горях (10–25-летних), интенсивность развития эрозии не выше, чем на облесенных территориях. Это связано с хорошим возобновлением и интенсивным зарастанием гарей травянистой растительностью. Верхние горизонты почв хорошо скреплены корневыми системами травянистой растительности, сформировавшийся органогенный и дерновый горизонты противодействуют размыву.

Предложены математические модели, описывающие формирования жидкого и твердого поверхностного стока на горях в зависимости от основных факторов, обуславливающих этот процесс. Пирогенная деструкция лесных экосистем неизбежно ведет к деградации горных почв, на восстановление которых после низовых пожаров уходят многие десятилетия.

УДК 613.41

## **ПОСТАГРОГЕННАЯ ДИНАМИКА СВОЙСТВ ЭРОДИРОВАННЫХ ЧЕРНОЗЕМОВ ЛЕСОСТЕПНОЙ ЗОНЫ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ**

**Кудряшова С.Я., Чумбаев А.С., Танасиенко А.А., Соловьев С.В.,  
Миллер Г.Ф., Безбородова А.Н., Филимонова Д.А.**

Институт почвоведения и агрохимии СО РАН, Новосибирск  
E-mail: sya55@mail.ru

Основной фонд пахотных земель Западной Сибири представляют черноземные почвы, значительная часть которых расположена в пре-

делах Предсалаирской дренированной равнины и Приобья на склонах крутизной до  $10^\circ$ . Исследуемая территория характеризуется высокой степенью вертикального и горизонтального расчленения рельефа и интенсивным развитием эрозионных процессов. В связи с изменением социально-экономических отношений в РФ после 1991 г. обширные площади пахотных земель были выведены из сельскохозяйственного оборота. По состоянию на 2019 г. из земель сельскохозяйственного назначения Новосибирской области, общая площадь которых составляет 11128.5 тыс. га не использовалось 1101.1 тыс. га пашни.

В качестве объектов исследования были выбраны хроноряды: пашня – молодая залежь (2–3 года) и пашня – средневозрастная залежь (7–10 лет), сформированные в близких по почвенно-геоморфологическим показателям Предалтайской лесостепной провинции.

Основная цель исследований – выявление направления и скорости почвообразовательных процессов в черноземах выщелоченных, на разных сроках выведенных из сельскохозяйственного оборота, и оценка трансформации показателей плодородия постагроденных почв с учетом специфики эрозионных процессов.

Установлено, что скорость постагроденной трансформации исследованных почв залежных стадий зависит от их собственных регенеративных особенностей, характера сукцессионной смены растительности и интенсивности развития эрозионных процессов.

В фитоценозах молодых залежей с доминированием рудеральных видов и общим проективным покрытием 70%, формируется  $467.3 \text{ г/м}^2$  зеленой фитомассы и  $114.9 \text{ г/м}^2$  надземной мортмассы. В средневозрастных залежах доминируют злаки, которые вносят основной вклад в формирование общего запаса зеленой фитомассы (511.2) и надземной мортмассы (632.7)  $\text{г/м}^2$ . Гумусонакопление в почвах залежей происходит за счет формирования грубого (детритного) органического вещества. Наряду с активизацией дернового процесса в залежных почвах увеличивается содержание водорастворимого органического вещества. Существенных изменений гранулометрического состава, который дифференцирован на генетические горизонты по элювиально-иллювиальному типу, в результате перевода пахотных почв в залежь на данной стадии исследований не выявлено. Сумма  $\text{Ca}+\text{Mg}$  в верхних горизонтах, как пахотных, так и залежных почв выше, чем в их слабо- и среднесмытых аналогах, что, вероятно, является следствием развития эрозионных процессов. В структурно-агрегатном составе почв молодых залежей на 10% увеличилось содержание макроагрегатов (1–5 мм), определяющих соотношение объемов агрегатной и межагрегатной порозности, водоудерживающую способность и водопроницаемость почв. Отмечена тесная зависимость плотности сложения (ОМ) и устойчивости ее во времени от структурной организации твердой фазы почв. Высокая степень восстанавливаемости – способности достигать равновесного состоя-

ния – характерна для показателей объемной массы на стадии, как молодых, так и средневозрастных залежей черноземов.

В целом, в результате исследования направленности структурно-функциональных изменений показателей плодородия на стадии молодых и средневозрастных залежей была установлена высокая степень восстанавливаемости содержания лабильного гумуса, структурно-агрегатного состава и плотности сложения, с которыми тесно связаны основные физико-химические процессы энерго- и массообмена черноземных почв.

УДК 631.445.2

### **ПОСТ-АНТРОПОГЕННЫЕ ТРАНСФОРМАЦИИ ПОЧВ ПОДЗОЛИСТОГО ТИПА**

**Макаров И.Б., Басевич В.Ф., Фисенко В.В.**

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

Целинные почвы подзолистого типа, за некоторым редким исключением, находятся в состоянии равновесия с естественными факторами почвообразования. При введении их в сельскохозяйственный оборот это равновесие нарушается. В зависимости от способов их использования, методов и интенсивности окультуривания, пахотные почвы приобретают свойства в разной степени отдаляющих их от равновесного состояния. Если почву выводят из сельскохозяйственного использования, снимают факторы антропогенеза, то под влиянием естественных факторов почва стремится прийти в равновесное состояние с ними. Если экологическая обстановка в определенном местоположении за время его сельскохозяйственного использования не изменилась, то трансформация почвы ведет в конечном итоге к восстановлению её изначального профиля.

Нами было выявлено три стадии (фазы) возвращения пахотной подзолистой почвы в исходное состояние (регенерационная трансформация) в условиях залежи. Фазы выделялись по морфологическим признакам, которые характеризуют разную степень трансформации материала пахотного (гумусового) слоя на пути к его естественному состоянию. Исследования проводились во многих районах зоны подзолистых почв на территории Европейской части России. Здесь будут приведены некоторые итоги исследований, которые были проведены на севере Московской области (д. Чашниково, Солнечногорский р-н). В Чашникове по обсуждаемой теме исследования проводились с 1968 г. На площади 600 га за это время было сделано несколько десятков разрезов, около двух тысяч прикопок, несколько траншей как на обрабатываемых почвах, так и в лесу. Использовались также

предшествующие данные, полученные на кафедре земледелия МГУ им. М.В. Ломоносова, начиная с 1955 года. Образцы почвы отбирались с подробным их морфологическим описанием. Затем проводился их анализ на микробиологические, химические и физические свойства. Учитывались биомасса культур севооборота и мёртвого органического вещества почвы. Изучались дыхание почвы, динамика ОВП, некоторых биофильных элементов почвы.

Было показано, что наиболее активное действие на свойства почвы в пост-антропогенных трансформациях оказывает элювиально-глеевый процесс. В начале 1990-х годов обрабатываемые поля в Чашниково были выведены из сельскохозяйственного использования (введены в оборот в 1935 г.) и до сих пор находятся в залежи. Большинство местоположений на «Кирпичном» поле (60 га) претерпели трансформацию, являющуюся продолжением дифференциации пахотного горизонта в пахотном состоянии. Применяя принцип единственного различия, было выяснено, что скорость пост-антропогенной трансформации выше на южных склонах холмов. Это можно объяснить тем, что все биогенные процессы в нашей природной зоне происходят на фоне более высоких (но не экстремальных) температур с большей интенсивностью, а элювиально-глеевый процесс прежде всего биогенный. Это явление – одно из проявлений влияния рельефа на почвообразование. Ещё одно из проявлений влияния рельефа (на этот раз микрорельефа) на интенсивность трансформации – более высокая скорость изменения морфологии пахотного горизонта наблюдалась в микропонижениях, где скапливается влага. Наибольшая скорость постагрогенных изменений свойств почвы наблюдалась на южном склоне в дерново-подзолистой среднесуглинистой среднекультуренной почве на покровных суглинках в микропонижениях. Морфологические изменения можно было наблюдать визуально через 5–7 лет.

Было выявлено влияние степени окультуренности почвы, которая наблюдалась при выводе почвы в залежь. Наименьшая скорость наблюдалась на слабоокультуренной почве на северных склонах холмов. Там в некоторых местоположениях, до сих пор не произошло заметных визуально изменений (с 1991 г. по 2019 г.). Среднеокультуренная почва даёт самую высокую скорость трансформаций в пост-антропогенный период. И, наконец, в сильноокультуренной почве морфологически выраженную трансформацию можно было наблюдать в отдельных местоположениях начиная с 2015 года.

УДК 631.48

## **ПОЧВЕННЫЕ АРХИВЫ ЛЕСНЫХ ПОЖАРОВ НА СЕВЕРЕ АРХАНГЕЛЬСКОЙ ОБЛАСТИ ЗА ПОСЛЕДНИЕ 10 ТЫСЯЧ ЛЕТ**

**Мергелов Н.С., Петров Д.Г., Зазовская Э.П., Гольева А.А., Долгих А.В.**

Институт географии РАН, Москва

E-mail: mergelov@igras.ru

Почвы, наряду с осадочными отложениями, служат источником детальной информации о палеопожарах в лесных экосистемах. Пирогенные архивы формируются в геоморфологических ловушках в результате неоднократной активизации процессов послепожарной эрозии-аккумуляции и представлены почвами с полипироциклическим профилем и значительными запасами пирогенного углерода. При наличии регулярной сетки геоморфологических ловушек большая часть крупных углистых частиц, мобилизованных послепожарной эрозией, остается в пределах ландшафта и является носителем информации о локальной палеопожарной активности. Поля карстовых воронок (до 700 форм на 1 км<sup>2</sup>) на севере Архангельской области представляют собой один из вариантов ландшафта с матрицей таких геоморфологических ловушек и подробными пирогенно-почвенными архивами.

В докладе рассматриваются полипироциклоземы, сформированные на полях карстовых воронок междуречья рек Кулой и Пинега. Во всех изученных воронках обнаружены серии погребённых вследствие послепожарной эрозии иллювиально-гумусовых и иллювиально-железистых подзолов, разделённых пирогенными горизонтами разной мощности с высоким содержанием углистого материала. Углистые частицы образовывали как отдельные ярко выраженные прослой, залегающие согласно с формой склонов карстовой воронки, так и были перемешаны с материалом минеральных горизонтов E, BF, BH, BHF и C. Обнаруженные пирогенно-почвенные архивы содержат информацию о лесных пожарах и этапах почвообразования на протяжении последних 10 000 лет, что установлено по результатам радиоуглеродного датирования (<sup>14</sup>C AMS) углистого материала, а также органического вещества почв (более 40 дат). Калиброванный радиоуглеродный возраст углей из самых нижних горизонтов составил 10261 ± 36 – 978 ± 75 cal BP, а углистый материал самого молодого из погребённых пирогенных горизонтов имел возраст 120 ± 77 – 82 ± 64 cal BP, что согласуется с историческими данными о последних пожарах. Всего выделено 12 крупных пирогенных событий. Во всех изученных пирогенно-почвенных архивах отсутствовали маркеры пожарной активности в интервале 5700 – 4000 cal yr BP, что возможно связано со снижением числа пожаров в этот период. Тенденция к увеличению радиоуглеродного возраста с глубиной не всегда сохранялась, что связано с турбационными процессами второго порядка, прежде всего, ветровалами. Почвообразование в межпиро-

генные стадии сохраняло единое направление на протяжении как минимум 10 000 лет – профили подзолов регулярно реплицировались. В докладе обсуждаются «age-depth» модели формирования глубоких пирогенно-почвенных архивов на различных элементах рельефа (на основе  $^{14}\text{C}$  данных), а также изменения концентрации и таксономического состава антракомассы и отношения стабильных изотопов углерода и азота в различных структурных элементах архивов.

Исследования выполнены при финансовой поддержке РФФИ в рамках проекта №19-29-05238 «Почвы как архивы пирогенных событий: климатические сигналы, этапы почвообразования, циклы углерода».

УДК 634.0.114:581.526

## **ПОЖАРЫ И РЕКРЕАЦИЯ В СУХИХ СОСНОВЫХ ЛЕСАХ**

**Надпорожская М.А., Мирин Д.М., Рюмин А.Г., Якконен К.Л., Трунова Е.О.**

Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург  
E-mail: m.nadporozhskaya@spbu.ru

Характерный фактор функционирования сухих сосновых лесов – пожары: 1–3 низовых пожара за поколение соснового древостоя были естественной нормой. В последние годы лесные пожары случаются чаще, причина этому человек. Другим актуальным критическим фактором функционирования сухих сосняков становится возрастающая рекреация. Влияние бездорожной рекреации на почвы до сих пор мало изучено. Особенно сильно влияние лесных пожаров и рекреации выражено в пригородных лесах мегаполисов. Изменение почв и растительности под прогрессирующим влиянием лесных пожаров и рекреации в сухих сосновых лесах как наиболее привлекательных мест отдыха горожан не изучено.

Пробные площади заложены в сухих сосновых лесах Ленинградской области на подбурях и подзолах (районы: Курортный, Лодейнопольский, Ломоносовский, Лужский, Приозерский). Определяли: таксационные характеристики древостоя, видовое разнообразие живого напочвенного покрова, давность и вид лесного пожара, запасы органического вещества почв, морфологические и общие физико-химические характеристики почв. Лесные подстилки отбирали по подгоризонтам (L, F, H) в пяти точках около базовых разрезов рамкой 25x25 см. Отбор проб из минеральных генетических горизонтов проводили в пятикратной повторности из базового разреза. Результаты частично опубликованы.

Давность сплошных пожаров в изученных сосновых лесах варьировала от 60 до 140 лет. Низовые пожары проходили локально, датированы по видовому составу живого напочвенного покрова и толщине годовых колец сосен. После выгорания лесных подстилок запасы углерода в почвах сосредотачиваются в минеральных части

профиля почв. Отмечены уменьшение содержания водорастворимых соединений и сохранение гидрофобности поверхностных горизонтах подзолов в течение более 10 лет после низовых пожаров. По нашим и литературным данным древесные угли сохраняются в почве столетиями, в связи с чем предложено ввести термин «постпирогенный» в название почв. По нашим наблюдениям на второй стадии рекреационной дигрессии сухого соснового леса запас органического вещества (ОВ) в лесных подстилках не отличается достоверно от фонового. При этом лесные подстилки рекреации уплотнены, изменяются их структура и распределение корней по подгоризонтам подстилок. В 2–3 раза возрастает зольность подстилок, выщелачиваются основания, сокращается содержание валового азота. Рекреационные леса интенсивного использования в Ленинградской области следует отделять в особую категорию, формировать там куртинно-полянную структуру насаждений по правилам урболесоводства, наблюдать изменения биогеоценозов для рационального природопользования так же, как это было предложено для пригородных лесов Московской области. Возможно, для сухих сосновых лесов в качестве критической стадии рекреационной дигрессии следует установить вторую стадию, а не третью как это принято для лесов рекреационных зон в целом. Для уточнения стадий рекреационной дигрессии, в частности, предложено применять преимущества названий почв в соответствии с концепцией форм гумуса. Такой подход признан в целом перспективным для развития базовой почвенной классификации в России. Почвы сухих сосновых лесов, по Классификации почв России вне зависимости от стадии дигрессии: подбур оподзоленный супесчаный. В терминах классификации форм гумуса такие изменения будут отражены: в контроле подбур оподзоленный сухой грубогумусный; 2 стадия дигрессии: подбур оподзоленный сухой малогумусный. Разработку можно использовать для крупномасштабного картирования почв в целях мониторинга рекреации пригородных лесов.

УДК 631.42

### **ИЗМЕНЕНИЕ СВОЙСТВ ПОЧВ НА РАЗЛИЧНЫХ ЛИТОГЕННЫХ МАТРИЦАХ ПРИ ПОСТАГРОГЕННОЙ САМОВОССТАНОВИТЕЛЬНОЙ СУКЦЕССИИ В УСЛОВИЯХ БОРЕАЛЬНОГО ПОЯСА**

**Наквасина Н.Н., Волков А.Г., Парина Т.А.**

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

E-mail: nakvasina@yandex.ru

Изучены более 120 залежей различного возраста (до 130 лет) в 6 административных районах Архангельской области, расположенные

на зональных (подзолистых), аazonальных (окарбонатенных), интразональных (пойменных) почвах на различной литогенной основе (силькатная морена, карбонатная морена и известняки, аллювиальные отложения).

В условиях Бореального пояса пахотное состояние залежных почв сохраняет свои морфологические и метаболические признаки в течение первого столетия самовосстановительной сукцессии. Независимо от генезиса литогенной основы почвообразования характер самовосстановления почв пашен в условиях Бореального пояса имеет общие черты, и в то же время, особенности дифференциации. Агрохимические показатели старопахотного горизонта почв изменяются в зависимости от степени агрогенной турбированности, литогенной основы и формирующегося ценоза, который на моренных отложениях представлен лесными экосистемами, на аллювиальных отложениях – вторичными лугами и ивовыми зарослями. Специализация особенностей проявляется в изменениях физико-химических свойств, связанных с доагрогенным и агрогенным состоянием пахотного горизонта, а также с промежуточным использованием залежи после отчуждения.

У зональных подзолистых почв, освоенных под пашни из-под леса, и при постагрогенной сукцессии зарастающих лесными породами разного состава, достаточно быстро, в течение 20 лет отчуждения из-под активного сельскохозяйственного пользования, происходит уплотнение почв и возрастает кислотность, не смотря на то что в почве пахотного горизонта сохраняются достаточно высокие показатели содержания гумуса. В течение 50–60 лет приводит возврат кислотно-щелочного баланса и состояния почвенно-поглощающего комплекса до уровня зональных аналогов.

Лучшие в регионе пойменные почвы, исторически широко используемые в сельском хозяйстве, в настоящее время имеют сниженное плодородие (выпаханность) в силу сокращения мелиоративных мероприятий. При переходе в залежное состояние, происходит проградация свойств как за счет разрастания богатой травянистой растительности с большими запасами фитомассы, так и за счет поемных процессов. В то же время, закономерно стабилизируется плотность сложения, идет накопление гумуса до 2.8–3.1%, происходит некоторое снижение кислотности (с pH 6.2 до pH 5.3), достигая уровня природных автоморфных аналогов. Сохраняется необычно высокий уровень фосфатов (в 3 раза выше природных пойменных почв), высокое или близкое к природным аналогам содержание подвижного калия. Даже на фоне нарушенной мелиоративной сети они долгое время сохраняют высокое природное плодородие и могут быть введены в сельскохозяйственное пользование.

Окарбонатенные почвы, распространенные в регионе в зоне переложения карбонатных пород (Каргопольская сушь), отличаются

в процессе залежной сукцессии от зональных и интразональных аналогов, так как исходно обладают практически несовместимыми свойствами: высокими гумусностью и значениями рН при наличии оподзоленности на фоне тяжелого гранулометрического состава. Через 20 лет залежного состояния происходит уплотнение пахотного горизонта (до 1.6–1.7 г/см<sup>3</sup>), через 40 лет (при зарастании лесными породами) начинается подкисление, снижается содержание подвижных форм фосфора и калия. Но в то же время гумусное состояние поддерживается длительное время (до 130 лет) на уровне среднего по региону (3.1%), степень насыщенности основаниями достигает 96–99%, что значительно выше, чем у зональных подзолистых почв. Это позволяет считать их высокоплодородными окультуренными постагрогенными почвами, которые будут оказывать особое воздействие на структуру и метаболизм экосистем, в том числе углеродный баланс.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ и Правительства Архангельской области (РФФИ-север) в рамках научного проекта № 17-44-290111 «Сукцессии постагрогенеза в условиях различных литогенных матриц Бореальной зоны».

УДК 634.0.114

## **ТРАНСФОРМАЦИЯ ПЛОДОРОДИЯ ПОЧВ ЗАЛЕЖЕЙ ЛЕСОСТЕПНОЙ ЗОНЫ КРАСНОЯРСКОГО КРАЯ**

**Сорокина О.А.**

Красноярский государственный аграрный университет, Красноярск  
E-mail: geos0412@mail.ru

В годы интенсивного забрасывания пашни и перевода ее в залежное состояние были поставлены очень острые дискуссионные вопросы о том, оправдана ли стихийная консервация земель, достигнем ли мы за ее счет стабильного улучшения экологической обстановки и предотвращения деградации почв. В настоящее время эти вопросы приобрели еще большую научную, правовую и социальную остроту, так как площади залежных земель остаются значительными, сукцессионные смены растительности разноплановые в зависимости от почвенно-климатических условий и предшествующей культуры земледелия, нет единых требований и критериев учета и оценки трансформации их плодородия.

Нами проводится мониторинг плодородия постагрогенных почв старовозрастных залежей трех природных округов лесостепной зоны Красноярского края. Установлено повсеместное интенсивное зарастание залежей лесом различного видового состава. Работы проводятся сравнительно-географическим методом в сопоставляемых парах «чистая залежь – возобновившийся лес», расположенных в идентичных условиях почвообразования. В зоне исследований смешиваются

флористические элементы пограничных территорий, проявляется более существенное эдификаторное влияние дендроценоза на напочвенный травяной покров. Большинство видов трав на залежах, зарастающих лесом, относятся к луговым (50–53%). Постагрогенные серые почвы старовозрастных залежей зарастают, преимущественно, сосновым лесом (древостой 10С, 9С1Б), а на черноземах оподзоленных и выщелоченных возобновляется смешанный или лиственный лес (древостой 7БЗС, 10Б). На серой почве залежи, зарастающей сосновым лесом, формируется лесная подстилка с хорошо выраженным грибным мицелием, сросшимся с минеральной частью верхнего слоя, Запасы подстилки колеблются от 9.5 до 18.3 т/га при их высоком пространственном варьировании. Коэффициент вариации (Cv) составляет от 31 до 36%. В сравнении с чистой залежью под восстанавливаемым сосновым лесом фиксируется подкисление серых почв по величине обменной и гидролитической кислотности (с 3.8 до 4.4 ммоль/100 г почвы). В серогумусовом горизонте небольшой мощности повышается содержание гумуса (с 3.4 до 4.1%) и незначительно уменьшается степень насыщенности основаниями. Процессы нитрификации здесь резко ослаблены. Под влиянием лиственного березового леса активизируются процессы биогенной аккумуляции, усиливается нитрификационная способность почв и не происходит их подкисление. Получены существенные статистические различия по содержанию элементов минерального питания в слоях почвы 0–10 и 10–20 см. в сторону их оптимизации при зарастании залежей лиственным и смешанным лесом. Отмечено очень слабое пространственное варьирование величины актуальной, обменной кислотности и степени насыщенности основаниями. Наиболее варьирующими в пространстве показателями является гидролитическая кислотность (Cv 28–36%) и аммонийный азот (Cv 41–66%). При зарастании залежей лесом глыбистая фракция существенно уменьшается и увеличивается содержание агрономически ценных агрегатов. Усиливается ореховатость структуры. Улучшение структурного состава почв за счет прижизненного влияния корневой системы молодого леса и бурно развивающейся травянистой растительности под его пологом статистически подтверждается.

Постагрогенные почвы залежей лесостепной зоны Красноярского края при восстановлении на них соснового, смешанного и лиственного леса не испытывают деградирующего воздействия, отличаются стабильностью или улучшением плодородия. Формирующиеся природно-антропогенные экосистемы возможно повторно вовлекать в сельскохозяйственное использование, а также оставлять их как компоненты повышения экологической устойчивости агроландшафта.

УДК 631.42.05

## **ВЛИЯНИЕ ПОЖАРОВ НА СВОЙСТВА ПОДЗОЛОВ ИЛЛЮВИАЛЬНО-ЖЕЛЕЗИСТЫХ РЕСПУБЛИКИ КОМИ И КРАСНОЯРСКОГО КРАЯ**

**Старцев В.В.<sup>1</sup>, Жангуров Е.В.<sup>1</sup>, Кутявин И.Н.<sup>1</sup>,  
Прокушкин А.С.<sup>2</sup>, Дымов А.А.<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Институт биологии ФИЦ Коми НЦ УрО РАН, Сыктывкар  
E-mail: vik.startsev@gmail.com

<sup>2</sup> Институт леса им. В.Н. Сукачева СО РАН, Красноярск

Пожары – один из основных факторов, изменяющий лесные экосистемы и регулирующий формирование новых послепожарных биогеоценозов. В зависимости от интенсивности и типа пожаров происходят изменения густоты и продуктивности древостоев, наблюдается смена доминантов верхнего и подчиненных ярусов растительного покрова. Выявлено, что в первую очередь пожары способствуют изменению морфологического строения и кислотности лесных почв. Цель работы – оценка влияния пирогенного фактора на морфологические и химические свойства подзолов в постпирогенных сосняках.

Был исследован широкий ряд подзолов иллювиально-железистых, формирующихся на территории Республики Коми (территория Печоро-Илычского заповедника) и Красноярского Края (на базе международной обсерватории ЗОТТО, п. Зотино). В работе представлены данные по 8 разрезам, заложенным в сосняках лишайниковых, пройденных пожарами в разные годы: условно-фоновый участок, 1, 23, 46, 70, 90, 107 и 132 года назад.

Показано, что основные морфологические изменения в почвах, испытавших пирогенное воздействие, заключаются в выгорании верхнего органогенного горизонта, крупных древесных остатков, корневого детрита. На условно-фоновом участке мощность подстилки составляла  $5.7 \pm 1.2$  см, что наиболее близко к участку 132-летнего пожара ( $5.3 \pm 0.6$ ). На участке, пройденном огнем год назад, мощность органогенного горизонта была минимальна –  $2.3 \pm 1.5$  см. На участках более поздних пожаров при дальнейшем постпирогенном восстановлении растительности мощность подстилок возрастала. Максимально высокие значения мощности подстилок были выявлены для почв участков 70, 90 и 107 лет после пожара (от  $7.3 \pm 1.5$  до  $10.7 \pm 1.5$  см). Важным аналитическим показателем влияния пожаров является влажность органогенных горизонтов почв. Для почв в первые годы после пожара выявлена минимальная влажность подстилок 27% (1 год), 22% (23 года), что обусловлено трансформацией остаточного органического материала на поверхности почвы. Влажность подстилок на пирогенных участках более позднего возраста варьировала от 98–99% (46 и 132 года), 118–119% (70 и 107

лет) до 152% (90 лет). Пирогенные морфологические признаки прослеживаются не только в органогенных, но и в верхних минеральных горизонтах почв, в которых важную диагностическую роль играют углистые включения. Условно-фоновый участок отличается отсутствием углей в подстилке и верхнем подзолистом горизонте. Наличие хорошо диагностируемых углистых включений в подстилках и подзолистых горизонтах выявлено во всех исследуемых постпирогенных почвах, которые сохраняются продолжительное время после пожара даже спустя 132 года. По химическим показателям выявлено, что наименее кислой является почва участка однолетней гари, в которой рН варьировал 4.7–5.8 в результате поступления в почву зольных элементов и сокращения потока органических кислот. По мере восстановления растительности показатели кислотности почв пирогенных участков приближаются к сильно- и среднекислым значениям. По степени насыщенности основаниями выявлено уменьшение обменных катионов в постпирогенных почвах по сравнению с условно-фоновым участком. Содержание обменных оснований в органогенном горизонте в 1.4–5.5, а в пирогенном подзолистом горизонте в 1.4–3.1 раза меньше, чем в аналогичных горизонтах почвы условного-фонового участка.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 19-29-05111 мк.

УДК 631.48

### **«ЯЗВЫ» ЭНДОГЕНЕЗА В ПОЧВЕННОМ ПОКРОВЕ ТЕКТОНИЧЕСКИ АКТИВНЫХ РАЗЛОМНЫХ ЗОН БАЙКАЛЬСКОГО РИФТА**

**Убугунов В.Л.<sup>1</sup>, Убугунова В.И.<sup>1</sup>, Хитров Н.Б.<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Институт общей и экспериментальной биологии СО РАН, Улан-Удэ  
E-mail: ubugunovv@mail.ru

<sup>2</sup> Почвенный институт им. В.В. Докучаева, Москва  
E-mail: khitrovn@gmail.com

В тектонически активных зонах Байкальского рифта (БР) имеет место газогидротермальная разгрузка флюидов, восходящих к поверхности по сети разломов земной коры. Нередко они в виде пульпы увлекают за собой минеральную массу, выталкивая ее на поверхность. Такое явление широко известно как грязевой вулканизм. Извергающаяся «грязевая» пульпа приводит к локальной геоморфологической катастрофе, поскольку перекрывает исходный почвенный покров и уничтожает растительность.

В последние годы геологическими исследованиями БР были выявлены действующие грязевые вулканы на дне оз. Байкал. При изучении почвенного покрова в северной части Баргузинской кот-

ловины – одной из крупнейших суходольных впадин рифта, нами также были обнаружены грязевулканические постройки в виде бугров и валов, которые, не имеют типичного излияния грязевых масс, но образованы диапирами, эндогенного происхождения, возникшими в разломной зоне вследствие выхода газов и гидротерм. Сами по себе постройки являются точечными, редко превышающими в диаметре 50 м, или линейными (в виде валов, гряд) объектами, поэтому сами по себе не могут приводить к площадным катастрофическим последствиям для почвенного покрова. Однако процесс эндогенного выдавливания вещества на поверхность в той или иной степени имеет распространение на территории около 50 км<sup>2</sup>. Местами, в частности в районе выхода Кучигерских гидротермальных источников, где было проведено детальное обследование, на площади около 80 га, почвы в принятом их понимании отсутствовали, либо находились в зачаточном состоянии, в редких случаях достигая уровня отдела органогенных почв.

Развитию почв здесь препятствует эндогенное выталкивание подстилающих грунтов на поверхность и в приповерхностные слои в виде открытых и закрытых диапиров. В зависимости от активности развития диапиров в профилях вскрытых разрезов отмечали турбации, приводящих к разрывам исходных слоев, фрагментации их на отдельные морфоны или частичной гомогенизации. В открытых диапирах, кроме того, происходит периодическое перекрытие окружающих почв материалом подстилающих грунтов с нарушением хронологического порядка аккумуляции отложений, характерного экзогенной седиментации.

В почвоподобных телах или слабо развитых почвах на изученном участке также повсеместно отмечали наличие слоев или морфонов темной вплоть до черной окраски, в разной степени насыщенных нефтебитумами.

В местах скрытой (подпочвенной) разгрузки грифонов фиксировали замкнутые или слабопроточные заболоченные просадки, внешне напоминающие вогнутые термокарстовые понижения. Количество диапиров в них резко возрастает, а внешне последние выглядят как обычные болотные кочки, но, чаще всего имеют минеральный или органо-минеральный состав и линейную пространственную упорядоченность. Подпочвенная разгрузка гидротерм ведет к локальному подъему уровня грунтовых вод, аккумуляции повышенных или аномальных концентраций некоторых элементов и растворимых солей в верхних горизонтах, особенно по периферии просадок.

Таким образом, своеобразные проявления грязевого вулканизма в Байкальском рифте, выраженные в эндогенном изменении геоморфологии поверхности на уровне нано- и микрорельефа, широко распространенные инъективные диапиры, вызывающие турбации и нарушающие почвенную слоистость, переотложение подстилающих

пород на поверхности, развитие горизонтов и морфонов, импрегнированных нефтебитумами, накопление больших количеств растворимых солей и прочие аспекты геодинамики в зоне гипергенеза препятствуют образованию почв и ведут к образованию «язв» эндогенеза в почвенном покрове тектонически активных разломных зон БР.

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

УДК 631.41

## **СОСТАВ И СВОЙСТВА ПИРОГЕННО-ТРАНСФОРМИРОВАННЫХ МЕРЗЛОТНЫХ ПОЧВ ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЯКУТИИ**

**Чевычелов А.П., Алексеев А.А.**

Институт биологических проблем криолитозоны СО РАН, Якутск  
E-mail: chev.soil@list.ru

Сильные низовые лесные пожары в криолитозоне оказывают значительное влияние на мерзлотные почвы, существенно изменяя их почвенный климат и гидрологические характеристики. При этом, при уничтожении огнем напочвенного растительного покрова происходит повышение температуры почв, увеличение мощности их сезонно-талого слоя в 1.5–2.0 раза и, как следствие повышение влажности почв гарей особенно в надмерзлотных почвенных горизонтах в связи с вытаиванием влаги, ранее законсервированной в форме сегрегационного льда. Существенное изменение климата и геокриологических характеристик криогенных почв в свою очередь приводит к значительной активизации геоморфологических процессов (термоэрозия, солифлюкция, поверхностный смыв и др.) в мерзлотных ландшафтах. При этом наступает перерыв в почвообразовании, которое впоследствии продолжается на новом чехле «свежих» делювиальных отложений, смытых с поверхности водоразделов и покрывающих частично и полностью срезанные поверхностные гумусовые горизонты первичных почв.

Таким образом, здесь в трансаккумулятивных фациях ландшафтов формируются почвы с полициклическим профилем, содержащие помимо современного, 2–3 погребенных гумусовых горизонта с обильным включением черных древесных углей. Последнее указывает на то, что за период своего развития данные почвы прошли 2–3 цикла начального почвообразования. Данные погребенные пирогенные гумусовые горизонты, отмечаемые в морфологическом строении исследуемых почв, характеризуются повышенным содержанием гумуса и азота, валового и оксалаторастворимого Fe, обменных оснований Ca<sup>2+</sup> и Mg<sup>2+</sup>, а также фракций крупной пыли, физической глины и ила по сравнению со смежными минеральными горизонтами почвенного

профиля. При пирогенном воздействии в этих горизонтах происходит изменение типа гумуса, обусловленное накоплением здесь ГК 1 и ГК 2. Радиоуглеродный возраст нижнего погребенного гумусового горизонта бурозема типичного постпирогенного на серии погребенных буроземов постпирогенных составляет  $2075 \pm 160$  лет. Это свидетельствует о том, что за это время почва прошла три цикла почвообразования со средней частотой в 400 лет. Для установления тесноты связи между гумусом и другими компонентами, содержание которых увеличивается в исследуемых почвах, был проведен корреляционный анализ ( $n = 8$ ,  $P = 0.95$ ). При этом были получены следующие результаты: гумус – Нобщ  $r = 0.97$ ; гумус – Fe вал  $r = 0.73$ ; гумус – Fe по Тамму  $r = 0.81$ ; гумус – крупная пыль  $r = 0.67$ ; гумус – физическая глина  $r = 0.63$ ; гумус – ил  $r = 0.68$ .

Таким образом, полученные значения коэффициентов корреляции существенные. Расширение и углубление наших представлений о генезисе данных полициклических почв со сложным строением профиля приводит к необходимости внедрения в практику полевых и лабораторных работ новых и эффективных методов исследования. В этом плане в последнее время мы начали практиковать наряду с изучением традиционных почвенных физических и химических свойств, также определять и магнитную восприимчивость почв. Использование данного показателя в совокупности с другими позволяет надежно идентифицировать как наличие погребенных пирогенных гумусовых горизонтов, так и в целом многочленность почвенных профилей исследуемых почв. При изучении удельной магнитной восприимчивости (УМВ) псаммозема гумусового постпирогенного на серии погребенных серо-гумусовых постпирогенных почв и палевой типичной почве ( $n = 10$ ,  $P = 0.95$ ), были установлены сильная корреляционная зависимость между УМВ и содержанием гумуса ( $r = 0.88$ ), а также связи меньшей силы для обменного  $\text{Ca}^{2+}$  ( $r = 0.54$ ) и суммы обменных оснований ( $r = 0.47$ ).

УДК 631.48

## **РЕАКЦИЯ ПОЧВ НА ВОЗДЕЙСТВИЕ ПОЖАРОВ В ГОРНО-ЛЕСОСТЕПНЫХ СОСНОВЫХ ЛЕСАХ ЗАПАДНОГО ЗАБАЙКАЛЬЯ**

**Шахматова Е.Ю.**

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

Влияние пирогенного фактора на почвы различных природных зон и их трансформации представлены в работах многих исследователей. Это связано с масштабным воздействием пожаров и разнообразными последствиями, возникающими от высоких температур

и получающими значительное отражение в профиле и свойствах почв. В Западном Забайкалье – регионе с засушливым климатом, значительные площади горно-лесостепных ландшафтов подвергаются активному влиянию пирогенеза. Ранее в почвах остепненных сосновых лесов региона выявлены пирогенные признаки, появляющиеся в результате низовых пожаров, показана степень и длительность проявления пирогенности в почвах.

Цель данных исследований – выявление особенностей реакции почв на воздействие низовых пожаров различной интенсивности.

Исследования проводились в сосновых лесах северных отрогов хребта Цаган-Дабан, в бассейне р. Воронка. Климат территории резко континентальный. Средние годовые температуры воздуха колеблются от  $-4.2$  до  $-5$  °С. Среднегодовое количество осадков составляет 250 мм в год. Весна и начало лета отличаются высокой сухостью воздуха и почвы, незначительными осадками и сильными ветрами. Относительная влажность воздуха в это время не превышает 30–40%, а в отдельные дни – 10%.

На исследованной территории не выявлены участки леса, которые ранее не испытывали на себе воздействие пирогенного фактора. На разновозрастных гарях были заложены пробные площади, где определялись интенсивность и давность пожаров, измерялись мощность и запасы подстилки, определялась водопроницаемость почв, закладывались почвенные разрезы. Изучалась морфология почв, их физические и химические свойства. Субмикроморфологические исследования почв выполнены с применением сканирующего электронного микроскопа Hitachi TM 1000. В почвенном покрове территории представлены дерново-подбуры, серогумусовые, псаммоземы и почвы с полициклическими профилями.

Согласно проведенным исследованиям, пирогенные признаки, являющиеся продуктами прошлых пожаров, проявляются в морфологических, физических и химических свойствах почв. Выявлено, что каждый из признаков встречается с неодинаковой частотой и все их многообразие можно условно разделить на 2 основные группы: ответы и следы. Каждой из групп присущ определенный уровень устойчивости в почве. На свежих гарях выявлены обе группы признаков. На старых гарях, в связи с угасанием ответов, пирогенные признаки сохраняются в почвах в виде следов и остатков, которые хорошо диагностируются на разных морфологических уровнях.

Пирогенные следы (или остатки) сохраняются в почвах очень длительное время. Примерами слепожарных следов являются включения углистых частиц и скопление сажи в пирогенных органических и грубогумусовых горизонтах ( $O_{pir}$ ,  $A_{Ypir}$ ,  $W_{pir}$ ), а в случае катастрофических пожаров на склонах – в пирогенных морфонах и погребенных органических горизонтах [ $A_{Ypir}$ ] полициклических почв. Древесные угли в профилях исследованных почв обнаружены

на различных глубинах, что связано с их поверхностным или внутрисочвенным переносом. Субмикроморфологическим методом выявлена хорошая устойчивость их структуры в погребенных гумусовых горизонтах полициклических почв.

В отличие от следов, пирогенный ответ – это реакция (или отклик) почвы на действие пожара, выражающая отношение к его воздействию через изменение ряда ее свойств (физических, химических и др.). Ранее показаны уровни ее проявления, выявленные при оценке постпирогенной динамики физико-химических свойств дерново-подбуров. В результате недавних пожаров высокой интенсивности на поверхности микроагрегатов в дерново-подбурях и псаммоземах образуются трещины и появляются сферические магнитные частицы, установленные субмикроморфологическими исследованиями.

Если рассматривать реакцию почв с позиций устойчивости, то, согласно нашим исследованиям, эта группа признаков, в целом, характеризуется нестабильностью. Самый длительный период ее проявления наблюдался в свойствах серогумусовых почв, отличающихся от других типов более тяжелым гранулометрическим составом, а также почв с полициклическими профилями, сформированными на склонах в результате слепожарного сноса мелкозема.

## Симпозиум 5

### Почвообразование – взгляд из прошлого в будущее

Руководители:

чл.-корр. РАН А.О. Алексеев, д.б.н. А.В. Борисов, к.б.н. П.И. Калинин

---

УДК 631.48; 551.89

#### **РЕТРОСПЕКТИВНЫЙ АНАЛИЗ ИЗМЕНЕНИЙ ПОЧВ И ЭКОСИСТЕМ СТЕПНОЙ ЗОНЫ ЕВРОПЕЙСКОЙ ЧАСТИ РОССИИ В УСЛОВИЯХ ГЛОБАЛЬНЫХ ИЗМЕНЕНИЙ КЛИМАТА**

**Алексеев А.О., Калинин П.И., Алексеева Т.В., Митенко Г.В.**

Институт физико-химических и биологических проблем почвоведения РАН,  
Пушино  
E-mail: [alekseev@pbcras.ru](mailto:alekseev@pbcras.ru)

Проблема устойчивости биосферы в эпоху прогрессивно развивающегося глобального экологического кризиса является одной из острых проблем человечества. Без анализа роли естественного тренда изменения климата и его воздействия на ландшафтную оболочку Земли невозможен прогноз долгосрочных последствий геоэкологических изменений и выработка адекватной стратегии поведения в условиях ускоряющегося развития экологического кризиса. Наиболее надежным носителем информации о палеоклимате и палеоэкологии в целом являются палеопочвы.

Обобщены результаты исследования закономерностей развития почв и природной среды степной зоны Восточно-Европейской равнины, в различные культурно-хронологические этапы бронзового, железного веков и средневековья (III тыс. до н.э. – II тыс. н.э.) на основе исследований погребальных археологических памятников (курганов). Основные объекты исследований приурочены к различным геоморфологическим областям Нижнего Поволжья и Прикаспийской низменности. В почвенно-географическом отношении регион охватывает сухостепную и пустынно-степную зоны соответственно с темно-каштановыми и каштановыми, светло-каштановыми и бурыми полупустынными почвами. Для проведения количественных реконструкций (палеоосадки, палеотемпература, аридность климата)

использованы независимые методы, отражающие состояние твердой фазы почв (магнитный, минералогический, геохимический метод, изотопная геохимия).

С целью получения количественных функциональных зависимостей свойств минеральных и органических компонентов современных почв степной зоны юго-востока Русской равнины с климатическими параметрами (осадки, температура, аридность) проведены исследования современных почв в пределах трансекты «Воронеж – Волгоград – Астрахань – Элиста – Воронеж» протяженностью более 1500 км охватывающей различные природно-климатические зоны. Полученный инструментарий почвенных эмпирических климатических зависимостей важен не только для задач палеопочвоведения и количественных палеореконструкций климата, но во многом приближает к пониманию процессов почвообразования и развитию факторной теории почвообразования, исследованию элементарных процессов почвообразования. Статистическая обработка собранного для современных почв степной зоны данных продемонстрировала связь почвенных параметров (прирост магнитной восприимчивости в почвенном профиле; содержание органического вещества и качественные характеристики органического вещества, геохимические индексы выветривания) с индексом аридности. Базируясь на полученных эмпирических зависимостях проведены расчёты гидротермического показателя индекса аридности по свойствам палеопочв региона и по результатам ГИС моделирования оценены количественно сдвиги границ климатических зон на протяжении позднего голоцена на юге Восточно-Европейской равнины. На основании полученных данных возможно детализировать палеоэкологическую периодизацию позднего голоцена для степной и лесостепной зон Восточной Европы с определением кризисных и оптимальных условий среды обитания, ресурсной базы степей. Полученные палеоклиматические параметры могут быть использованы для создания сценариев будущих изменений семиаридных степных экосистем юга России.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научных проектов №№ 18-04-00800; 19-29-05178.

УДК 631.4

## **ПОЧВООБРАЗОВАНИЕ В ДЕВОНЕ И КАРБОНЕ НА ТЕРРИТОРИИ СЕВЕРНОЙ ЕВРАЗИИ**

**Алексеева Т.В.**

Институт физико-химических и биологических проблем почвоведения, Пушкино  
E-mail: alekseeva@issp.serpukhov.su

Как важнейшие компоненты гео-биосферы, палеопочвы являются первостепенными свидетельствами континентальных обстановок на

Земле начиная с раннего фанерозоя. Взрывное освоение суши растениями в девоне и появление корнеобитаемых почв являются одними из глобальных этапов в развитии биосферы. Значимость палеопочвенных объектов обусловлена и тем, что лишь ~ 10% геологического времени напрямую зафиксировано в осадочной летописи, в то время как основная ее часть скрыта из-за перерывов в осадконакоплении, субаэральных преобразований осадков, а также эрозии. Континентальные этапы, сохраняющие наиболее достоверную информацию о палеоклимате и палеоэкологии поверхности нашей планеты, в разной степени «заархивированы» в палеопочвах. При всей обозначенной важности, потенциал палеопочвоведения как свидетеля истории и эволюции дочетвертичной биосферы Земли на настоящий момент во многом остается нереализованным. Сведения о находках дочетвертичных палеопочв на территории Земли фрагментарны, отсутствуют карты почвенного покрова древних континентов. Несмотря на обширную информацию по флоре, сведения о находках палеопочв в разрезах девона Центрального Девонского Поля до недавнего времени отсутствовали. Отложения карбона на территории Подмосковского осадочного бассейна представлены преимущественно осадками мелкого эпиконтинентального морского бассейна. Эта геологическая запись имеет множественные перерывы, отражающие регрессивно-трансгрессивные циклы. Субаэральные поверхности в отложениях карбона описываются в литературе, начиная с первой половины XX в. Вместе с тем до недавнего времени они не рассматривались в качестве объектов (палео)почвоведения.

В данной работе приводятся результаты комплексного изучения палеопочв среднего/верхнего девона, обнаруженных в карьерах Воронежской, Белгородской и Курской областей. Палеопочвы карбона изучены в 12 карьерах на территории Московской, Тульской, Калужской и Рязанской областей. Показано, что длительный этап континентального развития изученной территории в девоне объясняет формирование здесь сложных педокомплексов, состоящих из 4 и более палеопочв. В отложениях карбона Подмосковского осадочного бассейна палеопочвы в основном маркируют эвстатические несогласия. Почвенный покров карбона на обозначенной территории характеризовался стратиграфической и латеральной (за малым исключением) неоднородностью. Анализ составленных карт – схем находок палеопочв девона и карбона на территории Лавруссии и Пангеи показал, что в девоне и нижнем карбоне большинство из них принадлежало к аazonальному и интразональному рядам. Преобладали палеопочвы гумидного ряда. В среднем и верхнем карбоне развитие получают зональные палеопочвы, в т.ч. палыгорскитовые кальцисоли семи-аридного – аридного рядов.

В позднем палеозое почвенный покров Лавруссии развивался в сторону увеличения разнообразия почв за счет роста числа ти-

пов зональных почв, что отражает изменения в природной, в т.ч. климатической зональности Земли, рост ее контрастности. Количественные реконструкции климата, базирующиеся на химическом составе палеопочв, показали, что среднем и позднем девоне на обозначенной территории преобладал теплый и влажный климат (осадки 900–1200 мм/год). В раннем карбоне величина атмосферных осадков колебалась в широких пределах (340–1250 мм/год). В среднем и позднем карбоне величина атмосферных осадков снижается до 240–700 мм/год. Сделан вывод о сезонности климата в карбоне. Показано, что аридизация климата в карбоне, обусловленная наступлением III эпизода оледенения, со-проводжалась сменой растительного покрова.

УДК 631.48:930.26

## **ИСТОРИЯ СОЛОНЦОВОГО ПРОЦЕССА В ПОЧВАХ ПУСТЫННЫХ СТЕПЕЙ ЮГО-ВОСТОКА РУССКОЙ РАВНИНЫ**

**Борисов А.В.**

Институт физико-химических и биологических проблем почвоведения РАН,  
Пушино  
E-mail: a.v.borisovv@gmail.com

Результаты исследования подкурганых погребенных и современных почв на территории Ергенинской возвышенности позволили реконструировать историю развития солонцового процесса за последние 5000 лет и оценить вклад антропогенной деятельности в формирование современного почвенного покрова региона.

Объектами исследования послужили палеопочвы, погребенные под курганами эпохи бронзы и средневековья, а также современные фоновые светло-каштановые почвы и солонцы, развивающиеся в условиях разной интенсивности пастбищной нагрузки на лёссовидных суглинках и опесчаненных породах Ергенинской свиты. В силу значительного диагенетического засоления погребенных почв в качестве диагностических критериев наличия солонцового процесса рассматривали только морфологические признаки – наличие призматической структуры в горизонте В1 с выраженным превышением вертикального размера призм над горизонтальным, наличие органо-глинистых кутан, осветление и листовато-слоистую структуру в горизонте А1.

Установлено, что в палеопочвах, погребенных в эпоху энеолита и ранней бронзы (4200–2800 лет до н.э.) солонцовый процесс морфологически на макроуровне не проявлялся. Обогащение илом горизонта В1 относительно гор. А1 не превышало 20–30%.

Возникновение солонцового процесса пришлось на период 2800–2700 лет до н.э. После этого солонцовый процесс в почвах региона развивался весьма активно, охватив за очень короткий период

времени (судя по радиоуглеродным данным – менее чем за 100 лет) почвы на породах разного генезиса и гранулометрического состава. Весьма показательно, что на легкосуглинистых отложениях к этому моменту светло-каштановые почвы полностью исчезли из почвенного покрова и были замещены солонцами. На более тяжелых отложениях сформировались комплексы с участием солонцов и светло-каштановых солонцеватых почв.

Следует отметить, что в 28–27 вв. до н.э. в пределах пустынно-стеной зоны юго-востока Русской равнины происходит ряд значимых природных и социально-культурных событий: начинается длительный период аридизации, одной из форм проявлений которой является снижением нормы осадков в зимний период. Это обеспечило благоприятные условия для зимнего выпаса скота, что обусловило приток населения в пустынную степь из соседних регионов, и, как следствие, усиление антропогенного прессинга на почвы и экосистемы региона. По мере усиления аридизации возросла мобильность населения; в составе стада увеличилась доля мелкого рогатого скота, менее требовательного к качеству корма, но способного вызывать резкую деградацию пастбищ. Именно в этот период в почвенном покрове появляются солонцы. Их участие в структуре почвенного покрова было различным на разных элементах рельефа: на низких террасах солонцы доминировали, а светло-каштановые почвы также несли признаки солонцового процесса. Но уже на более высокой террасе в этот период доля солонцов не превышала 25–30%, а в светло-каштановых почвах солонцовый процесс не проявлялся на макроуровне. Еще менее выраженные признаки солонцового процесса отмечены в погребенных почвах водораздельного участка.

Для всех погребенных почвенных комплексов на уровне тенденции можно говорить о приуроченности солонцов к микропонижениям, происхождение которых, можно рассматривать как последствия выпаса скота в древности. Полная аналогия такого рода взаимосвязи форм рельефа и почв можно наблюдать вблизи современных овцеводческих ферм. Пик интенсивности солонцового процесса пришелся на конец III тыс. до н.э. В почвах, погребенных 2100–2000 лет до н.э. все морфологические признаки солонцового процесса и текстурная дифференциация были выражены наиболее ярко. Но в этот же период начинается деградация солонцовых признаков. Не исключено, что причиной этого может быть эоловое поступление солей, что могло приводить к затуханию солонцового процесса. Так или иначе, на рубеже III–II тыс. до н.э. и в первые века II тыс. до н.э. солонцы исчезают из почвенного покрова пустынных степей и появляются вновь уже в период 1700–1800 лет до н.э.

Исследования выполнены при финансовой поддержке РФФИ в рамках проекта №19-29-05205.

УДК 631.42

## ПРОФИЛЬНОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ МИНЕРАЛОВ В СОПРЯЖЕННЫХ ПОЧВАХ СОЛОНЦОВЫХ КОМПЛЕКСОВ С ПЛОСКОЗАПАДИННЫМ МИКРОРЕЛЬЕФОМ СЕВЕРНОГО ПРИКАСПЯ.

Варламов Е.Б., Лебедева М.П., Чурилин Н.А.

Почвенный институт им. В.В. Докучаева, Москва

E-mail: evgheni968@rambler.ru

Изучено профилное распределение глинистых и кластогенных минералов в ряду сопряженных почв 2-х членного солонцового комплекса Северного Прикаспия на примере ключа Муратсай. Комплекс характеризуется плоскозападинным микрорельефом. Комплексность распространяется и на видовое разнообразие растительности. Каштановые почвы микрозападин развиты как под степной, так и переходной к галофильным видам растительностью и представлен следующими травянистыми растениями (*Spiraea hypericifolia*, *S. crenata*, *Nonea pulla*, *Agropyron cristatum*, *Gypsophyla paniculata* и др.). Растительность на солонце характеризуются произрастанием более галофитных видов, среди которых доминирующую роль в сложении сообществ (часто называемых пустынными) играют представители трех семейств – *Compositae* [*Asteraceae*] (*Artemisia pauciflora*, *A. Santonica*, *Galatella tatarica*), *Chenopodiaceae* (*Kochia prostrata*, *Salsola laricina*), *Gramineae* [*Poaceae*] (*Leymus ramosus*, *Agropyron desertorum*), которые представлены травянистыми многолетниками и полукустарничками. Каштановая почва в сравнении с солонцом имеет более высокую биологическую продуктивность.

В изученных почвах изменения гранулометрического состава наблюдаются только в метровом слое профилей, а распределение илстых частиц имеет элювиально-иллювиальный характер, причем в солонце он более яркий. Минералогический состав глинистых и кластогенных минералов почвообразующих пород сопряженных почв однотипен и представлен: смешанослойной фазой иллит-сметкитом с крупными блоками сметкитовых пакетов; диоктаэдрическим иллитом; каолинитом совершенной формы; магниезиально-железистым хлоритом. Кластогенные минералы представлены кварцем, слюдами, калиевыми полевыми шпатами, каолинитом и хлоритом. Минералогические профили сравниваемых почв и почвообразующие породы характеризуются близкой ассоциацией глинистых и кластогенных минералов. Однако выявлены и существенные различия с породами. В элювиальной толще гор. SEL солонца и гор. AJ каштановой почвы установлено накопление следующих кластогенных минералов: кварца, калиевых полевых шпатов, слюд, а содержание хлорита наоборот уменьшается, при этом количество глинистых минералов

здесь минимально. Зафиксировано более высокое содержание кварца и калиевых полевых шпатов в поверхностном горизонте солонца и меньшее их количество в каштановой почве. В расчете на фракцию в каштановой почве установлено повышенное содержание иллита в гумусовом горизонте по сравнению со смешанослойной фазой, аналогичный характер соотношения минералов, но с меньшим градиентом проявляется и в надсолонцовом горизонте солонца. При расчете на почву в целом указанные тренды сохраняются.

В срединных горизонтах – гор. BSN солонца и гор. ВМК каштановой почвы – наблюдается обратная картина: содержание кластогенных минералов находится в минимуме, а количество глинистых в максимуме. При этом содержание смешанослойной фазы становится преобладающей. В ряду почв от каштановой почвы к солонцу установлено усиление профильной элювиально-иллювиальной дифференциации минералов тонкодисперсных фракций за счет лессиважа. Другим общим трендом изученных почв увеличение вглубь профиля количества лабильных минералов. Преобладание в поверхностных горизонтах каштановой почвы иллита над смешанослойной фазой в сравнении с солонцом мы связываем с более активной здесь иллитизацией в результате необменной фиксации биогенного калия смешанослойными минералами. Процесс щелочного гидролиза и лессиважа выражается присутствием супердисперсных минералов и значительного количества рентгеноаморфного вещества. Супердисперсности лабильных минералов в профилях сравниваемых почв проявляется в наличие чешуйчатой оптической ориентации тонкодисперсного вещества в срединных горизонтах, в максимальной степени это выражено в солонце, при этом современные кутаны иллювиирования отсутствуют. Изменения минералогического состава почв комплекса связаны как с современными почвообразовательными, так и реликтовыми процессами в условиях изменения климата.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 18-016-00129.

УДК 631.4.

## **СОВРЕМЕННЫЙ ЭТАП ЭВОЛЮЦИИ ПОЧВ ЕСТЕСТВЕННЫХ ПАСТБИЩ СУХИХ СТЕПЕЙ ЗАПАДНЫХ ЕРГЕНЕЙ**

**Ельцов М.В.**

Институт физико-химических и биологических проблем почвоведения РАН,  
Пушино  
E-mail: m.v.eltsov@gmail.com

Характерной особенностью почвенного покрова сухих степей является комплексность, обусловленная главным образом сочетанием зональных каштановых почв и солонцов. Ведущими факторами

способствующему возникновению неоднородности почвенного покрова принято считать микрорельеф территории и исходную засоленность почвообразующих пород. Голоцен, особенно его вторая половина, отмечается возрастающим антропогенным воздействием на природные экосистемы, что непременно должно учитываться в современных моделях почвообразования. Пастбищное скотоводство с использованием колесного транспорта и преобладанием мелкого рогатого скота в составе стада появляется в сухостепных регионах Русской равнины в эпоху средней бронзы (примерно 4.5 тыс. л.н.) и занимает значимую долю в структуре современного землепользования (до 85% в Калмыкии). Все современные, так называемые фоновые, участки степи (за исключением охраняемых угодий) являются естественными пастбищами современных скотоводческих хозяйств.

Нами проведены исследования структуры почвенного покрова участков сухой степи с разной интенсивностью выпаса мелкого рогатого скота. Район исследований приурочен к западному склону Ергенинской возвышенности, с развитыми здесь зональными каштановыми в комплексе с солонцами почвами. Работы проводились в верхней части плоского автоморфного межбалочного водораздела выполненного покровными карбонатными среднесуглинистыми лесовидными суглинками, на участке с естественным растительным покровом, в настоящее время представляющем собой пастбищное угодье расположенной рядом овцеводческой фермы (N46°44.0831'; E43°44.8456').

Исследование почвенного покрова проводилось на трех площадках размером 20 на 20 метров, расположенных на разном удалении (200, 600, 1200 метров) от фермы и различающихся по интенсивности пастбищной нагрузки. На площадках через 2 метра по сетке, для определения родовой и видовой принадлежности почвенных разностей, закладывались прикопки, глубиной около полуметра. С целью изучения микрорельефа, с интервалом 1–2 метра была выполнена нивелировка поверхности. Изучение почв проводилось в траншеях.

На площадке с максимальной пастбищной дигрессией (удаленность 200 м от овцеводческого хозяйства) в структуре почвенного покрова преобладают солонцы (60%). При этом эродированные и корковые солонцы, приуроченные к эрозионным понижениям, занимают около трети площади (35%). На участке, расположенном в 600 м от фермы, где пастбищная нагрузка выражена слабее, доля солонцов в почвенном покрове также максимальна (61%), но при этом корковые солонцы занимают лишь 3% от общей площади. На площадке с минимальной пастбищной нагрузкой (удаление 1200 м от хозяйства) в почвенном покрове доминируют зональные каштановые почвы (97%), отмечено небольшое пятно среднего солонца магниевого.

Почвенный покров территории в целом представлен закономерным сочетанием комплексов глубокосолончаковых каштановых

маломощных почв и солонцов магниевых средних, приуроченных к микроповышениям (высотой до 0.2 м) и солончаковатых натриевых солонцов мелких и корковых расположенных в микропонижениях (глубиной до 0.25 м). Микрорельеф имеет эрозионное происхождение, обусловлен выпасом, отдельные западины с уничтоженным растительным покровом заняты эродированными корковыми солонцами. На участках без выраженных эрозионных изменений преобладают зональные каштановые почвы. Такой характер взаимосвязи микрорельефа и почв характерен для автоморфных ландшафтов сухостепной зоны Русской равнины (работы Н.А. Димо, Е.Н. Ивановой, А.Я. Антыкова и др.).

Таким образом, в условиях современного антропогенного пресинга (выпас мелкого рогатого скота), происходит трансформация почвенного покрова автоморфных естественных пастбищ сухих степей Западных Ергеней, выраженная в преобразовании зональных каштановых почв в солонцеватые и солонцы.

Исследование выполнено в рамках Государственного задания Министерства образования и науки Российской Федерации, проект АААА-А18-118013190175-5 «Развитие почв в условиях меняющегося климата и антропогенных воздействий».

УДК 631.4

## **ПАЛЕОПОЧВЕННЫЕ АРХИВЫ ГОРНЫХ ЛАНДШАФТОВ КАК ОСНОВА ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПРОГНОЗОВ И ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ**

**Ковалева Н.О.**

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

Неустойчивость климатической системы планеты, таяние высокогорных ледников и увеличение количества стихийных бедствий в разных регионах планеты привлекает возрастающий интерес к проблеме выявления климатических трендов, поиску эффективных технологий мониторинга состояния окружающей среды и разработке планов адаптации территорий к возможному развитию кризисных экологических ситуаций.

Горные ландшафты являются уникальным экспериментальным природным «полигоном», находящимся под постоянным влиянием внезапных ледниковых, геотектонических, климатических и биологических осцилляций. Природные архивы палеоэкологической информации, приуроченные к разноуровневым геобиосистемам горных стран, являются более многообразными по сравнению с равнинными, так как на небольших пространствах сосредотачивают все известные типы климатов, природных зон и типов поясности, служат рефугиу-

мами исчезнувших видов и экосистем разного возраста. Из-за трудной доступности горные природные архивы сохранились нетронутыми или слабо используемыми, но и недостаточно изученными.

Объектами исследования послужили дневные и погребенные почвы вертикальных поясов горных хребтов и разновозрастных моренных уровней горных долин Евразии – Хибин, Среднего Урала, Большого и Малого Кавказа, Крымских гор, Тянь-Шаня. Методы исследования включали радиоуглеродное и археологическое датирование почв, изотопный анализ углерода гумуса и карбонатов, азота, макро- и микроморфологические исследования, использование биомаркеров – молекулярных следов живого вещества (лигнин, алканы, гумусовые кислоты, меланин, хлорофилл и т.п.).

В ходе исследования выявлены различные типы палеопочвенных архивов, свойственных горным странам, и по-разному сохраняющих и записывающих палеопочвенную информацию. Ритмично-слоистые лессовые толщи предгорий и среднегорий Средней Азии позволили выполнить реконструкции климата последних 2.5 млн. лет, регистрируя периодичность и степень похолодания–потепления в циклах оледенения–межледниковья. Почвы серий представляют собой эпизоды стабилизации поверхности, а разделяющие их слои – этапы экзогенеза. Тифрохронологические серии, например, Малого Кавказа, распространены там, где лессовые покровы отсутствуют, и записывают историю вулканической деятельности, определяющую климатическую систему планеты. Береговые педолитокомплексы в зоне озерных и морских трансгрессий и регрессий (Восточный Кавказ, Крымские горы), отражают долгопериодные эпохи усиления увлажненности или аридизации климата. Почвенно-лимнологические серии разновозрастных горных озер сохраняют информацию о циклах потепления–похолодания, усиления–уменьшения увлажненности климата. Нетронутые дневные палеопочвы (вплоть до третичного возраста, например, в Крыму) в рефугиумах реликтовой флоры и фауны сохранились в пещерах, на высоких сыртах и водораздельных гребнях, не подвергавшихся оледенениям. Разрешающая способность архива наиболее высока в глубоких слоях профилей и позволила реконструировать гумидную обстановку существования раннеплейстоценовых стоянок древнего человека в Дагестане, увеличение увлажненности климата и расцвет золотоордынских городов в долинах Крымских гор. Высока сохранность информации об эволюции геоэкосистем в почвах разновозрастных фронтальных и латеральных моренных уровней троговых долин. Динамика распространения ледников, записанная в расположении морен, определяет и вертикальную поясность почвенного покрова, и объясняет отклонения от закона зональности и появление внезональных почв: дерново-луговых – в луговинах Среднего Урала, подбуров – в Хибинах, черноземовидных – в долинах Кавказа и Тянь-Шаня, на яйлах Крыма. Педолитокомплексы

конусов выноса (например, на плато Ай-Петри в Крыму) регистрируют циклы нарастания или уменьшения снежности. Так, эпоха стабильного почвообразования зафиксирована, по палеопочвенным данным, на занятых аланами лавинных конусах на Северном Кавказе в 7–13 веках, а гибель этноса совпала с окончанием «архызского перерыва» в оледенении горных вершин и активизацией лавинной активности. Выявленные сценарии геоэкологических кризисов могут стать основой для прогнозного моделирования.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФ в рамках научного проекта № 17-14-01120.

УДК 631.48

## **ХРОНОРЯДЫ ПРИРОДНЫХ, АГРОГЕННЫХ И ПОСТАГРОГЕННЫХ ПОЧВ: РАЗВИТИЕ, ИНДИКАТОРЫ, МОДЕЛИРОВАНИЕ**

**Лисецкий Ф.Н., Голесов П.В.**

Белгородский государственный национальный исследовательский  
университет, Белгород  
E-mail: liset@bsu.edu.ru

Метод дневных хронорядов почв позволяет путем совмещения первичных нуль-моментов членов ряда представить разновременные почвы в стадийной системе координат. Серии хронорядов природных почв, типов растительности (лесной, степной) и типов материнских пород, упорядоченные по шкале календарного времени с использованием естественнонаучных датировок (преимущественно археологических), создают основу для разработки хронофункций, при интерпретации которых целесообразно оперировать обозначениями стадий онтогенеза (молодость, зрелость и т.п.). Выделение этих стадий можно объективно выполнить, исследуя модели детерминированных трендов, трансформированные в модели скорости, ускорения (по первой и второй производной). Таким способом возможна идентификация критических моментов развития почв, с которыми связана смена его динамических параметров.

Наиболее выражен критический момент перехода от стадии быстрого роста к стадии медленного роста морфофункциональных признаков почв на этапе  $n \cdot 10$  –  $n \cdot 100$  лет, когда скорость почвообразования уменьшается на два порядка. По результатам многолетних полевых исследований и созданных баз педохронологических данных нами разработаны такие хронофункции для основных подтипов черноземов лесостепи и степи Умеренно континентальной фации, черноземов и темно-каштановых почв Теплой (понтической) южно-европейской фации (Молдова, Крым) и коричневых карбонатных почв Крымского субсредиземноморья. Установлено, что хронофунк-

ции онтогенетических трендов природных и постагрогенных почв имеют общий сигмоидный вид, но динамические характеристики существенно различаются как в зональном, так и в почвенно-экологическом аспектах. В первом случае в качестве факториального признака целесообразно учитывать сумму энергетических затрат на почвообразование (шире – его биоклиматический потенциал), реализуемый в зональном аттракторе конкретного почвенного признака (в частности, максимальной мощности гумусового горизонта). Во втором – стохастическую вариабельность темпов воспроизводства почв в разных стартовых условиях: субстратно-фитоценологических (при первичном воспроизводстве) и почвенно-фитоценологических (при вторичном воспроизводстве, на нарушенной почве). Степень вариабельности трендов онтогенеза неодинакова на разных хроносрезках, уменьшается с возрастом, происходит их конвергенция при достижении зонального аттрактора. В ситуации постагрогенного становления почв эмпирически диагностирована зависимость скорости воспроизводства морфофункциональных признаков от степени деградации (сработки) профиля агропочвы-предшественника.

В древнеземледельческих районах, как например на территории Крымского п-ва, формированию хронорядов агрогенных и постагрогенных почв способствует разнообразие объектов изучения с отличающейся историей сельскохозяйственного использования. Интегральный показатель биогеохимической «выпаханности» почв, рассчитанный по соотношению фактически зафиксированных концентраций 17 и 10 химических элементов (для почв на лессе и на карбонатном элювии соответственно) в пахотных и целинных почвах с использованием методов пространственной статистики (Spatial Statistics) и геостатистики (Geostatistical Analyst), показал свою эффективность для установления границы старопахотных (с предысторией античного земледелия длительностью в 600 лет) и текущего периода освоения земель (последние 150–165 лет) к северо-западу от античной Керкинитиды. Комплексные исследования постагрогенных почв в древних земельных наделах позволило определить реликтовые признаки, которые можно рассматривать в качестве индикаторов антропогенных воздействий на пахотные почвы, реконструировать агроэкологические условия землепользования в античное время и оценить эффективность ренатурации экосистем в зависимости от стартовых условий.

Геохимическая интерпретация процессов агропедогенеза особенно информативна при анализе величин таких показателей, как коэффициенты элювирования, подвижности и выветривания, индексы выноса легкорастворимых солей и изменения карбонатов.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 18-00-00562 (полевые работы в Крыму для формирования базы педохронологических данных) и РНФ, проект № 20-67-46017 (результаты изучения почв постагрогенных экосистем).

УДК 631.48

## ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ РАЗНОВОЗРАСТНЫХ ЧЕРНОЗЕМОВ И РЕКОНСТРУКЦИЯ ПАЛЕОКЛИМАТА

**Манахова Е.В.<sup>1</sup>, Азаренко Ю.А.<sup>2</sup>, Приходько В.Е.<sup>3</sup>**

<sup>1</sup> Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Москва  
E-mail: evmanakhova@yandex.ru

<sup>2</sup> Омский государственный аграрный университет им. П.А. Столыпина, Омск  
E-mail: azarenko.omgau@mail.ru

<sup>3</sup> Институт физико-химических и биологических проблем почвоведения РАН,  
Пушино  
E-mail: kpve00@mail.ru

Цель исследований – изучение элементного состава и геохимических индексов и их сопоставление в разновозрастных подкуранных и фоновых легкосуглинистых черноземах археологических памятников для реконструкции климата. Объекты исследования: почвы раннесредневекового некрополя Сростки-1 (890–975 гг. н.э. <sup>14</sup>C кал., 1σ; Бийский район Алтайского края) и могильников срубной культуры Каранаево-1 и Верхние Услы-2 (3660 ± 40 (дата по дереву), 3860 ± 120 лет назад (даты по костям, <sup>14</sup>C кал., 1σ), Предуральская лесостепь (республика Башкортостан). Содержание элементов определяли методом рентгено-флуоресцентного анализа на аппарате Spectroscan Макс-GV. Изучали элементный состав, рассчитывали геохимические коэффициенты, основанные на молярных отношениях, вдоль профиля почв и сопоставляли их с почвообразующей породой. Все изученные почвы характеризовались близкими величинами индексов  $TiO_2/Zr$  и  $Ti/Al$ , свидетельствующими о литологической однородности.

В палеопочвах средневековья (некрополь Сростки-1) слабо выраженная выщелоченность от карбонатов в средней части профиля, меньшее накопление в поверхностных слоях элементов-биофилов (P, S, Co) и небольшая величина индекса выветривания  $Al_2O_3/(CaO+MgO+Na_2O+K_2O)$  по сравнению с фоном свидетельствуют, что палеопочва в фазу, предшествовавшую сооружению курганов, формировалась в более засушливом климате по сравнению с современными условиями. Однако сходство в древних и фоновых почвах морфологических свойств, реконструированного содержания гумуса и усредненных величин в слое 0–30 см относительно почвообразующей породы для коэффициентов выветривания  $CI_A = Al_2O_3/100/(Al_2O_3+CaO+Na_2O+K_2O)$  и Rb/Sr и индексов Mn/Sr, Mn/Al, Mn/Fe, указывающих на степень биологической активности, свидетельствуют о начавшейся гумидизации палеоклимата. Это подтверждает реконструкция климатических условий по палиноспектрам. Из высокоопасных загрязнителей первого класса токсичности изученные почвы обогащены по сравнению с кларком литосферы As и Cd. Для почв региона характерна насыщенность Ni, Zn, Ba и Sn, определяемая

особенностями материнских пород. Однако накопление этих тяжелых металлов в профиле данных почв не превышает допустимых величин, опасных для здоровья людей.

Для почв срубных некрополей Башкортостана (Каранаево-1 и Верхние Услы-2) небольшое различие размеров геохимических индексов и их усредненных величин в слое 0–30 см по отношению к индексу в почвообразующей породе для коэффициентов, характеризующих степень выветривания материала: CIA, CIW, ICV,  $Al_2O_3 / (CaO + MgO + Na_2O + K_2O)$ , биологическую активность и элювирование элементов между подкурганными древними и фоновыми почвами свидетельствует о близости климатических условий в период перед сооружением курганов и в настоящее время. По данным палеонтологии климат в срубный период был влажнее и прохладнее, чем современные условия. В верхних слоях палеопочв слабое накопление элементов-биофилов P и S по сравнению с фоновыми аналогами и почвообразующей породой может быть связано с вытаптыванием растительности при сооружении 14 срубных курганов на небольшой территории каждого некрополя. Накопление высокоопасных загрязнителей 1- и 2-го классов токсичности: Cd (исключая почвы объекта Каранаево), Zn, Cu и Ni, а также элементов Rb и Sn в верхних слоях современных черноземов изученных объектов по сравнению с палеопочвами и почвообразующей породой объясняется техногенным концентрированием, но оно (кроме Ni) не выше опасных для здоровья людей величин.

Изучение геохимических индексов в палеопочвах расширяет возможности использования почвенных свойств для реконструкции палеоклимата.

Исследования выполнены в рамках темы государственного задания № 0191-2019-0046 и при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта №20-05-0284.

УДК 551.734.5:631.42:(234.83):551.8:577.4

## **ПОЗДНЕДЕВОНСКИЕ ПАЛЕОПОЧВЫ СЕВЕРНОГО ТИМАНА КАК ИНДИКАТОР ДРЕВНЕЙШИХ ЛЕСНЫХ ЭКОСИСТЕМ**

**Наугольных С.В.<sup>1,2</sup>, Безносов П.А.<sup>3</sup>, Снигиревский С.М.<sup>4,5</sup>**

<sup>1</sup> Геологический институт РАН, Москва  
E-mail: naugolnykh@list.ru

<sup>2</sup> Казанский федеральный ун-т, Казань

<sup>3</sup> Институт геологии ФИЦ Коми НЦ УрО РАН, Сыктывкар  
E-mail: beznosov@geo.komisc.ru

<sup>4</sup> Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург  
E-mail: s.snig@mail.ru

<sup>5</sup> БИН РАН, Санкт-Петербург

В геологической летописи достоверные ископаемые почвы (палеопочвы) впервые появляются в протерозое, однако широкого развития

в континентальных фациях они достигают только к концу девонского периода. Это связано с появлением в девоне древесных форм растений, которые начали формировать новый тип растительных сообществ, именуемый лесами. Среди девонских разрезов, вскрывающихся в европейской части России, палеопочвенными профилями наиболее широко охарактеризованы верхнефранские и фаменские отложения, развитые на западном крыле Северотиманского вала (восточное побережье Чёской губы, бассейн р. Волонги). В связи с труднодоступностью данного региона, отложения эти, сформировавшиеся, вероятно, в условиях обширной приливной дельтовой равнины, до сих пор остаются крайне слабо изученными.

Палеопочвы встречены здесь на разных уровнях разреза и литологически представлены комковатыми неравномерно-глинистыми алевролитами красновато-бурой или пестроцветной окраски. Мощность палеопочвенных профилей варьирует от 0.5 до 2 м и более. Древние почвы маркируются густой сетью ископаемых корней растений, сохранившейся *in situ*. Практически во всех профилях отсутствует хорошо развитый гумусированный генетический горизонт А, однако это может быть связано не столько с его слабым развитием в момент функционирования почвенного профиля, сколько с диагенетическими преобразованиями органического вещества или с его размывом, предшествовавшим захоронению. По меньшей мере, в части профилей вдоль корневых остатков (корневых ходов) развито оглеение, указывающее на восстановительные условия и высокую увлажненность средней (генетический горизонт В) и нижней (генетический горизонт С) частей палеопочвенного профиля. При этом в некоторых разрезах в верхней части палеопочвенного профиля могут наблюдаться трещины усыхания, указывающие на полное высыхание верхней части профиля, возможно, отражающее сезонные изменения влажности.

Изученные палеопочвы могут рассматриваться как гидроморфные, среди которых выделяются два основных типа. Первый, характеризующийся присутствием ризоконкреций и редких карбонатных педонодулей, представлен умеренно гидроморфными палеопочвами, подвергавшимися периодическому осушению; второй – экстремально гидроморфными, оглеенными палеопочвами, с большим количеством тонких, многократно ветвящихся корневых систем растений. Скорее всего, оба типа палеопочвенных профилей образовывали единую катениальную систему, в которой нижнее звено было представлено экстремально гидроморфными профилями, а верхнее звено – умеренно гидроморфными, сезонно промывными профилями. Долговременные колебания уровня воды, а также изменение профиля речной долины могли приводить к закономерной миграции звеньев катены в ту или иную сторону.

В исследованных разрезах встречены также обильные остатки

надземных частей растений, участвовавших в процессах почвообразования. Разнообразие их насчитывает несколько десятков таксонов, что делает позднедевонскую флору Северного Тимана одной из богатейших в мире. Эдификаторами растительных сообществ, очевидно, были древовидные археоптерисы, представленные побегами *Archaeopteris* и древесинами *Callixylon*. Прибрежные и низменные участки дельты во франском веке заселяли плауновидные (*Kossoviiella*, *Cyclostigma* и др.) и редкие членистостебельные, а в фаменском веке, как следствие некоторой аридизации климата – менее гидрофильные кустарниковые прапапоротники *Rhacophyton*. Активную роль в наземных биотопах играли также сапротрофные и микоризные грибы. Таким образом, позднедевонские лесные сообщества Северного Тимана имели отчетливо выраженную разноуровневую фитоценотическую структуру.

Считается, что появление в девонском периоде лесов явилось предпосылкой для выхода позвоночных на сушу. Под пологом древнего леса они могли найти защиту от излишней инсоляции, укрытия среди опада и кормовую базу в виде уже освоивших наземную среду членистоногих. В этой связи исследованная толща, содержащая многочисленные палеопочвенные профили, вызывает отдельный интерес благодаря недавней находке в ней остатков новой формы примитивного тетрапода, ряд черт которого позволяет рассматривать его как древнейшее четвероногое животное, по крайней мере, частично адаптированное к наземному образу жизни.

УДК 631.48:902.2:504.38:902.6:561

## **ОСОБЕННОСТИ ПОЧВЕННЫХ И ЭКОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ В НИЖНЕМ ПОВОЛЖЬЕ (ЗАВОЛЖЬЕ) В ГОЛОЦЕНЕ**

**Овчинников А.Ю.**

Институт физико-химических и биологических проблем почвоведения РАН,  
Пушино

E-mail [ovchinnikov\\_a@inbox.ru](mailto:ovchinnikov_a@inbox.ru)

Для территории Нижнего Поволжья (Заволжья), стоянки неолитического и энеолитического времени недостаточно хорошо изучены. В регионе слабо исследованы палеопочвы, а также история развития и эволюция почв в предголоцен-голоценовое время. Цель исследования состояла в выявлении связей между периодичностью изменений климата, этапов осадконакопления и почвообразования, существовавших почвенно-экологических условий в регионе. В работе представлены результаты междисциплинарных исследований, проведенных на неоэнеолитическом археологическом поселении

«Орошаемое» (возраст 5–7 тыс. лет до н.э.) в Саратовской области.

Изучались светло-каштановые карбонатные почвы (Eutric Cambisol (Loamic, Protocalcic, Ochric), в археологическом раскопе представленные антропогеннопреобразованным вариантом. В исследовании применяли комплекс методов, включающий в себя: почвоведно-археологический, палеопочвенный, морфологический, методы определения физических и химических показателей, метод магнитной восприимчивости, метод радиоуглеродного датирования, микробиоморфный метод.

В результате проведенного исследования получена и уточнена информация о смене периодов увлаженности и аридизации территории, об этапах почвообразования и осадконакопления, о растительном покрове в голоцене. Полученные данные показали, что, начиная с 7.5 тысяч лет назад и по настоящее время происходила периодическая смена аридных условий к гумидным и наоборот. В периоды аридизации происходило медленное и кратковременное осадконакопление, что было связано с высокой скоростью выветривания и переноса (выдувания) отложений. В периоды гумидизации шло интенсивное осадконакопление с процессами почвообразования. Полученные данные показали, что последние 5 тысяч лет происходило нарастание и усиление процессов гумидизации климата. Проведены расчеты скорости осадконакопления и почвообразования в голоцене на исследуемой территории. Интенсивность и скорость процессов осадконакопления и почвообразования на протяжении голоцена в регионе проявлялись по-разному. Скорость формирования почвы варьировалась от 35 до 0.8 см/100 лет. Полученные результаты и их сравнение с имеющимися данными в литературе позволили дополнить и реконструировать природно-климатические особенности территории. Реконструкция почвенных и экологических условий региона выявила неодинаковую палеогеографическую обстановку в разных частях Нижнего Поволжья.

Как оказалось, периодическая смена экологических условий в голоцене рассматриваемого региона, сказывалась на жизни племен, регулировала особенности расселения и миграции. Существующая в литературе хронология и система ландшафтно-климатических изменений в голоцене для южных аридных регионов Восточно-Европейской равнины требуют уточнения и детализации.

Работа выполнена в рамках Госзадания № 0191-2019-0046, экспедиционные и лабораторные исследования осуществляли при финансовой поддержке

УДК 631.48

## **ПОГРЕБЕННЫЕ ПОЧВЫ В ДОЛИНАХ МАЛЫХ РЕК ТЕРСКО-СУЛАКСКОГО МЕЖДУРЕЧЬЯ**

**Пинской В.Н.<sup>1</sup>, Идрисов И.А.<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Институт физико-химических и биологических проблем почвоведения РАН,  
Пушино

E-mail: a.v.borisovv@gmail.com

<sup>2</sup> Институт геологии Дагестанского ФИЦ РАН, Махачкала

E-mail: idris\_gun@mail.ru

Проведено изучение погребенных почв в поймах малых рек на юге Прикаспийской низменности в Терско-Сулакского междуречье. Территория прорезается параллельно текущими с юга на север долинами рек Аксай, Ярыксу, Ямансу, Акташ. Поверхность низменности практически плоская и слабо наклонена на северо-восток. Долины рек врезаны на глубину 3–10 м. Современный почвенный покров представлен лугово-каштановыми и луговыми почвам. Среднегодовое количество осадков около 400 мм. В долинах рек вскрываются голоценовые почвы, описанные нами более чем по тридцати разрезам. В долинах рек нами выделена одна терраса голоцена высотой 1–3 м. Выше по течению рек (выше +100 м) долины глубоко (на десятки метров) врезаны в разновозрастные плейстоценовые отложения. Здесь четко выделяется две речные террасы голоцена. Соответственно по нашим данным водораздельная территория в данном междуречье сформирована преимущественно голоценовыми речными террасами этих четырех рек.

В строение голоценовых отложений отмечается чередование преимущественно песчаных и глинистых слоев. По нашим данным эти слои представляют собой русловый и пойменный аллювий соответственно. Такое чередование связано с наличием нескольких циклов осадконакопления на Терско-Сулакском междуречье. Развитие этих циклов было связано с изменениями уровня моря и регионального климата. По нашим данным изменения уровня Каспия могли оказывать определяющее влияние на климат исследуемого региона. При регрессиях в голоцене уровень моря падал на десять и более метров, что приводило к исчезновению акватории Северного и резкому уменьшению акватории Среднего Каспия. Это в свою очередь приводило к тому, что восточные ветры из пустынь Центральной Азии слабо трансформировались над водной поверхностью и территория междуречья переходила в более аридные условия. При трансгрессиях динамика была обратной. Еще более резко динамика уровня влияла на интенсивность эрозионного расчленения. При падении уровня формировались глубокие врезы и на территории могли развиваться

автоморфные почвы. При поднятии уровня моря врезы заполнялись и развивались гидроморфные условия. При этом в силу значительной скорости изменений уровня моря, процессы врезания и накопления аллювия могли существенно отставать от динамики уровня моря.

Во всех исследованных разрезах были выявлены погребенные почвы. В пределах одного разреза часто выделяется несколько погребенных почв разной степени развития и мощности. Практически все палеопочвы являются гидроморфными. Радиоуглеродный возраст гумуса наиболее древней почвы  $10410 \pm 110$  л.н. При этом в ряде разрезов была выявлено наличие в схожих позициях почвы мощностью до 1 метра, темно-серого цвета, с крупными четко выраженными новообразованиями железа. Время погребения этой почвы  $5370 \pm 140$  л.н. Еще одна погребенная почва была перекрыта слоем аллювия на рубеже эр ( $1990 \pm 60$  л.н.) и фиксирует длительный этап стабилизации поверхности и развития на ней гидроморфных почв. В почве выявлены археологические артефакты.

Корреляция исследованных разрезов на основе сопоставления палеопочв позволяет по-новому подойти к вопросу динамики Каспийского моря в среднем и позднем голоцене, а также существенно детализовать историю развития почв на всей Прикаспийской низменности.

УДК 631.4

## **РЕКОНСТРУКЦИЯ ПАЛЕОСРЕДЫ ЛЕСОСТЕПНОЙ ЗОНЫ РОССИИ НА ОСНОВЕ КОМПЛЕКСНОГО ИССЛЕДОВАНИЯ ГЕОАРХИВОВ**

**Приходько В.Е.**

Институт физико-химических и биологических проблем почвоведения РАН,  
Пушино  
E-mail: kpve00@mail.ru

Обобщены собственные и литературные данные о реконструкции палеосреды голоцена на основе комплексного изучения палеоархивов лесостепной зоны.

Лесостепь Русской равнины. Почвенные данные, полученные для 80 объектов трансаккумулятивных ландшафтов со  $180$   $^{14}\text{C}$  датами показали, что в зоне широколиственных лесов и северной лесостепи черноземно-луговые почвы в среднем голоцене развивались к серым лесным в позднем голоцене. В зоне южной лесостепи и северной степи развитие почв шло в атлантический период (АТ) от луговых засоленных к черноземно-луговым; в суббореале почвы эволюционировали от лесных к луговым засоленным, а затем – к солонцеватым. Это дает возможность реконструировать более теплые сухие условия в АТ (7.7–7.1 тыс л. н. – ка) и повышение увлажненности

во второй половине голоцена. В пойме р. Москвы на глубине 4 м обнаружен хорошо развитый профиль чернозема возрастом 9.4–7.8 ка. Анализ палеочерноземов, погребенных под курганами, выявил сокращение мощности профиля и увеличение карбонатного слоя в период с 4.5–5 до 4–3.7 ка, линейный ареал западывавшего (ранее 3.6–3.2 ка), а затем ускоренного формирования гумусового профиля в зоне контакта между циклоническим и антициклоническим режимами погоды вдоль оси Воейкова (Монголия – Кызыл – Уральск – Саратов – Харьков – Кишинев). Судя по составу палиноспектров из почв аллювиальных осадков в пребореальном периоде в регионе распространялись луговые и злаковые степи, локально встречались сосново-березовые леса, площадь их увеличилась в бореале. В АТ преобладали широколиственные леса, расширялась их площадь, усложнялась структуры, в его финале добавились бук и граб. В суббореале (SB) происходили сокращение ареала лесов и экспансия разнотравно-луговых сообществ. Благоприятные условия отмечались в середине субатлантика (SA). В позднем SA климат и хозяйственная деятельность людей привели к сокращению лесов и расширению степей. Наиболее сухой и прохладный климат приурочен к границе ВО–АТ, АТ–SB и начальным этапам позднего SA.

Для Южного Урала изучение пыльцы и палеопочв аллювиальных осадков с 21 <sup>14</sup>C датами выявило периоды аридизации – 0–1, 2.5–3.8; 6.5–7.5 ка, повышенного увлажнения – 1–1.5; 2–2.5, 4–4.5 ка. Для Среднего Урала палинологические данные зафиксировали три фазы потепления голоцена: ~11 ка маркируется распространением древесной растительности, 9.3–8.6 и от 4.6–5 до 3.7 ка определяется появлением широколиственных пород, засушливые этапы: 8.3–7.8, 6.2–5.8, 5.4 и 3.7–2.7 ка. Изучение палеопочв археологических памятников выявило аридный климат 6.8–5.3 ка и гумидный 5.0–4.2 ка.

Лесостепи Тобол–Ишимья палинология с 150 <sup>14</sup>C датами. В пребореальный период (10.2–9.5 ка) было влажно и холодно, доминировали степи. Климат бореала (9–7.7 ка) был влажнее и теплее современного; росли мелколиственные леса, иногда с примесью ольхи, вяза и сосны. В АТ1 (7.7–6.3 ка) шло дальнейшее потепление, увлажнение снижалось. Площади березы, ольхи и сосны сокращались, луговые степи расширялись. В середине АТ2 (6.3–6.1 ка) было умеренно тепло, увлажнение возрастало, леса были в основном в поймах, луговые ассоциации – на террасах. В период 6.1–5.3 ка формировалась типичная лесостепь, ранее распространенная южнее. Финал АТ3 (5.3–5 ка) характеризовался умеренно теплыми условиями, но начинала проявляться засушливость. В начале SB (5–4.5 ка) отмечалось умеренное похолодание с влагообеспеченностью близкой современной. В долинах восстановилась береза, господствовало злаковое разнотравье. В середине SB 4.5–3.2 ка фиксировался теплый и аридный климат с максимумом 3.4–3.2 ка, выделялись фазы гумидизации (4.3–4.1 и

3.7–3.45 ka). Финал SB (3.2–2.5 ka) характеризовался прохладными и недостаточно влажными условиями. Похолодание приходилось на периоды 3.1–2.8 и 2.7–2.5 ka, разделенные фазой потепления 2.8–2.7 ka с гумидизацией ниже современной. SA период начался (2.5–1.9 ka) умеренно прохладным переменно влажным климатом. Установлены заsureнность климата 1.4–1.1 ka, последовавшее потепление 1.1–1 ka и похолодание 0.7–0.5 ka.

В лесостепи Русской равнины AT период был более влажный и теплый, чем на Урале и Западной Сибири, SB разделен на фазы климата в 100–300 лет, которые часто были метакронны в разных регионах.

Работа выполнена по теме Госзадания № 0191-2019-0046 и при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта №20-05-00284.

УДК 631.48: 574.47

## **ПОЧВЫ ОЗЁРНЫХ КОТЛОВИН СТЕПНОГО БИОМА ЗАПАДНОЙ СИБИРИ КАК ИНДИКАТОРЫ КЛИМАТИЧЕСКИХ РИТМОВ ГОЛОЦЕНА**

**Смоленцева Е.Н., Гаврилов Д.А.**

Институт почвоведения и агрохимии СО РАН, Новосибирск  
E-mail: esmolenceva@issa-siberia.ru

Почвы, как компонент ландшафтной среды способный записывать информацию об условиях среды в период своего формирования, являются важным источником данных для палеоэкологических реконструкций, в том числе и климатических. Для изучения флуктуаций климата в голоцене в 21 веке успешно привлекаются почвенно-седиментационные толщи (лессово-почвенные, почвы склонов балок и оврагов, аллювиальные почвы и пр.). В их составе почвы и отдельные почвенные горизонты фиксируют фазы почвообразования и, соответственно, этапы снижения активности экзогенных эрозивно-аккумулятивных процессов. Этапы активизации последних отражаются в формировании седиментационных слоёв. Смена этапов почвообразования и седиментации зачастую обусловлена климатическими причинами. Таким образом, почвенно-седиментационные толщи фиксируют природную ритмичность, в том числе климатическую, когда благоприятные условия соответствуют педогенной фазе, неблагоприятные – литогенной.

Для изучения климатических флуктуаций голоцена на территории степного биотома Западной Сибири (ЗС) нами был выбран слабо изученный в этом аспекте класс объектов – почвы озёрных котловин. Озёра здесь широко распространены и по данным многих исследований в них за период голоцена происходили климатически

обусловленные колебания уровня воды и соответствующие ритмические изменения в ландшафтах озёрных котловин: затопление и подтопление субаэральных участков в гумидные фазы, и обсыхание субаквальных – в аридные. Были изучены почвы восьми озёрных котловин в степной и лесостепной зонах на территории озёрно-аллювиальных равнин ЗС Барабинской и Кулундинской, из которых в пяти обнаружены полигенетичные почвенные объекты: погребённые дневные почвы и сложно организованные почвенно-седиментационные толщи, которые состоят из чередования погребённых почв и отложений различного генезиса. Выявленные объекты характеризовались определённым разнообразием свойств и признаков в зависимости от локальных условий. Установлено, что погребённые почвы расположены в контактной зоне между озёрной котловиной и основной поверхностью равнины или склонами грив (на территориях с гривным рельефом). Почвенно-седиментационные толщи приурочены к разновозрастным озёрным валам, сформированным непосредственно в котловине. Ландшафтно-геоморфологические условия изначально определяют исходный педогенез и свойства погребённых почв. На территориях с гривным рельефом погребённые почвы – это аналоги современных дневных почв, расположенных в нижних частях склонов грив и межгривных понижениях (солонцы, квазиглеевые почвы). В других случаях погребённые почвы представлены автоморфными вариантами, но соответствующими более влажным условиям, чем современные. С классификационных позиций погребённые почвы – это стратифицированные подтипы некоторых типов современных дневных почв, с водно- или эолово-аккумулятивным механизмом накопления поверхностного материала. Погребение почв под озёрными отложениями предположительно произошло в фазу гумидизации, когда увеличение количества осадков вызвало подъём уровня воды в озёрах, затопление прилегающих почв и отложение на их поверхности песчаных слоев. Увеличение атмосферного увлажнения вызвало также водно-эрозионные процессы на склонах грив. В более аридные периоды происходило переувлажнение песчаного материала озёрных валов, образование эоловых отложений и аккумулятивных форм рельефа в озёрных котловинах, что хорошо фиксируется в почвенно-седиментационных толщах. Большая часть погребённых почв – это маломощные органо-аккумулятивные (профиль типа А–С) или слаборазвитые почвы, с тёмногумусовым, светлогумусовым или гумусовым слаборазвитым горизонтом соответственно.

В составе выявленных почвенно-седиментационных последовательностей отложения имеют различный генезис (делювиальный, озерный, эоловый), которые разделены почвенными горизонтами. Поэтому мы, по примеру других исследователей, определили их как полигенетичные педолитокомплексы. Опыт изучения полигенетичных педолитокомплексов в различных регионах России и мира показал их

информативность для реконструкции климатических колебаний по комплексному анализу седиментационных и почвенных горизонтов.

Исследования выполнены при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта №19-29-05085мк.

УДК: 631.48

## **ПОДВОДНЫЕ ПОЧВЫ РЕЧНЫХ ДЕЛЬТ**

**Ткаченко А.Н., Козачук М.И., Ткаченко О.В.**

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

E-mail: TkachenkoMSU@yandex.ru

Донные отложения водоемов с почвоподобным профилем рассматриваются в качестве подводных почв, образующих отдельный отдел акваземов. В соответствии с разработанными принципами классификации подводных почв дельты Волги выделяется три основных типа акваземов – акваземы типичные, акваземы окисленные и акваземы органогенные.

Для более детального изучения особенностей формирования акваземов и выяснения факторов подводного почвообразования, проведено исследование подводных почв устьевых областей крупных рек Европейской части России – Волги, Дона и Кубани. Описаны профили подводных почв на участках отличающихся по скорости течения, степени развития водной растительности и процессам осадконакопления. В отобранных образцах горизонтов подводных почв определены рН, окислительно-восстановительный потенциал, гранулометрический состав (методом лазерной гранулометрии), содержание общего углерода (по методу Тюрина), групповой состав гумуса (по ускоренной методике Кононовой-Бельчиковой). Выделены основные типы акваземов встречающихся в дельтах. Показано, что при сходных условиях почвообразования во всех трех дельтах формируются одинаковые типы акваземов с близкими значениями физико-химических параметров, однотипным профильным распределением гумуса. Наиболее благоприятные условия для накопления органических веществ создаются в акваземах органогенных под лотосными полями в дельте Волги, под зарослями тростника в дельте Дона и в почвах лиманов под лотосными полями в дельте Кубани. Содержание органического углерода в верхних горизонтах может достигать 5%. Для акваземов типичных характерен аккумулятивный тип распределения гумуса по профилю, содержание органического углерода в верхних горизонтах может достигать 2%. В групповом составе для всех исследованных подводных почв характерно низкое содержание растворимых фракций гумино- и фульвокислот и повышенное содержание гумина (60-90%).

Полевые исследования выполнены при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 18-05-80094, аналитическая и камеральная обработка материалов – гранта РФФИ № 18-35-00354.

УДК 631.82:631.445.41 (470.621.67)

**ВЛИЯНИЕ АНТРОПОГЕННОГО ФАКТОРА НА ЧИСЛЕННОСТЬ,  
СЕЗОННУЮ ДИНАМИКУ И РАЗНООБРАЗИЕ  
МИКРООРГАНИЗМОВ В ЧЕРНОЗЕМАХ  
ЦЕНТРАЛЬНОГО ПРЕДКАВКАЗЬЯ**

**Фаизова В.И., Цховребов В.С., Лысенко В.Я., Марьин А.Н.**

Ставропольский государственный аграрный университет, Ставрополь  
E-mail: verafaizova@gmail.com

В докладе представлены результаты многолетних исследований состояния микроорганизмов на сопряженных участках целины и пашни различных подтипов чернозёмов Центрального Предкавказья. В экологических системах, в том числе и в почве, устанавливается биологическое равновесие, которое нарушается в результате сельскохозяйственного производства. Решать задачи по сохранению и воспроизводству плодородия черноземов необходимо через познание закономерностей развития и направленности процессов, обусловленных комплексом почвенных микроорганизмов.

Исследования были проведены в сезонной динамике на ключевых участках целины и пашни под озимой пшеницей по основным фазам ее вегетации: осеннее и весеннее кущение, выход в трубку, цветение, молочная спелость, после уборки культуры. На пашне высевалась озимая пшеница. На целине произрастает целое сообщество разнообразных трав, что обеспечивает сменяемость циклов всходов, нарастания, цветения и отмирания в течение всего вегетационного периода. Это способствует формированию богатого микробного разнообразия почв. На пашне – монокультура. Всё микробное сообщество контролируется не только фазой её развития, но также количеством и качеством однообразных корневых выделений. Это приводит к трансформации микробных сообществ и почвоутомлению. Качественные и количественные показатели таких изменений влияют на продуктивность агроценозов и рентабельность производимой продукции. В целом, исходя из представленных данных, можно заключить, что распашка черноземных почв, за исключением чернозема южного, солонцеватого и солонцевато-слитого не вносит существенных корректив в численность микроорганизмов.

Полученные данные позволяют сделать вывод о том, что преобразование органических форм азота на пашне черноземов южных, обыкновенных карбонатных, обычных и выщелоченных происходит значительно более активно, чем на целине. В результате здесь более

быстрыми темпами идет разрушение органической основы почвы, что приводит к снижению уровня почвенного плодородия и гумусированности. Преобразование минеральных форм азота на пашне происходит также значительно более активно, чем на целине.

Особенностью сукцессии грибов на пашне является увеличение их численности в фазу цветения сельскохозяйственных культур. Возрастание количества микроскопических грибов в это время свидетельствует об их зависимости от интенсивности корневых выделений растений, которые достигают своего апогея именно в этот период. Среднее количество клеток целлюлозоразрушающих микроорганизмов на изучаемых почвах не одинаково. Между целиной большинства подтипов разница в численности микроорганизмов разрушающих клетчатку не значима. Количественные отличия между черноземами солонцеватыми, где содержание микроорганизмов минимально и черноземами обыкновенными карбонатными, либо выщелоченными, где отмечена наибольшая численность целлюлозолитиков, не превышают 39 тыс. КОЕ/г. Наименьшее количество микробов данной физиологической группы обнаружено на черноземе южном (86 тыс. КОЕ/г). В данном случае разница с наиболее богатыми целлюлозоразрушающей микрофлорой почвами составляет 104 тыс. КОЕ/г. На пашне различия между подтипами по обеспеченности целлюлозной микрофлорой более значительны.

Установлено, что происходит существенная трансформация состава микроорганизмов чернозёмов пашни по сравнению с целинными угодьями, выраженная в увеличении их численности и появлении значительной динамики сезонных показателей.

## Симпозиум 6

### Антропогенно-измененные и антропогенные почвы: разнообразие, диагностика, классификация

Руководители: д.б.н. Б.Ф. Апарин, к.б.н. Е.Ю. Сухачева, М.А. Лазарева

---

УДК 631.42

#### ТРАНСФОРМАЦИЯ ПОЧВ ПАРКОВ г. ЕКАТЕРИНБУРГА

Абрамова Л.П.

Уральский государственный лесотехнический университет, Екатеринбург

E-mail: abramovalp@m.usfeu.ru

Исследовались почвы двух парков г. Екатеринбурга. Первый парк – это парк Летний в микрорайоне Уралмаш, находящийся между улиц Красных борцов и Кировградской. Парк возник в 1935 г. на месте естественного соснового леса, на территории отведенной, но не задействованной для цехов завода. В процессе эксплуатации происходило изменение древесной, кустарниковой растительности и почв. В северной части парка нами обнаружены погребенные урбо дерновоподзолистые почвы. Присутствует подзолистый горизонт  $A_2$ , в некоторых местах почва подсыпана, поскольку наблюдалось излишнее увлажнение и понижения рельефа. Насыпан в северо-западной части парка слой плодородной почвы мощностью до 30 см. В южной части парка не обнаружено подзолистого горизонта, здесь почвы отнесены к урбо дерновым по классификации М.И. Герасимовой, М.Н. Строгановой. Кроме того, на территории парка обнаружены экраноземы под асфальтовым покрытием и реплантоземы. Глубина трансформации почв в этом парке отмечена от 10 до 50 см. Ниже залегают неизмененные антропогенным процессом горизонты дерновоподзолистых обычных средне и сильно подзолистых средне и сильно дерновых легко и средне суглинистых почв, или дерновых автоморфных бескарбонатных мало или среднемогучных легко и средне суглинистых почв.

Горизонты  $A_1$  имеют рН солевой вытяжки слабокислую и нейтральную реакцию, что характерно для антропогенно-измененных

почв города. Горизонты  $A_2$  имеют сильнокислую и кислую реакцию, горизонты В слабокислую и кислую. Обеспеченность почвы доступным калием и фосфором низкая. Степень насыщенности почв основаниями высокая за исключением горизонта  $A_2$ . Верхние горизонты  $A_1$  и  $A_2$  средние и легко-суглинистые, но с продвижением вниз по профилю идет утяжеление гранулометрического состава, нижележащие горизонты В тяжелосуглинистые.

Антропогенные изменения отмечены в горизонте  $A_1$ , частично в  $A_2$ . Нижележащие горизонты  $B_1$  и  $B_2$  мало затронуты изменениями. Произошедшие изменения в почвах характеризуются: (1) наличием большого количества антропогенного мусора; (2) изменением структуры верхних горизонтов, которая из благоприятной комковатой превращена в неблагоприятную для роста растений – пылеватую (наблюдается в верхних горизонтах  $A_1$ ); (3) отмечается нарушение естественного расположения горизонтов; (4) насыпаны верхние горизонты  $A_1$ ; (5) большая степень насыщенности почв основаниями, что свидетельствует о привнесении плодородного слоя извне.

Второй исследованный парк им. 50-летия ВЛКСМ расположен в юго-западном районе города, ограничен улицами Шаумяна, Ясная и Чкалова. Вопреки распространенному мнению, что этот парк создан на засыпанном болоте, нами обнаружено, что только примерно 30% площади было засыпано строительным мусором. Это юго-восточная и южная часть парка, примыкающая к стадиону училища олимпийского резерва, и узкая полоса северной части парка, примыкающая к улице Ясной. Почвенный покров на данной территории представлен урбоземами легко и среднесуглинистыми, редко встречались супесчаные. Остальная территория парка представлена естественными почвами и урбопочвами. Рядом с водоемом и заболоченными местами обнаружена болотная почва. В местах на более дренированных участках почвы представлены глеево-дерновыми и урбо-глеево-дерновыми бескарбонатными почвами, вид варьирует от маломощных до мощных (чаще встречались мощные), гранулометрический состав – от легких до тяжелых суглинков, глееватость отмечена в  $A_1$  горизонте, иногда в В. Часто встречаются почвы с перемешанными горизонтами или с двойным набором горизонтов, характерных для глеево-дерновой почвы. Степень трансформации почвенного покрова является следствием степени антропогенного воздействия при формировании городской среды. В парках с сохранением природных элементов почвы изменены на глубину до 0.5 м, тогда как в искусственно созданных парках – более 1 м.

УДК 631.42

## **ТРАНСФОРМАЦИЯ ПОЧВ ПРИ ЗАРАСТАНИИ БРОШЕННЫХ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ УГОДИЙ ДРЕВЕСНО-КУСТАРНИКОВОЙ РАСТИТЕЛЬНОСТЬЮ НА ТЕРРИТОРИИ СВЕРДЛОВСКОГО ЛЕСНИЧЕСТВА**

**Абрамова Л.П., Коровякова Т.А.**

Уральский государственный лесотехнический университет, Екатеринбург,

E-mail: abramovalp@m.usfeu.ru, rokota@bk.ru

Исследования проводились на территории Свердловского лесничества Департамента лесного хозяйства Свердловской области, неподалеку от п. Марамзино. Почвенный район территории исследования – Двуреченский Свердловской области, таежной зоны Средне-Уральского таежного лесного района. Исследованная почва – серая лесная серая обычная среднемощная глинистая. Исследовалась заросшая древесной растительностью бывшая пашня. Были заложены четыре разреза: первый – под пологом леса в качестве контрольного разреза; второй – в месте наибольшей сомкнутости сформировавшегося молодого поколения леса на краю поля примыкающего к стене леса; третий – в месте небольшой сомкнутости молодого поколения древесных растений (на стадии начального зарастания лесом); четвертый – на бывшей пашне не успевшей зарости древесной растительностью. Стена леса представлена смешанным древостоем составом 5С5Б, возрастом 70 лет, полнотой 0.6, средней высотой 19 м, средним диаметром 21 см, запасом 180 м<sup>3</sup>/га. На бывшей пашне сформировались молодняки у стены леса на начальной стадии зарастания густотой 10940 шт./га, возрастом 11 лет, составом 8С2Б и полнотой 0.68. Средними диаметром 3.2 см, высотой 3.7 м. На начальной стадии зарастания бывшей пашни сформировалась древесная растительность, имеющая следующие характеристики: состав 10С+Б, полнота 0.1, густота 1079 шт./га, средние возраст 8 лет, диаметр 3.1 см, высота 3.4 м.

Исследования показали, что даже, несмотря на небольшой возраст сформировавшегося молодого поколения леса, уже заметны признаки влияния на почву древесной растительности. Нашими исследованиями выяснено, что наибольшее проявление подзолистого процесса выявлено под пологом леса, однако и под сформировавшейся древесной растительностью уже заметны признаки подзолистого процесса, причем он тем ярче выражен, чем больше густота сформировавшегося молодого поколения леса. Под пашней без древесной растительности нами отмечены самые незначительные проявления подзолистого процесса, соответствующие типу почвы. О признаках усиливающегося подзолистого процесса можно судить по следующим показателям: увеличивающейся мощности переходных горизонтов

$A_1A_2$  и  $A_2B$ , перепаду в профиле по гранулометрическому составу, уменьшению обменной кислотности, а также степени насыщенности почв основаниями и увеличению гидролитической кислотности в тех горизонтах, в которых усиливается подзолистый процесс.

УДК 631.45

## **РЕГИОНАЛЬНЫЕ АСПЕКТЫ АНТРОПОГЕННОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ ПОЧВ БЕЛАРУСИ**

**Азарёнок Т.Н., Шульгина С.В., Матыченкова О.В.**

Институт почвоведения и агрохимии НАН Беларуси,  
Минск, Республика Беларусь

E-mail: tanik63@mail.ru.

Исследования региональной трансформации почв и почвенного покрова в условиях возрастающей на них антропогенной нагрузки являются весьма актуальной современной проблемой. Особенно это характерно для территории Белорусского Полесья, где в компонентном составе почвенного покрова значителен удельный вес торфяных почв, а главной составляющей антропогенного воздействия на почвы является осушительная мелиорация, которая как мощнейший антропогенный фактор, коренным образом меняет направленность процессов почвообразования и оказывает огромное влияние на скорость и масштабы их преобразования. Осушенные торфяные почвы являются экологически неустойчивыми и в интенсивном сельскохозяйственном использовании претерпевают настолько существенные изменения своего строения и свойств, что уже не могут быть идентифицированы как торфяные – происходит процесс трансформации почв в новые эволюционные стадии их состояния и функционирования. И, несмотря на высокую степень изученности вопроса трансформации органогенных почв в деградированные торфяные, исследования условий формирования, состава и свойств других типов органогенных почв практически отсутствуют. Поэтому установление региональных особенностей трансформации осушенных торфяных почв для усовершенствования научных подходов по повышению их экологической устойчивости, объективной оценки плодородия почв сельскохозяйственных земель землепользований республики, представляются весьма актуальными.

Исследования выполнены на основе сбора, систематизации и анализа информации из Почвенной Информационной Системы Беларуси, разновременных данных крупномасштабного почвенного обследования и корректировки осушенных сельскохозяйственных земель. Аналитические данные получены по общепринятым методам и обработаны с помощью методов математической статистики. Номенклатура и диагностические признаки антропогенно-преобразо-

ванных почв представлены согласно опубликованным Методическим указаниям.

Проведенными исследованиями установлено, что систематическое применение агромелиоративных мероприятий на осушенных землях с высоким удельным весом торфяных маломощных и торфяно-глеевых почв привело к формированию на луговых землях ОАО «Велута» Лунинецкого района Брестской области (Малоритско-Лунинецко-Лоевский почвенно-экологический район – ПЭР) среднедеформированных минеральных остаточно-торфяных почв. Сравнительный анализ одновременных данных показал, что содержание органического вещества (ОВ) в деформированном горизонте вновь образованных почв по сравнению с исходным агроторфяным (значения ОВ составляли  $65.9 \pm 11.9\%$ ,  $n = 61$ ) снизилось в 7.0–8.5 раза, сумма поглощенных оснований снизилась в 8.7 раза, емкость поглощения – в 12.2 раза, степень насыщенности основаниями – в 7.2 раза, содержание подвижных фосфора и калия – в 5.2–8.4 и в 3.9–4.5 раза, соответственно, по сравнению с таковыми значениями в исходной торфяно-глеевой почве. Балл бонитета вновь сформированной почвы составил 35.6 против 54.4 исходной почвы.

На территории осушенных луговых земель ОАО «Рапс» Минского района (Ошмянско-Минский ПЭР) установлено, что на месте аллювиальных иловато-торфяных маломощных почв (с мощностью торфяного горизонта 0.5–1.0 м), произошло формирование агроторфяной поверхностно-перемешанной минеральной остаточно-торфяной почвы. Для деформированного (перемешанного) горизонта этой почвы показатели кислотности (рН в КСl) изменялись от «близких к нейтральным» к «слабокислым», сумма поглощенных оснований, емкости поглощения снизилась в 2.9–3.5 раза по сравнению со значениями агроторфяного горизонта исходной почвы, содержание ОВ уменьшилось в 2.9 раза (содержание в исходной почве составляло  $82.6 \pm 8.9$ ,  $n = 37$ ), а значения подвижных форм фосфора и калия снизились в 5.3–7.8 раза. Балл бонитета составил 13.9, что в 4.4 раза ниже, чем в исходных почвах.

Таким образом, использование органогенных почв в интенсивной хозяйственной деятельности способствует формированию почвенных объектов, ранее не существовавших в природных условиях, характеризующихся разной степенью преобразования морфологического профиля, физико-химических и агрохимических свойств.

УДК 631.45

**АГРОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА УРБАНИЗИРОВАННЫХ  
АГРОДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТЫХ ПОЧВ ПРИ ВЕДЕНИИ  
ГОРОДСКОГО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА (НА ПРИМЕРЕ  
ОПЫТНЫХ УЧАСТКОВ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СТАЦИОНАРА  
РГАУ-МСХА ИМЕНИ К.А. ТИМИРЯЗЕВА)**

**Александров Н.А., Джанчаров Т.М., Ефанова Е.М.**

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

E-mail: alexandrovnumber4@mail.ru

Интенсивный и ускоренный рост городов предъявляет огромные требования к городским системам снабжения продовольствием. Существующие проблемы изменения климата: увеличение числа негативных природных явлений (засухи, наводнения); повышение температуры и использование энергии; увеличивающаяся зависимость от импорта продовольствия. Адаптивное растениеводство и устойчивость агроценозов в целом требует оценки изменчивости урожаев и их качества.

В связи с этим, основной целью работы было изучение динамики ряда почвенных характеристик, и ее отражение на биопродуктивности культур на урбанизированных агро-дерновоподзолистых почвах Экологического стационара РГАУ-МСХА имени К. А. Тимирязева.

Почвенный покров представлен преимущественно урбанизированными агродерново-подзолистыми почвами различного гранулометрического состава, однако, на небольшом участке встречаются зональные дерново-подзолистые почвы, а также типичные для Москвы урбаноземы. Можно четко диагностировать погребенный гумусовый горизонт (содержание гумуса 2.8% на глубине 70–80 см) под насыпным горизонтом ТСН. В опыте испытывались различные системы питания зерновых культур с использованием инновационных азотных удобрений, а также биопрепаратов, содержащих микроэлементы (контроль, традиционный, интенсивный и инновационный).

Одним из основных экологических рисков растениеводства в городских условиях является загрязнение почв тяжелыми металлами. При этом, в первую очередь, необходимо учитывать именно те формы металлов, которые могут аккумулироваться растениями. Анализ биомассы выявил серьезную почвенную пестроту, т.к. растения в пределах одной делянки серьезно отличались по росту и массе. Наибольшее влияние на различия в биомассе оказал рН почвенного раствора, который варьирует от 5.5, до 7.8 единиц.

Различная продолжительность отдельных периодов вегетации обуславливается изменениями в ходе температуры воздуха и почвы, а колебания урожайности зерновых культур связаны со временем и уровнем выпадения осадков. Увеличение количества осадков, мо-

жет как замедлять прохождение основных фаз, так как снижается температура поверхности почвы, а может и ускорять вегетацию, однако при этом растения могут не успеть сформировать необходимую биомассу. Значительное выпадение осадков замедляет и созревание зерна (особенно на последних этапах его формирования и налива). Интегральным показателем оценки условий гидротермического режима вегетационного периода служит гидротермический коэффициент (ГТК), то есть отношение количества осадков к испаряемости. Лето 2019 г. было неоднозначным с точки зрения погодных условий, что сказалось на продуктивности культур, например, на стадии цветения некоторые участки зерновых заново позеленели.

При проведении опытов с яровой пшеницей прибавка урожая была получена на всех вариантах, однако между интенсивным и инновационным вариантами не было получено достоверных различий. Продуктивность на контроле составила 2.5 т/га, на инновационном 4.3 т/га. Продуктивность ячменя меньше, так как более серьезное влияние на развитие культуры оказали погодные факторы: 2 т/га на контрольном варианте и 3.8 т/га на инновационном.

В целом, полученные результаты свидетельствуют о значительном потенциале урбанизированных почв в растениеводстве при грамотном подборе системы питания растений. Значительную роль играет мониторинг как почвенного покрова, так и посевов культур, что позволяет значительно сократить риски получения продукции низкого качества и повысить её безопасность.

УДК 631.4

## **АНТРОПОГЕННО-ИЗМЕНЕННЫЕ ПОЧВЫ (ДИАГНОСТИКА, ИДЕНТИФИКАЦИЯ, КЛАССИФИКАЦИЯ, ИНВЕНТАРИЗАЦИЯ)**

**Апарин Б.Ф.<sup>1,2</sup>**

<sup>1</sup> Центральный музей почвоведения им. В.В. Докучаева, Санкт-Петербург

<sup>2</sup> Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург  
E-mail: soilmuseum@bk.ru

Антропогенная деятельность как фактор почвообразования (АФП) приобретает значение с началом возникновения земледелия. Она связана с прямым воздействием на почву различных систем земледелия и косвенно – уничтожением естественного фитоценоза и заменой его на агроценоз. Первоначально проявление АФП носило локальный характер. Затем, с переходом от архаичного земледелия к системам земледелия оно приобрело региональный характер. Земледелию всегда сопутствовала деградация почв. По мере роста населения региональный характер АФП перерос в глобальный. В настоящее время прямое воздействие на почвы привело к колоссальным потерям

ресурсного потенциала почв. Наиболее существенное косвенное воздействие на почвы антропогенной деятельности связано с возможным глобальным изменением климатической нормы почвообразования. В связи с этим актуальное значение приобретает создание современной теории антропогенного почвообразования.

Базовыми элементами теории являются: исследование антропогенного фактора почвообразования, структуры почвенных процессов, обусловленных воздействием человека, оценка агроресурсного, лесорастительного и экологического потенциалов почв, разработка систем управления плодородием, создание почвосберегающих систем земледелия. Важными составляющими теории являются диагностика, идентификация, классификация и инвентаризация антропогенно-трансформированных почв.

К антропогенно-трансформированным относятся почвы, несущие признаки воздействия человека в широком диапазоне изменения строения, состава, свойств и режимов. Они включают две группы почв: антропогенно-измененные почвы (АИП) и антропогенные. На месте полностью разрушенных почв выделяются непочвенные образования. К АИП относятся почвы с измененными типоморфными признаками естественных почв. Они происходят при целенаправленном воздействии на почвы (например, земледелие), а также как побочный результат разнообразных видов хозяйственной деятельности (лесозаготовка, прокладка ЛЭП, добыча полезных ископаемых и др.).

Большое разнообразие антропогенно-измененных почв обусловлено разнообразием естественных почв, подвергающихся воздействиям, степенью и характером преобразования почв (прямое и косвенное, целенаправленное и сопутствующее, одновременное (разовое) или постоянное воздействие), положением АИП на разных этапах постагрогенного эволюционного развития.

Диагностика АИП – это выявление и изучение антропогенных признаков в строении, режимах, составе и свойствах почв. Она включает разработку методов и критериев их выделения.

Идентификация – установление принадлежности АИП к исходной естественной почве определенного таксономического уровня подвергшейся воздействию. Это необходимо для оценки изменения ресурсного потенциала почв и прогнозирования их траектории развития.

Классификация АИП решает задачу интегрирования их разнообразия в границах определенных классификационных систем. Целесообразно группировать почвы в рамках двух систем: генетической и прикладной. Прикладная классификация может быть использована для оценки агроэкологического, лесорастительного и экологического потенциалов почв, почвенно-экологического картографирования, разработки государственной и региональной политики рационального использования почв, создания региональных реестров почв. Прикладная почвенная классификация является иерархической системой.

Структура классификации образована шестью уровнями.

Главной таксономической единицей является тип. Содержание понятия «тип» соответствует содержанию, принятому в КДПР, что является важным связующим звеном между генетической (КДПР) и прикладной классификациями. Таксономическими выделами ниже типа являются, так же, как и в других известных классификациях почв (1977, 1997, 2004): подтип, род, вид, разновидность, разряд. Однако, критерии их выделения другие, и определяются они целями прикладной классификации.

Надтиповой категорией является отдел. Все антропогенно-трансформированные почвы группируются в 5 отделов: агрогенные, постагрогенные, турбированные, антропогенные, деградированные.

Инвентаризация АИП включает: а) учет разнообразия, б) выявление пространственного положения, в) определение площадей, г) расчет ресурсного потенциала почв.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта №19-04-01184.

УДК 631.445.2

## **АНТРОПОГЕННЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ ПОДЗОЛИСТЫХ ПОЧВ В РАЗНЫХ БИОГЕОЦЕНОЗАХ**

**Басевич В.Ф., Макаров И.Б., Фисенко В.В.**

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

Одним из наиболее мощных антропогенных вмешательств в развитие почвенного компонента различных биогеоценозов является сельскохозяйственная деятельность человека. Самые существенные изменения верхнего обрабатываемого слоя, по сравнению с исходным состоянием, происходят на начальных стадиях освоения почв. Прежде всего, это касается морфологического строения верхней почвенной толщи, когда естественная последовательность почвенных горизонтов сменяется формирующимся пахотным слоем, и сопутствующего изменения большинства агрохимических и агрофизических показателей почв. В дальнейшем стрессовая нагрузка на почвенный компонент сменяется постепенной трансформацией материала пахотного горизонта в процессе планомерного окультуривания почв.

Исследования проводились на подзолистых почвах Архангельской области (Приморский район, деревня Лявля) и республики Коми (Сысольский район, деревня Дав), в обоих случаях развитых на покровных суглинках. В качестве непосредственных объектов изучались почвы формирующихся агроценозов с разными сроками (2, 4, 6 и 10 лет) сельскохозяйственного освоения. После сведения леса и частичной планировки территорий на поля обрабатываемых участков

вносили органические и минеральные удобрения, известь (от 7 до 15 т/га), проводили вспашку и посев многолетних трав. Контролем служили относительно ненарушенные почвы соседствующих лесных биогеоценозов. Дополнительно обследовались залежные (возраст 15 лет) огородные участки, представляющие собой вариант хорошо окультуренных подзолистых почв.

Сравнительный морфологический анализ почв осваиваемых территорий (в том числе лесных биогеоценозов и старопахотных участков) показал, что формирование пахотного слоя идет в основном на материале разных морфонов подзолистого горизонта, иногда с примесью материала иллювиальной толщи, оказывающегося в отдельных случаях даже на дневной поверхности. Мощность гумусированного слоя на полях, введенных в севооборот 2 и 4 года назад, в среднем равняется 7–10 см, местами он вообще отсутствует. Содержание гумуса в этих слоях низкое – от 1.0 до 1.5%. Мощность гумусового слоя на 6 и 10-летнем участках колеблется от единиц до 30 см, что связано с крайне неравномерным внесением торфонавозного компоста. Содержание гумуса сопоставимо с таковым на других участках. Органическое вещество почвы слабо связано с ее минеральной частью, имеет признаки оторфованности, что в свою очередь указывает на слабую гумификацию внесенного компоста. Несмотря на среду, близкую к нейтральной (рН местами достигает значений 6.5), относительно высокое содержание обменного кальция (в среднем около 200 ммоль-экв/кг почвы) и развитие большой биомассы трав, практически все запасы «гумуса» данных почв определяются внесенными органическими удобрениями.

В то же время старопахотная хорошо окультуренная почва даже спустя 15 лет после прекращения обработки характеризуется высокими агрохимическими показателями: содержание гумуса равно 3.5%, содержание подвижных форм фосфора и калия соответственно до 300 и 150 мг/кг почвы, величина рН – 5.5. Данное обстоятельство может свидетельствовать о том, что даже в северных регионах страны почвы, достигшие высокой степени окультуренности, способны достаточно длительное время противостоять постагрогенной трансформации в направлении зонального типа почвообразования.

Вероятно, для более эффективного окультуривания подзолистых почв, выведенных из-под леса, на начальном этапе следует создавать на ограниченном пространстве устойчивую агроэкосистему с одновременным и последующим проведением необходимых агромероприятий (внесение органо-минеральных удобрений, известкование, при необходимости осушительная мелиорация, введение травопольных севооборотов, оптимизация приемов обработки и т.д.). При этом необходимо использовать в каждом отдельном случае индивидуальный подход в соответствии с особенностями почвенного покрова, водно-воздушного и теплового режимов, состава и свойств почв исходных лесных биогеоценозов.

УДК 631.48

## ПОЧВЫ ИСТОРИЧЕСКИХ САДОВ САНКТ-ПЕТЕРБУРГА

**Бахматова К.А., Матинян Н.Н., Шешукова А.А.**

Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург

E-mail: k.bahmatova@spbu.ru

Изучены почвы центральной исторической части Санкт-Петербурга – Летнего, Шереметевского, Польского садов. Шереметевский и Польский сады расположены на левом берегу р. Фонтанки. Оба сада заложены при усадьбах – графа Шереметева и поэта Г.Р. Державина, соответственно. Летний сад создавался, как резиденция Петра I и со всех сторон окружен водой: его ограничивают р. Нева, р. Фонтанка, р. Мойка и Лебяжья канавка. Все изученные сады заложены в XVIII в.

Историческая часть Санкт-Петербурга расположена на низкой морской Литориновой террасе с абсолютными отметками от 0 до 3 м над ур. м. (до 4.5 м, благодаря антропогенной стратификации). До завершения строительства комплекса защитных сооружений Санкт-Петербурга (2011 г.), эта территория подвергалась периодическим нагонным наводнениям. Природные почвообразующие породы центральной исторической части города – аллювиально-морские (литориновые) пески и супеси. Городские почвы сформированы на антропогенном наносе, мощность которого составляет от 0.8 до 2.0 м. В период почвенного обследования грунтовые воды в Польском и Шереметевском садах залегали на глубине 1.0–1.8 м, в Летнем саду грунтовые воды появлялись локально на глубине 1.9 м.

При диагностике почв садов были использованы «Классификация и диагностика почв России» (2004) и классификационные разработки Т.В. Прокофьевой с соавторами (2014). Химические характеристики почв изучены общепринятыми методами.

Почвенный покров городских садов состоит из урбостратоземов, подстилаемых литориновыми супесями, и урбостратоземов на погребенных серогумусовых глееватых и глеевых почвах. Местами встречаются урбостратоземы глеевые. По мощности насыпной толщи урбостратоземы разделены на маломощные (40–70 см), среднемощные (70–100 см) и мощные (более 100 см). Урбостратоземы маломощные были встречены только в западной части Шереметевского сада. В Летнем саду встречаются только урбостратоземы мощные, которые преобладают и в остальных садах. Почвы Летнего сада отличаются от почв других изученных садов относительно небольшим количеством антропогенных включений, высокой гумусированностью и биогенностью (большое количество ходов дождевых червей и копролитов). Возможно, эти особенности связаны с тем, что площадь Летнего сада в несколько раз превышает площади двух других садов, и интенсивность урботехногенного воздействия на единицу площади в этом саду ниже.

По химическим показателям изученные почвы садов в целом соответствуют известным характеристикам городских почв: щелочная реакция, наличие карбонатов, повышенное содержание органического вещества и подвижного фосфора. В Польском саду отмечены высокая плотность сложения и замусоренность (повышенное содержание артефактов) в верхних почвенных горизонтах. Поверхностные горизонты почв во всех садах загрязнены тяжелыми металлами. Содержание Pb, Cu и Zn местами превышает ОДК в 1,5–10 раз. Для почв Шереметевского сада также характерно загрязнение тяжелыми металлами ряда срединных горизонтов, в связи с тем, что территория сада в 1930–1980-х гг. использовалась размещенным в Шереметевском дворце Институтом Арктики и Антарктики в качестве хозяйственного двора.

Выявленное сходство строения и свойств почв садов исторического центра Санкт-Петербурга обусловлено общностью природных условий их формирования и временем их создания. Различия обусловлены особенностями планировки каждого сада и их индивидуальной историей.

УДК 631.4

### **ОТРАЖЕНИЕ АНТРОПОГЕННОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ ЛАНДШАФТА В ПОЧВЕННОМ ПОКРОВЕ ПАРКОВОЙ ТЕРРИТОРИИ МУЗЕЯ «НОВЫЙ ИЕРУСАЛИМ»**

**Вертянкина В.Ю.<sup>1</sup>, Колесникова В.М.<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Институт глобального климата и экологии им. академика Ю.А. Израэля,  
Москва

E-mail: victoria\_vert@mail.ru

<sup>2</sup> Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Москва  
E-mail: v.m.kolesnikova@mail.ru

Изучение антропогенно-измененных почв городских парковых территорий, на сегодняшний день, относится к одному из наиболее актуальных направлений исследования. В результате благоустройства и реставрации построек культурного наследия на территории городских парков, происходит трансформация почвенного и растительного покровов.

Музей «Новый Иерусалим» расположен в Истринском районе Московской области. На момент проведения нами почвенных исследований с 2012 по 2014 гг. музей располагался в стенах Воскресенского Ново-Иерусалимского монастыря, созданного по инициативе Патриарха Никона во второй половине XVII в. Сам монастырь располагается на живописном холме в излучине реки Истры, соответствующем второй надпойменной террасе. В процессе строительства монастыря, окружающий его ландшафт был значительно преобразован: спрямлено русло реки, построена сложная гидротехническая система «Кедронский поток», внутри стен монастыря были разбиты

сады и огороды. Парковая территория располагается на первой надпойменной террасе и в пойме реки Истры.

Цель наших исследований заключалась в выделении функциональных зон природно-архитектурного ландшафта парковой территории музея «Новый Иерусалим» и выделении наиболее характерных типов почв.

В регулярной части парка были выделены разновозрастные участки лесной зоны, примыкающие к стенам монастыря. Первый участок располагается на северном склоне второй надпойменной террасы, покрытой лесной растительностью за пределами монастырских стен. С целью сохранения первоначального облика природного ландшафта Ново-Иерусалимского монастыря за пределами его стен была произведена искусственная подсыпка грунта. В верхней части склона формируется урбистратозем дерновый, подстилаемый техногенными отложениями, а в нижней части склона – урбистратозем дерновый на аллювиальных отложениях. Следующий участок расположен на склоне первой надпойменной террасы и центральной пойме у северных стен монастыря. Здесь формируется дерново-подзолистая урбистратифицированная почва на моренных отложениях, подстилаемых аллювиальными песками. В нижней части склона первой надпойменной террасы была описана аллювиальная серогумусовая супесчаная почва на аллювиальных отложениях. Центральная часть поймы реки Истра четко делится на высокую и низкую. На высокой части поймы формируется аллювиальная серогумусовая глееватая почва с погребенным гумусовым горизонтом. В низкой части поймы – аллювиальная серогумусовая глеевая почва на аллювиальных отложениях.

Второй участок относится к регулярной части парка, расположен под современными посадками, на первой надпойменной террасе. Здесь формируются почвы зонального типа – дерново-подзолистые урбистратифицированные среднекарбонатные. Под старовозрастным лесным массивом на месте, где первоначально располагался Гефсиманский сад, формируются дерново-подзол иллювиально-железистый и дерново-подбур иллювиально-железистый.

Третий участок располагается в пейзажной части парка на прирусловой и центральной части поймы, и в притеррасном понижении. Здесь формируются наиболее характерные для рассматриваемой нами территории аллювиальные серогумусовые почвы.

Все рассматриваемые нами почвы формируются в режиме пре-кращения поемного процесса и относятся к «посталлювиальным». В профилях почв парковой территории присутствуют антропогенные включения в небольших количествах, отмечено уплотнение верхней части профиля почв пейзажной части. Почвы характеризуются супесчаным и легкосуглинистым гранулометрическим составом, слабокислой реакцией среды, низким содержанием гумуса. Содер-

жание подвижных форм фосфора характеризуется как высокое, калия – низкое и очень низкое. Содержание форм тяжелых металлов находится в пределах ПДК.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта №13-04-00840.

УДК 631.4

## **УРБИКОВЫЕ ГОРИЗОНТЫ БЕЛЛИГЕРАТИВНЫХ ЛАНДШАФТОВ г. ВОЛГОГРАДА**

**Гордиенко О.А.<sup>1,2</sup>**

<sup>1</sup> Волгоградский государственный университет, Волгоград,

<sup>2</sup> Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций  
и защитного лесоразведения РАН, Волгоград  
E-mail: oleg.gordienko.95@bk.ru

В результате использования местности в военных целях, почвенный покров претерпевает ряд изменений, вплоть до полного уничтожения его естественного сложения, образования новых антропогенных горизонтов, а также наличием в этих горизонтах артефактов несвойственных в целом для антропогенных почв. Для большинства Technosols (по WRB 2015) и урбостратоземов (по Прокофьевой с соавт., 2014) основным квалификатором и горизонтом выступает Urbic и UR. Согласно определению WRB, Urbic – это слой мощностью  $\geq 20$  см на глубине до  $\leq 100$  см от поверхности почвы, содержащий  $\geq 20\%$  артефактов, которые на  $\geq 35\%$  представлены обломками стройматериалов и отходами, накопленными в процессе функционирования поселений людей. Горизонт UR по Прокофьевой с соавт. – это синлитогенный диагностический горизонт, постепенно образующийся за счет привнесения различных субстратов на дневную поверхность в условиях городских и сельских поселений.

Артефакты, обнаруженные в урбиковых горизонтах почв г. Волгограда, включают широкий спектр предметов и варьируют от строительных материалов для оборонительных сооружений (древесина, бетон, колючая проволока) до металлических обломков от бомб, снарядов, фрагментов человеческой одежды и костей. Во время Сталинградской битвы город был почти полностью разрушен (уцелело лишь 9.5% довоенного жилого фонда). Анализ последствий боевых действий в современном рельефе г. Волгограда позволяет судить о существенных в пределах города преобразованиях природной среды. Город расположен в зоне распространения каштановых почв. Преобладают каштановые почвы различного гранулометрического состава и степени солонцеватости (Cambisols, Cambisols (Sodic)) с содержанием  $\text{CaCO}_3$  не более 9%. Антропогенные почвы в пределах города представлены преимущественно урбостратоземами, квазиземами и экраноземами (Urbic Technosols и Ekranic Technosols). Для большин-

ства урбиковых горизонтов артефакты типичны и представлены в основном бытовым и строительным мусором, камнями и обломками металлоконструкций. Однако в некоторых почвенных разрезах как антропогенных, так и естественных почв, включения были преимущественно военного характера (гильзы, фрагменты военной одежды, кости и др.) и находились почти в каждом горизонте. На территории г. Волгограда почвы, содержащие военные включения сохранились в основном в парках, скверах, зеленых массивах, поскольку почвы рекреационных территорий менее подвержены трансформации в результате хозяйственной деятельности и являются книгоподобным типом памяти. По своим морфологическим и физико-химическим свойствам почвы беллигеративных ландшафтов сильно варьируют в зависимости от местоположения и характера использования территории. Так гранулометрический состав изменяется от песчаного до среднесуглинистого, структура от бесструктурной до комковатой. Цвет урбиковых горизонтов также неоднороден и варьирует от 7.5 YR до 10 YR. Содержание почвенного углерода изменяется от 0.43 до 1.76%, легкорастворимых солей – от 0.09 до 0.16%, реакция почвенной среды слабощелочная (рН водный – от 8.03 до 8.22), плотность сложения варьирует от 1.32 до 1.58 г/см<sup>3</sup>.

Таким образом, можно сделать вывод, что Сталинградская битва оставила особый след, который привел к образованию в антропогенных и естественных почвенных горизонтах нетипичных включений. Характерными типами почв территорий боевых действий являются урбостратоземы (Technosols) с уникальными артефактами, которые предлагается отразить путем введения в новую версию WRB классификатора Waric и малого горизонта wr в КиДПР, указывающих на наличие в почвенном горизонте военных предметов.

УДК 631.48

## ПОЧВООБРАЗОВАНИЕ НА ТЕХНОГЕННЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ

Дабак Е.В.<sup>1,2</sup>, Кондакова Л.В.<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> Институт биологии ФИЦ Коми НЦ УрО РАН, Сыктывкар

<sup>2</sup> Вятский государственный университет, Киров  
E-mail: ecolab2@gmail.com

В окрестностях г. Кирово-Чепецка Кировской области за пределами промышленных площадок расположены хвостохранилища химических заводов. Одно из хранилищ жидких отходов площадью около 55 тыс. м<sup>2</sup> в 2012 году было осушено и пересыпано грунтами разного состава и происхождения. Песчаные породы – это аллювиальные пески, изъятые в прошлом из местных пойменных озер, глинистый грунт – элювий глин, характерный для водораздела, известняки и мергели – как природные, так и техногенные, гипсы – отходы химического производства.

На территории бывшего хвостохранилища в 2019 году были заложены 4 площадки, различающиеся по характеру растительности и почвообразующей породе. На первой площадке растительность была изреженной, представлена пыреем, на второй – развивался донник, на третьей площадке отмечались сплошные заросли пырея, на четвертой – высшие растения едва пробивались по краям плотной гипсовой корки. На поверхности корки образовались куртины мха. На всех площадках отбирались смешанные образцы почв из верхней корнеобитаемой толщи. Показатели свойств почв (значения рН в водной и солевой вытяжках, органическое вещество) определялись по общепринятым методикам, валовой химический состав почв и элементный состав растений – методами масс-спектрометрии и атомно-эмиссионной спектрометрии с индуктивно связанной плазмой. Видовой состав альгофлоры определяли методом прямого микроскопирования почвы и постановкой чашечных культур со стеклами обрастания.

Все формирующиеся почвы отличались от почв окружающих пойменных лугов щелочной реакцией среды, причем во многих образцах значения рН в водной вытяжке оказались равными или ниже рН в солевой вытяжке, что характерно для почв, насыщенных основаниями, или для почв с положительным зарядом поверхности.

Наиболее активно почвообразование происходило на рыхлом субстрате – супесчаном слое, перекрывающем карбонатную мелкощебнистую массу (площадка 3). За семилетний период зарастания на этой площадке появилась дернина с высоким содержанием органического вещества – 4.6% и морфологически проявилась начальная дифференциация профиля. В нижележащих слоях формирующейся почвы (с глубины 10 см) было отмечено повышение значений рН, что соответствовало увеличению содержания кальция и магния. При отсутствии подстилания карбонатной глиной на песчаном субстрате с аналогичным химическим составом (площадка 1) под изреженной растительностью содержание органического вещества в почве составляло всего 0.81%, соответственно, в валовом составе значительно ниже было содержание биогенных элементов: фосфора и серы. Суглинистый состав рыхлой красновато-бурой толщи на площадке 2 обуславливал более высокое содержание алюминия, железа и других элементов вследствие увеличения доли глинистых минералов. Верхний пятисантиметровый слой за счет более высокого содержания органического вещества отличался более темным оттенком. В суглинистой почве на этой площадке под влиянием разветвленных корневых систем донника формируется зернистая структура. Выветривание гипса под моховой растительностью в корке на площадке 4 сопровождалось накоплением органического вещества в мелкозем, при этом соотношение кальция и серы в валовом составе свидетельствовало об абсолютном преобладании сульфата кальция в субстрате.

Формирование почвы происходит при участии фототрофных

микроорганизмов, характерных для близлежащих пойменных лугов. Выявлено 36 видов почвенных микрофототрофов. По числу видов преобладают цианобактерии (ЦБ) и зеленые водоросли, мало диатомовых водорослей и почти отсутствуют желтозеленые. Наибольшее число видов отмечено на третьем участке, меньше – на четвертом (гипсовой корке).

В качестве общей тенденции почвообразования на территории бывшего хвостохранилища можно отметить довольно быстрое накопление органического вещества и слабое подкисление самого верхнего слоя формирующейся почвы.

УДК 631.48

### **ОБРАЗОВАНИЕ ВТОРИЧНЫХ СОЛОНЧАКОВ В ДОЛИНАХ МАЛЫХ РЕК ТАЕЖНО-ЛЕСНОЙ ЗОНЫ В СВЯЗИ С ПРОИЗВОДСТВОМ КАЛИЙНЫХ СОЛЕЙ**

**Еремченко О.З., Пахорук И.В., Шестаков И.Е.**

Пермский государственный национальный исследовательский университет,  
Пермь  
E-mail: [eremch@psu.ru](mailto:eremch@psu.ru)

Верхнекамское месторождение – одно из крупнейших в мире по величине запасов солей. Калийное производство сопровождается накоплением отходов, к настоящему времени их суммарное количество достигло 425 млн т. Наряду с твердыми галитовыми отходами, складированными на поверхности в виде солеотвалов, применяемые технологии сопровождаются образованием значительных объемов глинисто-солевых шламов и избыточных рассолов, для хранения которых требуется сооружение шламоохранилищ. Фильтрационные утечки рассолов ПАО «Уралкалий», даже по официальным данным, достигают сотни тысяч кубометров в год.

Обследованы вторично засоленные аллювиальные почвы, формирующиеся в условиях таежно-лесной зоны на территории Верхнекамского месторождения солей. В долинах рек Лёнва и Черная на поверхность выходят минерализованные воды, фильтрующиеся от складированных отходов производства калийных солей (солеотвалы и шламоохранилища Березниковского производственного рудоуправления). Почвенно-грунтовые воды в долине р. Лёнва имели минерализацию 40 г/л, рН = 6.3, хлоридный кальциево-калиево-натриевый химизм. В долине р. Черной почвенно-грунтовые воды при таком же химизме солей характеризовались меньшей минерализацией (12 г/л) и рН = 6.5. Эти соленые воды являются причиной устойчивого засоления аллювиальных гумусовых глеевых почв, вплоть до образования сильнозасоленных солончаковых почв, вторичных солончаков (насыщенных карбонатсодержащих гипсосодержащих хлоридных калиево-натриевых среденатриевых) и соровых солончаков (сульфидных гипсосодержащих карбонатсодержащих насыщенных суль-

фатно-хлоридных натриево-кальциевых средненатриевых).

Установлена общая направленность трансформации свойств аллювиальных почв под воздействием техногенных солей: нейтрализация кислотности и появление щелочности (до  $\text{pH} = 8$ ), гипсообразование (до 6%), появление карбонатов (до 7%), повышение насыщенности основаниями, вхождение натрия (до 40% от емкости катионного обмена) и калия (до 37–50%) в почвенный поглощающий комплекс.

В профиле аллювиальных солончаковых почв, находящихся под воздействием техногенных минерализованных вод, появились новообразования мелкокристаллического гипса овальной формы. В контрастных окислительно-восстановительных условиях и в присутствии сульфатов для почв характерны обратимые переходы  $\text{Fe}^{2+} \leftrightarrow \text{Fe}^{3+}$ ,  $\text{S}^{6+} \leftrightarrow \text{S}^{2-}$ . В профиле аллювиальных солончаковых почв на границе окислительной и восстановительной зон присутствуют новообразования и прослой (мощностью несколько см) окисного железа. Водонасыщенные переходные к породе горизонты зачастую отличались темной окраской, по-видимому, из-за аккумуляции сульфидов железа. В аллювиальной гумусовой глееватой ненасыщенной хлоридной солончаковой сильнозасоленной малонатриевой почве реакция среды снизилась до  $\text{pH} = 2\text{--}3$ ; возможно, на фоне недостатка оснований при окислении сульфидов образовалась свободная серная кислота.

Имеющиеся особенности в происхождении и свойствах техногенных вторично засоленных почв должны найти отражение в современных классификациях. В классификации WRB дополнительные квалификаторы Chloridic, Gypsic, Salic, Sodic обозначают признаки антропогенного происхождения, связанные с водной миграцией техногенных солей. Нам представляется целесообразным предложить использовать дополнительные квалификаторы Salicotechnic, Chloridicotechnic, Gypsicotechnic, Sodicotechnic для почв с аккумуляцией техногенных солей, хлоридных солей, гипса, а также насыщенных обменным натрием (более 15% от ЕКО).

УДК 574.4

## ЭДАФИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ ЗЕЛЕННЫХ ЗОН ГОРОДА

**Жукова Е.А.<sup>1</sup>, Мирин Д.М.<sup>2</sup>, Надпорожская М.А.<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Русский музей, Санкт-Петербург  
E-mail: ealukmazova@mail.ru

<sup>2</sup> Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург  
E-mail: d.mirin@spbu.ru; m.nadporozhskaya@spbu.ru

Городское почвоведение – сравнительно молодое направление фундаментальной науки. В мегаполисах взаимозависимое изменение растительности и почв практически не изучено. Почва – основа продолжительности жизни и декоративности зеленых насаждений. Между тем в городе почвенный покров значительно изменяется, так

же варьируются климатические показатели, рельеф и биологические составляющие урбозкосистемы. Городские почвы «растут вверх», изменяя характер почвообразования с постлитогенного на синлито-генное, результат которого определяется не только поступающими органоминеральными компонентами, но и разнообразными химическими загрязнителями.

Проведено сравнительное изучение растительности и почв двух районов Санкт-Петербурга: Исторического центра (Летний сад, Кленовая ул., Невский пр.) и Петродворцового района (городские кварталы Нового Петергофа, парки Александрия и Сергиевка) в 1998–2019 гг. Частично материал опубликован. Профили городских почв сохраняют следы былых стадий использования: сельскохозяйственной, строительства и разрушений зданий, дорог и коммуникаций. Влияние человека на почвы часто локализовано: почвенные контура соответствуют историческим комплексам. Мощные гумусовые горизонты, на дневной поверхности и/или погребенные, остаются на местах старых усадеб. В городских парках во дворах построек встречаются щелочные карбонатные почвы на фоне кислого фона почв окружающих лесолуговых ландшафтов. Эти особенности нужно учитывать в городском планировании. В урбозкосистемах малый биологический круговорот размокнут. С удаляемым опадом из зеленых зон выводится значительная часть элементов питания растений. Качество же вносимых органических удобрений в городском хозяйстве контролируется недостаточно. Торфяные компосты (выкатки из теплиц?) зачастую являются источником семян сорных растений, среди которых носители аллергенной пыльцы. Подстилку стойлового содержания лошадей для использования в качестве удобрений в садах и парках Санкт-Петербурга следует сертифицировать. В целом качество и нормы удобрений не соответствуют требованиям системной целостности физико-химических характеристик городских почв и экофизиологических параметров растений. Нет сведений о балансе выноса и поступления биогенных веществ для зеленых зон города. Растительность теряет декоративность, уменьшаются сроки жизни деревьев. Большинство видов растений, высаживаемых в городах в умеренном климате, происходит из широколиственных лесов. Для них оптимальны слабокислые почвы, редко или не пересыхающие, с краткими периодами дефицита кислорода.

В целом, эдафические условия в городе не оптимальны для растений. Научно не обоснованное внесение удобрений на фоне изменения физико-химических характеристик городских почв (подщелачивание, химическое загрязнение, в частности бензапиреном, сильная каменистость всего профиля или отдельных горизонтов, переуплотнение, летнее пересыхание) приводит к дисбалансу эдафических условий и биологических требований растений. Например, содержание элементов минерального питания растений в почвах Летнего сада было

оценено как: среднее по  $P_2O_5$ , низкое по  $K_2O$ , очень низкое по  $NO_3$ . В то же время некоторые почвы могут быть, наоборот, эвтрофированы. Растения по-разному откликаются на различные уровни содержания доступного азота в почве. Бузина при невысоком содержании водорастворимого азота в почве имеет низкую жизнеспособность, а березы, тополя и особенно сосны, наоборот, при повышении содержания азота в почве подвержены грибным инфекциям. В городе нужно проводить регулярные почвенно-генетические и агроэкологические обследования зеленых зон, планировать хозяйственные мероприятия на базе современных научных методов.

УДК 631.4

### **НЕИЗВЕСТНЫЕ ПОЧВЫ РАЙОНОВ ВОЗДЕЙСТВИЯ САХАРНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ**

**Замотаев И.В., Грачева Р.Г., Конопляникова Ю.В., Долгих А.В.,  
Карелин Д.В., Тельнова Н.О., Добрянский А.С.**

Институт географии РАН, Москва  
E-mail: zivigran@rambler.ru

Сахарная промышленность на протяжении веков была широко распространена в мире, накапливая огромное количество производственных отходов. Анализ литературы показал, что при обилии исследований почв, формирующихся на промышленных минеральных отходах, исследования почвообразования на отходах сахарной индустрии практически не проводилось, хотя эти территории занимают значительные площади в разных регионах мира.

Исследуется обычно возможность использования сахарного дефека для удобрения почв. Впервые изучены почвы и ландшафты, сформировавшиеся на заброшенных хранилищах отходов сахарного производства (Курская область). Разработаны схемы хронофункционального зонирования трех территорий складирования отходов разного типа, разной длительности заброшенности и истории рекультивации. В России промышленное производство сахара из сахарной свеклы было налажено в начале 19 века. Отходы производства сахара, сбрасываемые в отвал-отстойники и поля орошения, содержали известь, органические остатки, азот, фосфор, калий, а также примесь серы и других элементов. Развитие технологий переработки сырья во второй половине XX в. привело к почти полному использованию отходов и забрасыванию территорий, занятых ими. Распределение и хронологическая последовательность заброшенных участков были определены с использованием космических снимков и полевых наблюдений. Выявлено, что в диапазоне 30–50 лет на обширных территориях сформировались ландшафты с зарослями высоко инвазивного клена американского (*Acer negundo*), вытесняющего аборигенные

виды тростниковыми массивами на месте бывших отстойников, и с сильно щелочными почвами, не характерными для условий черноземов миграционно-мицелярных (черноземов выщелоченных и типичных) и серых (лесных) почв. Щелочные почвы отстойников, обогащенные органическим веществом, не укладываются в ячейки Российской классификации (2004); они предварительно отнесены к Garbic Technosols (Carbonic), но их классификационная позиция WRB нуждается в уточнении. Помимо почв отвал-отстойников, почвенный покров осложняется почвами промышленных площадок и полей, орошаемых сточными водами сахарных заводов. Все эти новообразованные почвы являются хранилищами больших объемов органического углерода. Для определения основных свойств почв применены методы микроморфологического анализа, изучалось их микробиологическое состояние; исследуется сезонная динамика выбросов в атмосферу углекислого газа, метана и закиси азота. Интегрированные почвенные и ландшафтно-геохимические исследования территорий, находившихся и находящихся под воздействием сахарной промышленности, необходимы для расширения горизонтов географии антропогенных почв, их классификации и влияния на почвы и ландшафты территории в целом.

Исследования выполнены при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 19-29-05025-мк.

УДК 631.4

## **ТРАНСФОРМАЦИЯ СПП ЛЕСНОЙ ТЕРРИТОРИИ ПОД ДЕЙСТВИЕМ РЕКРЕАЦИОННОЙ НАГРУЗКИ**

**Захарова М.К.<sup>1,2</sup>**

<sup>1</sup> Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург

<sup>2</sup> Центральный музей почвоведения им. В.В. Докучаева, Санкт-Петербург  
E-mail: 123masha123@mail.ru

Рекреационная нагрузка на почвенный покров лесов Ленинградской области преимущественно связана с местами массового отдыха людей по берегам рек, озер, акваторий Финского залива и Ладожского озера. Как правило, это сухие светлые сосновые леса. С возрастом антропогенной нагрузки на леса в их почвенном покрове увеличивается доля площадей антропогенно-трансформированных и антропогенных почв, а также непочвенных образований (НПО). Становится актуальной проблема оценки масштабов таких воздействий и их влияния на структуру почвенного покрова (СПП).

Согласно типологии антропогенно-преобразованных СПП лесной зоны, разработанной Сухачёвой Е.Ю., Апариным Б.Ф., для территорий массового отдыха людей характерен рекреационно-лесной тип СПП (неупорядоченные ташеты ненарушенных естественных почв с

абрадированными подтипами и почвами с переуплотненным верхним горизонтом). Преимущественно нарушения территорий рекреации связаны с механическим разрушением органогенных или органо-минеральных горизонтов, пятнами вытоптанности, разведением костров, свалками мусора. В местах отдыха часто проводятся дополнительные лесохозяйственные мероприятия, которые в еще большей степени усложняют СПП.

Для изучения рекреационно-лесного типа СПП был выбран участок (100x50 м<sup>2</sup>) в Приозерском районе на мысе «Плавный» озера Суходольское. Рекреационное использование данной территории осуществляется достаточно продолжительное время. Об этом свидетельствует обширная разветвленная сеть грунтовых дорог, дорог с сохранившейся подстилкой и без нее, троп различной ширины, наличие пикниковых мест, ареалов разной степени вытоптанности, кострищ, мусорных ям. Основные формы рекреации – кемпинговая, пикниковая и прогулочная.

Рельеф исследованного участка хорошо выражен, перепад высот составляет 3.0 м. Почвообразующая порода представлена озерными песками. Современная растительность – сосновый лес, в напочвенном покрове преобладают травянистые растения (разнотравье). Естественный (ненарушенный) почвенный покров составляет 29% исследованной территории. Он представлен подзолом иллювиально-железистым (20 контуров). Сеть дорог, суммарной площадью 27%, представлена абразомом переуплотненным. По обочинам дорог располагаются подзолы иллювиально-железистые абрадированные переуплотненные – 7% (16 контуров). На долю вытоптаных участков приходится 25% территории (10 контуров). Они представлены подзолом иллювиально-железистым абрадированным переуплотненным. В северо-западной части исследованный участок прорезает канава со средней глубиной 0.8 м. В центральной части участка канаву несколько раз прерывает дорожная сеть. В нижней части канав формируется серогумусовая почва на абрадированном подзоле иллювиально-железистом (1% территории, 5 контуров), по пологим стенкам канавы располагается подзол иллювиально-железистый абрадированный (5% площади, 7 контуров), кавальеры канав заняты подзолом иллювиально-железистым стратифицированным (6% площади, 10 контуров).

Для подзолов иллювиально-железистых и серогумусовых почв характерна вытянутая форма элементарных почвенных ареалов (ЭПА). Ареал дорог, представленный абразомом переуплотненным, имеет древовидную форму, подзолы иллювиально-железистые абрадированные переуплотненные по обочинам дорог – линейную форму. Изометрическая форма характерна для ЭПА абрадированного подзола иллювиально-железистого и стратифицированного. Подзол иллювиально-железистый абрадированный переуплотненный представлен как изометрическими, так и вытянутыми формами. Границы ареалов

абраземов переуплотненных и подзолов иллювиально-железистых абрадированных переуплотненных имеют среднюю степень расчлененности, все остальные границы контуров не расчленены.

Вследствие антропогенного воздействия на участке сформировался ташет из подзолов, подзолов абрадированных и подзолов абрадированных переуплотненных. На части участка сформировалась комбинация из подзолов иллювиально-железистых абрадированного и стратифицированного и серогумусовой почвы на абрадированном подзоле иллювиально-железистом.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта №19-04-01184-А.

УДК 631.43

## **СТРУКТУРЫ ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА И ПОЧВЫ ОСУШЕННЫХ ЛАНДШАФТОВ**

**Ковалев И.В.**

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

Пестрота почвенного покрова, обусловленная первичной неоднородностью водного режима, степенью заболоченности почв, гранулометрическим составом усугубляется вторичной гидрологической и литологической неоднородностью, возникающей под влиянием дренажа. Так, при осушении заболоченных почв в Нечерноземной зоне используют гончарный и, в меньшей степени, пластмассовый дренаж, под действием которых возникают вторичные новые структуры – засыпки гончарного и щели пластмассового дренажа. Структуру почвенного покрова (СПП) усложняет строительство открытых магистральных каналов. С учетом значительной площади осушенных почв (1,3 млн га, или 32% в Центральном экономическом районе), траншейные засыпки заслуживают отдельного внимания при изучении СПП.

Объекты. Исследования выполнены в Котельничском районе Кировской области на осушенных дерново-глееватых и перегнойно-глеевых почвах, приуроченных к пермским красноцветным карбонатным породам; в Ступинском районе Московской области на агросерых оглеенных почвах, сформированных на покровных лессовидных суглинках. Здесь осенью 1988 г. был создан уникальный с точки зрения возможности осуществления режимных стационарных наблюдений экспериментально-мелиоративный полигон площадью 100 га.

Результаты. Минеральные автоморфные и гидроморфные почвы представляют непрерывный ряд видов с нарастающей степенью проявления признаков гидроморфизма (от водораздела к понижениям). Под влиянием осушения происходит глубокая трансформация свойств

и режимов гидроморфных минеральных почв, в том числе и конкреционных новообразований, при этом морфохроматические признаки оглеения полностью не исчезают. В рассматриваемых почвах дренаж не вызывает изменения степени гидроморфизма на одну градацию (т.е. перевод глееватых почв в глубокооглеенные и т.д.). Многолетние исследования показывают, что глубокооглеенные почвы в естественном состоянии обладают значительно большей влажностью по сравнению с дренированными глееватыми и глеевыми почвами. Дренаж во влажные, средние и сухие годы оказывает весьма существенное влияние на режим влажности оглеенных почв. Влажность почвы при этом на протяжении большей части теплого периода оказывается в оптимальном диапазоне – наименьшая влагоемкость-влажность разрыва капиллярной связи (НВ–ВРК). Окислительно-восстановительный потенциал возрастает до 420–470 мВ, обеспечивая господство окислительной обстановки на протяжении вегетационного периода. Осушение оглеенных почв оказывает влияние на увеличение количества пор инфильтрации, аэрации и влагопроводящих пор, способствует увеличению количества агрономически ценных агрегатов, интенсифицирует вынос элементов и тонких фракций мелкозема с дренажным стоком, усиливает микробиологическую деятельность и мобилизацию органического вещества, способствуя увеличению количества аминокислот, сахаров микробного происхождения, отношения С<sub>гк</sub>/С<sub>фк</sub>, деструкции лигниновых фенолов. Динамика содержания форм соединений железа, величин удельной поверхности в разные годы последствия дренажа (30-летний период) обнаруживает нелинейный характер. На протяжении всего цикла (в годы разной обеспеченности осадками) исследований урожайность с/х культур на глееватых почвах с естественным водным режимом всегда была существенно меньше, чем на осушенной почве. Благоприятные условия для развития ризосферы и общей продуктивности растений характерны и для вторичных вертикальных литологических структур. Траншейные гончарные засыпки и щели пластмассового дренажа в исследуемых почвах обладают значимо меньшими значениями плотности сложения, повышенными величинами вертикальной фильтрации, качественным составом гумуса, способствуют увеличению водопрочности агрегатов, по сравнению с иллювиальными горизонтами на сопоставимых глубинах. Анализ траншейных гончарных засыпок и щелей пластмассового дренажа позволяет рассмотреть неоднородность почвенного покрова и эволюцию осушенных почв гумидных ландшафтов. Итак, осушение существенно изменяет ОВП- и гидрологический режимы, физические и химические свойства, гумусное состояние оглеенных почв, в результате формируются новые агроэкологические условия, благоприятные для ведения сельскохозяйственного производства. При этом значительно усложняется структура почвенного покрова.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РНФ в рамках научного проекта № 17-14-01120.

УДК 631.41

## **ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ПОЧВ ГОРОДА УХТА**

**Кряжева Е.Ю.<sup>1</sup>, Лаптева Е.М.<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Ухтинский государственный технический университет, Ухта  
E-mail: eremina\_83@mail.ru

<sup>2</sup> Институт биологии Коми НЦ УрО РАН, Сыктывкар  
E-mail: lapteva@ib.komisc.ru

Почвы городов являются депонирующими образованиями, по состоянию которых можно судить о качестве городской среды в целом. Для промышленных городов с мощными потоками вещества и энергии подобные исследования особенно актуальны.

Цель данной работы заключалась в оценке экологического состояния почв города Ухта по содержанию загрязняющих веществ (тяжелые металлы, нефтепродукты) и активности почвенных ферментов (каталаза, инвертаза).

В почвенном покрове Ухты преобладают относительно молодые почвоподобные тела, сформированные путем отсыпки смеси из песка и торфа поверх щебнистого материала. На окраинах города и в парковой зоне встречаются природные почвы разной степени нарушенности с преобладанием подзолов и пойменных почв. Летом 2017 г. в пределах различных функциональных зон города общепринятыми в почвоведении методами были отобраны смешанные образцы почв (0–10, 10–20 см) для физико-химических и биохимических исследований. Анализ химических свойств почв показал преимущественно нейтральную реакцию среды, высокое содержание обменных кальция и магния, повышенную степень насыщенности основаниями и значительное варьирование содержания подвижных фосфора и калия, а также углерода органического.

Валовое содержание тяжелых металлов и мышьяка в почвах Ухты не превышает существующие нормативы ОДК для нейтральных почв, но превышает нормативы ОДК, разработанные для песчаных почв: для Zn (в 1.1–1.5 раза – в верхних горизонтах почв промышленной и рекреационной зон) и As (в 1.1–2.9 раза – во всех зонах, максимально – в горизонте 10–20 см транспортной зоны). В отдельных точках установлено превышение данного норматива по содержанию Ni (в 1.2–1.5 раза), Pb (в 1.7 раза), Cu (в 1.1 раза) и Cd (в 1.1 раза). По содержанию подвижных форм тяжелых металлов превышения ПДК отмечены для Pb (промышленная зона) и Mn (зона рекреации). На уровне ПДК в почвах промышленной зоны содержание подвижных

форм Zn. В отдельных точках разных зон установлено превышение норматива по данным элементам – максимально для Pb (в 4 раза) и Zn (в 2.5 раза) в почвах промышленной зоны. Показатель суммарного загрязнения верхнего (0–10 см) горизонта почв города Ухта тяжелыми металлами, рассчитанный по формуле Саета для 6 элементов относительно превышения их содержания над фоновыми концентрациями, в среднем составляет 8.99 и соответствует категории не опасного загрязнения.

Концентрации нефтепродуктов в почвах варьируют в пределах от 24 до 3200 мг/кг в верхнем горизонте и от 17.8 до 940 мг/кг в нижнем. Все полученные значения выше фоновых показателей, допустимая концентрация (1000 мг/кг) превышена в 4 точках в разных функциональных зонах города, при этом самыми загрязненными являются образцы, отобранные из верхнего горизонта почв транспортно-складской зоны (среднее содержание нефтепродуктов – 893.5 мг/кг).

Ферментативная активность почв города Ухта в целом характеризуется невысокими значениями, что обусловлено комплексным воздействием как природных, так и антропогенных факторов. Самые высокие показатели соответствуют органогенным горизонтам почв парковой зоны, самые низкие – минеральным слоям этих почв. Более вариативны показатели инвертазы (от бедного уровня обогащенности до богатого), параметры активности каталазы более стабильны (очень бедный и бедный уровень). При анализе зависимостей между ферментативной активностью и концентрацией поллютантов в почвах города Ухта выявлена тенденция формирования положительных связей между содержанием тяжелых металлов и активностью каталазы, а также слабых отрицательных зависимостей – между содержанием нефтепродуктов и активностью инвертазы.

УДК 631.4

## **ОРОШАЕМЫЕ ПОЧВЫ СРЕДНЕЙ ЧАСТИ ДОЛИНЫ ЗАРАФШАНА**

**Курвантаев Р.<sup>1,2</sup>, Хакимова Н.Х.<sup>3</sup>**

<sup>1</sup> Государственный научно-исследовательский институт почвоведения и агрохимии, Ташкент, Республика Узбекистан

<sup>2</sup> Гулистанский государственный университет, Гулистан, Республика Узбекистан

<sup>3</sup> Бухарский государственный университет, Ташкент-Бухара,  
Республика Узбекистан

E-mail: kurvontoev@mail.ru

Зарафшанская долина находится примерно в средней части Узбекистана и простирается с востока на запад на 400–420 км. Стокообразующая часть бассейна р. Зарафшан находится за пределами Узбекистана на южных склонах Туркестанского хребта, обеих

склонах Зарафшанского и северных склонах Гиссарского хребтов. В Зарафшанской долине выделяются следующие геоморфологические районы (в пределах поливной зоны): Пояс типичных и светлых сероземов – IV, V, III-я пойма, I и II надпойменные террасы р. Зарафшан. Почвообразующими породами служат аллювиальные отложениями р. Зарафшан, преимущественно тяжелосуглинистые и среднесуглинистые, местами с прослойками песчаного и гравийно-песчаного состава, подстилаемыми галечником с глубины 2–4 м.

На I и II террасах р. Зарафшан широко распространены луговые и болотно-луговые почвы пояса типичных и пояса светлых сероземов. На территории I и II террас Зарафшана распространены староорошаемые луговые аллювиальные почвы. Содержание гумуса в пахотном горизонте в зависимости от его механического состава варьирует в весьма широких пределах. При этом среднее его содержание составляет 2.1%, азота – 0.06–0.3%. Подвижными формами фосфора пахотные горизонты почв недостаточно обеспечены (13–31 мг/кг), калием – низко обеспечены (100–114 мг/кг почвы). Карбонатные образования представлены в виде белесых мергелистых горизонтов, а иногда в виде шоха. На большей части аллювиальной равнины наблюдается концентрация карбоната магния в верхней и средней части почвенного профиля в количествах, превышающих пределы токсичности (до 18% от суммы карбонатов). Староорошаемые луговые аллювиальные почвы, в зависимости от мощности агроирригационного горизонта подразделяются на мощные, среднемощные и маломощные. По цвету пахотный горизонт серый или темно-серый, нижний профиль приобретает буроватый оттенок. Гумусовый горизонт в среднемощных и мощных почвах достигает 40–80 см. Содержание гумуса в пахотном горизонте мощных староорошаемых луговых почв составляет 1.2–2%, в среднемощных и маломощных 1.2–1.7%, азота 0.07–0.16 и 0.08–0.3%. Содержание подвижного фосфора невелико, преимущественно в пределах 13–40 мг/кг (мощные почвы) и 10–37 мг/кг почвы (среднемощные почвы). Староорошаемые луговые почвы, как мощные, так и среднемощные, в целом не засолены – содержание плотного остатка в пахотном слое колебалось от 0.076 до 0.116%, но среди незасоленных встречаются пятна различно засоленных почв. Содержание солей в них достигало 1.5%. Содержание CO<sub>2</sub> карбонатов в пахотном и подпахотном горизонтах составляло 6–9% в нижних – до 13%. Староорошаемые луговые почвы в пахотном горизонте обладали низкой емкостью поглощения – от 7 до 10 мг-экв на 100 г почвы. Среди поглощенных оснований преобладал кальций (60–70% от суммы). В глубоких горизонтах (50–100 см) значительная роль принадлежит поглощенному магнию (46–49% от суммы).

Со староорошаемыми луговыми аллювиальными почвами развивались староорошаемые лугово-сероземные почвы, формирующиеся в условиях пониженного уровня грунтовых вод. Они были преиму-

щественно среднесуглинистого механического состава. Агроирригационный горизонт достигал 100–120 см. Гумусовое прокрашивание опускалось до 70–80 см. Гумуса в пахотном слое содержалось 1.0–1.1%, азота – 0.07%. Эти почвы – незасоленные. Содержание гумуса в пахотном слое почв осталось в таких же параметрах, что и пятьдесят лет назад – 0.9–1.1%, азота – 0.06–0.07%. Подвижных форм фосфора – 6–9 мг/кг, калия – 175–250 мг/кг, карбонатов – 6–7%. В мелиоративном отношении состояние почв стало хуже, более 60% староорошаемых лугово-сероземных почв теперь засолены в слабой степени.

УДК 631.4

### **ФОРМИРОВАНИЕ И ХАРАКТЕРИСТИКА ПОЧВ В УСЛОВИЯХ ДОЛГОВРЕМЕННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ ЗАСОЛЕННЫХ ПОДЗЕМНЫХ ВОД**

**Митракова Н.В.<sup>1</sup>, Хайрулина Е.А.<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Пермский государственный национальный исследовательский университет, Пермь

E-mail: mitrakovanatalya@mail.ru

<sup>2</sup> Естественнонаучный институт ПГНИУ, Пермь,

E-mail: elenakhay@gmail.com

Разработка калийных месторождений приводит к накоплению большого количества отходов, что негативно сказывается на окружающей среде. Рассолы, шламы и твердые галитовые отходы накапливаются в шламохранилищах, солеотвалах и рассолосборниках. Шламы представляют собой глинисто-солевую суспензию, содержащую 35–40% водорастворимых солей и 60–65% нерастворимых глинистых материалов. Солеотвалы состоят из 95% NaCl, 1.5–2.0% KCl, 0.1% MgCl и 2.0% CaSO<sub>4</sub>. Рассолы имеют натриево-хлоридный состав с концентрацией более 300 г/л.

Исследования влияния засоления проводились на территории Верхнекамского калийного месторождения в долине р. Лёнва. Деятельность двух калийных рудников с солеотвалами и шламохранилищами привела к засолению подземных и поверхностных вод рассолами натриево-хлоридного состава. Минерализация вод р. Лёнва на территории исследования (ниже 1 км от шламохранилища) составляет от 5.3 до 21.8 г/л, со средним значением 12.8 г/л. Также были исследованы почвы в долине р. Усолка, на территории разлива древних рассолоподъемных скважин, где велась добыча рассолов в XVI–XVII вв. Минерализация изливающихся из скважин вод составляет 30–34 г/л, преобладают ионы хлорида и натрия.

Засоление подземных и поверхностных вод приводит к форми-

рованию больших ареалов засоленных почв. Многолетнее воздействие засоления привело к образованию вторичных солончаков на аллювиальных гумусовых почвах с различными типами засоления вместо зональных аллювиальных гумусовых глеевых глинистых почв. Засоленный вторичный солончак на аллювиальной почве долины р. Лёнва характеризовался сульфатно-хлоридным натриево-кальциевым типом засоления. Содержание водорастворимых ионов в верхнем слое (0–3 см) (мг/100 г):  $\text{Cl}^-$  – 14420.0;  $\text{SO}_4^{2-}$  – 8107.2;  $\text{K}^+$  – 9500.4;  $\text{Na}^+$  – 2500.1;  $\text{Ca}^{2+}$  – 3260;  $\text{Mg}^{2+}$  – 720; с глубины 15 см содержание  $\text{Cl}^-$  уменьшается в 4.5 раза и составляет 3228.7 мг/100 г, содержание  $\text{SO}_4^{2-}$  незначительно увеличивается (9298 мг/100 г), содержание натрия и кальция и уменьшается почти в 1.5 раза (1699.9 и 2080 мг/100 г соответственно), содержание калия менее 5 мг/100 г. На глубине до 15 см были обнаружены гипс (8.5%) и карбонаты (0.19%).

Наибольшее содержание ионов в профиле вторичного солончака, изученного в месте разлива древних рассолоподъемных скважин в долине р. Усолка, наблюдается в слое 0–10 см и составляет (мг/100 г):  $\text{Cl}^-$  – 613.8;  $\text{SO}_4^{2-}$  – 182.9;  $\text{Na}^+$  – 425.0;  $\text{Ca}^{2+}$  – 63.4;  $\text{Mg}^{2+}$  – 4.68;  $\text{K}^+$  – 3.9. Содержание ионов уменьшается с глубины 10 см в 0.5–3.5 раза, затем по профилю изменяется незначительно. На глубине 60–115 см был обнаружен гипс (1.37%).

Содержание водорастворимых ионов в профиле вторичного солончака долины р. Лёнва превышает содержание ионов в профиле солончака долины р. Усолка. Это объясняется характером источника засоления, для почв долины р. Лёнва источником являются подземные воды, для почв долины Усолки – рассолы, изливающиеся на поверхность из скважин. Исследуемые почвы характеризовались высоким содержанием органического вещества, которое обусловлено наличием неразложившихся остатков травянистой растительности в верхнем слое почвы (2.9–5.9%). Реакция почвенного раствора изменялась от слабокислой до слабощелочной (рНвод – 5.85–7.93). Почвы характеризуются высокой величиной ёмкостью катионного обмена – от 36.2 до 81 мг-экв/100 г и степени насыщенности основаниями. Наблюдается значительное варьирование в содержании питательных элементов, для солончаков характерно очень высокое содержание обменного калия. Техногенное и природное засоление поверхностных и подземных вод привело к сложным изменениям экологических и геохимических характеристик ландшафтов, трансформации почвенного покрова.

УДК: 631.46:631.421(470.22)

## **АНТРОПОГЕННАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ ПОЧВ ПРИРОДНО-РЕКРЕАЦИОННОЙ ЗОНЫ г. ПЕТРОЗАВОДСКА**

**Новиков С.Г.**

Институт леса КарНЦ РАН, Петрозаводск  
E-mail: novikovsergey.nsg@gmail.com

В современном мире увеличение техногенной нагрузки на окружающую среду ведет к ухудшению состояния всех ее компонентов, в том числе почв. Интенсивные процессы урбанизации ведут к геохимическим преобразованиям естественных экосистем, в результате чего городские почвы резко отличаются от естественных по морфологическим и физико-химическим свойствам. Однако они должны выполнять свои важнейшие экологические функции, особенно на территории природно-рекреационной зоны (городские леса, лесопарки, парки, скверы и т.д.), состояние которой важно для жизнеобеспечения граждан любого города.

Объектами данного исследования являлись почвы природно-рекреационной зоны г. Петрозаводска – наиболее крупного города республики Карелии. С целью выявления особенностей их антропогенной трансформации были заложены почвенные разрезы на территории наиболее крупных городских парков и пригородных лесопарков. Образцы отбирали из выделенных горизонтов. Исследовались морфологические признаки и физико-химические свойства почв. Содержание химических элементов (Pb, Cu, Zn, Co, Mn, Na, Ca, Mg) определяли методом атомно-абсорбционной спектроскопии (спектрофотометр АА-7000, «Shimadzu», Япония) в ЦКП «Аналитическая лаборатория» Института леса КарНЦ РАН.

Проведенные исследования показали, что почвы природно-рекреационных зон г. Петрозаводска разнообразны по своему генезису: распространены урбостратоземы и урбистратифицированные естественные почвы, а также встречаются техногенные поверхностные образования (реплантоземы). Почвы парков, расположенных на береговой линии Онежского озера в центральной части города, антропогенно преобразованы на глубину более 65 см и сформированы на техногенных отложениях (фрагменты строительных остатков – кирпич, шлак, а также культурные слои). Кислотность изменяется от слабокислой до близкой к нейтральной. Содержание тяжелых металлов (Pb, Cu, Zn, Co, Mn) в них значительно выше, чем в пригородных лесах, это связано с особенностями химического состава техногенного субстрата, из которого они сформированы. Выявлена аккумуляция исследуемых элементов (Na, Ca, Mg) в поверхностных органико-минеральных горизонтах почв, которая происходит в результате их аэротехногенного поступления с городской пылью, а также

в период использования антигололёдных средств.

Почвы пригородных лесопарков сохраняют естественное морфологическое строение и характеризуются сильноокислой и кислой реакцией среды. Наблюдается биогенная аккумуляция общего азота и углерода, а также подвижных форм исследуемых элементов в лесной подстилке. В нижележащих минеральных слоях отмечено накопление соединений, извлекаемых вытяжкой Aqua Regia (Na, Mg), вероятно, это связано с геохимическим составом материнской породы.

Исследование выполнено в рамках государственного задания КарНЦ РАН (Институт леса КарНЦ РАН).

УДК 631.42

### **ВЛИЯНИЕ ПРОСТРАНСТВЕННОЙ ДИФФЕРЕНЦИАЦИИ ФАКТОРОВ ПОЧВООБРАЗОВАНИЯ НА РАЗВИТИЕ ТЕХНОЗЕМОВ**

**Подурец О.И.**

Новокузнецкий институт (филиал) КемГУ, Новокузнецк  
E-mail: glebova-podurets@mail.ru

Важным компонентом геосистемы является почва, которая в отличие от воздушной и водной сред, испытывает наиболее сильное влияние процессов урбанизации. Коренные изменения сопровождаются постепенной заменой природных биоценозов с зональными типами почв на структуры со специфическими почвенными образованиями.

В процессе строительства центральной части города Новокузнецка в 1950–1955 гг. почти вся масса лессовидных суглинков, имеющих мощность 8–10 м, в южной части Кузнецкой горы была снята. Плодородные слои почвы были использованы для озеленения города, а лессовидные суглинки для строительных целей и засыпки левобережной низкой поймы, на которой создавался Центральный район. На «скальпированной» территории за 60–65 лет под влиянием действия естественных факторов среды и развития почвообразовательных процессов, сформировались техноземы: 1) с простым неполноразвитым профилем, формируемые под древесно-кустарниковыми растительными группировками с разряженным травянистым покровом; 2) с простым примитивным профилем, развивающиеся под пологом бурьянистых злаково-разнотравных группировок; 3) характеризуются сложным неполноразвитым профилем, наличием погребенных гумусово-аккумулятивных горизонтов, приуроченных к периферийной части. Перекрытие почвенного профиля происходит за счет значительного поверхностного стока, образуемого при таянии снега и в период ливневых осадков. С черноземных почв естественных ландшафтов, расположенных на границе карьерной выемкой, постоянно привносится почвенный материал, обогащенный различными растительными компонентами.

Новые почвенные образования развиваются под воздействием тех же факторов физико-географической среды, что и естественные почвы, но антропогенный фактор является лимитирующим скоростью и направленность их почвообразования, что отражается на специфичности морфологических и физико-химических параметрах и свойствах. Профиль техноземов имеет четко выраженную органогенную и литогенную части. Выделен гумусово-аккумулятивный горизонт, мощностью 6–8 см, обогащенный органикой и густо переплетенный корнями растений, мелко-зернистой, а при высыхании пылеватой структуры. Переходный горизонт слабо выражен и резко переходит к материнским горным породам. Техноземы характеризуются резкой динамикой изменения кислотности среды. В гумусово-аккумулятивном горизонте среда нейтральная, на глубине 6–8 см сдвигается в щелочную сторону (рН 8.5–8.8). Для техноземов отмечено варьирование содержания гумуса от 3.0 до 7.0% в органогенной части профиля (6–8 см), с резким снижением (менее 1%) в переходном горизонте к литогенной части, что объясняется ограниченным во времени и в пространстве проникновением процессов гумусообразования.

Городской способ землепользования оказывает влияние на все факторы почвообразования и приводит к усложнению структуры и мозаичности почвенного покрова. Техноземы, как генетически самостоятельные почвы, имеют некоторые черты сходства с зональными типами, но сохраняют свою специфику и характеризуются малопрофильностью.

УДК 631.423.4: 631.417.7: 550.43

## **ПРОБЛЕМЫ ИДЕНТИФИКАЦИИ ПОЧВЕННО-РАСТИТЕЛЬНЫХ ЗАГРЯЗНИТЕЛЕЙ В ГОРОДСКИХ И ФОНОВЫХ УСЛОВИЯХ**

**Редина М.М., Хаустов А.П., Мамаджанов Р. Х., Кенжин Ж.Д., Силаева П.Ю.**

Российский университет дружбы народов, Москва,  
E-mail: redina-mm@rudn.ru

Анализ загрязнения городских почв – одно из важнейших направлений эколого-геохимических и урбоэкологических исследований. Несмотря на значительное внимание к этой сфере, до сих пор решение многих исследовательских задач сталкивается с комплексом проблем:

– акцент на отдельные индивидуальные компоненты загрязнения и недостаточное обоснование маркерных соединений в окружающей среде, отсутствие во многих исследованиях предварительной проработки задачи, необходимой оценки (схематизация и идентификации) направленности потоков в почвы и растения – применение шаблонных схем;

– рассмотрение почв как депонирующей среды, без учета их роли в трансформации веществ, в том числе за счет участия живого

вещества;

- выявление и оценка допустимых нагрузок с учетом специфики источников загрязнения;

- отсутствие нормативных значений для ряда приоритетных загрязнителей, включая маркерные вещества, сравнительный анализ зарубежных и российских ПДК в средах для органических приоритетных загрязнителей почв и грунтов;

- проблемы оценок подвижности и комплексообразования соединений в почвах, оценки активности их перехода в растительность, выявление неравновесности и устойчивости потоков поллютантов и «естественных» массопотоков;

- недостатки методик и инструментального обеспечения пробоотбора, пробоподготовки и собственно анализа; ряд веществ (включая маркерные и токсичные), которые могут присутствовать в наноконцентрациях и определяться с критическими (на уровне чувствительности методик) ошибками;

- только загрязнения почв, без учета, трансформации, путей миграции и аккумуляции загрязнителей при контактах сред.

Вследствие широкого распространения для городских почв приоритетна группа супертоксичных соединений – полициклических ароматических углеводородов (ПАУ). Это стойкие соединения, с высокой мутагенной и канцерогенной активностью. Важнейшее их свойство – способность «маркировать» природные и техногенные источники: по преобладанию конкретных ПАУ в средах судят о генезисе, типе источников и удаленности, а также о возрасте загрязнения. Для идентификации источников широко применяются различные индикаторные соотношения кинетических и динамических ПАУ. Проведена оценка их информативности.

Попытки решения части обозначенных проблем предприняты на примере анализа экологической обстановки и мониторинга кампуса РУДН, который находится под активным многолетним влиянием автомагистралей. Проект реализуется более 3-х лет и включает анализ загрязненности воздушной среды, снегового покрова, почв и растений. Это дает возможность дифференциации территории по условиям трансформации загрязнителей в системе «атмосфера – почвы – корни – стебли растений» с оценкой вклада каждой компоненты. Второй полигон – водопроявления Керченского полуострова Крыма в условиях слабой техногенной нагрузки; они рассматриваются как биогенераторы ПАУ по отношению к цепочкам «вода – гидрофиты – илы – почвы – корни – стебли растений».

Перечисленные проблемы решались на основе принципов термодинамики, позволяющих с энергетических позиций провести оценку фазовых переходов мигрирующих массопотоков ПАУ непосредственно в средах и на контактах сред – геохимических барьерах. Разработан алгоритм и апробирована методика оценок нестационарности и от-

носительной устойчивости различных взаимосвязанных субстанций (компонентов экосистем) и их сочетаний. Оценены буферные эффекты и избирательность мигрирующих пулов ПАУ, природа экстремальных значений концентраций. Расчеты индикаторных отношений ПАУ позволили определить их генезис для различных сред, скорректировать количественные показатели соотношений для некоторых типов загрязнений и естественной генерации полиаренов.

УДК 631.4

## **ОСОБЕННОСТИ АНТРОПОГЕННО ИЗМЕНЕННЫХ ПОЧВ БЫКОВСКОГО ОЗЕРОВИДНОГО РАСШИРЕНИЯ р. МОСКВЫ**

**Савицкая Н.В.**

Почвенный институт им. В.В. Докучаева, Москва  
E-mail: savitskaya\_nv@esoil.ru

Почвенный покров озеровидных расширений поймы определяется рельефом, геологическим строением, историей ландшафта, характером паводковых вод, свойствами поступающих с ними осадков и особенностями антропогенных воздействий. Поймы рек Центральной России имеют многовековую историю использования под луга, сенокосы и овощные культуры. Антропогенно измененные пойменные почвы различаются особенностями аккумулятивно-гумусовых горизонтов, содержанием гумуса, гранулометрическим составом и стратификацией аллювия, а также результатами восстановительных и окислительных процессов в разных частях пойм, что отмечалось в работах многих авторов.

Почвы озеровидных расширений, аккумулирующих преимущественно тонкие фракции аллювия, обогащенные гумусом и элементами питания растений, наиболее плодородны среди пойменных почв и менее подвержены паводкам. На примере почв Быковского расширения Москворецкой поймы прослеживаются варианты антропогенной эволюции исходно гумусированных и переувлажненных аллювиальных почв.

В начале прошлого века почвы находились под лугами и частичными огородами, в 1960-х годах был организован гончарный дренаж, в 1974 году – капитальная планировка поверхности части Быковской поймы, включавшая срезку повышений и засыпку понижений (глубиной до 1.2–1.5 м), в том числе заболоченных. Срезанный плодородный слой был распределен по поверхности. В 2000-е гг. поля были заброшены и в настоящее время густо заросли сорной растительностью. Почвы поймы формировались под влиянием разных воздействий: механических (обустройство дорог, перемещение грунта, нивелирование поверхности, рыхление), гидротехнических (регулирование паводков и водного режима почв), химических (внесение удобрений)

и «нулевых» (залежь). Почвенный покров Быковского расширения характеризуется значительной пестротой, природной и агрогенной.

Мелиорация и использование под пашню поймы с гривисто-ложбинным рельефом привели к реорганизации почвенной массы на разную глубину, что отражается различными генетическими признаками, имеющимися в классификации почв России. Преобладают пахотные почвы, названные аллювиальными гумусовыми постагрогенными реградированными на суглинках; они почти не имеют признаков оглеения на ровных участках и микроповышениях. Почвы микропонижений определены как аллювиальные гумусово-глеевые постагрогенные реградированные, или окисленно-глеевые, если они находятся в зоне влияния дренажа. Гумусовые горизонты задержаны, структурны, имеют зернисто-комковатую структуру и другие признаки восстановления прежних пахотных горизонтов. Ниже следует аллювиальная толща, сходная с горизонтом С природных почв.

Почвы с сильно трансформированным профилем представлены:

– Агростратоземами гумусовыми реградированными глееватыми на насыпном субстрате; занимают заболоченные вымочки, перекрыты перемещенным гумусированным материалом. Идет восстановление дернины; средняя часть профиля состоит из фрагментов различного субстрата; нижняя часть сильно уплотнена (спрессована при укатывании).

– Агростратоземами гумусовыми реградированными на абраземе глееватом или глеевом. Срезанная при планировке верхняя часть микроповышения, была перекрыта слоем перемешанного материала из гумусового, переходного к породе горизонта и естественного суглинистого аллювия бурого цвета.

Нарушения почвенных горизонтов при создании дренажной системы не всегда отчетливо выражены, более заметны изменения в характере железистых новообразований: увеличивается доля конкреционных форм, сизовато-белесых и ржавых пятен.

Почва с механическими нарушениями профиля – аллювиальная поверхностно-турбированная переуплотненная на слоистом аллювии. Почвы под сетью грунтовых дорог вследствие регулярных механических воздействий переуплотнены в верхней части маломощного гумусового горизонта, подстилаемого плотным бесструктурным, часто песчаным аллювием.

На стадии залежи преобразуется вся поверхность поймы, выравниваются свойства почв. Проектное покрытие разнотравной луговой растительностью за 7 лет наблюдений достигло 75–95%, сформирована прочная мощная дернина (5–7 см). Водопрочная, зернисто-комковатая структура аккумулятивно-гумусового горизонта хорошо выражена, много копролитов, содержание гумуса увеличилось на 10–15%. Быстрой постагрогенной трансформации, или реградации, способствуют исходные благоприятные свойства поймен-

ных почв в условиях озеровидных расширений, окультуривание во время существования огородов и относительно непродолжительный пахотный период.

УДК 631.472

## **РАЗРАБОТКА ПОДХОДОВ К КЛАССИФИКАЦИИ ЭМБРИОЗЕМОВ НА ПОДТИПОВОМ УРОВНЕ**

**Соколов Д.А.**

Институт почвоведения и агрохимии СО РАН, Новосибирск  
E-mail: sokolovdenis@issa-siberia.ru

Рост объемов добычи полезных ископаемых, отмечаемый в России в настоящее время, неизбежно влечет за собой увеличение площади территорий, отчуждаемых под размещение отходов. Отходы добычи представляют собой породы, вынесенные из иной геохимической обстановки. Их трансформация может инициировать ряд негативных экологических последствий, минимизация которых возможна при проведении рекультивации или самовосстановлении. В том и в другом случае на поверхности техногенных ландшафтов происходит формирование специфического почвенного покрова, представленного молодыми почвами – эмбриоземами.

Эмбриоземы, как и другие почвы онтогенетической стадии развития, не находятся в равновесии с условиями среды и способны к динамическому развитию. Все это определяет необходимость разработки новых методов и подходов не только к диагностике, но и детальной классификации состояний эмбриоземов, позволяющей учитывать их функциональные особенности и потенциал.

Исследования почв отвалов угольных разрезов Сибири, расположенных в разнообразных природно-климатических зонах и сложенных породами различной степени метаморфизма, показали, что выделение подтипов эмбриоземов следует проводить, опираясь на признаки органогенных горизонтов. Эти признаки проявляются в эмбриоземах, сформированных под разными типами растительности, а также после замены сукцессионных стадий развития фитоценозов «климаксными» сообществами. Так, в типе инициальных эмбриоземов, свойственных начальным этапам освоения субстрата биологическими и почвенными процессами, выделяется криптопедогенный подтип. В криптопедогенных инициальных эмбриоземах нет визуально выраженных органогенных горизонтов, что чаще всего связано с отсутствием условий для их сохранения, а не формирования (как в случае с типичным подтипом).

Тип органо-аккумулятивных эмбриоземов по характеру условий почвообразования дифференцируется на три подтипа. Так, к органо-аккумулятивным войлочным эмбриоземам относятся почвы, типодиагностический горизонт которых образован остатками травя-

нистой растительности. В подстилочных и торфяных подтипах он представлен, соответственно, опадом деревьев и моховым очесом.

Тип дерновых эмбриоземов разделяется на ксерофитный и гигрофитный подтипы. Для их выделения используется комплекс признаков, включающий характер взаимодействия типодиагностирующего горизонта с минеральной частью почвы, а также состав наддернового горизонта (в подстилке последнего подтипа заметную долю составляют остатки осок).

В типе гумусово-аккумулятивных, наряду с типичным подтипом, выделяются грубогумусово-аккумулятивные эмбриоземы, которые формируются под лесной растительностью. С нашей точки зрения, их образование является результатом не столько специфического гумусонакопления в техногенных лесных экосистемах, сколько результатом трансформации гумусово-аккумулятивного горизонта, сформированного в условиях предшествующей травянистой растительной формации.

Формирование подтипов отмеченных эмбриоземов на поверхности отвалов угольных разрезов, приводит к стабилизации (достижению квазиравновесного состояния) почвенного покрова и одновременному с этим установлению постоянной структуры фитоценоза. В условиях лесостепи, при почвообразовании на суглинистых породах, это происходит за 20–26 лет. На почвообразующем субстрате, представленном плотными осадочными породами, время формирования устойчивого почвенного покрова находится в зависимости от климатических условий, и может достигать 50 и более лет.

Таким образом, поскольку предлагаемые подходы к классификации опираются на субстратные признаки, отражающие сингенетичный характер формирования растительного и почвенного покрова, то их использование позволяет дистанционно оценивать не только функциональные особенности эмбриоземов, но и почвенно-экологическое состояние техногенных ландшафтов.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 18-04-00836 А.

УДК 631.4

## **ПРЕОБРАЗОВАНИЕ СПП ТЕРРИТОРИИ КАРЬЕРОВ ЛЕНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ**

**Тимофеева Ю.Р.**

Центральный музей почвоведения им. В.В. Докучаева, Санкт-Петербург  
E-mail: tima204@yandex.ru

Ленинградская область (ЛЮ) – крупный агропромышленный регион, характеризующийся большим разнообразием структур почвенного покрова (СПП). Антропогенная деятельность здесь является

одним из ведущих факторов дифференциации почвенного покрова (ПП). Значительные изменения в СПП происходят в результате строительства карьеров. Горнодобывающая промышленность влечет за собой полное уничтожение почв на обширных территориях и изменение естественного почвенного покрова вокруг карьеров. В области добываются различные полезные ископаемые. Наиболее распространены являются карьеры по добыче песка, которые находятся в каждом административном районе. На государственной геологической карте ЛО указано следующее количество песчаных месторождений: песчано-гравийного материала – 18; песка строительного – 21; песка стекольного и формовочного – 52. Несмотря на то, что карьеры занимают в регионе относительно небольшие площади (около 1% от всей территории региона) их влияние на экосистемы велико, что обуславливает необходимость учитывать нарушенные территории для оценки ресурсного потенциала почв.

Объектом исследования является антропогенно-преобразованная СПП ЛО, измененная в результате воздействия горнодобывающей промышленности. Исследования велись на трех карьерах по добыче песчаного материала в непосредственной близости от поселка Шапки Тосненского района ЛО. В границы исследуемой территории входили карьеры с прилегающим нарушенным ПП на 50–100 м. Карьеры представляют собой заполненные водой выработки и отличаются по времени завершения эксплуатации. Добыча песка прекратилась 50, 40 и 3 года назад. За этот период на старозаброшенных карьерах произошло лесовозобновление и сформировались псаммоземы и серогумусовые почвы.

На исследуемой территории выделено 46 контуров почв, почвенных комбинаций и непочвенных образований (НПО). Естественный почвенный покров представлен подзолом и дерново-подзолом. Наибольшую площадь исследуемой территории занимают НПО – 45%. Они представлены участками, занятыми асфальтовыми и грунтовыми автомобильными дорогами, а также заполненные водой выработки и выходы песчаной породы. Комбинации турбированных, естественных слабоизмененных, абрадированных и стратифицированных почв занимают 32% от исследуемой площади. Они приурочены к территориям, прилегающим к выходам песчаных пород, а также вдоль автомобильных дорог. Среди слаборазвитых почв выделены псаммоземы и псаммоземы гумусовые (10% и 7% соответственно), распространенные под лесопосадками по откосам карьеров и на участках, испытывающих не только прямое воздействие (подъездные дороги к карьере), но и косвенное (рекреация по берегам карьеров). Со всех сторон карьеры окружены естественными слабоизмененными почвами с нормальным и избыточным увлажнением. На недавно заброшенном карьере такие почвы расположены на расстоянии 50 м от выработки карьера, на старозаброшенных – 100 м.

Антропогенно-измененная структура почвенного покрова представлена большей частью среднеконтурными ЭПА. К крупноконтурным ЭПА относятся комбинации турбированных, естественных слабоизмененных, абрадированных и стратифицированных почв, а также НПО. Вытянутые формы ареалов характерны для почвенных комбинаций, расположенных вдоль выработок, заполненных водой, и автомобильных дорог. НПО, в частности, карьеры имеют изоморфные формы, а НПО под дорогами – линейные. Средняя площадь контуров варьирует от 0.30 га до 6 га. Сильнорасчлененные ареалы представлены несколькими контурами псаммоземов гумусовых, ареалы других контуров почв большей частью нерасчлененные или слаборасчлененные.

Создание песчаных карьеров ведет к усилению дифференциации структуры почвенного покрова, увеличению его контрастности и появлению новых комбинаций на месте однородных массивов.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта №19-04-01184.

УДК 631.47

## **СОСТОЯНИЕ И КЛАССИФИКАЦИОННОЕ ПОЛОЖЕНИЕ ЗАЛЕЖНЫХ ПОЧВ ВЕРХНЕГО КУЙТУНА БАРГУЗИНСКОЙ КОТЛОВИНЫ**

**Цыремпилов Э.Г.<sup>1</sup>, Бажа С.Н.<sup>2</sup>, Насатуева Ц.Н.<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Институт общей и экспериментальной биологии СО РАН, Улан-Удэ  
E-mail: enhetsyrempilov@mail.ru

<sup>2</sup> Институт проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова РАН, Москва  
E-mail: sbazha@inbox.ru

Основные площади степных почв Баргузинской котловины формируются на плосковершинных песчаных возвышенностях, которые делятся на три основных массива: Лесной куйтун, Верхний куйтун и Нижний куйтун. Большая часть почвенного покрова Верхнего и Нижнего куйтуна были распаханы во время поднятия целины в шестидесятых годах прошлого столетия. И лишь малая доля по ее окраинам осталась не затронутой сельскохозяйственной деятельностью. После распада СССР и перестройки аграрного сектора России большая часть распаханых земель Баргузинской котловины были переведены в залежь, в т.ч. и земли Верхнего и Нижнего куйтуна. Одними из факторов перевода земель куйтунов в залежь явились низкое плодородие почв, весенне-раннелетние засухи, активное проявление ветровой эрозии.

Исследования проводились на модельном полигоне, который был заложен на плосковершинной песчаной возвышенности «Верхний куйтун». Объектами исследования явились залежные почвы, кото-

рые были выведены из сельскохозяйственного оборота около 30 лет назад. На модельном полигоне преобладает грядово-бугристая форма рельефа. Климат региона резко континентальный, характеризуется отрицательной среднегодовой температурой  $-2.56^{\circ}\text{C}$  и низким атмосферным увлажнением – 355 мм. Почвообразующей породой изученных почв являются песчаные отложения. Фоновая степная растительность целинных земель представлена ковыльно-твердоплетоосоковыми сообществами. Основная площадь почвенного покрова изученной территории представлена почвами отдела агроземов, и лишь малая ее часть почвами отделов палео-метаморфических, светлогумусовых аккумулятивно-карбонатных, органо-аккумулятивных и слаборазвитых почв. Отдел палео-метаморфических почв представлен криоаридным типом, генетическое строение которой имеет формулу АК–BPL–BCA–Cca. Содержание гумуса в изученной почве достигает 1.95%, с глубиной постепенно снижается до 0.22% в песчаной почвообразующей породе. Реакция среды щелочная (pH 7.9–9.0), максимальное ее значение отмечается в аккумулятивно-карбонатном горизонте.

Почвы отдела агроземов представлены агроземами аккумулятивно-карбонатными с формулой профиля P–BCA–Cca и агроземами P–Cca. Содержание гумуса в агрогумусовых горизонтах варьирует от 0.45 до 1.77%, с глубиной их содержание резко убывает до 0.1%. Реакция среды изученных почв характеризуется от нейтральной до щелочной (pH 7.35–8.72) в агрогумусовых горизонтах, максимальное значение (pH 9.52) отмечается в почвообразующей породе. Участки развееваемых песков проявляются в местах активного проявления эоловых процессов. На данных участках формируются почвы слаборазвитого отдела. Морфологическое строение данных почв представлено гумусово-слаборазвитым горизонтом Wc резким переходом в слоистую почвообразующую породу Cca. Содержание гумуса в гумусово-слаборазвитом горизонте данных почв очень низкое – 0.35%, содержание карбонатов достигает до 2.44%. Реакция среды характеризуется щелочной. Также на изученных почвах полигона наблюдаются сильные дефляционные процессы в виде песчаных наносов и выдувания верхнего гумусового горизонта. Залежные почвы по сравнению с целинными вариантами очень сильно обеднены наиболее ценными фракциями физической глины. На подтиповом уровне возможно выделение процессов стратификации и абразии. Таким образом, проведенные исследования показали, что залежные почвы Верхнего куйтуна представлены почвами отдела агроземов (агроземи аккумулятивно-карбонатные, агроземи), целинные варианты степных почв – криоаридным типом. В местах проявления активной ветровой деятельности формируются почвы начальной стадии почвообразования (псаммоземы гумусовые).

Исследования выполнены по теме бюджетного проекта №АААА-А-17-117011810038-7, при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 1729-05019.

УДК 631.48

## **РАЗНООБРАЗИЕ ПОЧВ ПРИГОРОДНЫХ ПАРКОВ САНКТ-ПЕТЕРБУРГА**

**Шешукова А.А., Бахматова К.А., Матинян Н.Н.**

Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург  
E-mail: a.sheshukova@spbu.ru

Работа посвящена изучению почв парков Петергофа, Ораниенбаума и Павловска – образцов русского садово-паркового искусства XVIII-XIX вв., создающих «зеленое ожерелье» Санкт-Петербурга. Почвы парков являются уникальным объектом исследований генетического почвоведения, и представляют собой продукт антропогенной трансформации природных почв и последующего развития этих почв под влиянием комплекса естественных и антропогенных факторов. В целях придания большей живописности территории менялся рельеф: засыпались понижения, создавались террасы и холмы. Проводилась осушительная мелиорация, менялся рисунок гидрографической сети. Естественная таежная растительность замещалась посадками широколиственных пород и декоративных кустарников в сочетании с луговыми пространствами и цветниками. Конструировались почвы применительно к потребностям определенных видов зеленых насаждений.

Варианты преобразования исходных почв различались в зависимости от ландшафтных условий и архитектуры парка. В результате изменилась степень выраженности зональных элементарных почвообразовательных процессов, появились новые сочетания процессов, нетипичные для исходных ландшафтов. В первую очередь эти изменения захватывают гумусовый горизонт: увеличивается его мощность, возрастает содержание гумуса, изменяется реакция среды. В результате почвенный покров парков включает в себя не только почвы, профиль которых трансформирован непосредственно, но и те природные почвы, которые изменились в результате длительного функционирования в новом режиме. В пригородных парках встречаются антропогенно-преобразованные почвы – стратоземы и урбостратоземы, реже агроземы, а также естественные почвы. Доля стратоземов и урбостратоземов в почвенном покрове пригородных парков составляет от 5 до 40–60%. Степень антропогенного преобразования почв увеличивается вблизи крупных построек, таких как дворцы и павильоны. В верхних горизонтах почв появляются включения строительного мусора, реакция среды изменяется с кислой на щелочную,

в некоторых случаях обнаруживается загрязнение почв тяжелыми металлами. В ряде случаев в нижней части профилей стратоземов и урбостратоземов обнаруживаются погребенные естественные почвы, благодаря которым можно составить представление о почвенном покрове территории до создания парка.

Разнообразие почв парков возрастает за счет широкого спектра исходных природных почв, варьирующих в зависимости от состава почвообразующих пород, рельефа, гидрологических условий. Так в Павловском парке широко распространены дерново-подзолы иллювиально-железистые на озерно-ледниковых песках, а в пойме реки Славянки – серогумусовые аллювиальные, в том числе карбонатные. В Александрийском парке Петергофа преобладают темногумусовые глееватые и глеевые почвы, значительную площадь занимают дерново-элювиально-метаморфические глееватые почвы на озерно-ледниковых глинах. В Ораниенбаумском парке встречаются дерново-подзолы глееватые и глеевые на песчаных породах, а также дерново-подзолистые глееватые почвы на моренных суглинках. Наряду с типичными природными почвами встречаются их стратифицированные и турбированные подтипы.

Изучение почвенного покрова пригородных исторических парков необходимо для поддержания устойчивости парковых экосистем, разработки мероприятий по уходу за зелеными насаждениями и реконструкции мелиоративных систем парков.

## Симпозиум 7

### Почвенно-экологические основы адаптивно-ландшафтного земледелия и землепользования

Руководители: акад. РАН В.И. Кирюшин, к.г.н. Д.Н. Козлов,  
д.б.н. Н.И. Добротворская

---

УДК 631.4

### СНИЖЕНИЕ УРОЖАЯ ОТ ГИДРОЛОГИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ В УСЛОВИЯХ КОНТРАСТНОГО ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА МОРЕННЫХ РАВНИН

**Анциферова О.А.**

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

Ведущими фактором формирования почвенного покрова моренных равнин выступает рельеф, а также пространственная и вертикальная пестрота пород. Типичными почвенными комбинациями (ПК) в условиях холмистого рельефа сельскохозяйственных полей являются сочетания-мозаики. Целью работы явилось определить потери урожая на разных компонентах ПК от гидрологических факторов в климатических условиях западной части Калининградской области.

Среднемноголетнее количество осадков по метеостанции г. Калининграда составляет 781 мм, что объясняет широкий охват территории региона осушительной мелиорацией. Вторичное переувлажнение осушенных почв происходит при механических нарушениях дренажных систем, их заливании, заохривании, зарастании полостей дрен корнями трав, блокировании стока из закрытых осушителей в открытые каналы. Это приводит к распространению вымочек на пахотных полях и недобору урожая. Неудовлетворительное мелиоративное состояние имеют около 38.5% осушенных почв. Мониторинговые исследования гидрологического режима (2012–2019 гг.) пахотных почв в катенах холмистых равнин показали повсеместное формирование верховодки на всех элементах рельефа в 1.5-метровой толще в осенне-зимний и весенний период. Исключением являются

автоморфные дерново-подзолистые или буроземные почвы легкосуглинистого или супесчаного состава на выпуклых вершинах холмов. Эти почвы, а также их глееватые аналоги на плоских вершинах отличаются наибольшей потенциальной продуктивностью при условии благоприятной реакции среды пахотного горизонта. Глубина залегающего уровня верховодки в суглинистых и супесчаных глееватых дерново-подзолистых почвах и буроземах на склонах холмов составляет от 60 до 120 см, длительность существования с ноября по апрель. В средние и сырые по осадкам годы снижение урожайности озимой пшеницы составляет 11–15% по отношению к почвам вершин холмов. В сухие годы потери сокращаются до 1–8%. Но в случае сочетания повышенного грунтового гидроморфизма с высокой кислотностью и развитием слабой или средней степени эрозии потери на склоновых почвах достигают 50–60% вне зависимости от влажности года.

Глеевые почвы открытых межхолмных понижений, плоских низменных участков, подножий склонов занимают от 15 до 25% от общей площади полей. Но их благоприятные агрохимические факторы нивелируются пульсирующим застойно-промывным типом водного режима с постоянным присутствием верховодок на глубинах 50–100 см в ноябре-мае, подверженностью кратковременному поверхностному заболачиванию в марте-апреле, а также в периоды ливневых и затяжных осадков в течение вегетации сельскохозяйственных культур. В итоге продуктивность таких почв нестабильная. Снижение урожая варьирует от 15 до 25% в средние и сухие по осадкам годы и достигает 60% в сырые годы (или вегетационные периоды).

Дерново-глеевые и болотные низинные почвы, расположенные в замкнутых понижениях – самые проблемные ареалы почвенных комбинаций на пахотных полях. Помимо грунтового увлажнения (несколько ярусов верховодки при слоистом сложении почвообразующих пород, близкое залегания грунтовых вод) они подвержены поверхностному заболачиванию в осенне-зимний и весенний период. Основной природной причиной этого является наличие глинистых прослоек в подпахотном горизонте. Неудовлетворительное мелиоративное состояние полей приводит к несвоевременному отводу поверхностных вод с этих ареалов. В итоге происходит практически полная гибель озимых культур в средние и сырые по осадкам годы и потери около 80% в сухие. В сухие годы при позднем севе на них возможно получение урожаяев яровых зерновых с потерями около 50% от потенциально возможного.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 19-29-05277.

УДК 631.8

## ЦИКЛИЧНЫЕ ПРОЦЕССЫ В БИОСИСТЕМЕ ЯЧМЕНЯ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ АГРОТЕХНОЛОГИИ УТИЛИЗАЦИИ РАСТИТЕЛЬНЫХ ОСТАТКОВ

Воробьев Н.И.<sup>1</sup>, Свиридова О.В.<sup>1</sup>, Пухальский Я.В.<sup>1</sup>,  
Пищик В.Н.<sup>1,2</sup>, Жемякин С.В.<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Всероссийский научно-исследовательский институт сельскохозяйственной микробиологии, Санкт-Петербург  
E-mail: Nik.IvanVorobyov@yandex.ru

<sup>2</sup> Агрофизический научно-исследовательский институт, Санкт-Петербург  
<sup>3</sup> ООО «Петербургские агротехнологии»

Современная стратегия органического земледелия сделала приоритетными агротехнологии, направленные на биологизацию и экологизацию землепользования. В связи с этим, особое значение приобретают агроприемы, направленные на интенсификацию микробиологических восстановительных процессов в почве в межвегетационные периоды года. В межвегетационный период вследствие микробиологической преобразовательной деятельности реализуется основной объем восстановительных процессов в почве и закладываются основы будущего урожая сельскохозяйственных культурных растений. При гумификации растительных остатков в почве накапливаются гумусовые вещества, определяющие аккумулятивную, транспортную, регуляторную и протекторную функции почв. Поэтому разработка микробиологических препаратов, ускоряющих гумификацию растительных остатков и повышающих содержание гумуса и минеральных веществ в почвах, является актуальной задачей.

Цель данного исследования было изучение влияния ежегодной гумификации соломы ячменя микромицетно-бактериальным препаратом и дефицита минерального азотного питания растений на продукционную способность растений ячменя.

Для достижения поставленной цели во ФГБНУ ВНИИСХМ был проведен пятилетний (2015–2019 гг.) вегетационный опыт с растениями ячменя с. Северянин. Вегетационный опыт проводился в сосудах (по 3.5 кг почвы) с дерново-подзолистой почвой (Сорг. = 2.5%, Нобц. = 0.19%, рНсол. = 5.6). В мае каждого года осуществляли посев растений ячменя (по 25 шт. на сосуд), а в сентябре после уборки ячменя вносили солому ячменя на глубину 0-3 см. Гумификацию соломы ячменя проводили микробиологическим препаратом Микобакт (производитель ООО «Петербургские биотехнологии»). Свидетельство Минсельхоза России о государственной регистрации № 298-19-679-1 от 08.06.2015). Штамм бактерий ПБТ-1 *Micrococcus luteus* и штамм микроскопических грибов ПБЕ-2 *Penicillium sp.* являются основными

действующими микроорганизмами в Микобакте и на них оформлены патенты. Дефицит азотного питания растений ячменя (отсутствие минеральных азотных удобрений) обеспечивался в течение всего опыта.

Опыт состоял из четырех вариантов (в каждом варианте по 4 сосуда): 1 вариант – контроль без внесения соломы ячменя и зеленой массы козлятника; 2 вариант – внесение соломы ячменя (по 4 г/сосуд воздушно-сухой массы) без инокуляции Микобактом; 3 вариант – внесение соломы ячменя (по 4 г/сосуд воздушно-сухой массы), инокулированной Микобактом (1 мл/10 г соломы); 4 вариант – внесение соломы ячменя (по 2 г/сосуд воздушно-сухой массы) и зеленой массы козлятника (по 2 г/сосуд воздушно-сухой массы), инокулированные Микобактом (1 мл/10 г воздушно-сухой массы соломы ячменя и зеленой массы козлятника). Каждый год по вариантам опыта весной 2015–2019 гг. перед посадкой ячменя определяли по стандартной методике содержание органического углерода в почвенных образцах, а осенью 2015–2019 гг. по окончании вегетации растений определяли вес зерен ячменя и содержание органического углерода в почвенных образцах.

В результате проведенного исследования была обнаружена цикличная по годам динамика двух характеристик изучаемой микробно-растительной биосистемы: содержания органического углерода в почве и урожайности растений ячменя. Анализ периодичности совместных изменений содержания органического углерода в почве и урожайности растений показал, что процессы гумификации растительных остатков в почве имеют двухлетнюю периодичность, в результате чего вегетация растений в отдельные годы попадала на минимум и максимум содержания органического вещества в почве, что сказалось на урожайности растений. Применение микробиологического препарата и козлятника в качестве сидерата продемонстрировало возрастание средней по годам урожайности растений, но слабо сказывалось на цикличной динамике изучаемых процессов.

Работа выполнена в рамках тем Госзаданий №№ 0664-2016-0010, 0664-2018-0024, 0664-2019-0025.

УДК 631.4:528.9:528.8

## **КОРРЕКТИРОВКА ПОЧВЕННОЙ КАРТЫ И ОЦЕНКА АГРОЛАНДШАФТА НА ОСНОВЕ НАЗЕМНОГО МОНИТОРИНГА И ДАННЫХ ДЗЗ**

**Добровторская Н.И.<sup>1,2</sup>, Елизаров Н.В.<sup>1,3</sup>, Иванова М.И.<sup>1</sup>, Касливцева Т.М.<sup>1,4</sup>**

<sup>1</sup> Сибирский федеральный научный центр агробиотехнологий РАН, Краснообск

<sup>2</sup> Сибирский государственный университет геосистем и технологий,  
Новосибирск

E-mail: dobrotvorskaya@mail.ru

<sup>3</sup> Институт почвоведения и агрохимии СО РАН, Новосибирск

E-mail: elizarov\_89@mail.ru

<sup>4</sup> Новосибирский государственный аграрный университет, Новосибирск

E-mail: tatkas\_08@mail.ru

Развитие новых подходов к использованию земельных ресурсов страны, переход к стратегии адаптивно-ландшафтного земледелия обуславливает необходимость обновления данных о состоянии почвенного покрова, как основного компонента агроландшафта, его агроэкологической оценки для выявления современного уровня эколого-ресурсного потенциала земель сельскохозяйственного назначения. Отображение его на крупномасштабных картах системы Гипрозем в свое время создавало основу как для научных исследований, так и для принятия управленческих решений в сельскохозяйственном производстве и в области охраны окружающей среды. Однако несмотря на консервативность изучаемого объекта, картографический материал в значительной степени не соответствуют теперь современному состоянию почвенного покрова.

Современные средства дистанционного зондирования поверхности земли позволяют в корне изменить подходы к обследованию почвенного покрова, повысить информативность карт и существенно снизить затраты времени на обследование территории. На космо- и аэрофотоснимках ландшафта в качестве дешифровочных признаков для изучения почвенного покрова может использоваться в пашне открытая в весенние периоды поверхность почвы. Однако в связи с изменением агротехнологий часто поверхность производственного поля бывает закрыта растительными остатками, в естественных угодьях она также закрыта растительным покровом. Растительный покров, как известно, особенно в естественных ландшафтах находится в тесном сопряжении с почвенным, отражая его основные характеристики, при этом различные растительные ассоциации обуславливают тонально-текстурные характеристики фотоизображений.

Исследования проводились на территории Барабинской низменности, в пределах ее высокой геоморфологической ступени, занятой в основном солонцовыми агроландшафтами. Выбранный участок в пойме реки Карасук характеризуется комплексным почвенным по-

кровом с высокими значениями коэффициента контрастности. Это обстоятельство обеспечило дифференциацию растительного покрова, разнообразие видов фитоценоза, отражающееся в визуальных характеристиках рисунка на космическом снимке, таких как цвет, текстура рисунка, контуры ареалов. Для анализа фотоизображений использовались общедоступные системы космических изображений Google Earth и Публичная кадастровая карта на основе программы Esri. Количественная характеристика структуры почвенного покрова и структуры сельхозугодий осуществлялась на основе изготовления цифровой модели местности в графическом пакете MapInfo Professional 12.0.2.

Анализ изображения исследуемого участка позволил выделить на нем несколько характеристических зон, отличающихся по тону и текстуре рисунка. После проведения сопряженного почвенного и геоботанического обследования была выявлена взаимосвязь классификационной принадлежности почв на уровне рода (в соответствии с классификацией почв 1977 года), видового состава растительных ассоциаций и соответствующих тонально-текстурных характеристик выбранных зон. На основе идентификации границ однородных контуров на космическом снимке был создан откорректированный вариант почвенной карты. Сравнение полученной карты с почвенной картой 1986 г. показало, что современное состояние почвенного покрова на данном участке характеризуется появлением луговых почв, уменьшилась площадь черноземно-луговых солончаковых почв, площадь солонцов остается примерно такой же. В целом тренд развития почвенного покрова характеризуется сокращением процессов засоления и увеличением увлажненности. Выявленные тенденции необходимо учитывать при создании карты агроэкологических типов земель.

Расширение территорий исследования и описание большего количества разнообразных ландшафтных комплексов в пределах зональных и провинциальных природных образований позволит создать исчерпывающую базу дешифровочных признаков для экстраполяции данных локальных обследований в региональном масштабе.

УДК 631.5; 631.6; 911.2.

## **ВЛИЯНИЕ ВОДНО-ФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПОЧВ НА УРОЖАЙНОСТЬ СОЛОМКИ ЛЬНА-ДОЛГУНЦА В УСЛОВИЯХ ВЕРХНЕВОЛЖЬЯ**

**Иванов Д.А., Хархардинов Н. А.**

Всероссийский научно-исследовательский институт мелиорированных земель,  
Тверь

E-mail: 2016vniimz-noo@list.ru

В работе приведены результаты исследования влияния водно-физических свойств почв на урожайность соломы льна-долгунца сорта

«Тверской» в 2018 и 2019 гг. на разных агрохимических фонах, на опытном поле Тверской ГСХА на суглинистой дерново-подзолистой глееватой почве. Было отобрано по 24 монолита пахотного горизонта на контрольном поле (без удобрений) и на массиве, удобренном азотоской в дозе 1 ц/га. Определялись следующие водно-физические показатели: плотность, полная (ПВ) и наименьшая (НВ) влагоемкость, гравитационная пористость (ГП), а также агрегатный состав почвы методом сухого просеивания. В точках отбора монолитов определялась и урожайность льна.

Установлено, что средняя плотность почв опытного участка – 1.39 г/см<sup>3</sup>, ПВ – 42.5 об.%, НВ – 33.8 об.%, ГП – 8.7 об.%. Скелетные фракции (>1 мм) составляют 38% веса почвы, крупного песка – 5.2%, среднего песка – 13.6%, фракции размером менее 0.25 мм составляют 43.1% веса. Таким образом, почвы опытного участка сложены опесчаненным суглинком с большой долей скелетной фракции, они уплотнены, в них преобладает капиллярная скважность. Методом главных компонент выделялись группы показателей, наиболее близко расположенные в факторном пространстве к урожайным данным. В условиях контроля (поле без внесения удобрений) наиболее сильное положительное влияние на урожайность льна оказывала доля среднего песка в почве. На тестовом поле (по фону азотоски) на урожай оказывали наиболее заметные положительные влияния доля крупного песка и наименьшая влагоемкость почвы.

Годы исследования существенно различались по климатическим условиям, прежде всего, по сумме эффективных температур. В умеренно теплый 2018 г. она составляла 2260 °С, а в холодный 2019 г. – только 1782 °С. При малой разнице по суммам осадков (313 и 320 мм соответственно) они характеризуются большими различиями по ГТК – 1.15 в 2018 г. и 1.33 в 2019 г. Расчеты производили методом парных уравнений нелинейной регрессии. Было выявлено, что на не удобренном фоне, при снижении эффективных температур, степени влияния фракции среднего песка на вариабельность урожайности, соответствующие коэффициентам детерминации регрессионных уравнений, возрастают с 19.4 до 26.0%. Доля песка в почве, превышение которой способствует получению урожая выше среднего значения, при этом снижается с 15 до 10%. По фону азотоски, такое же изменение климатических условий приводит к усилению воздействия степени влияния крупного песка на урожай с 17.8 до 24.0%, при этом, его доля, необходимая для получения повышенных урожаев, снижается с 5 до 3%. В холодный год пространственная вариабельность НВ определяла 18.2% изменчивости урожая, в то время как в 2018 г. ее влияние на урожай было не достоверным.

Полученные результаты показывают, что тяжелые почвы Тверской области не обладают достаточными термическими ресурсами для выращивания высоких урожаев льна-долгунца. Удобрение почв при-

водит к тому, что на урожайность начинают оказывать влияние более грубые агрегатные фракции почвы, которые более активно участвуют в процессе формирования почвенной структуры. На удобренном фоне существенное влияние на продуктивность льна оказывает также и вариабельность капиллярной скважности почв, что свидетельствует о возрастании в них напряженности окислительно-восстановительных процессов при понижении температуры. Превышение значений НВ отметки в 16% позволяет получать урожаи выше среднего. Для получения высоких урожаев льносоломки на тяжелых почвах Нечерноземья надо повсеместно применять тепловые мелиорации: пескование, профилирование и мульчирование поверхности. На удобренных фонах необходимо также проводить дополнительное рыхление почв.

УДК: 631.452:633.282

**ДИНАМИКА БИОФИЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ В АГРОЦЕНОЗЕ  
*MISCANTHUS SACCHARIFLORUS* В ЛЕСОСТЕПИ  
НОВОСИБИРСКОГО ПРИОБЬЯ**

**Капустянчик С.Ю.<sup>1</sup>, Данилова А.А.<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Сибирский научно-исследовательский институт растениеводства и селекции,  
Краснообск

E-mail: kapustyanchik@bionet.nsc.ru

<sup>2</sup> Сибирский федеральный научный центр агробиотехнологий РАН, Краснообск  
E-mail: danilova7alb@yandex.ru

Повышенный интерес к выращиванию многолетних биоэнергетических культур связан с поиском возобновляемых источников для замены ископаемых ресурсов энергии и сырья, со стремлением к сокращению выбросов парниковых газов за счет фиксации атмосферного углерода в органическом веществе почвы. С агрохимической точки зрения ценность этих культур связана с относительно низким в сравнении с однолетними культурами выносом питательных веществ, соответственно, высокой стабильной урожайностью на малоплодородных почвах. Одним из самых перспективных из ряда энергетических растений считается род *Miscanthus*, обладающий С-4 типом фотосинтеза с потенциальной продуктивностью до 40 т/га сухой биомассы на территории Европы и США. Культивирование данного растения на территории Российской Федерации находится в начальной стадии. Сведения по многолетним наблюдениям за особенностями развития мискантуса в континентальном климате опубликованы фрагментарно.

Цель нашего исследования заключалась в оценке возможности многолетнего культивирования мискантуса в Сибири и особенностей влияния культуры на свойства почвы.

Изучали показатели продукционного процесса *Miscanthus sacchariflorus* сорт Сорановский в условиях агросерой почвы в Ново-

сибирском Приобье (54°53'13.5"N, 82°59'36.7E"). За 4 первых года вегетации (2015–2018 гг.) ежегодная урожайность изучаемого растения достигала 11–15 т/га сухой биомассы при длине генеративного побега 190–232 см. Эти показатели в среднем были близки к таковым, отмеченным в мире для вида *Miscanthus sacchariflorus*. Отмечена нами засухоустойчивость культуры в условиях опыта, относительно высокая зимостойкость, устойчивость к болезням и вредителям, высокая продуктивность корневищ (величина подземной биомассы была близка к надземной на третий год вегетации культуры), отсутствие семенного размножения в изучаемых условиях (что говорит об отсутствии инвазивности растения при правильном технологическом уходе за плантациями). Оценка баланса элементов питания в четырехлетнем агроценозе перед уборкой культуры показала значительное накопление N, P и K в подземных органах растений (130, 9 и 126 кг/га соответственно) при среднем выносе N, P и K с надземными органами 51, 6 и 49 кг/га соответственно, что свидетельствует о формировании в почве запаса N, P, K для возмещения выноса элементов с биомассой культуры. За 4 года вегетации культуры достоверного повышения Сорг. в слое почвы 0–20 см не было обнаружено. При этом отмечено значительное снижение скорости минерализации до CO<sub>2</sub> вновь поступающих растительных остатков из-за резкого повышения отношения C/N (до 70 против 20 в исходной почве) в подземной биомассе. Это обстоятельство может быть предпосылкой к накоплению Сорг. в почве при дальнейшем культивировании мискантуса.

Таким образом, параметры продукционного процесса *Miscanthus sacchariflorus* сорта Сорановский в условиях агросерой почвы в Центральной лесотепи Приобья были близки таковым, присущим виду *Miscanthus sacchariflorus*, культивируемому в других регионах мира на разных типах почв. При произрастании культуры в течение 4 лет не обнаружены предпосылки для истощения почвы биофильными элементами. Вопросы сиквестра атмосферного углерода в почве под мискантусом в условиях Приобья требуют специального исследования.

УДК 631.58

## ПОЧВЕННО-ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ЛАНДШАФТОВ

Кирюшин В.И.

Почвенный институт им. В.В. Докучаева, Москва

E-mail: vkiryushin@rambler.ru

Современная теория сельскохозяйственного природопользования развивается в рамках экологической парадигмы, основанной В.В. Докучаевым, развитой В.В. Вернадским и декларированной в 1992 году Конференцией ООН в Рио-де-Жанейро в терминах устойчивого развития. Конкретным выражением этой парадигмы явилась разработка адаптивно-ландшафтных систем земледелия (АЛСЗ), основанных

на агроэкологической типологии и классификации земель. Их проектирование осуществляется в АгроГИС, включающих электронные карты гидрогеологических условий, рельефа, почвообразующих пород, структур почвенного покрова, почв и других условий с использованием ландшафтно-экологического анализа территории. Имеется определенный опыт освоения АЛСЗ в регионах страны, особенно в Белгородской области, где проектно-изыскательские работы осуществляются агрохимической службой.

Проектирование АЛСЗ первоначально сложилось как формирование полевой инфраструктуры севооборотов, но в силу почвенно-ландшафтных связей стало охватывать смежные территории: пастбища, сенокосы и другие угодья. Определилась целесообразность формирования сети сельскохозяйственных ландшафтов, включающих агроландшафты, животноводческие, водохозяйственные, агропромышленные, селитебные ландшафты, чередующиеся с природными, искусственными и природозащитными в экологических каркасах территории. Данный подход означает наступление новой парадигмы природопользования – конструктивно-биосферной, ориентированной на сохранение природных, восстановление деградированных и создание новых экосистем с высоким биопотенциалом, превосходящим по продуктивности природные экосистемы. Для планирования агроландшафтов необходима методология идентификации, оценки их экологических функций и управления ими. В развитие учения об экологических функциях почв Г.В. Добровольского и Е.Д. Никитина предложена группировка экологических функций ландшафтов, включающая: экотопические функции, в том числе атмосферные (газообменная, теплообменная, гидроатмосферная, климатоформирующая), литосферные (геодинамическая, геофизическая, геохимическая), гидрологические и гидрогеологические, экотопические функции почв; биоценотические (самоорганизации, эволюции, биоразнообразия); биоэкологические (продукционная, деструкционная, органо-аккумулятивная, биогеохимические, биопедоэкологическая); почвообразовательная; энергетическая. Формирование сельскохозяйственных ландшафтов представляет процесс частичной трансформации экологических функций в социально-экономические: ресурсные, агробиотехнологические, мелиоративные, фитосанитарные и др. С биосферных позиций рассматривается понятие почвенного плодородия, которое следует определять как совокупность экотопических и биопедоэкологических функций почв и сопряженных с ними экологических и социально-экономических функций агробиоценозов. В данной связи весьма актуальны оценки продукционных функций ландшафтов в качестве эталонов для сравнения с ними биологической продуктивности агроландшафтов. Поскольку плодородие почвы определяется не только количеством и качеством продукции, но и ее санитарным и фитосанитарным состоянием, особое значение приобретает оценка

биоэкологического состояния почв, которое нередко подменяется метафорическими категориями типа «здоровья почвы». Экологические функции реализуются через почвенно-ландшафтные связи. Их идентификация и оценка в процессе структурно-функционального анализа ландшафта составляют основу ландшафтно-экологического планирования и проектирования.

Исследования выполнены при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта №19-016-00101.

УДК 579.64:634.8:631:452

## ВЛИЯНИЕ ПРИЕМОВ БИОЛОГИЗАЦИИ НА СОСТОЯНИЕ АМПЕЛОЦЕНОЗА

Клименко Н.Н.

Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма,  
Симферополь

E-mail: ninaklymenko@yandex.ru

Общеизвестно, что при возделывании винограда с целью получения стабильных урожаев высокого качества применяют интенсивные агротехнологии, включающие в себя использование минеральных, органических удобрений для улучшения роста и развития растений, а также агрохимикатов для их защиты от болезней и вредителей. Все вышеперечисленное приводит к загрязнению ампелоценоза остатками пестицидов и тяжелыми металлами. Почва виноградника подвергается значительной нагрузке: за вегетационный период для ухода за растениями проводят в среднем 15–20 механизированных операций (борьба с сорняками, чеканка и др.), что ведет к ее деградации и снижению плодородия. Поэтому с целью предотвращения негативного влияния на ампелоценоз применяют биологизированные способы выращивания винограда. К ним относят применение микробных препаратов (МП) на основе эффективных штаммов микроорганизмов для улучшения роста и питания растений, а также задернение почвы междурядий многолетними травами для улучшения ее структуры, водно-физических свойств и повышения плодородия.

Исходя из вышеизложенного, цель нашего исследования заключалась в изучении совместного влияния МП и задернения почвы многолетними сеянными травами (СТ) на состояние микробоценоза почвы и элементы почвенного плодородия в ризосфере винограда. В полевом опыте использовали следующие МП: Диазофит (биоагент *Agrobacterium radiobacter* 204), Фосфоэнтерин (биоагент *Enterobacter nimipressuralis* 32-3), Комплекс микробных препаратов (биоагенты – *Agrobacterium radiobacter* 204, *Enterobacter nimipressuralis* 32-3, *Paenibacillus polymyxa* П, смешанные в равных соотношениях). За контроль принят вариант, в котором корневая система не была бактериализована МП. Почва междурядий, включая контроль, содержалась

под задернением, представленным райграсом пастбищным (*Lolium perenne* L.) и люцерной синеи (*Medicago sativa* L.) в соотношении 1:1.

Показано, что применение МП на фоне СТ способствует возрастанию численности агрономически ценных бактерий в ризосфере винограда. При этом количество аммонификаторов и бактерий, утилизирующих минеральные формы азота, возрастала в 1.6–2.3 и 1.9–2.1 раза под влиянием Диазофита и КМП соответственно по сравнению с контролем. Число фосфатмобилизующих бактерий возрастало в случае применения Фосфоэнтерина и КМП в 1.6 раза против контроля.

Известно, что увеличение численности бактерий агрономически ценных групп в ризосфере растений влияет на содержание элементов питания в почве ампелоценоза. Результаты наших исследований показали, что использование Диазофита и КМП на фоне задернения почвы СТ содействовало повышению содержания  $N-NO_3$  в эдафотопе ампелоценоза на 29 и 39% соответственно. Применение КМП на фоне СТ приводит к увеличению количества  $P_2O_5$  и  $K_2O$  в ризосфере винограда: на 28% и до 2.0 раз по сравнению с контролем соответственно. Отмечено также повышение содержания органического вещества в почве виноградника при внесении в ризосферу винограда КМП на фоне СТ (на 25%). При бактеризации ризосферы винограда Диазофитом и КМП по СТ произошло уменьшение количества активной извести в почве: на 2–6% против контроля. Выявлено также существенное снижение рН почвы ампелоценоза под действием Фосфоэнтерина и КМП, что оптимизирует щелочную среду эдафотоба для произрастания винограда.

Таким образом, бактеризация ризосферы винограда МП на фоне задернения почвы междурадий многолетними СТ оказала положительное воздействие на увеличение численности бактерий основных эколого-трофических групп микроорганизмов в ризосфере винограда. Используемые нами приемы биологизации позитивно влияли на накопление основных элементов питания в почве виноградника, нормализацию рН почвенной вытяжки и снижение содержания активной извести.

УДК 631.45

## **ВЫДЕЛЕНИЕ ИНВАРИАНТНЫХ СОСТОЯНИЙ ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА И АГРОЭКОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ НА ОСНОВЕ ДАННЫХ ДДЗ**

**Кренке А.Н.<sup>1</sup>, Контобойцева А.А.<sup>2</sup>, Сандлерский Р.Б.<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Институт географии РАН, Москва  
E-mail: krenke-igras@yandex.ru

<sup>2</sup> Институт проблем эволюции и экологии им. А.Н. Северцова РАН, Москва  
E-mail: kontoboytseva@gmail.com

Одной из задач обеспечения устойчивого развития сельского хозяйства является укрепление знания о состоянии почвенных

ресурсов и агроэкологических условий на региональном уровне. Наиболее доступным инструментом определения свойств поверхности для больших территорий являются данные дистанционного зондирования. Однако для территорий, находящихся в условиях сельскохозяйственного освоения, задача осложняется значительной изменчивостью спектра отражения солнечной радиации в связи с деятельностью человека.

В предлагаемом докладе освещена методика выделения пространственных инвариантов, описывающих почвенно-ландшафтные различия. Полученные различия, дополненные необходимыми полевыми исследованиями, могут быть использованы для построения тематических карт различной семантики, от выделения свойств почв и пригодности территории для конкретных культур до применимости тех или иных сельскохозяйственных технологий.

Основной методической составляющей данной работы является иерархический факторный анализ и сегментация полученных инвариантных переменных с целью выделения устойчивых агроэкологических состояний. Сутью методики является получение устойчивых пространственных объектов в условиях нестабильных отражений с поверхности, вызванных изменением состава и состояния выращиваемых культур. Иерархический факторный анализ, проведенный для временных рядов ДДЗ, описывающих состояния поверхности за периоды от 4 до 30 лет, позволяет выделить факторы пространственной организации постоянные за период наблюдения и отделить изменчивые компоненты в исходном массиве данных. Последовательное выделение факторов от одной сцены до факторов, обобщающих пространственное варьирование на протяжении всего исследуемого периода, позволяет выделить стационарные компоненты данных, описывающих пространственную дифференциацию инвариантных характеристик ландшафта. Остатки от инвариантных компонент выделяют вариативную составляющую массива данных. Выделенные факторы можно связать с процессами, определяющими свойства почвенного покрова. Полученные факторы образуют новое пространство переменных, которое можно подвергнуть классификации в контексте изучаемого свойства.

В общем случае применяется безпороговая итеративная процедура K-средних. Данная процедура позволяет выделить основные различия наблюдаемых агроэкологических состояний. Классы, содержащие шумовую информацию, можно отфильтровать с помощью спектрального анализа. На опытных территориях было показано что выделенные таким образом классы сохраняют ординацию относительно основных спектральных индексов за любой обособленный момент наблюдения, что доказывает постоянство данных классов. Таким образом, для обширных территорий можно оперативно создавать функциональные карты, описывающие инвариантные состояния,

динамическую составляющую и дифференциацию интенсивности различных процессов. Данный подход может служить основой как для глобальных оценок качества земель и их изменчивости, так и для территориального планирования в области сельского хозяйства и предотвращения деградации земель.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 20-016-00211.

УДК 631.95

## **ПРИМЕНЕНИЕ ГИС В АДАПТИВНО-ЛАНДШАФТНОМ ЗЕМЛЕДЕЛИИ НА ПРИМЕРЕ РАДИОАКТИВНО ЗАГРЯЗНЕННОЙ ТЕРРИТОРИИ ТУЛЬСКОГО НИИСХ**

**Кречетникова Е.О., Кречетников В.В., Титов И.Е., Кузнецов В.К.**

Всероссийский научно-исследовательский институт радиологии  
и агроэкологии, Обнинск

E-mail: evg.krechet@yandex.ru

Решением Сессии Россельхозакадемии в 1992 г. была поставлена задача по адаптации сельскохозяйственного производства к сложившимся природным и экологическим условиям путем разработки систем земледелия с учетом типов местности и категорий ландшафтов. Решением стало освоение адаптивно-ландшафтного земледелия, базирующегося на дифференциации систем земледелия на основе категории агроландшафта и ориентированного на экономически выгодное производство нормативно чистой продукции.

Одним из способов обеспечить производство продукции, соответствующей санитарно-гигиеническим требованиям, является проведение адресных реабилитационных мероприятий, основанных на принципах адаптивно-ландшафтного земледелия. При этом необходимо учитывать уровни и характер загрязнения сельскохозяйственных земель, агроландшафтные особенности территорий, специфику ведения отдельных отраслей растениеводства и кормопроизводства. Для обработки, анализа и визуализации этих данных целесообразно использовать географические информационные системы, которые содержат средства анализа информации, эффективные средства представления данных в форме карт и трехмерных моделей.

Для проектирования адаптивно-ландшафтных систем земледелия на радиоактивно загрязненной территории Тульского НИИ сельского хозяйства разработан ГИС проект «Адаптивно-ландшафтное земледелие на территории Тульского НИИСХ» на основе информации о расположении сельхозугодий, структуре севооборотов, содержании <sup>137</sup>Cs в почве, типах почвы и агрохимических показателях почвы. ГИС проект «Адаптивно-ландшафтное земледелие на территории

Тулского НИИСХ» создан в среде ArcMap 10.5, входящей в состав пакета ArcGis. Объектами проекта являются атрибутивные таблицы для хранения информации и электронные карты для визуализации данных. Атрибутивные таблицы данных проекта содержат информацию, собранную различными службами за 16-летний период наблюдений о характеристиках элементарных участков (площадь, севооборот, номер поля, номер участка в поле), содержании  $^{137}\text{Cs}$  в почвах сельскохозяйственных территорий, агрохимических показателей почвы (содержание гумуса, калия, фосфора, кислотности), типах почвы, высоте над уровнем моря.

На основе всех атрибутивных данных в ГИС проекте были созданы электронные карты пространственного распределения удельной активности  $^{137}\text{Cs}$  в почве исследуемой территории. Создана карта рельефа и типов почвы сельскохозяйственных угодий Тульского НИИСХ, а также электронные карты различных агрохимических показателей. Разработанный ГИС проект наглядно отражает современное состояние почвенного покрова, системы землепользования и радиоэкологическую обстановку и может быть использован для сбора, хранения и анализа результатов обследования с целью проектирования адаптивно-ландшафтных систем земледелия. Проект открыт для внесения новых и редактирования существующих данных в случае необходимости.

УДК 631.4, 911.2

## **ПРОВИНЦИАЛЬНЫЕ РАЗЛИЧИЯ ПОЧВЕННО-ЛАНДШАФТНЫХ СВЯЗЕЙ ЛЕСОСТЕПИ РУССКОЙ РАВНИНЫ**

**Лозбенев Н.И., Козлов Д.Н.**

Почвенный институт им. В.В. Докучаева, Москва

E-mail: nlozbenev@mail.ru

Развитие методов картографического моделирования структуры почвенного покрова обеспечивает возможность региональных сравнений. Лежащее в основе данного моделирования изучение почвенно-ландшафтных связей направлено на установление систематизированных представлений об организации почвенного покрова и позволяют формализовать экспертные знания о территории. Данный методический подход апробированы при картографическом моделировании структур почвенного покрова лесостепи Среднерусской и Приволжской возвышенностей, а также Окско-Донской низменности. Для составления региональных моделей почвенно-ландшафтных связей использован легко интерпретируемый метод линейного дискриминантного анализа. Для межрегиональных сравнений использован сравнительно-географический и статистический методы.

Первый ключевой участок на территории Окско-Донской низменности характеризуется низменным рельефом и глинистым составом почв, избытком влаги в почвах практически во все годы. Было выделено несколько групп структур почвенного покрова, достоверно различных по запасам влаги. Структура почвенного покрова дренажных междуречий с кратковременным избытком влаги и уровнем грунтовых вод ниже 6 метров представлена комплексом черноземов и луговато-черноземных почв. При уровне грунтовых вод выше 6 метров и высоком значении величины плотности западин формируются гидроморфные структуры почвенного покрова. Их пространственная структура описывается морфометрическими величинами топографического индекса влажности, превышением над базисом эрозии и крутизной. Точность модели – 45%.

Территория второго ключевого участка на Среднерусской возвышенности площадью около 15 тыс. га характеризуется нормальными условиями увлажнения, промывным водным режимом. Почвообразующие породы – средние и тяжелые лессовидные суглинки. Перераспределение талых и дождевых вод происходит без задержек, вследствие чего большая часть территории не испытывает переувлажнения и почвы относятся к высокопродуктивным с запасами влаги в метровом слое до 150 мм. Структура почвенного покрова междуречий данного участка представлена комплексом черноземов и луговато-черноземных почв, на склонах – сочетаниями черноземов и луговато-черноземных почв разной степени смытости. Модель, описывающая пространственную структуру территории, включает 4 морфометрические величины – индекс относительных превышений (ТРИ) в окрестности 1000 метров, крутизну, потенциальную суммарную годовую радиацию, топографический индекс влажности. Точность данной модели – 39%.

На ключевом участке на Приволжской возвышенности формируются 3 группы структур почвенного покрова. Первая формируется при уровне грунтовых вод 1.5–3 метра и приурочена к недренлируемым междуречьям, осложненным многочисленными западинами. Почвенный покров представлен комплексом лугово-черноземных обычных и выщелоченных и влажнолуговых осолоделых почв, приуроченным к субгоризонтальному участку с обилием западин. Замедленно-дренируемые междуречья испытывают только сезонное поверхностное переувлажнение, а грунтовые воды опущены глубже 6 метров. В крупных замкнутых западинах, формируются темно-серые лесные поверхностно-глеево-элювиальные почвы, а фоном доминируют луговато-черноземные обычные почвы. Третья группа приурочена к плакорам, где распространены почвы с признаками сезонного переувлажнения срединного горизонта. Структура почвенного покрова этого типа местности представлена пятнистостями луговато-черноземных обычных, выщелоченных и оподзоленных почв. Кроме того, в

пределах коротких прибалочных склонов с уклоном до 5° встречаются эродированные луговато-черноземные почвы. Модель пространственной структуры включает 5 морфометрических величин: плотность потускул, уклон, индекс относительных превышений, превышение над базисом эрозии и топографический индекс влажности. Общая точность модели по доминантной категории почв – 49%. Выполненные межрегиональные сравнения показали, что сходные по набору компонентов группы структур почвенного покрова формируются на каждом ключевом участке в разных частях признакового пространства, т.е. при разном соотношении тепла и приходящей влаги, в разных элементах ландшафта, что связано с различиями как в абсолютной высоте, так и в гранулометрическом составе отложений.

Работа выполнена при поддержке Российского Фонда Фундаментальных Исследований, грант №19-29-05277

УДК 631.4

## **РАЗРАБОТКА МОБИЛЬНОГО ПРОГРАММНО-АППАРАТНОГО КОМПЛЕКСА ОПЕРАТИВНОГО СИНТЕЗА ЛОКАЛЬНЫХ ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ КАРТ НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ И МИКРОБИОМНОЙ СТРУКТУРЫ РАЗЛИЧНЫХ ТИПОВ ПОЧВ**

**Лоскутов С.И.<sup>1</sup>, Пухальский Я.В.<sup>1,2</sup>, Воробьев Н.И.<sup>2</sup>, Пирмагомедов Р.Я.<sup>3</sup>**

<sup>1</sup> ООО НПО «БиоЭкоТех», Санкт-Петербург  
E-mail: info@bioecotech.ru

<sup>2</sup> Всероссийский научно-исследовательский институт сельскохозяйственной микробиологии, Санкт-Петербург  
E-mail: arriam2008@yandex.ru

<sup>3</sup> Российский университет дружбы народов, Москва  
E-mail: pryа.spb@gmail.com

В условиях неблагоприятных глобальных изменений климата, нарастающего антропогенного загрязнения окружающей среды и истощения энергетических ресурсов планеты особую актуальность приобретает поиск экологически безопасных и экономически эффективных подходов для развития устойчивого земледелия и обеспечения населения качественными продуктами питания. Анализ микробиологического и микологического состава почв позволяет достаточно точно выявить наиболее уязвимые экологические зоны, прогнозировать их состояние при сохранении или изменении антропогенного воздействия. С помощью недавно появившихся молекулярных подходов и технологий стало возможным всестороннее изучение во времени процессов становления и развития популяций микроорганизмов и грибов как структурных подразделений вида. В настоящее

время изучения генетической природы дифференциации популяций микроорганизмов и грибов является наиболее актуальным разделом почвенной микробиологии.

В представленном проекте впервые предложен комплексный анализ структуры микробиома почвы. Известно, что микроорганизмы являются ключевым звеном в трансформации биогенных и абиогенных элементов в почве, активно взаимодействуют с растениями, образуя различного типа симбиозы, играющие важную роль в минеральном питании и адаптации растений к окружающей среде. Поэтому, изучение механизмов интеграции растений с симбиотрофными микроорганизмами и раскрытие потенциала растительно-микробных ассоциаций, для повышения адаптации сельскохозяйственных культур к неблагоприятным почвенным условиям имеют высокую актуальность.

Инновационный подход включает в себя создание интерактивных почвенных карт, а также технологическую схему многоуровневого забора проб и проведение физико-химических, метагеномных анализов полученных образцов с использованием IoT-технологий. Проект направлен на эффективное использование мониторинга окружающей среды, на раскрытие механизмов образования и эффективного функционирования симбиозов растений с почвенными сообществами и возможности их использования в качестве почвенных индикаторов для развития устойчивого земледелия. Реализация данного инновационного проекта, в условиях изменения природной среды, позволит использовать разработанные методологические основы метагеномного мониторинга с целью использования генетического потенциала почвенного микробиома во многих отраслях экономики, в частности в сельском хозяйстве.

УДК 631.4

## **РАЗРАБОТКА ГЕОИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ АГРОЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ОЦЕНКИ ЗЕМЕЛЬ И ПРОЕКТИРОВАНИЯ АДАПТИВНО-ЛАНДШАФТНЫХ СИСТЕМ ЗЕМЛЕДЕЛИЯ**

**Лукин С.В., Костин И.Г., Малышева Е.С.**

Центр агрохимической службы «Белгородский», Белгород

E-mail: agrohim\_31@mail.ru

Применение геоинформационных систем (ГИС) при мониторинге состояния почв, а так же при проектировании современных систем земледелия является наиболее целесообразным, поскольку позволяет агрономам получать оперативный доступ к большим информационным массивам данных, проводить быстрый анализ информации и принимать обоснованные управленческие решения. Кроме того,

внедрение ГИС позволяет разработать единую систему учета использования сельскохозяйственных земель и реализации природоохранных мероприятий, повысить эффективность управления агропромышленным комплексом на федеральном и региональном уровнях.

В Центре агрохимической службы «Белгородский» разработана и внедрена геоинформационная система под названием «ГИС Агроэколог Онлайн», которая предоставляет пользователям удобный доступ к базе данных агрохимической службы. В системе существует разграничение прав для каждой категории пользователей. В ГИС хранится информация по каждому административному району о землепользователях и занимаемой ими площади сельхозугодий, а также о границах земельных участков в векторном формате. ГИС включает почвенные карты, картограммы содержания гумуса, подвижных форм фосфора, калия, цинка, меди, марганца, кобальта, рНсол, гидролитической кислотности, карты крутизны и экспозиции склонов, эрозии, противоэрозионных мероприятий и другие данные, необходимые для формирования адаптивно-ландшафтных систем земледелия (АЛСЗ). В ГИС разработан алгоритм расчета показателя окультуренности почв по методике Т.Н. Кулаковской. Кроме того, для каждого рабочего участка возможен расчет средневзвешенного значения бонитета почв. На основе комплексного анализа материалов агрохимического и почвенно-эрозионного обследований автоматически строится карта агроэкологической групп земель.

«ГИС Агроэколог Онлайн» предоставляет пользователям функционал для ведения электронной книги истории полей, благодаря которой осуществляется контроль за реализацией проекта адаптивно-ландшафтных систем земледелия и охраны почв. Это дает агрономам возможность заполнять и хранить в базе данных информацию об урожайности и сортах высеваемых культур, освоенных системах обработки почвы, применяемых удобрениях и средствах защиты растений и т.д. для каждого рабочего участка. При введении соответствующей информации в книгу истории полей представляется также возможность формирования разнообразных отчетов, например, по структуре посевных площадей или урожайности.

В данной системе разработаны дополнительные функциональные модули геодезических измерений расстояния и площади, расчёта доз удобрений. Расчет годовых доз удобрений основан на сложном алгоритме, который учитывает множество факторов: вынос элементов питания с планируемой урожайностью сельскохозяйственной культуры, биологические особенности предшественника, обеспеченность почв элементами питания, гранулометрический состав почвы, степень эродированности и др. Для оптимизации применения органических удобрений агрономам доступна карта объектов животноводства, включая навозохранилища. Для каждого животноводческого комплекса доступно его краткое описание и протоколы качества получаемых органических удобрений.

Таким образом, широкое внедрение данной ГИС в сельском хозяйстве позволит ускорить и повысить качество проектирования адаптивно-ландшафтных систем земледелия и упростит контроль за их реализацией.

УДК 631.635; 632.531

## **УГЛЕАДСОРБЦИОННАЯ РЕМЕДИАЦИЯ ПОЧВ, ЗАГРЯЗНЕННЫХ ПЕСТИЦИДАМИ**

**Мухин В.М.<sup>1</sup>, Спиридонов Ю.Я.<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> АО «ЭНПО «Неорганика», Электросталь  
E-mail: victormukhin@yandex.ru

<sup>2</sup> Всероссийский научно-исследовательский институт фитопатологии РАН,  
Голицыно

E-mail: spiridonov@vniif.ru

Почва подвергается наиболее сильному антропогенному угнетению в результате внесения пестицидов, образования естественных фитотоксикантов, поступления ксенобиотиков со свалок и отстойников, а также техногенных катастроф. По имеющимся данным загрязнение почв пестицидами в дозах, вызывающих подавление роста культурных растений, имеет место на 50 млн га пашни в целом по Российской Федерации. Наиболее действенным приемом детоксикации почв, загрязненных остатками пестицидов, является применение углеадсорбционных технологий: внесение в почву активного угля (АУ) в виде зерен, порошка или водной суспензии. Большая сорбирующая поверхность углей обеспечивает достаточно быстрый переход пестицидов из почвенных растворов в фиксированное состояние, что резко ограничивает возможность контакта с ними корневой системы растений. Последующее высвобождение (десорбция) пестицидов из АУ может иметь место как растянутый во времени процесс, не создающий в почвенных растворах высоких концентраций десорбированных ядохимикатов, подавляющих способность почв к самоочищению. Таким образом, углеадсорбционная обработка загрязненных пестицидами почв создает условия, снижающие или исключающие опасность экологического ущерба возделываемым сельскохозяйственным культурам.

В качестве адсорбентов для детоксикации почв могут быть использованы активные угли с объемом микропор порядка 0.20–0.30 м<sup>3</sup>/г. Благоприятным в данном случае оказывается то обстоятельство, что сорбирующие поры АУ имеют ширину 1.2–2.0 нм, соизмеримую с размером молекул основных классов пестицидов, что обеспечивает избирательность поглощения сорбентами целевых соединений, не затрагивая более крупных структур органо-минерального комплекса

почвы.

Для данных исследований были приготовлены препаративные формы углеродных адсорбентов в виде полидисперсного активного угля с размером частиц 0.2–2.0 мм («Агросорб-1Г»). Количественное определение содержания остатков пестицидов, в частности гербицидов трефлана, 2.4-Д, хлорсульфурина, атразина в почве и растительных материалах осуществлялось стандартными методами с использованием газожидкостной хроматографии.

Полученные в вегетационных опытах результаты свидетельствуют о повышении урожайности ряда сельхозкультур (огурец, томаты, морковь, свекла, редис, горох, рис, озимая пшеница, кукуруза, люцерна и др.) при применении активных углей на фоне присутствия в почве остаточных количеств различных гербицидов на 40–100%. Другим важным результатом углеадсорбционной детоксикации почв является получение экологически чистой продукции растениеводства и овощеводства. Внесение АУ на загрязненные участки в количестве до 100 кг/га (в случае ячменя до 200 кг/га) позволяет резко снизить, а в ряде случаев и полностью исключить накопление гербицидов в продуктах растениеводства.

Результаты экспериментов свидетельствуют о том, что использование сорбентов для детоксикации почв может иметь весьма существенный экономический и экологический эффект, выражающийся в повышении урожайности возделываемых культур, возвращении в севооборот загрязненных и малопродуктивных участков, а также в получении экологически чистой продукции растениеводства. По данным ВНИИ фитопатологии РАН эколого-экономический эффект детоксикации загрязненных подзолистых почв Подмосковья достигает 500 долларов США с гектара. В настоящее время активные угли для детоксикации почв «Агросорб» и «Жизнедар» получили государственную регистрацию к использованию на территории Российской Федерации (РР 13-9089-0332-1 и 13-9090 (9962-9966)-- 033201 соответственно). Технология применения «Агросорба» имеет всеобъемлющее значение для санитарной очистки почв и реабилитации загрязненных территории, так как не только восстанавливает их плодородие, но и предотвращает поступление токсикантов в водоемы, сохраняя их биоресурсы. Особенно важно применение «Агросорба» в зонах санитарной охраны водисточников, что, несомненно, повысит эффективность работы станций водоснабжения.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 19-29-05043 мк.

УДК 631.4 (571.6)

## **ВОЗМОЖНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ БИОУГЛЯ В АГРАРНОМ СЕКТОРЕ ЮГА ДАЛЬНЕГО ВОСТОКА**

**Попова А.Д.<sup>1,2</sup>, Семаль В.А.<sup>1,2</sup>, Нестерова О.В.<sup>1</sup>, Брикманс А.В.<sup>1</sup>, Колесникова Ю.А.<sup>1</sup>, Сакара Н.А.<sup>3</sup>, Тюрина Е.А.<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Дальневосточный федеральный университет, Владивосток  
E-mail: nesterova.ov@dvfu.ru

<sup>2</sup> ФНЦ Биоразнообразия наземной биоты Восточной Азии ДВО РАН, Владивосток  
E-mail: semal.va@dvfu.ru

<sup>3</sup> Приморская овощная опытная станция ВНИИО, с. Суражевка  
E-mail: nsakara@inbox.ru

Особенности факторов почвообразования на юге Дальнего Востока, такие как мусонный климат, переходящий в континентальный и высокая складчатость почвообразующих пород определяют ряд неблагоприятных с точки зрения сельскохозяйственного использования параметров почв: тяжелый гранулометрический состав, плохие водно-воздушные свойства, повышенная кислотность, низкое естественное плодородие. Применение почвенных мелиорантов является актуальной задачей сохранения и повышения плодородия почв юга Дальнего Востока. Биоуголь, являясь продуктом низкоуглеродной технологии, может улучшить режимы почв, тем самым решая все вышеперечисленные проблемы интенсивного сельскохозяйственного землепользования.

На примере агротемногумусовых подбелов Приморской овощной опытной станции ВНИИО в с. Суражевка было изучено влияние внесения биоугля, произведенного из березы (*Betula alba*) на изменение физико-химических, физических и химических свойств почв на дренажной (глубина залегания 120 см) и бездренажной системах. Также было изучено влияние внесения биоугля на эмиссию парниковых газов ( $\text{NO}_2$ ,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{CH}_4$ ,  $\text{NH}_3$ ) из почвы.

Пахотные горизонты агротемногумусовых подбелов тяжелого гранулометрического состава с высоким содержанием фракций крупной и мелкой пыли. При внесении биоугля в любой дозе изменений в гранулометрическом составе не выявлено. В бездренажной системе долговременное влияние биоугля увеличило количество физического песка. Выявлено, что при сочетании биоугля с органическими удобрениями кислотность почвы не меняется, тогда как при применении биоугля в сочетании с минеральными удобрениями идет смещение значений кислотности к нейтральным значениям. Коэффициент дисперсности по Качинскому улучшился в вариантах внесения биоугля как в дренажной, так и в бездренажной системах, степень агрегированности по Бэйверу и Роадесу во всех вариантах

улучшилась, фактор структурности по Вадюниной во всех в вариантах снизился. Значения естественной влажности почвы повысились, улучшилась общая пористость. Плотность почв при внесении биоугля уменьшается, а порозность увеличивается. Через год после внесения биоугля на дренажных участках эмиссия  $N_2O$  изменялась незначительно, эмиссия  $NH_3$  уменьшилась. После первого месяца применения уменьшился поток  $CO_2$  и  $CH_4$  на бездренажном поле и незначительно увеличился поток  $CO_2$  на дренажном поле. После второго месяца применения было зафиксировано резкое увеличение потоков  $CO_2$  и  $CH_4$ . Экспериментальные данные, характеризующие эффективность применения биоугля при возделывании капусты и картофеля с условиями дренажа, капусты и сои в условиях без дренажа показали увеличение выхода продукции с единицы площади в условиях муссонного климата Приморского края. Исследования выявили, что наибольший положительный эффект от внесения биоугля наблюдается на бездренажных участках, что говорит о перспективах его применения в качестве мелиоранта. На основании данных второго года эксперимента по влиянию внесения различных доз биоугля в сочетании с органическими и минеральными удобрениями на дренажной и бездренажной системах можно сказать о сохранении некоторых положительных эффектов на свойства агротемногумусовых подбелов юга Приморья, однако, по сравнению с результатами первого года внесения этот эффект меньше.

Исследования выполнены при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта №19-29-05166\19.

УДК 631.4:528.92.94

## **ТОЧНОЕ ЗЕМЛЕДЕЛИЕ НА ОСНОВЕ БОЛЬШИХ СПУТНИКОВЫХ ДАННЫХ КАК ЭЛЕМЕНТ АДАПТИВНО-ЛАНДШАФТНОГО ПОДХОДА**

**Рухович Д.И., Королева П.В., Калинина Н.В., Рухович А.Д.**

Почвенный институт им. В.В. Докучаева, Москва  
E-mail: landmap@yandex.ru

Оптимизация использования земель для нужд сельского хозяйства производится на разных уровнях. Фактически она позволяет культивировать те или иные сельскохозяйственные культуры в наиболее подходящих ландшафтах или элементах ландшафта, т.е. произвести адаптацию землепользования к параметрам ландшафта. Наиболее общий уровень такого подхода – это природно-сельскохозяйственное районирование в масштабах страны. Современное районирование доведено до административного района или даже части района – система субрайонного районирования. Такой подход

подразумевает некоторую ландшафтную однородность выделенной территориальной единицы. Дальнейшая ландшафтная детализация осуществляется на уровне района или части района. Масштаб работ составляет 1 : 100 000 или 1 : 50 000. При работах на уровне района разделяются не только рекомендованные культуры, но и технологии возделывания этих культур. Более того, сами технологии возделывания разделяются на интенсивные и обычные (экстенсивные).

Современный уровень ландшафтно-адаптивного подхода осуществляется на уровне хозяйства – масштаб 1 : 10 000 и 1 : 25 000. При такой детальности работ каждое сельскохозяйственное поле снабжается рекомендациями по всей совокупности агротехнических приемов. Рекомендации даются с учетом рельефа, почвенного покрова, климатических условий, гидрорежима и других характеристик поля. Совокупность характеристик является как бы единой для поля. Характерные размеры сельскохозяйственных полей на территории России составляют порядка 1000х500 м. Как показывает почвенное картографирование в масштабе 1 : 10 000, большинство полей неоднородно по рельефу и почвенному покрову. Более того, нарезка полей на большей части территории России осуществлялась без ландшафтно-адаптивного подхода. Поля имеют прямоугольную форму и могут располагаться на разных элементах ландшафта. Теоретически – необходимо произвести перенарезку полей с учетом ландшафтных особенностей каждого конкретного участка. Практически – выполнить подобные землеустроительные работы в сколь-нибудь значимом масштабе невозможно.

В настоящее время появились новые методы, которые позволяют учесть внутрислоевую неоднородность почвенно-земельного покрова. В рамках ландшафтно-адаптивного подхода, под почвенно-земельным покровом понимается именно сочетание почвенного покрова до уровня почвенного разряда и характеристик землепользования (совокупности методов агротехнического воздействия). Методы ведения сельского хозяйства с учетом внутрислоевой неоднородности – это технологии точного земледелия. В рамках точного земледелия предполагается, что рельеф, почвы, гранулометрический состав, гидрология и т.д. формируют фрагменты поля, обладающие различным плодородием и требующие дифференциации агротехники и агрохимии. Фактически при точном земледелии учитываются наиболее мелкие элементы ландшафта.

Существующие (архивные) крупномасштабные почвенные карты на территорию России не обладают нужной детальностью для применения в системах точного земледелия. Более того, почвенный покров является одним из элементов ландшафта, а необходимо учитывать более полный набор характеристик. Дальнейшая детализация картографирования для нужд ландшафтно-адаптивного подхода на основе традиционных наземных методов обследования весьма трудоемка.

Снижение трудоемкости построения карт внутриполевой неоднородности возможно на основе технологии больших данных. Применение новых методов (к каковым относится методология больших данных) не только снижает трудозатраты, но и выводит картографирование агроландшафтов на новый уровень. Большие данные позволяют детектировать зоны внутриполевой неоднородности, которые практически не обнаруживаются традиционными методами, но могут быть традиционными методами подтверждены. Такой подход принято именовать движением за данными.

Широкое распространение открытых архивов данных дистанционного зондирования, дало возможность разработать метод анализа больших спутниковых данных для составления карт устойчивой внутриполевой неоднородности плодородия почвенно-земельного покрова. На основании этих карт принцип ландшафтной адаптации можно довести до внутриполевого уровня.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 18-07-00872.

УДК 631.4

## **ЗАПАСЫ ПРОДУКТИВНОЙ ВЛАГИ И УРОЖАЙ ТРАВ В КОМБИНАЦИИ ОСУШЕННЫХ ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТЫХ ОГЛЕЕННЫХ ПОЧВ**

**Сафонова Д.Н., Анциферова О.А.**

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

Освоение почв тяжелого гранулометрического состава на озеро-ледниковых карбонатных глинах Лава-Прегольской низменности (Калининградская область) началось еще в немецкий период (XVII–XVIII вв.). Основными способами окультуривания данных почв была осушительная мелиорация и внесение высоких доз навоза. Практиковалось преимущественно сенокосно-пастбищное использование. В советский период была проведена частичная реконструкция мелиоративных сетей для улучшения кормовых угодий. Экономический кризис в сельском хозяйстве после распада СССР привел к забрасыванию этих земель в залежи. Но в настоящее время происходит повторное вовлечение почв в сельскохозяйственный оборот. Наиболее приемлемым вариантом использования остается организация высокопродуктивных сенокосов и пастбищ. Вместе с тем почвенный покров Лава-Прегольской низменности малоизучен, а сведения о гидрологическом режиме единичные.

В 2019 г. нами проведены исследования режима влажности на двух ареалах почв в пределах ключевого участка на сеянном сено-

косе третьего года пользования. Использована методика А.А. Роде (бурение с послынным отбором проб каждые 10 см до глубины 1 м, весной до 2 м). Влажность почв определялась термостатно-весовым методом. Данные явились основой для расчета запасов продуктивной влаги (ЗПВ). По количеству осадков 2019 г. приближался к средне-многолетним значениям. Первый ареал мониторинга располагается на плоском повышении и занят окультуренной дерново-подзолистой среднесуглинистой глубоко глееватой почвой на озерно-ледниковых карбонатных глинах с подстилением легкими карбонатными суглинками и супесями с 97–135 см. Второй ареал находится на низменном плоском участке, почва является окультуренной дерново-подзолистой поверхностно- и профилльно-глееватой глинистой на карбонатных озерно-ледниковых глинах. Смена породы на легкий суглинок происходит на 220 см, где находится водоносный пласт в весенний период.

Распределение ЗПВ по сезонам в обеих почвах было сходным, отличия связаны с индивидуальными особенностями. К началу возобновления вегетации трав в апреле ЗПВ были удовлетворительными в слое 0–20 см, а в метровой толще хорошими и очень хорошими. В наибольшей степени колебаниям влажности в тяжелых почвах подвержен гумусовый горизонт, а в глинистой толще влажность варьирует в меньшей степени. Минимальные ЗПВ наблюдались в первой половине июня (14–19 мм в гумусовом горизонте и 84–94 мм в слое 1 м). Выпадение осадков быстро повышает влажность гор. А1 в связи с низкими коэффициентами фильтрации. Выяснилось, что более контрастным водным режимом отличается поверхностно- и профилльноглееватая почва с более мощным пластом тяжелых глин (150 см). Обладая более высокими ЗПВ весной, она подвергалась более интенсивному иссушению многолетними травами (фестулолиум, тимофеевка луговая, ежа сборная с участием клевера ползучего). Это обеспечило получение 4.75 т/га воздушно-сухой массы трав к 6 июня. На первом ареале продуктивность составила 4.0 т/га. Ко второй половине июля выпавшие осадки способствовали более быстрому приросту травостоя на первом ареале. Но июльский укос считается поздним по причине снижения кормовой ценности сенажа. Потенциально долголетние сенокосы с улучшенным травостоем могут дать три укоса трав. Но в 2019 г. было два производственных укоса. Осенний укос (середина октября) показал небольшое преимущество по урожайности почвы на повышении (3.3 т/га воздушно-сухой массы). В ней сохранилось большее количество ЗПВ (вероятно, за счет подтягивания из подстиляющей породы). Глубокое иссушение глины на втором ареале привело к тому, что ЗПВ были меньше, как и биологическая продуктивность трав (2.9 т/га). Быстрое восстановление ЗПВ началось во второй половине октября.

УДК 631.4

## **РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ДЛЯ АГРОЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ОЦЕНКИ ЗЕМЕЛЬ С ПРИМЕНЕНИЕМ ГИС-ТЕХНОЛОГИЙ**

**Смирнова Л.Г.**

Белгородский федеральный аграрный научный центр РАН, Белгород  
E-mail: lidya.smirnova@yandex.ru

Для успешной сельскохозяйственной деятельности в современных условиях необходимо использовать целый ряд достижений, которые направлены на снижение экономических и экологических рисков производства. Наиболее эффективным способом в решении этих проблем являются адаптивно-ландшафтные системы земледелия. В условиях быстрого нарастания глобализации и информатизации всех процессов, необходима методологическая универсализация создаваемых систем земледелия, которые смогут отвечать современным требованиям ведения сельскохозяйственного производства. Методическое руководство под редакцией В.И. Кирюшина и А.Л. Иванова (2005) определяет направление развития подходов в проектировании адаптивно-ландшафтных систем земледелия на создание баз данных в области сельскохозяйственного землепользования, агроэкологического районирования и оценки земель. Необходимо проводить последовательную детализацию алгоритмов нормативной базы и технологии оценки по мере конкретизации ее задач и объектов с федерального на региональный, муниципальный и хозяйственный уровень.

Целью исследования является разработка системы показателей для агроэкологической оценки земель с использованием геоинформационных систем и формирование локального уровня базы данных с включением ее в региональную структуру.

Локальный уровень является основным звеном в общей схеме агроэкологической оценки земель. Здесь концентрируется информация по отдельным сельскохозяйственным производителям (хозяйствам). Основной задачей этого уровня является обеспечение достоверной и качественной информацией для разработки проектов адаптивно-ландшафтных систем земледелия. На примере отделения № 2 «Белгородский ФАНЦ РАН» была разработана информационная модель базы данных, которая могла бы войти в один из модулей общей локальной системы агроэкологической оценки земель.

Модель данных включает в себя семь блоков, каждый из которых содержит определенный объем информации, представленный в графическом и текстовом виде. Блоки соответствуют основным параметрам, анализируемым при агроэкологической оценке. В них входят данные по климатическим параметрам, рельефу, почвенному

покрову, угодьям, эрозии, картограммам агрохимического обследования и агроэкологической типизации земель. Информационные блоки делятся на массивы информации, которые более подробно раскрывают основные параметры оценки. Например, в блок данных о рельефе входят массивы информации о цифровой модели рельефа, об экспозиции склона, уклоне, факторах рельефа, типах склонов. В массиве этого блока приводятся основные характеристики рельефа, а также данные, необходимые для расчета модуля смыва почв-фактор рельефа. Далее деление структуры происходит на уровне информационных компонентов. Здесь помещена информация более узкого направления. При наличии разносторонней информации по выделенным компонентам в структуре может быть выделена еще одна информационная единица – «Характеристика компонента». Информация этой единицы может быть уточняющего типа либо дополняющего типа. В компоненте «древесно-кустарниковая растительность» массива «Несельскохозяйственные угодья» дополняющими характеристиками могут быть данные по видам лесополос, их метрические показатели (дина, ширина) и др. Фактор длины склона (массив – «Фактор рельефа») рассчитывается на основе данных направления стока и длины склона, которые могут быть размещены в характеристиках компонента «Фактор длины склона». Таким образом, модель данных имеет иерархическую структуру. Информационные единицы находятся в соподчинении, т.е. низшие ступени информации раскрывают и дополняют информацию высших единиц.

UDK631.41

### 3S TECHNOLOGIES IN PRECISION AGRICULTURE

**Tusat E.<sup>1</sup>, Bauer T.<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Konya Technical University, Konya, Turkey  
E-mail: etusat@ktun.edu.tr

<sup>2</sup> Academy of Biology and Biotechnology of D.I. Ivanovsky, Southern Federal University, Rostov-on-Don, Russia  
E-mail: bauertatyana@mail.ru

Developing technology affects the agricultural sector closely as well as all areas of life. The use of technology in agriculture is increasing for various reasons such as obtaining maximum efficiency from agricultural lands with minimum cost, conducting agricultural activities compatible with the environment and nature and reducing the need for manpower. It takes its place in our lives in many activities that make life easy like Industry 4.0. On the other hand, a title named precision agriculture is also closely related to the food and agriculture industry where all phases concerning food, the field to the table, are controlled and managed.

Technologies referred to as **3S** technology in the literature are composed of the following components:

- Global Navigation Satellite System (GNSS)
- Geographic Information System (GIS)
- Remote Sensing (RS).

These Technologies could be used alone, but they are more commonly used together as an integrated system. GNSS is a technique of determining position at all times and instantaneously through signals received from space. Here, users reach the coordinates they need using satellite systems such as GLONASS, GPS and GALILEO. The GNSS technique is used in various areas where position information is needed such as making position measurements in the creation of a data base for land management within the scope of precision agriculture and directing agricultural tools and equipment.

GIS technology is used as decision-support systems in the planning, management and monitoring stages. GIS allows us to analyze the phenomena occurring around us by making thematic maps. GIS also allows us to make spatial analyses by relating spatial and non-spatial data to each other. GIS techniques can be subsumed as follows; collecting data that affect yield factors and drawing up maps, analyzing types, distribution and quantity that affect crop yield, precise position in equitable land parcels.

With RS, various agricultural applications can be implemented such as determination of crop varieties, yield estimation, monitoring of the agricultural products detection of diseases and pests, and monitoring and analysis of agricultural lands. Temporal and spatial analyses are made with RS in areas where satellite images are available. It allows analyses to be made for different areas belonging to the same moment. In addition it may be possible to examine and analyze changes that have occurred in the course of time by using satellite images obtained from the same area at different time periods.

In this study, GNSS, GIS and RS techniques are explained. Basic principles and areas of application of these techniques are mentioned.

УДК 631.47+631.153 + 004.65 : 004.925.8

## **ПОЧВЕННЫЕ КОМБИНАЦИИ – УНИВЕРСАЛЬНЫЕ ЕДИНИЦЫ ТЕРРИТОРИАЛЬНОГО ПЛАНИРОВАНИЯ АГРОЛАНДШАФТОВ**

**Червань А.Н.**

Институт почвоведения и агрохимии Национальной академии наук Беларуси,  
Минск, Республика Беларусь  
E-mail: ChervanAlex@mail.ru

Территориальное планирование, адекватное потенциалу почвенно-земельных ресурсов и состоянию агроэкосистем, является основой

успешного функционирования агроландшафта в части обеспечения сельскохозяйственной продукцией запланированных качества и объема. Объектом исследования является структура почвенного покрова агроландшафтов почвенно-экологических районов Беларуси с преобладанием эродированных и переувлажненных почв. Почвенные комбинации рассматриваются в качестве типов земель в связи с сохранением в своей форме и содержании информации о природных особенностях территории, слагающих естественный ресурсный потенциал агроландшафта. Основанием для выделения той или иной почвенной комбинации, помимо облика структуры почвенного покрова, служит специфика четырех природных условий: орографических, геоморфологических, литологических, гипсометрических, анализ которых проведен с использованием геоинформационных систем.

В докладе приводятся результаты применения геосистемного подхода в оценке агроэкологического состояния почвенно-земельных ресурсов типовых в отношении структуры почвенного покрова агроландшафтов Республики Беларусь. Применение структуры почвенного покрова в качестве основы инвентаризации почвенно-земельных ресурсов позволяет объединить типологическое и топологическое районирование при выделении типов земель в агроландшафтах.

Рассматриваются приемы автоматизированного учета трех тематических блоков агроэкологического состояния используемых земель сельскохозяйственного назначения: агропроизводственного, геосистемного и радиологического. Предложена методика агроэкологической оценки почвенно-ресурсного потенциала агроландшафтов на геосистемной основе и архитектура реляционной базы данных показателей почвенно-ресурсного потенциала, удовлетворяющие требованиям геопространственного анализа для оценки состояния геосистем в агроландшафтах. Сформирована пространственная модель соподчиненности структур почвенного покрова на основе сочетания данных кадастрового учета земель, материалов актуального тура почвенных обследований и параметров цифровой модели рельефа на территории пилотных эрозионно опасных и гидротехнически мелиорированных агроландшафтов с использованием аэрокосмической информации.

Агропроизводственный блок оценки состояния почвенно-земельных ресурсов включает статистико-картометрическую обработку атрибутивных данных фактического использования земель для выявления пространственных закономерностей распределения значений качественных и количественных показателей ресурсного потенциала, определения степени влияния антропогенной нагрузки по направлениям природопользования и нормирования нагрузки в агроландшафтах с использованием материалов агрофизического мониторинга, агрохимического обследования земель и данных дистанционного зондирования. Радиологический блок учитывает распределение и

динамику показателей загрязнения почв радионуклидами, а с учетом коэффициентов их перехода в растениеводческую продукцию дает основания для проектирования соответствующих севооборотов и системы обработки земель в агроландшафтах. Геосистемный подход в полной мере реализуется в одноименном блоке автоматизированного учета состояния почвенно-земельных ресурсов по принципам геоинформационного описания структуры почвенного покрова в ранге микро- (идентификация по крупномасштабным планово-картографическим материалам) и мезокомбинаций (масштаб растровой основы не крупнее 1 : 25 000). По результатам всех блоков агроэкологической оценки почвенно-земельных ресурсов в типовых агроландшафтах предложены технологические приемы территориального планирования элементов системы земледелия в геоинформационной среде.

УДК 631.459.01

## **ВЛИЯНИЕ ЭРОЗИИ НА МЕХАНИЧЕСКИЙ СОСТАВ СЕРОЗЕМОВ НА БОГАРЕ**

**Хакбердиев О.Э.<sup>1</sup>, Шамсиддинов Т.Ш.<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Ташкентский институт инженеров ирригации и механизации сельского хозяйства, Ташкент, Республика Узбекистан

E-mail: obid\_hakberdiev@mail.ru

<sup>2</sup> Ташкентский государственный аграрный университет, Ташкент, Республика Узбекистан

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 смывости 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, то есть 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 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 сильносмывтые почвы обеднены илом и мелкой пылью и обогащены крупной. Разница между несмытой и намывтой почвами заключается в том, что намывтая 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 намывтости наиболее обогащенными илистой фракцией являются намывтые почвы на шлейфах склонов. Содержание в них тонкодисперсных частиц диаметром 0.001 мм составляет от 19–22% в верхних горизонтах до 22–26% в горизонте В. С увеличением степени эродированности при возрастании крутизны склона механический состав почв облегчается, содержание илистых частиц менее 0.001 мм заметно уменьшается и составляет 9–15%. На почвах водоразделов ввиду отсутствия эрозии содержание илистых 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, нижняя – средним суглинком. Смывтые почвы уже с поверхности среднесуглинистые, и чем сильнее смывтость, 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%.

## ОГЛАВЛЕНИЕ

## Симпозиум I

Почвенные и земельные ресурсы России:  
оценка, нормирование, управление

<i>Алябина И.О., Кукушкина О.В.</i> Квалиметрическая оценка воздействия промышленных предприятий на окружающую среду (на примере северо-запада Нижегородской области)	3
<i>Безуглова О.С., Назаренко О.Г., Ильинская И.Н.</i> Процессы деградации черноземных и каштановых почв в Ростовской области	5
<i>Вильчевская Е.В., Сулейман Г.А., Рухович Д.И., Долинина Е.А.</i> Инвентаризация, оценка динамики и организация мониторинга почвенно-земельного покрова субъектов Российской Федерации в масштабе 1:10 000	7
<i>Глазунов Г. П., Евдокимова М.В., Титарев Р.П., Шестакова М.В.</i> Важнейшие направления исследования состояния земель на основе новейших методов дистанционного зондирования Земли из космоса	8
<i>Гучок М.В.</i> Оценка величины ущерба от деградации почв и земель с учетом утраченных экосистемных услуг	10
<i>Евдокимова М.В., Глазунов Г.П., Титарев Р.П.</i> Экологическое нормирование состояния почв и растительного покрова в окрестностях крупного горно-обогатительного комбината по данным дистанционного зондирования Земли	12
<i>Крючков Н.Р.</i> Оценка деградации почв и земель в Волгоградской области (на примере агрохозяйства СП «Донское»)	13
<i>Макаров О.А., Строков А.С., Цветнов Е.В., Абдулханова Д.Р.</i> Апробация различных подходов к эколого-экономической оценке деградации почв и земель	15
<i>Огородников С.С.</i> Методические подходы к оценке деградации почв и земель сельскохозяйственного назначения на различных территориальных уровнях	16
<i>Прудникова Е.В., Кирюшина А.П., Терехова В.А.</i> Оценка фитотоксичности почв: сопоставление тест-параметров в острых и хронических фитотестах	18
<i>Пухальский Я.В., Воробьев Н.И., Лоскутов С.И., Пирмагомедов Р.Я., Пищик В.Н., Свиридова О.В., Лактионов Ю.В., Якубовская А.И., Кожемяков А.П.</i> Таксономический состав и фрактальная оценка самоорганизации микробных сообществ, как индикатор состояния здоровья пахотных и постантропогенных почвенных экосистем	20
<i>Рычагова А.Г.</i> Экологическая и социально-экономическая оценка сельских территорий Российской Федерации	21
<i>Саввинов Г.Н., Макаров В.С., Данилов П.П., Петров А.А., Гололобова А.Г.</i> Характеристика почвенных ресурсов западной экономической зоны Республики Саха (Якутия)	22

<i>Сапожников П.М.</i> Кадастровая оценка в России на современном этапе.	24
<i>Смагин А.В., Садовникова Н.Б., Смагина М.В.</i> Синтетические гелевые структуры в почвах для устойчивого земледелия	26
<i>Солдатова И.С., Пузикова А.А.</i> Изучение влияния свойств почвы после ремедиации Егорьевского месторождения фосфоритов на культуры сосны обыкновенной	27
<i>Сорокин А.Е., Снег А.А.</i> Типология пойменных земель речных долин равнинных рек с помощью аэрометодов	29
<i>Столбовой В.С.</i> Государственный реестр почвенных ресурсов сельскохозяйственных угодий России	31
<i>Терехова В.А.</i> Биодиагностика экологических функций почв: возможности и проблемы в эконормировании	33
<i>Толстогузов О.В.</i> Устойчивое развитие ресурсного потенциала и сельских территорий в контексте современного политэкономического дискурса	34
<i>Трофимов И.А., Трофимова Л.С., Яковлева Е.П.</i> Агроландшафтно-экологическое районирование Восточно-сибирского природно-экономического района Российской Федерации для устойчивого развития почвенных и земельных ресурсов	36
<i>Трофимова Л.С., Трофимов И.А., Яковлева Е.П.</i> Решение задачи устойчивого развития почвенных и земельных ресурсов Центрального Черноземья России	38
<i>Федоров А.С., Суханов П.А., Комаров А.А., Малашин С.Н.</i> Земля и почва, почва и земля – двуединый ресурс?	39
<i>Цветнов Е.В., Марахова Н.А.</i> Механизм компенсации потерь экосистемных услуг почв	41
<i>Чернова О.В., Безуглова О.С.</i> Красная книга почв как система эталонных объектов при экологическом мониторинге и нормировании	43
<i>Шестакова М.В., Глазунов Г.П.</i> Экологическая оценка состояния эродированных почв	44
<i>Шпедт А.А., Трубников Ю.Н.</i> Новая методика определения природно-ресурсного потенциала агроландшафтов	46
<i>Щеглов А.И., Цветнова О.Б., Манахов Д.В., Липатов Д.В.</i> Современное состояние почв о.Сахалин	48
<i>Яковлев А.С.</i> Экологическая оценка, нормирование и управление земельными ресурсами в области эколого-землеустроительной экспертизы	49

## Симпозиум 2

## Взаимодействие биотических и абиотических компонентов почвы

- Абакумов Е.В., Поляков В.В., Темботов Р.Х., Лупачев А.В.* Роль органо-минеральных микрочастиц в дегляциации полярных регионов Земли и формировании почвоподобных тел 52
- Артёмьева З.С., Кириллова Н.П., Данченко Н.Н., Козут Б.М.* Качественный состав органического вещества как фактор, определяющий водоустойчивость структуры почвы 53
- Бажа С.Н., Убугунова В.И., Харпухаева Т.М., Убугунов В.Л.* Роль биотических и абиотических факторов в закоривании песчаных агро-почв 55
- Бондаренко Н.Н., Лаптева Е.М., Виноградова Ю.А., Перминова Е.М.* Связь метаболической активности микробиоты с особенностями состава почвенного органического вещества на вырубках средней тайги 56
- Войтехов М.Я.* О предпочтении опада разных видов и форм хвойных для *Lumbriscus rubelus* – наиболее эффективного турбатора подстилки и минеральных слоёв почвы среди видов дождевых червей таёжной зоны Европейской России 58
- Грачева Т.А., Дорченкова Ю.А.* Экологические и таксономические характеристики актиномицетных сообществ экосистем заповедных зон Вьетнама 59
- Евдокимов И.В.* Принципы и особенности определения биомассы микроорганизмов в почве 61
- Зенкова И.В., Штабровская И.М.* Суточная и сезонная динамика температуры и активности фауны в почвенном ярусе заполярных лесов 62
- Колесникова А.А., Конакова Т.Н., Таскаева А.А., Кудрин А.А.* Почвенные беспозвоночные в экстремальных условиях сероводородных источников на Севере (Ненецкий автономный округ, заказник Пымвашор) 64
- Комаров А.А., Суханов П.А., Комаров А.А.* Влияние различных гуминовых препаратов на урожайность и качество картофеля в условиях производства 65
- Кудрин А.А., Конакова Т.Н., Таскаева А.А., Колесникова А.А.* Влияние микроклиматических условий на почвенную фауну в тундровых почвах европейского северо-востока России (трансплантационный эксперимент) 67
- Курочкина Г.Н., Пинский Д.Л., Хайнос М.* Влияние гуминовой кислоты на пористость почв и глинистых минералов 68
- Манучарова Н.А., Зенова Г.М., Степанов А.Л.* Метаболически активная прокариотная компонента и биотехнологический потенциал почв 69

- Орлова Е.Е., Орлова Н.Е., Битюцкий Н.П., Майоров Е.И., Шахназарова В.Ю.* Биологические и биохимические механизмы стабилизации гумуса дерново-подзолистых почв 71
- Орлова Н.Е., Орлова Е.Е., Яконен К.Л., Гуртовая А.В.* Особенности новообразования и стабилизации гумусовых веществ при мелиорации агродерново-подзолистых почв с применением биоугля 73
- Переломов Л.В., Мухторов Л.Г., Никишина М.Б., Апрощенко Ю.М.* Поглощение катионов микроэлементов в органо-минеральных системах 74
- Степанов А.Л., Сошникова Е.А., Манучарова Н.А., Кожевин П.А.* Микробная трансформация азота в почвах: особенности протекания и практическое значение 76
- Таскаева А.А., Кудрин А.А., Фатеева А.А., Конакова Т.Н., Колесникова А.А.* Является ли наличие снежного покрова в бореальном лесу фактором, определяющим трофическую активность почвенных животных в летний период? 77
- Торопкина М.А., Рюмин А.Г., Чуков С.Н.* Влияние гуминовых кислот на численность и размер клеток *Chlorella vulgaris* 78

## Симпозиум 3

## Биогеохимические циклы элементов

- Асварова Т.А., Гасанов Г.Н., Баширов Р.Р., Гаджиев К.М., Абдулаева А.С., Салихов Ш.К., Гимбатова К.Б., Ахмедова З.Н.* Концентрация и запасы азота в блоках растительного вещества Терско-Кумской низменности Прикаспия 80
- Ахметова Г.В.* Геохимические особенности распределения макро- и микроэлементов в системе «почва-растения» в среднетаежной подзоне Карелии 81
- Бобкова К.С.* Зональные закономерности обмена веществ в системе почва-фитоценоз в коренных ельниках европейского северо-востока России 83
- Бовсун М.А., Колесникова Ю.А., Нестерова О.В., Семаль В.А., Брикманс А.В.* Влияние применения биоугля на эмиссию CO<sub>2</sub> и CH<sub>4</sub> из агроземов текстурно-дифференцированных юга Приморского Края 85
- Будажанов Л.В., Гамзиков Г.П.* Кинетическая характеристика цикла азота в системе почва-удобрение-растение в северной части Центральной Азии 86
- Головацкая Е.А., Никонова Л.Г.* Изменение изотопного состава углерода и азота в процессе трансформации органического вещества растений-торфообразователей 88

<i>Гончарова О.Ю., Матышак Г.В., Тимофеева М.В., Исаева А.В., Сефилян А.Р., Петров Д.Г.</i> Закономерности и факторы перераспределения почвенных, водных и атмосферных потоков углерода в торфяно-болотном комплексе на южном пределе распространения многолетнемерзлых пород (Западная Сибирь)	89
<i>Долгих А.В., Васенев В.И., Петров Д.Г., Брянская И.П., Демина С.А., Махиня К.И., Ромзайкина О.Н., Добрянский А.В.</i> Почвенная эмиссия диоксида углерода в экстремальных условиях центра Москвы	91
<i>Ельчиногова О.А., Кузнецова О.В.</i> Биогеохимия биогенных и токсичных элементов в высокогорном поясе бассейна Телецкого озера (Горный Алтай)	92
<i>Жмурин В.А., Мяхшина Т.Н., Курганова И.Н.</i> Межгодовая вариабельность температурной чувствительности эмиссии CO <sub>2</sub> из дерново-подзолистой почвы Приокско-Террасного заповедника: анализ данных 20-летнего мониторинга	94
<i>Каганов В.В., Лопес де Гереню О.В., Кузнецов А.Н., Нгуен Ван Тхинь</i> Факторы, регулирующие распределение углерода и дыхательную активность почв в лесных экосистемах Южного Вьетнама	95
<i>Карелин Д.В., Замолодчиков Д.Г.</i> Вклад почвенной эмиссии CO <sub>2</sub> в сдвиг нетто-баланса углерода в ходе гибели елового древостоя	97
<i>Кузнецов М.А.</i> Динамика эмиссионных потоков CO <sub>2</sub> с поверхности почв среднетаежных еловых вырубок	98
<i>Кузнецова Т.В., Удальцов С.Н.</i> Азот в почвах каштаново-солонцового комплекса Нижнего Поволжья	99
<i>Кузяков Я.В.</i> Очаги и моменты максимальной активности микроорганизмов в почве (microbial hotspots & hot moments in soil)	101
<i>Кулакова Н.Ю.</i> Циклы углерода, азота, фосфора и калия в подстилках естественных и искусственных фитоценозов полупустыни Северного Прикаспия.	102
<i>Кулачкова С.А., Коваленко А.В., Шишкина Е.И.</i> Роль почв в регулировании эмиссии парниковых газов в атмосферу в интенсивно застраиваемом районе Новой Москвы	104
<i>Кулижский С.П., Раудина Т.В., Лойко С.В., Лим А.Г.</i> Различия проточности болотных микроландшафтов мерзлых болот и гидрохимические параметры почвенных вод	105
<i>Куприянова Ю.В., Кадулин М.С., Копчик Г.Н.</i> Эмиссия CO <sub>2</sub> почвами как важнейшее звено биогеохимического цикла углерода в лесных экосистемах звенигородской биостанции МГУ	107
<i>Курганова И.Н., Овсепян Л.А., Лопес де Гереню В.О., Личко В.И., Телеснина В.М., Караванова Е.И.</i> Трансформация органического вещества почв в процессе их постагрогенного восстановления в основных биоклиматических зонах России	108
<i>Лопес де Гереню В.О., Каганов В.В., Курганова И.Н., Кузнецов А.Н.</i> Дыхание почв в тропических лесах южного Вьетнама: влияние высотного градиента и режима использования	110
<i>Макаров М.И.</i> Стабильные изотопы как индикаторы процессов биогеохимического цикла азота	112

<i>Молчанов А.Г.</i> Вклад дыхания корней в дыхание почвы в сосновом древостое	113
<i>Наумов А.В.</i> Биогеохимические и эколого-физиологические особенности формирования потоков парниковых газов на степной катене	114
<i>Низиенко Е.А., Ладонин Д.В.</i> Тяжелые металлы и металлоиды в почвах и растениях зоны воздействия Стойло-Лебединского горнодобывающего комплекса	116
<i>Осипов А.Ф.</i> Влияние сплошной рубки на эмиссию CO <sub>2</sub> с поверхности болотно-подзолистой почвы среднетаежного сосняка черничного (Республика Коми)	117
<i>Осипов А.Ф., Машков П.Ф., Дымов А.А.</i> Запасы углерода в преобладающих типах почв хвойных экосистем на северо-востоке европейской части России	119
<i>Патова Е.Н., Сивков М.Д.</i> Вклад цианобактерий в процессы фиксации молекулярного азота в горных и равнинных тундрах европейского северо-востока	120
<i>Паутова Н.Б.</i> Растительные остатки как источник почвенной эмиссии диоксида углерода	121
<i>Пироговская Г.В., Исаева О.И., Хмелевский С.С.</i> Трансформация и миграция макро- и микроэлементов в системе «атмосферные осадки–почва–удобрения–растения»	123
<i>Прокушкин А.С., Токарева И.В., Титов С.В., Прокушкин С.Г.</i> Латеральная миграция органического углерода из мерзлотных ландшафтов Среднесибирского плоскогорья	124
<i>Рижия Е.Я., Бучкина Н.П., Балашов Е.В.</i> Трансформация соединений углерода и азота в дерново-подзолистой супесчаной почве с биоуглем	125
<i>Робакидзе Е.А., Торлопова Н.В., Бобкова К.С.</i> Оценка динамики растворимого органического углерода в старовозрастных ельниках средней тайги	127
<i>Романенков В.А., Беличенко М.В.</i> Длительные полевые опыты как экспериментальная база для проверки инициативы 4 промилле	128
<i>Рыжова И.М.</i> Анализ динамики органического вещества почв на основе минимальных моделей круговорота углерода	130
<i>Салихов Ш.К., Гасанов Г.Н., Семенова В.В., Гаджиев К.М., Баширов Р.Р., Яхияев М.А., Рамазанова Н.И., Кичева Ж.О., Гимбатова К.Б.</i> Кальций в фитоценозах среднегорья Дагестана (на примере горы Маяк)	132
<i>Самбуу А.Д., Жуланова В.Н.</i> Биологический круговорот углерода в системе «почва–растение» в сухих степях Убсунурской котловины Тувы	133
<i>Сапронов Д.В.</i> Влияние палов на пулы и потоки углеродов в травянистых экосистемах	135

<i>Семенюк О.В., Телеснина В.М., Богатырев Л.Г.</i> Антропогенно-измененные подстилки как характеристика биологического круговорота в городских ландшафтах	136
<i>Сморкалов И.А.</i> Суточная динамика дыхания почвы в условиях аэротехногенного загрязнения: соотношение пространственной и временной изменчивости.	138
<i>Телеснина В.М., Лопес де Гереню В.О., Курганова И.Н., Личко В.И., Караванова Е.И.</i> Постагрогенная динамика химических и микробиологических свойств почв южной тайги	140
<i>Удальцов С.Н., Ельцов М.В., Кузнецова Т.В.</i> Активное органическое вещество в почвах склоновых ландшафтов Нижне-Волжских сухих степей	141
<i>Хорошаев Д.А., Лопес де Гереню В.О., Жмурин В.А., Курганова И.Н.</i> Роль снежного покрова в формировании зимних потоков CO <sub>2</sub> из почвы: результаты полевого имитационного эксперимента	143
<i>Шишкина Е.И., Кулачкова С.А., Коваленко А.В.</i> Образование и эмиссия углекислого газа из природных и антропогенных почв озелененных территорий г. Москвы	144
<i>Юдина А.В., Чепцов В.С., Трегубова П.Н., Абросимов К.Н., Фарходовов Ю.Р., Фомин Д.С.</i> Чувствительность микроструктуры почв к типу экосистемы и виду землепользования: простой подход к мониторингу пулов С	146

#### Симпозиум 4

##### Пост-катастрофическое и пост-антропогенное развитие почв в антропоцене

<i>Валдес-Коровкин И.А., Дымов А.А.</i> Пирогенная трансформация органического вещества и поверхности твердой фазы подстилок литоземов Приполярного Урала	148
<i>Вашукевич Н.В., Тимошкин О.А., Самсонов Д.П., Куликова Н.Н., Левашева М.В.</i> Постпирогенная трансформация почв и проблема эвтрофикации прибрежной зоны озера Байкал	149
<i>Голеусов П.В.</i> Варианты естественного воспроизводства почв в постселективных экосистемах заброшенных сельских населённых пунктов Черноземья	151
<i>Гольева А.А.</i> Педоантракологические исследования разновозрастных культурных слов	153
<i>Дмитриев А.В.</i> Пост-антропогенное развитие агродерново-подзолистой среднесуглинистой почвы в зависимости от исходного уровня плодородия земель краткосрочной залежи	154
<i>Дымов А.А., Старцев В.В., Кутявин И.Н., Дубровский Ю.А., Гродницкая И.Д., Прокушкин А.С.</i> Углерод пирогенного происхождения в почвах малонарушенных лесных экосистем	155

- Елькина Г.Я., Лаптева Е.М., Лиханова И.А., Холопов Ю.В., Смотрина Ю.А., Уляшев А.В.* Особенности постагрогенной трансформации подзолистых почв средней тайги 157
- Казеев К.Ш.* Постпирогенное изменение биологических свойств почв юга России 159
- Киселева И.В., Бурдуковский М.Л., Перепелкина П.А.* Современное состояние постагрогенных почв юга Приморья 160
- Коркина И.Н., Воробейчик Е.Л.* Изменение форм гумуса в ходе посттехногенной восстановительной сукцессии 162
- Краснощекоев Ю.Н.* Эрозия почв на горах в горных лесах бассейна озера Байкал 164
- Кудряшова С.Я., Чумбаев А.С., Танасиенко А.А., Соловьев С.В., Миллер Г.Ф., Безбородова А.Н., Филимонова Д.А.* Постагрогенная динамика свойств эродированных черноземов лесостепной зоны Западной Сибири 165
- Макаров И.Б., Басевич В.Ф., Фисенко В.В.* Пост-антропогенные трансформации почв подзолистого типа 167
- Мергелов Н.С., Петров Д.Г., Зазовская Э.П., Гольева А.А., Долгих А.В.* Почвенные архивы лесных пожаров на севере Архангельской области за последние 10 тысяч лет 169
- Надпорожская М.А., Мирин Д.М., Рюмин А.Г., Якконен К.Л., Трунова Е.О.* Пожары и рекреация в сухих сосновых лесах 170
- Наквасина Н.Н., Волков А.Г., Парина Т.А.* Изменение свойств почв на различных литогенных матрицах при постагрогенной самовосстановительной сукцессии в условиях бореального пояса 171
- Сорокина О.А.* Трансформация плодородия почв залежей лесостепной зоны Красноярского края 173
- Старцев В.В., Жангуров Е.В., Кутявин И.Н., Прокушкин А.С., Дымов А.А.* Влияние пожаров на свойства подзолов иллювиально-железистых Республики Коми и Красноярского края 175
- Убугунов В.Л., Убугунова В.И., Хитров Н.Б.* «Язвы» эндогенеза в почвенном покрове тектонически активных разломных зон Байкальского рифта 176
- Чевычелов А.П., Алексеев А.А.* Состав и свойства пирогенно-трансформированных мерзлотных почв Центральной Якутии 178
- Шахматова Е.Ю.* Реакция почв на воздействии пожаров в горно-лесостепных сосновых лесах Западного Забайкалья 179

## Симпозиум 5

## Почвообразование – взгляд из прошлого в будущее

<i>Алексеев А.О., Калинин П.И., Алексеева Т.В., Митенко Г.В.</i> Ретроспективный анализ изменений почв и экосистем степной зоны европейской части России в условиях глобальных изменений климата	182
<i>Алексеева Т.В.</i> Почвообразование в девоне и карбоне на территории Северной Евразии	183
<i>Борисов А.В.</i> История солонцового процесса в почвах пустынных степей юго-востока Русской равнины	185
<i>Варламов Е.Б., Лебедева М.П., Чурилин Н.А.</i> Профильное распределение минералов в сопряженных почвах солонцовых комплексов с плоскозападинным микрорельефом Северного Прикаспия.	187
<i>Ельцов М.В.</i> Современный этап эволюции почв естественных пастбищ сухих степей Западных Ергеней	188
<i>Ковалева Н.О.</i> Палеопочвенные архивы горных ландшафтов как основа геоэкологических прогнозов и предотвращения чрезвычайных ситуаций	190
<i>Лисецкий Ф.Н., Голусов П.В.</i> Хроноряды природных, агрогенных и постагрогенных почв: развитие, индикаторы, моделирование	192
<i>Манахова Е.В., Азаренко Ю.А., Приходько В.Е.</i> Геохимические особенности разновозрастных черноземов и реконструкция палеоклимата	194
<i>Наугольных С.В., Безносков П.А., Снигиревский С.М.</i> Позднедевонские палеопочвы Северного Тимана как индикатор древнейших лесных экосистем	195
<i>Овчинников А.Ю.</i> Особенности почвенных и экологических условий в Нижнем Поволжье (Заволжье) в голоцене	197
<i>Пинской В.Н., Идрисов И.А.</i> Погребенные почвы в долинах малых рек Терско-Сулакского междуречья	199
<i>Приходько В.Е.</i> Реконструкция палеосреды лесостепной зоны России на основе комплексного исследования геoarхивов	200
<i>Смоленцева Е.Н., Гаврилов Д.А.</i> Почвы озёрных котловин степного биома Западной Сибири как индикаторы климатических ритмов голоцена	202
<i>Ткаченко А.Н., Козачук М.И., Ткаченко О.В.</i> Подводные почвы речных дельт	204
<i>Фаизова В.И., Цховребов В.С., Лысенко В.Я., Марьин А.Н.</i> Влияние антропогенного фактора на численность, сезонную динамику и разнообразие микроорганизмов в черноземах Центрального Предкавказья	205

## Симпозиум 6

Антропогенно-измененные и антропогенные почвы:  
разнообразии, диагностика, классификация

<i>Абрамова Л.П.</i> Трансформация почв парков г. Екатеринбурга	207
<i>Абрамова Л.П., Коровякова Т.А.</i> Трансформация почв при зарастании брошенных сельскохозяйственных угодий древесно-кустарниковой растительностью на территории Свердловского лесничества	209
<i>Азарёнок Т.Н., Шульгина С.В., Матыченкова О.В.</i> Региональные аспекты антропогенной трансформации почв Беларуси	210
<i>Александров Н.А., Джанчаров Т.М., Ефанова Е.М.</i> Агроэкологическая оценка урбанизированных агродерново-подзолистых почв при ведении городского сельского хозяйства (на примере опытных участков экологического стационара РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева)	212
<i>Апарин Б.Ф.</i> Антропогенно-измененные почвы (диагностика, идентификация, классификация, инвентаризация)	213
<i>Басевич В.Ф., Макаров И.Б., Фисенко В.В.</i> Антропогенные изменения подзолистых почв в разных биогеоценозах	215
<i>Бахматова К.А., Матинян Н.Н., Шешукова А.А.</i> Почвы исторических садов Санкт-Петербурга	217
<i>Вертянкина В.Ю., Колесникова В.М.</i> Отражение антропогенной трансформации ландшафта в почвенном покрове парковой территории музея «Новый Иерусалим»	218
<i>Гордиенко О.А.</i> Урбиковые горизонты беллигеративных ландшафтов г. Волгограда	220
<i>Дабах Е.В., Кондакова Л.В.</i> Почвообразование на техногенных отложениях	221
<i>Еремченко О.З., Пахоруков И.В., Шестаков И.Е.</i> Образование вторичных солончаков в долинах малых рек таежно-лесной зоны в связи с производством калийных солей	223
<i>Жукова Е.А., Мирин Д.М., Надпорожская М.А.</i> Эдафические условия зеленых зон города	224
<i>Замотаев И.В., Грачева Р.Г., Конопляникова Ю.В., Долгих А.В., Карелин Д.В., Тельнова Н.О., Добрянский А.С.</i> Неизвестные почвы районов воздействия сахарной промышленности	226
<i>Захарова М.К.</i> Трансформация СПП лесной территории под действием рекреационной нагрузки	227
<i>Ковалев И.В.</i> Структуры почвенного покрова и почвы осушенных ландшафтов	229
<i>Кряжева Е.Ю., Лаптева Е.М.</i> Оценка экологического состояния почв города Ухта	231

<i>Курвантаев Р., Хакимова Н.Х.</i> Орошаемые почвы средней части долины Зарафшана	232
<i>Митракова Н.В., Хайрулина Е.А.</i> Формирование и характеристика почв в условиях длительного воздействия засоленных подземных вод	234
<i>Новиков С.Г.</i> Антропогенная трансформация почв природно-рекреационной зоны г. Петрозаводска	236
<i>Подурец О.И.</i> Влияние пространственной дифференциации факторов почвообразования на развитие техноземов	237
<i>Редина М.М., Хаустов А.П., Мамаджанов Р. Х., Кенжин Ж.Д., Силаева П.Ю.</i> Проблемы идентификации почвенно-растительных загрязнителей в городских и фоновых условиях	238
<i>Савицкая Н.В.</i> Особенности антропогенно измененных почв Быковского озеровидного расширения р. Москвы	240
<i>Соколов Д.А.</i> Разработка подходов к классификации эмбриоземов на подтиповом уровне	242
<i>Тимофеева Ю.Р.</i> Преобразование СПП территории карьеров Ленинградской области	243
<i>Цыремпилов Э.Г., Бажа С.Н., Насатуева Ц.Н.</i> Состояние и классификационное положение залежных почв Верхнего куйтуна Баргузинской котловины	245
<i>Шешукова А.А., Бахматова К.А., Матинян Н.Н.</i> Разнообразие почв пригородных парков Санкт-Петербурга	247

## Симпозиум 7

## Почвенно-экологические основы адаптивно-ландшафтного земледелия и землепользования

<i>Анциферова О.А.</i> Снижение урожая от гидрологических факторов в условиях контрастного почвенного покрова моренных равнин	249
<i>Воробьев Н.И., Свиридова О.В., Пухальский Я.В., Пищик В.Н., Жемякин С.В.</i> Циклические процессы в биосистеме ячменя при использовании агротехнологии утилизации растительных остатков	251
<i>Добротворская Н.И., Елизаров Н.В., Иванова М.И., Каслищева Т.М.</i> Корректировка почвенной карты и оценка агроландшафта на основе наземного мониторинга и данных ДЗЗ	253
<i>Иванов Д.А., Хархардинов Н. А.</i> Влияние водно-физических свойств почв на урожайность соломки льна-долгунца в условиях Верхневолжья	254
<i>Капустяничик С.Ю., Данилова А.А.</i> Динамика биофильных элементов в агроценозе <i>Miscanthus sacchariflorus</i> в лесостепи Новосибирского Приобья	256
<i>Кирюшин В.И.</i> Почвенно-экологические основы проектирования сельскохозяйственных ландшафтов	257

<i>Клименко Н.Н.</i> Влияние приемов биологизации на состояние ампелоценоза	259
<i>Кренке А.Н., Контобойцева А.А., Сандлерский Р.Б.</i> Выделение инвариантных состояний почвенного покрова и агроэкологических условий на основе данных ДДЗ	260
<i>Кречетникова Е.О., Кречетников В.В., Титов И.Е., Кузнецов В.К.</i> Применение ГИС в адаптивно-ландшафтном земледелии на примере радиоактивно загрязненной территории Тульского НИИСХ	262
<i>Лозбенев Н.И., Козлов Д.Н.</i> Провинциальные различия почвенно-ландшафтных связей лесостепи Русской равнины	263
<i>Лоскутов С.И., Пухальский Я.В., Воробьев Н.И., Пирмагомедов Р.Я.</i> Разработка мобильного программно-аппаратного комплекса оперативного синтеза локальных геоинформационных карт на основе анализа физико-химических параметров и микробиомной структуры различных типов почв	265
<i>Лукин С.В., Костин И.Г., Малышева Е.С.</i> Разработка геоинформационной системы для агроэкологической оценки земель и проектирования адаптивно-ландшафтных систем земледелия	266
<i>Мухин В.М., Спиридонов Ю.Я.</i> Углеадсорбционная ремедиация почв, загрязненных пестицидами	268
<i>Попова А.Д., Семаль В.А., Нестерова О.В., Брикманс А.В., Колесникова Ю.А., Сакара Н.А., Тюрина Е.А.</i> Возможность применения биоугля в аграрном секторе юга Дальнего Востока	270
<i>Рухович Д.И., Королева П.В., Калинина Н.В., Рухович А.Д.</i> Точное земледелие на основе больших спутниковых данных как элемент адаптивно-ландшафтного подхода	271
<i>Сафонова Д.Н., Анциферова О.А.</i> Запасы продуктивной влаги и урожай трав в комбинации осушенных дерново-подзолистых оглеенных почв	273
<i>Смирнова Л.Г.</i> Разработка системы показателей для агроэкологической оценки земель с применением ГИС-технологий	275
<i>Tusat E., Bauer T.</i> 3S technologies in precision agriculture	276
<i>Червань А.Н.</i> Почвенные комбинации – универсальные единицы территориального планирования агроландшафтов	277
<i>Хакбердиев О.Э., Шамсиддинов Т.Ш.</i> Влияние эрозии на механический состав сероземов на Богаре	279

---

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 2

*Рекомендовано к изданию*

*Ученым советом Института биологии ФИЦ Коми НЦ УрО РАН*

Оригинал-макет и корректура – А.М. Вурдов

---

Издание электронное. DOI: 10.31140/book-2021-06