



ВЕСТНИК

Института биологии
Коми НЦ УрО РАН

№ 12
(170)

В номере

СТАТЬИ

- Лаптева М.** Отдел почвоведения: итоги и перспективы 4
- Русанова Г.** Носители почвенной памяти – полигенетические почвы юго-востока
Большеземельской тундры 13
- Безносиков В., Лодыгин Е., Кондратенок Б., Габов Д., Яковлева Е.**
Высоко- и низкомолекулярные органические соединения в почвах 19
- Шамрикова Е.** Теоретические аспекты кислотности почв таежной и тундровой зон
северо-востока России 26
- Денева С.** Особенности почв и почвенного покрова в карстовых ландшафтах
Среднего Тимана 32
- Лаптева Е., Виноградова Ю., Кудрин А.** Биологическая активность почв:
методы оценки и проблемы интерпретации результатов 37
- Елькина Г.** Оптимизация минерального питания растений на подзолистых почвах 42
- Арчегова И., Панюков А., Лиханова И., Кузнецова Е., Хабибуллина Ф.**
Восстановление природных экосистем на севере:
теоретические основы и практический опыт 46

ВЫСТАВКИ

- Комова Ю., Печерская Л., Чадин И.** Институт биологии в составе делегации
УрО РАН принял участие в выставке-форуме «Иннопром-2011» 48

ИНФОРМАЦИЯ В НОМЕР

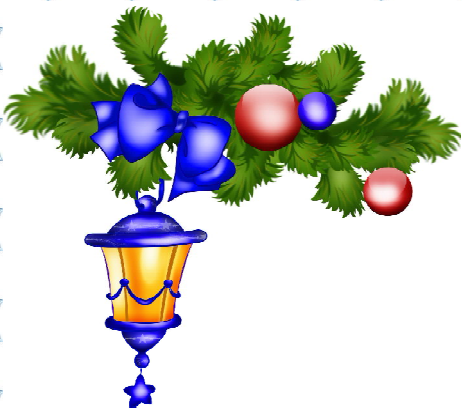
- Забоева И., Лаптева Е.** Атлас почв Республики Коми 50

АВТОРСКИЙ УКАЗАТЕЛЬ

- Перечень материалов, опубликованных в 2011 г. 54

Издается
с 1996 г.

Главный редактор: д.б.н. С.В. Дегтева
Зам. главного редактора: к.б.н. И.Ф. Чадин
Ответственный секретарь: И.В. Рапога
Редакционная коллегия: д.б.н. В.В. Володин, к.х.н. Б.М. Кондратенок,
к.б.н. Е.Г. Кузнецова, к.б.н. Е.Н. Мелехина, д.б.н. А.А. Москалев,
к.б.н. А.Н. Петров, к.с.-х.н. Н.В. Портнягина, д.б.н. Г.Н. Табаленкова,
к.с.-х.н. А.Л. Федорков, к.б.н. Т.П. Шубина



ДОРОГИЕ ДРУЗЬЯ!

Незаметно, среди ежедневных дел и забот, напряженного труда подошел к концу 2011 г. Представим себе читателя, который будет листать подшивку наших Вестников лет через тридцать. Читая в каждом двенадцатом номере поздравления с Новым годом, этот человек сможет увидеть, как развивался наш Институт, чем жил, чем гордился его коллектив. Возможно, где-то среди множества строк он увидит упоминание об итогах работы за год, которые станут основой развития новых школ и направлений в фундаментальной науке, лягут в основу новых технологий, заметно изменивших жизнь людей в лучшую сторону. Давайте вместе взглянем на результаты нашей работы в 2011 г.

В отделе радиоэкологии выполнена работа по сравнительной оценке роли процессов восстановления повреждений ДНК и глутатион-зависимого пути в снижении токсического эффекта изотопа урана 238 для пресноводной водоросли *Chlorella vulgaris*. Выявлено, что процессы репарации повреждений ДНК имеют более важное значение для детоксикации радионуклида, чем глутатион-зависимый путь. Применение современных молекулярно-генетических методов при изучении действия малых доз ионизирующего излучения на *Drosophila melanogaster* позволило выявить активизацию работы ряда генов, участвующих в защите от окислительного стресса, репарации белков и ДНК, а также в апоптозе.

В отделе экологии животных дана оценка изменения состояния сообщества зоопланктона для системы олиго- и мезотрофных озер Большеземельской тундры. Подведены итоги многолетних исследований зообентоса малых рек Полярного и Приполярного Урала. Обобщение результатов многолетних исследований населения бурозубки тундряной на северной границе ареала в условиях субарктических тундр позволило предложить использование соотношения оседлых и мигрирующих особей в популяциях для биоиндикации состояния тундровых биоценозов, трансформированных в результате антропогенного воздействия.

Сотрудниками отдела почвоведения описаны особенности почвообразования на Среднем и Южном Тимане, при этом впервые в пределах равнинных ландшафтов Тимана выделены светлосемы иллювиально-железистые. Установлены закономерности формирования и профильного распределения гумусовых веществ и низкомолекулярных органических соединений в почвах южной части северо-востока Большеземельской тундры. Дана оценка этих показателей по сравнению с таежными почвами. Предложен интегральный показатель, позволяющий оценить устойчивость гумусовых веществ к окислению и растворению. Выявлены зональные закономерности формирования водорастворимых органических соединений в автоморфных почвах Республики Коми, рассмотрены возможные механизмы их образования и аккумуляции в почвах.

В отделе флоры и растительности Севера проведена серия работ по оценке биологического разнообразия Республики Коми: обобщены данные о лишенобиоте, насчитывающей 1128 таксонов, биоте афиллофороидных макромицетов Приполярного Урала, включающей 155 видов из 84 родов, подведены итоги изучения биоты агарикоидных базидиомицетов горного ландшафтного района Печоро-Илычского заповедника. Выявлены новые для нашего региона виды, установлены местообитания редких и исчезающих таксонов грибов и лишайников. Монография «Особо охраняемые природные территории Республики Коми: итоги анализа пробелов и перспективы развития» внесет значительный вклад в организацию природоохранной работы в нашем регионе.



В отделе лесобиологических проблем Севера получены результаты, значимые для понимания глобального баланса углерода нашей планеты. Установлен баланс углерода в спелом среднетаежном чернично-сфагновом сосняке на болотно-подзолистых почвах, дана сравнительная оценка продуктивности этого сообщества и других лесных экосистем, занимающих значительную часть территории европейского Северо-Востока.

В отделе Ботанический сад в результате комплексной биоморфологической и биохимической оценки *Betonica officinalis* L. (ценного лекарственного растения) получен подтверждение перспективности выращивания этого вида в северном регионе с гарантированным получением качественного лекарственного сырья.





Современные биофизические (измерение нефотохимического тушения флуоресценции хлорофилла) и биохимические (определение динамики содержания пигментов виолаксантинового цикла) методы позволили сотрудникам лаборатории экологической физиологии растений изучить механизмы адаптации растений к действию факторов, индуцирующих фотоингибирование.

В лаборатории биохимии и биотехнологии выявлена связь высокой вариабельности состава эфирных масел эндемичных видов рода *Thymus* с различными эдафическими и климатическими условиями произрастания. Выполнена молекулярно-филогенетическая реконструкция семейства *Fabaceae* и дана оценка связи между способностью видов накапливать сапонины и филогенией семейства. Впервые изучено влияние водорастворимых производных целлюлозы, инулина и хитозана на активность целлюлолитических и амилолитических ферментов, что позволит предложить новые методы их использования. Результаты исследований перспективны для оптимизации процессов микробиологического синтеза целлюлолитических и амилолитических ферментов, а также для создания новых физиологически активных полимеров.

Фундаментальные работы, выполненные в нашем Институте, отмечены премией правительства Республики Коми в области научных исследований («Атлас почв Республики Коми», коллектив авторов), Премией Правительства Республики Коми для аспирантов и докторантов в области научных исследований («Биологически активные вещества и микронутриенты в представителях рода *Allium*», Н.В. Матистов). Цикл работ А.А. Москалева и М.В. Шапошникова «Генетические механизмы радиоустойчивости и долголетия в исследованиях на модельных животных» в этом году был отмечен присуждением престижной научной премии им. Н.В. Тимофеева-Ресовского.

В истекшем году прикладные разработки наших коллег отмечены рядом высоких наград – золотой, серебряной и бронзовой медалями Московского международного салона изобретений и инновационных технологий, 6-й биотехнологической выставки-ярмарки РОСБИОТЕХ-2011, Уральской международной выставки и форума промышленности и инноваций в России – ИННОПРОМ 2011, IV Петербургского международного инновационного форума, Всероссийского конкурса 2010-2011 гг. «Лучшие идеи по использованию космических снимков», организованного Инженерно-технологическим центром «СканЭкс» (Москва).

В этом году мы провели две значимые всероссийские научные конференции (XVIII Всероссийская молодежная научная конференция «Актуальные проблемы биологии и экологии», Всероссийская конференция «Освоение Севера и проблемы природовосстановления») и крупную международную конференцию «Резервуары и потоки углерода в лесных и болотных экосистемах бореальной зоны».

Важным достижением является повышение квалификации наших сотрудников. В 2011 г. году были защищены одна докторская (А.Л. Федорков) и пять кандидатских (И.О. Велегжанинов, А.Ф. Осипов, Д.В. Кириллов, Е.В. Романова, Е.Н. Плюснина) диссертаций.

Дорогие коллеги! Наши общие успехи, успехи Института складываются из результатов работы каждого из нас. Я выражаю огромную признательность вам за равнодушное отношение к своему делу, творческое горение, целеустремленность и самоотдачу. Пусть крепкое здоровье, хорошее настроение, материальное благополучие станут основой для вашего плодотворного труда, а значит – успешной работы всего Института.

Дорогие наши ветераны! Вы заложили фундамент, на который мы каждый день опираемся в своей работе. Пусть Новый год радует вас отличным самочувствием, добрыми новостями, успехами ваших родных и близких.

От лица всего Института поздравляю с наступающим Новым годом руководителей и коллективы всех организаций и предприятий, научных институтов и вузов, с которыми мы вместе работали в прошедшем году. Сотрудники Института биологии благодарны вам за ваш неоценимый вклад в наши совместные успехи. Надеюсь на дальнейшее плодотворное сотрудничество и желаю процветания в новом году!

От всей души желаю вам, дорогие коллеги и земляки, стабильности и процветания нашей Родины, в основу которых будет положен и наш труд!

Директор Института биологии С.В. Дегтева



ОТДЕЛ ПОЧВОВЕДЕНИЯ: ИТОГИ И ПЕРСПЕКТИВЫ

На современном этапе развития почвоведения первоочередной задачей фундаментальных исследований является выявление закономерностей и механизмов формирования и развития почв в пространстве и времени. Особое внимание при этом уделяется изучению элементарных почвообразовательных процессов как основы современных представлений о сущности иерархии механизмов почвообразования. Выявление природных закономерностей формирования почв – необходимая основа для разработки эффективных решений проблем природовосстановления техногенно нарушенных ландшафтов, контроля за качеством окружающей среды. Наиболее значимым представляется проведение исследований с учетом всех уровней организации почв как природно-исторического тела – от молекулярного до ландшафтного. Именно в этом ключе во все периоды становления и развития почвенных исследований на территории Республики Коми (РК) работали почвоведы.



Е. Лаптева

Отдел почвоведения – один из самых крупных подразделений Института биологии Коми НЦ УрО РАН. В настоящее время он насчитывает 36 человек, из них 22 научных сотрудника (в том числе шесть докторов и 13 кандидатов наук), восемь инженерно-технических работников и шесть аспирантов. Структурно отдел разделен на три лаборатории: лабораторию генезиса, географии и экологии почв, лабораторию химии почв и лабораторию биологии почв и проблем природовосстановления. Как и в других подразделениях Института, в отделе почвоведения за последние годы произошло существенное сокращение штатных единиц. Однако благодаря международным и российским грантам, активному участию в хозяйственных проектах, переводу части сотрудников на неполный рабочий день сохраняется возможность поддерживать численный состав отдела и принимать на работу молодежь после окончания аспирантуры.

Сотрудники отдела внесли существенный вклад в изучение почв европейского Северо-Востока. На основании многолетних географических и стационарных исследований, в которых принимало участие не одно поколение почвоведов, выявлены основные закономерности развития почвенного покрова РК, особенности свойств таежных и тундровых почв, их потенциальная и эффективная продуктивность [1, 2, 7, 16, 41, 75]. Детально исследовано микростроение целинных и антропогенно нарушенных почв [69, 70]. Значительная протяженность республики с юга на север и преимущественно равнинный характер ее поверхности обусловили четкую широтную зональность в развитии растительного и почвенного покрова.

В субарктической зоне под ерниковой кустарничково-моховой растительностью развиты тундровые поверхностно-глеевые мерзлотные почвы. В таежной зоне господствуют почвы подзолистого типа, в которых с севера на юг проявляются подзональные черты, более четко выраженные в автоморфном ряду почвообразования. В северной тайге на дренированных увалах приречий формируются глееподзолистые почвы, оглеенные с поверхности, с харак-

терной «висячей» влагой в подзолистом горизонте, в средней тайге – типичные подзолистые почвы без дернового процесса, в южной тайге – дерново-подзолистые почвы с аккумулятивным гумусовым горизонтом. Названные подтипы подзолистых почв имеют наибольшее народно-хозяйственное значение – на них произрастают наиболее производительные леса, они в первую очередь вовлекаются в пахотные угодья. В целом эти почвы отличаются низким природным плодородием – малогумусны, обладают высокой кислотностью, бедны питательными элементами. Характерной особенностью водораздельных пространств является их слабая дренированность, преобладают плоскоравнинные ландшафты, широко развито полугидроморфное почвообразование вследствие застоя атмосферных осадков и поднятия уровня почвенно-грунтовых вод. В этих условиях преобладают подзолисто-болотные почвы, они подразделяются на торфянисто- и торфяно-подзолисто-глееватые и глеевые почвы, развитые под доломомно-сфагновыми лесами.

Завершены работы по составлению почвенной карты РК масштаба 1:1 000 000. Опубликованы листы Государственной почвенной карты России [20-24]: Q-39 (Нарьян-Мар), Q-40 (Печора), Q-41 (Воркута); P-39 (Сыктывкар), P-40 (Красновишерск). Почвенная карта – базовый источник количественной и качественной оценки земельных ресурсов региона, основа рационального землепользования. На основе почвенной карты РК составлены серии оценочно-прогнозных карт экологической направленности: карта вероятной интенсивности самоочищения почв от загрязнения органическими веществами (нефтепродуктами); карта потенциальной опасности загрязнения почвенного покрова токсичными микроэлементами; карта почвенно-мерзлотных условий; карты фонового содержания тяжелых металлов в почвах республики и т.д. [7, 8]. Даны количественная и качественные характеристики земельных ресурсов РК. Выявлены площади дренированных почв нормального увлажнения, которые составляют 25 % площади РК, и избыточного увлажнения – 46 %. Показано, что земельные ресурсы равнинных водораздельных пространств с застойным увлажнением не перспективны под сель-



Лаптева Елена Морисовна – к.б.н., зав. отделом почвоведения. E-mail: lapteva@ib.komisc.ru. Область научных интересов: биология почв, пойменное почвообразование.

скохозяйственное использование, они имеют в первую очередь лесохозяйственное значение. К лучшим почвам по уровню природного плодородия относятся пойменные почвы [49, 50], площадь которых около 4 %, на них размещаются естественные сенокосы и пастбища. Выявлен потенциальный фонд пахотпригодных подзолистых почв, который включает около 5 млн га, из них главное место занимают автоморфные подзолистые почвы. Общая площадь сельскохозяйственных угодий – около 500 тыс. га, из них пашни – 100 тыс., что составляет 0.02 % площади РК. В подзональном разрезе для каждого административного района республики даны рекомендации по улучшению водно-физических свойств почв, оптимизации водного режима.

В последние годы сотрудниками лаборатории генезиса, географии и экологии почв в рамках изучения антропогенной и естественной динамики температурного режима почв в зоне несплошной мерзлоты в связи с изменениями климата и мерзлотных условий составлена ГИС многолетней мерзлоты бассейна р. Уса, созданы почвенная ГИС для бассейна р. Уса и всей республики в формате ArcInfo/ArcView [57, 60]. ГИС создана на основе оцифровки соответствующей части государственной почвенной карты СССР и неопубликованных картографических материалов, хранящихся в архиве Института биологии Коми НЦ УрО РАН. В настоящий момент ГИС включает: 1) электронную базовую топографическую карту (векторная); 2) электронную почвенную карту (векторная) в формате ArcInfo/ArcView; 3) базу аналитических данных по почвам в программе Excel и, частично, – Access. На основе объединен-

ной российско-финской базы данных выполнен расчет запасов почвенного органического углерода в 25 доминирующих классах почв, 20 классах растительности и в целом по бассейну р. Уса (площадь 93 тыс. км²) [58]. Средний запас углерода составляет 30.7 кг/м², из них 10.7 кг/м² содержится в слое почвы 0-30 см, наиболее отзывчивом на изменения климата и антропогенные воздействия. Водоразделы лесной и тундровой зон практически не различаются по запасам почвенного углерода (10.9-11.9 кг/м²). Данный региональный расчет запасов углерода выявил существенно более высокие его запасы и меньшие различия между природными зонами северной тайги – крайне-северной тайги – лесотундры и тундры, чем имеющиеся в литературе.

Природные экосистемы Субарктики, формирующиеся в жестких биоклиматических условиях, всегда находились в зоне пристального внимания многих поколений исследователей. В настоящее время детально исследованы погребенные, полигенетические почвы и торфяники Большеземельской тундры [67, 68]. Установлено их классификационное положение, описаны основные элементарные процессы почвообразования, с использованием ¹⁴C-датирования определен возраст погребенных почв, выявлены стадии педогенеза в зависимости от изменения палеоклиматических условий, наличия или отсутствия осадконакопления. Анализ полученных данных позволяет предположительно выделить следующие этапы формирования почв в среднем и позднем голоцене: 1) формирование дерново-подзолистых иллювиально-глинистых почв (6000-4600 и 4300-3100 лет назад) и зрелых подзолов в условиях



Сотрудники отдела почвоведения, 2005 г. Нижний ряд *слева направо*: Г.Я. Елькина, Е.М. Лаптева, А.В. Котова, В.А. Безносиков, В.П. Кириенко, И.В. Забоева, В.М. Швецова, О.А. Марковская, И.Н. Хмелинин. Верхний ряд *слева направо*: О.М. Зуева, Г.Г. Мажитова, Д.Н. Габов, Г.А. Симонов, В.В. Мокиев, Д.А. Каверин, Г.В. Русанова, В.В. Канев, Г.М. Втюрин, Е.Д. Лодыгин, В.Г. Казаков, Е.В. Шамрикова, А.В. Пастухов, С.В. Денева, А.А. Дымов, З.В. Ширяева, Г.Н. Сердитова, Е.С. Кузьмина.

благоприятного увлажнения и высокой теплообеспеченности; 2) погребение почв в результате осадконакопления и солифлюкции, криогенных деформаций (3500-2200 лет назад); 3) формирование современных почв – глееземов глинисто-иллювирированных и подбуров (2200 лет назад и по настоящее время).

В последнее десятилетие в связи с интенсификацией природопользования в криолитозоне (разработка нефте- и газоконденсатных месторождений, строительство новых трубопроводов) и возможным глобальным потеплением климата были активизированы исследования, направленные на выявление не только закономерностей, механизмов функционирования, экологических функций современных и погребенных почв Субарктики, но и специфики поведения верхнего слоя относительно «теплой» и нестабильной мерзлоты на территории южной тундры и лесотундры европейского Северо-Востока – наиболее чувствительной к изменению климата в силу ее высоких среднегодовых температур (0...–2 °С). Подведены итоги многолетнего мониторинга деятельного слоя многолетнемерзлых пород [59, 62]:

- зафиксировано постепенное повышение среднегодовой температуры тундровых почв в последнее десятилетие, что обусловило деградацию верхнего слоя нестабильной «высокотемпературной» мерзлоты и усиление термокарстовых процессов;
- показан тренд к увеличению мощности сезонно-талого слоя (СТС), соответствующий трендам увеличения среднегодовых температур и сумм положительных температур воздуха;
- проанализирована динамика осадки/пучения поверхности почвы. Найдены наилучшие предикторы мощности СТС – ими являются мощность органогенного горизонта и мезорельеф;

Сотрудниками лаборатории генезиса, географии и экологии почв получены новые данные о формировании разнообразия почв в переходной зоне экотона тундра–северная тайга, выявлены типы почв, отсутствующие на основных почвенных картах и не представленные удовлетворительно в нацио-

нальных классификациях почв [64, 71, 72]. Подготовлена серия крупномасштабных векторных карт для ключевых участков, характеризующих ландшафты с различным характером распространения многолетнемерзлых пород (сплошная, островная, преимущественно талые грунты) на европейском Северо-Востоке. На основе векторных карт определены площади основных типов почв, рассчитан запас углерода [43]. Полученные результаты в настоящее время используются для моделирования и прогноза возможных изменений наземных экосистем северных широт в условиях меняющегося климата. Прогноз изменения климата в предстоящие 85 лет сделан зарубежными партнерами с использованием одной из глобальных циркуляционных моделей климата (GCM) на базе месячных трендов с учетом естественной вариабельности климата, зафиксированной в данных метеорологических наблюдений. Моделирование показало, что мерзлота будет реагировать на потепление климата довольно быстро, однако, эта реакция долгое время будет связана лишь с изменением температур в пределах отрицательных. Таяние мерзлоты и формирование пятиметрового талика (при сохранении современного тренда температур) произойдет лишь через 60 лет с момента начала потепления. Показано, что в условиях тундровой зоны наиболее чувствителен к изменениям землепользования зимний температурный режим [61].

Разработана классификация подзолистых почв, сформированных на двучленных породах, установлены географические закономерности распространения, дана профильная оценка, изучены особенности морфологии, физических и химических свойств, гранулометрического и минералогического составов, выявлены процессы текстурной дифференциации [25, 80, 81]. Из всего разнообразия свойств наиболее важным диагностическим признаком является наличие (или отсутствие) в профиле текстурного горизонта. В соответствии с современными принципами диагностики почвы с текстурным горизонтом отнесены к типу подзолистых в отделе текстур-



О, сколько нам открытий чудных... дарует мир почв Большеземельской тундры. Слева направо: Е.В. Шамрикова, Ю.В. Холопов, Е.М. Лаптева, Г.Г. Мажитова.



На краю земли – побережье Байдарацкой губы. Нижний ряд слева направо: Ю.В. Холопов, А.Н. Паников. Верхний ряд слева направо: Е.М. Лаптева, Г.Г. Мажитова, Е.В. Шамрикова, А.А. Горбунов.

но-дифференцированных. Почвы без текстурного горизонта – к типу подзолов отдела альфегумусовых почв.

Получены новые данные о формировании разнообразия почв Среднего и Южного Тимана [42]. Определено классификационное положение, дана морфолого-генетическая характеристика основных типов автоморфных почв, сформированных на пылеватых суглинистых отложениях и суглинисто-щебнистых продуктах выветривания горных пород [39, 40]. Впервые в пределах равнинных ландшафтов Тимана выделены светлоземы иллювиально-железистые. Выявлено разнообразие почв в карстовых ландшафтах Среднего Тимана в зависимости от неоднородности почвообразующих пород, глубины залегания карбонатов, рельефа и типа растительности [78]. Определены условия протекания подзолистого и дернового процессов. Влияние зонального фактора на формирование почв прослеживается в специфике системы гумусовых веществ: во всех типах почв формируется дисперсный, подвижный, с преобладанием фульвокислот гумус. Выделены редкие и исчезающие почвы, предложены рекомендации по их охране. Полученные материалы могут быть использованы при разработке мероприятий по охране почв, развитых на элюво-делювии коренных пород, и организации мониторинга почвенного покрова в условиях высоких техногенных нагрузок

Установлены закономерности формирования почв на территории Полярного и Приполярного Урала [29, 30]. Выявлены доминирующие и редкие почвы, приуроченные к горно-тундровому, подгольцовому и горно-лесному высотным поясам. Дана их морфолого-генетическая характеристика, рассмотрены основные физико-химические свойства. Специфика горного почвообразования проявляется в усилении масштабов физического выветривания с вовлечением в него не только мелкозема, но и обломков горных пород и минералов; ослаблении химического выветривания; глубоком профильном переносе тонкодисперсных фракций и органического вещества в почвах, содержащих большой объем щебнистого

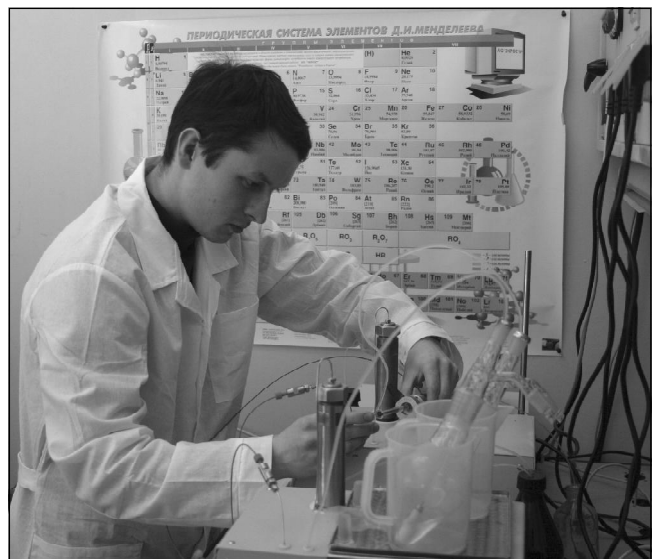
материала. Выявлена зональность основных процессов, дифференцирующих минеральную массу в профиле почв европейской территории России. Предложена система почвенных параметров, основанная на методе балансовых расчетов, которая позволяет диагностировать вероятный ведущий процесс дифференциации минеральной массы почвенного профиля по подзолистому типу в меняющихся условиях почвообразования [73].

Обобщены результаты многолетних исследований дерново-подзолистых почв южной и средней тайги [44, 45]. Выявлен характер изменения их физико-химических свойств, гидротермического, химического режимов при освоении, осушении и длительном использовании в агроценозах. Установлены и статистически обоснованы количественные и качественные критерии степени излучения дерново-подзолистых почв. Обоснована защитная геохимическая роль ортштейнов, подтверждено положение о преимущественной концентрации в них поливалентных катионов – железа, марганца, фосфора – как отражение активных элювиально-глеевых процессов в таежных почвах [46].

Значимые результаты получены сотрудниками лаборатории химии почв в области изучения химии гумусовых веществ (ГВ). В монографии «Структурно-функциональные параметры гумусовых веществ подзолистых и болотно-подзолистых почв» [54] обобщены данные о составе и структуре гумусовых кислот (ГК), оценена их реакционная способность, показаны пути превращения органического вещества в основных сезоннопромерзающих почвах европейского северо-востока России. Рассчитан экологический потенциал почв разной степени гидроморфизма. Показано, что усиление степени гидроморфизма почв приводит к увеличению кислородсодержащих функциональных групп в составе ГК [9, 10, 55]. Степень ароматичности фульвокислот увеличивается при переходе от гидроморфных к автоморфным почвам. Сельскохозяйственное использование снижает парамагнитную активность гумусовых соединений и способствует накоплению в пахотном гори-



Заведующий лабораторией химии почв В.А. Безносиков (в центре) со своими сотрудниками Е.В. Яковлевой и Е.Д. Лодыгиным за отбором проб почв и растений для определения содержания в них ПАУ.



А после экспедиций начинается кропотливая работа по изучению физико-химических, биохимических и микробиологических свойств почв... В лаборатории Д.Н. Габов.

зонте биотермодинамически стабильных органических соединений. Усиление степени увлажнения приводит к повышению концентрации свободных радикалов (СР) в структуре ГК, что дает возможность по СР оценить степень гидроморфизма почв. Полученные результаты являются основой для определения дескрипторов состава ГВ в зависимости от генезиса и типа почв.

Исследованы закономерности формирования липидной фракции органического вещества почв [56]. Показано, что липидная фракция состоит из молекулярных фрагментов алифатических, O,N-алкильных, ароматических, карбоксильных групп, хлорофилла и/или хлорофиллоподобных пигментов. Усиление степени гидроморфизма почв приводит к увеличению доли непредельных компонентов ($-C=C-$; $-Ar$). Оценена парамагнитная активность липидов, установлено, что неспаренные электроны присутствуют только в структуре липидной фракции органогенных горизонтов.

На основании комплексного изучения состава полиаренов атмосферных осадков, лизиметрических вод, почв и растений в зоне криогенеза выявлены закономерности формирования пула приоритетных полициклических ароматических углеводородов (ПАУ) [17, 19]. В почвах и растениях криолитозоны ПАУ представлены главным образом 3,4-ядерными структурами. Наиболее типичными представителями педогенного происхождения являются бенз[b]флуорантен, дибенз[a,h]антрацен, бенз[ghi]перилен, индено[1,2,3-cd]пирен. Установлено, что с атмосферными осадками поступают только низкомолекулярные ПАУ, высококонденсированные ПАУ образуются в основном в результате трансформации органического вещества почв. Распределение ПАУ в профиле почв имеет элювиально-иллювиальный характер, биогеохимическими барьерами служат органогенные и иллювиальные горизонты. Разработаны теоретические положения распределения ПАУ в системе почва–растения [94]. Биоаккумуляция ПАУ в растениях и почвах происходит как за счет их возникновения в результате почвообразования, так и аэротехногенеза. Из техногенных ПАУ вклад в систему почва–растения вносят главным образом полиарены с 3,4-ядерной структурой. Основными детерминантами токсикологической активности в депонирующих средах являются 5,6-ядерные полиарены. Оценены закономерности изменения микробиоты под влиянием загрязнения почв бенз[a]пиреном [92, 93].

В подзолистых и болотно-подзолистых почвах идентифицирован гомологический ряд насыщенных алканов (n-алканов) (C_{21} – C_{33}) [18]. Наиболее распространены «нечетные» алканы (C_{25} , C_{27} , C_{29} , C_{31}). Механизм образования насыщенных углеводородов в процессе педогенеза в разных биоклиматических зонах практически одинаков, что подтверждается идентичным качественным составом насыщенных углеводородов в почвах. Дифференциация профиля по содержанию различных n-алканов для всех изученных почв имеет отчетливо выраженный аккумулятивный характер. Рассчитанные индексы CPI (carbon preference index – отношение «нечетных» алканов к «четным») могут служить ин-

дикатором глубины гумификации растительных остатков и маркером техногенного воздействия различных поллютантов на почвы.

Выявлены механизмы буферных реакций в подзолистых и болотно-подзолистых почвах таежной зоны, установлены подзональные различия в буферной способности почв, даны прогнозные количественные показатели устойчивости почв к техногенным осадкам кислотной и щелочной природы [74, 84, 86, 90]. На основании архивных, опубликованных и неопубликованных материалов составлена база данных, включающая 22 профиля тундровых и 73 – таежных почв, сформированных на суглинистых почвообразующих породах в автоморфных позициях равнинных ландшафтов РК [89]. Проведена оценка пространственно-временного варьирования показателей их кислотно-основного состояния: рН водной и солевой суспензий, обменной и гидролитической кислотности, содержания обменных H^+ и Al^{3+} , степень насыщенности почвенного поглощающего комплекса обменными основаниями. Выявлены закономерности формирования водорастворимых органических соединений в зональном ряду автоморфных почв от средней тайги до южной тундры: типичные подзолистые–глееподзолистые–тундровые поверхностно-глеевые [88]. Показано, что подзональной особенностью глееподзолистых почв является высокое содержание низкомолекулярных органических кислот (НМОК) и в их числе наиболее сильных – алифатических оксикислот (АОК). Полученные результаты могут быть использованы при проведении почвенно-химического мониторинга на региональном уровне.

Существенное внимание в отделе почвоведения всегда придавалось и придается решению вопросов, имеющих прикладное значение. Сотрудниками отдела проведена ландшафтно-геохимическая оценка фонового содержания ртути [63], мышьяка, тяжелых металлов (ТМ), углеводородов в таежных [11, 12, 15] и тундровых [27] почвах РК. С использованием ГИС-технологий создана база данных содержания органических и минеральных поллютантов в изученных почвах и на ее основе составлены соответствующие карты распределения исследованных компонентов. Полученные результаты стали основой для установления нормативов фонового содержания химических элементов и углеводородов в почвах РК (приказ Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды РК № 529 от 25 ноября 2009 г.).

Исследовано влияние ТМ на продуктивность и экологическое состояние агроландшафтов в подзоне средней тайги [34–36, 38]. Показано, что подзолистые почвы характеризуются низким содержанием ТМ с элювиальным и элювиально-аккумулятивным характером их распределения по профилю. Сельскохозяйственное использование подзолистых почв не привело к значительным изменениям в содержании ТМ. Полевые модельные эксперименты по изучению поведения ТМ в системе почва–растение показали, что в подзолистых почвах негативные проявления ТМ прослеживаются при меньшем уровне загрязнения, чем в дерново-подзолистых Нечерноземной зоны России.



Для таежной зоны европейского северо-востока России выявлены закономерности формирования макро- и микрокомпонентного состава снежного покрова, которые выражаются в статистически достоверной широтной дифференциации их распределения с юга на север, низкой минерализации и кислой реакции среды [14]. Предложен критерий дальнего переноса веществ: соотношение содержания растворимых и малорастворимых соединений металлов. Создана карта-схема пространственного распределения химических компонентов в снеге. Оценены закономерности изменения химического состава снежного покрова под влиянием аэротехногенного загрязнения в условиях таежной [13, 65] и тундровой [85] зоны.

Разработана система оптимизированного применения макро- и микроудобрений, позволившая повысить эффективность плодородие подзолистых почв и обеспечить получение стабильно высоких урожаев с хорошим качеством [33, 37]. Она внедрена в Сыктывкаре и хозяйствах Сысольского и Сыктывдинского районов республики.

В лаборатории биологии почв и проблем природовосстановления обобщены результаты многолетнего изучения комплексов микроскопических грибов целинных и антропогенно нарушенных почв на северо-востоке европейской части России. Выявлено 135 видов микромицетов из 32 родов, установлены закономерности их распределения в профилях таежных и тундровых почв [51, 82, 83]. Установлена взаимосвязь условий почвообразования в пойменных экосистемах Севера с динамикой численности и состава микробиоты и некоторых групп почвенных беспозвоночных [47, 48, 51, 76].

На основе аборигенных штаммов углеводородокисляющих микромицетов созданы биосорбенты, обладающие высокой нефтедеструктивной способностью в почве и водной среде [77, 91]. Предложена технология очистки отработанного сорбента. Биосорбенты испытаны в лабораторных и полевых опытах. Они сохраняют высокую активность микроорганизмов после стрессового воздействия низких температур. Разработка подтверждена патентами¹.

На основе использования комплекса микромицетов разработаны новая рецептура и модифицированный прием биотехнологического метода утилизации гидролизного лигнина, значительные запасы которого накоплены на свалке Монди Бизнес Пейпа Сыктывкарский ЛПК (г. Сыктывкар) [6]. Введение калифорнийских червей (вермикультура) обогащает компостируемую массу кальцием, что способствует улучшению ее физических свойств, и элементами питания растений. Применение биологи-

чески активного компоста (БИАК) под кормовые травы оказывает эффект, близкий к воздействию традиционных органических удобрений.

Разработанная сотрудниками лаборатории биологии почв и проблем природовосстановления и испытанная в северной тайге и тундре двухэтапная система практических приемов «природовосстановления» существенно ускоряет восстановление на посттехногенных пустошах экосистем, близких по типу к разрушенным [3-5]. Ускорение достигается за счет сокращения начальных этапов сукцессии, создания с помощью агротехнических приемов многолетней травянистой экосистемы. Показано, что первый, «интенсивный», этап системы практических приемов природовосстановления имеет целью предотвращение развития ускоренной эрозии, создание нового продуктивного слоя, запуск «биологического» оборота органического (растительные) вещества – главного механизма устойчивого функционирования восстановленной экосистемы, создание благоприятных условий для самовосстановления древесного яруса. Изучение почвы как компонента восстанавливаемой экосистемы (в таежной и тундровой зонах) в процессе самовосстановительной и ускоренной (управляемой) сукцессии позволило заключить, что почва формируется и функционирует как биогенно-органно-аккумулятивное образование, обеспечивающее развитие биологического круговорота органического вещества. Развитие и преобразование новообразованной почвы как экосистемного компонента определяется типом растительного сообщества. Показана возможность дальнейшей оптимизации системы «природовосстановления». Разработка защищена патентом².

Выявлены закономерности изменения подзолистых почв в процессе естественного лесовосстановления на участках сплошно-лесосечных рубок [26, 28, 31, 32]. Показано, что в биоклиматических условиях средней тайги эволюция почв, развитых на неоднородных почвообразующих породах, проходит через стадии формирования на вырубках подзолистых торфянисто-глеевых (конкреционных) (10-летняя вырубка) – подзолистых глееватых (20-летняя вырубка) – подзолистых (55-летняя вырубка) почв. Наиболее мобильными параметрами являются мощность лесных подстилок, состав и запасы органического вещества, соотношение форм соединений железа; наиболее стабильными – кислотность почв, соотношение углерода ГК к углероду ФК. Усиление на ранних стадиях послерубочных сукцессий степени гидроморфизма подзолистых почв, сформированных на однородных породах, не сопровождается переходом в другой тип [66].

¹ (Хабидуллина Ф.М.) Патент № 2299181, Российская Федерация, МПК6 C02F 3/34 C12N 1/26 C12R 1/77 C12R 1/645. Биосорбент для очистки водной поверхности от нефти и нефтепродуктов / Ф.М. Хабидуллина, ..., И.Б. Арчегова, ..., А.И. Таскаев и др. Институт биологии Коми НЦ УрО РАН; № 20051248; заявл. 03.08.2005; опубл. 20.05.2007. Бюл. № 14.

(Хабидуллина Ф.М.) Патент № 2313498, Российская Федерация, МПК8 C02F 3/34 C12N 1/26 C12R 1/77 C12R 1/645. Микросорбент для очистки водной поверхности от нефтяных загрязнений / Ф.М. Хабидуллина, ..., И.Б. Арчегова, ..., А.И. Таскаев и др. Институт биологии Коми НЦ УрО РАН; № 2005125503/13; заявл. 10.08.2005; опубл. 27.12.2007. Бюл. № 36.

(Хабидуллина Ф.М.) Патент № 2318736, Российская Федерация, МПК8 C02F 3/34 C12N 1/26 C12R 1/00 C12R 1/06 C12R 1/72 C12R 1/73 C12R 1/84. Биосорбент для очистки водоемов от нефтепродуктов на основе штаммов бактерий и дрожжевых грибов / Ф.М. Хабидуллина, И.Б. Арчегова, ..., И.Э. Шарипова, ..., А.И. Таскаев и др. Институт биологии Коми НЦ УрО РАН; № 2006104082/13; заявл. 10.02.2006; опубл. 10.03.2008. Бюл. № 7.

(Шарипова И.Э.) Патент № 2422587, Российская Федерация, МПК E02B 15/04 C02F 3/32 C02F 3/34 C12N 1/26. Комплексный биосорбент на основе штаммов бактерий и грибов для очистки водных сред от нефти и нефтепродуктов в присутствии микроводорослей / И.Э. Шарипова, М.Ю. Маркарова, А.В. Гарабаджу; Институт биологии Коми НЦ УрО РАН; № 2009147686/03; заявл. 21.12.2009; опубл. 27.06.2011. Бюл. № 18.

² (Арчегова И.Б.) Патент № 2343692, МПК A01G 23/00, A01B 79/02. Технология восстановления лесных экосистем на техногенно нарушенных территориях европейского северо-востока России / И.Б. Арчегова, И.А. Луханова, С.В. Дегтева, Г.А. Симонов; Институт биологии Коми НЦ УрО РАН; № 2007127248/12(029659); заявл. 16.07.2007; опубл. 20.01.09. Бюл. № 2.



Дальнейшие исследования отдела почвоведения связаны с выявлением механизмов функционирования почв как компонентов наземных экосистем криолитозоны европейского Северо-Востока. Они включают:

1) выявление закономерностей формирования почв в экотонных рядах (климатогенных, литогенных, биогенных) в пределах таежной и тундровой зон европейского Северо-Востока, оценку экологических качеств и биоорганического потенциала эталонных и редких почв;

2) изучение состава, строения и свойств высоко- и низкомолекулярных органических соединений почв в зависимости от экологических условий их функционирования (характер растительности, температура, влажность, литологический состав почвообразующих пород);

3) установление на молекулярном уровне специфики протекания химических и биохимических реакций (и их термодинамических характеристик), лежащих в основе взаимодействия почвенного органического вещества с компонентами твердой фазы и почвенного раствора (минералами, ионами, органическими и неорганическими поллютантами), в ризосферной и основной части почвенной массы;

4) выявление функциональных связей в системе почва–растения–почвообитающие организмы (микробиота, микро- и мезофауна) и процессов, регулирующих формирование и динамику системы гумусовых веществ в почвах наземных экосистем;

5) выявление процессов, контролирующих динамику популяций микроорганизмов и беспозвоночных животных, в почвах наземных экосистем таежной и тундровой зон европейского Северо-Востока.

Эти исследования рассчитаны, естественно, на далекую перспективу. Но как свидетельствует приведенный краткий обзор научных достижений (фундаментальных и прикладных) нашего отдела, мы постепенно совместными усилиями всех лабораторий отдела почвоведения в тесном сотрудничестве с другими подразделениями Института последовательно движемся в этом направлении.

ЛИТЕРАТУРА

1. (Апарин Б.Ф.) Подзолистые почвы центральной и восточной частей европейской территории СССР (на песчаных почвообразующих породах) / Б.Ф. Апарин, И.В. Забоева, ..., А.В. Слобода и др. Л.: Наука, 1981. 200 с.

2. Арчегова И.Б. Гумусообразование на севере европейской территории СССР. Л.: Наука, 1985. 137 с.

3. (Арчегова И.Б.) Особенности изменения почв и растительности в процессе самовосстановительной сукцессии в подзоне средней тайги / И.Б. Арчегова, Е.Г. Кузнецова, Ф.М. Хабибуллина, А.Н. Панюков // Теоретическая и прикладная экология, 2010. № 4. С. 32-39.

4. (Арчегова И.Б.) Экологические основы восстановления экосистем на Севере / И.Б. Арчегова, Е.Г. Кузнецова, И.А. Лиханова, А.Н. Панюков, Ф.М. Хабибуллина. Екатеринбург, 2006. 80 с.

5. (Арчегова И.Б.) Экологические принципы природопользования и природовосстановления на Севере / И.Б. Арчегова, Е.Г. Кузнецова, И.А. Лиханова, А.Н. Панюков, Ф.М. Хабибуллина и др. Сыктывкар, 2009. 176 с.

6. (Арчегова И.Б.) Совместная утилизация промышленных отходов / И.Б. Арчегова, Ф.М. Хабибуллина, ..., А.А. Горбунов // Экология и промышленность России, 2008. № 5. С. 2-5.

7. Атлас почв Республики Коми / Под ред. Г.В. Добровольского, А.И. Таскаева, И.В. Забоевой. Сыктывкар, 2010. 356 с.

8. Атлас Республики Коми. М., 2011. 448 с.

9. Безносиков В.А., Лодыгин Е.Д. Высокомолекулярные соединения в почвах // Изв. Коми НЦ УрО РАН, 2010. Вып. 1. С. 24-30.

10. Безносиков В.А., Лодыгин Е.Д. Особенности строения гумусовых веществ подзолистых и торфянисто-подзолисто-глееватых почв // Докл. РАСХН, 2009. № 2. С. 29-31.

11. Безносиков В.А., Лодыгин Е.Д. Эколого-геохимическая оценка фонового содержания углеродородов в почвах европейского северо-востока // Почвоведение, 2010. № 5. С. 591-596.

12. Безносиков В.А., Лодыгин Е.Д., Чуков С.Н. Ландшафтно-геохимическая оценка фонового содержания тяжелых металлов в почвах таежной зоны // Вестн. С.-Петербургского ун-та. Сер. 3, 2010. Вып. 2. – С. 114-128.

13. (Василевич М.И.) Органическое вещество снежного покрова в зоне влияния выбросов целлюлозно-бумажного предприятия / М.И. Василевич, Д.Н. Габов, В.А. Безносиков, Б.М. Кондратенко // Водные ресурсы, 2009. Т. 36, № 2. С. 182-188.

14. Василевич М.И., Безносиков В.А., Кондратенко Б.М. Химический состав снежного покрова на территории таежной зоны Республики Коми // Водные ресурсы, 2011. Т. 38, № 4. С. 494-506.

15. Василевич Р.С., Безносиков В.А., Кондратенко Б.М. Ртуть в объектах окружающей среды фоновых и техногенных территорий // Нефть и газ, 2009. № 3. С. 116-122. – (Изв. ВУЗов; Тюменский гос. нефтегазовый ун-т).

16. Втюрин Г.М. Структура почвенного покрова таежной зоны европейского Северо-Востока. Л.: Наука, 1991. 152 с.

17. (Габов Д.Н.) Закономерности формирования полициклических ароматических углеводородов в почвах северной и средней тайги / Д.Н. Габов, В.А. Безносиков, Б.М. Кондратенко, Е.В. Яковлева // Почвоведение, 2008. № 11. С. 1334-1343.

18. (Габов Д.Н.) Насыщенные углеводороды в фоновых и загрязненных почвах Предуралья / Д.Н. Габов, В.А. Безносиков, Б.М. Кондратенко, И.В. Груздев // Почвоведение, 2010. № 10. С. 1190-1196.

19. (Габов Д.Н.) Полициклические ароматические углеводороды в почвах техногенных ландшафтов / Д.Н. Габов, В.А. Безносиков, Б.М. Кондратенко, Е.В. Яковлева // Геохимия, 2010. № 6. С. 606-617.

20. Государственная почвенная карта России (М 1:1 000 000). Лист Р-40 (Красновишерск) / Сост. И.В. Забоева, В.Г. Казаков, Р.П. Михайлова, Е.Н. Руднева. М.: ГУГК, 1988.

21. Государственная почвенная карта России (М 1:1 000 000). Лист Q-41 (Воркута) / Сост. И.В. Забоева, В.Г. Казаков, М.Д. Рубцов, Г.М. Втюрин, Е.Н. Руднева, Р.П. Михайлова, О.М. Терешенкова. М., 1999.

22. Государственная почвенная карта СССР (М 1:1 000 000). Лист Q-39 (Нарьян-Мар) / Сост. В.А. Попов, И.В. Забоева, С.В. Беляев, И.В. Игнатенко, Е.Н. Руднева. М.: ГУГК, 1977.

23. Государственная почвенная карта СССР (М 1:1 000 000). Лист Q-40 (Печора) / Сост. И.В. Забоева, С.В. Беляев, В.А. Попов, В.Г. Казаков, И.В. Игнатенко. М.: ГУГК, 1982.

24. Государственная почвенная карта СССР (М 1:1 000 000). Лист Р-39 (Сыктывкар) / Сост. И.В. Забоева, Н.Я. Коротаев. М.: Изд-во АН СССР, 1958.



25. Градусов Б.П., Тонконогов В.Д., Каверин Д.А. О происхождении гранулометрической дифференциации таежных почв на двучленных суглинистых отложениях // Почвоведение, 2004. № 10. С. 1157-1162.
26. (Дымов А.А.) Гумусовые вещества почв сосняка бруснично-зеленомошного и производных листовенно-хвойных насаждений / А.А. Дымов, Е.М. Лаптева, Н.Н. Бондаренко и др. // Экологические функции лесных почв в естественных и нарушенных ландшафтах: Матер. IV Всерос. науч. конф. с междунар. участием по лесному почвоведению. Апатиты, 2011. Ч. 1. С. 72-76.
27. Дымов А.А., Бурцев И.Н., Калашиников А.В. Содержание загрязняющих компонентов в антропогенно преобразованных и естественных почвах южной части Большеземельской тундры (НАО) // Освоение Севера и проблемы природовосстановления: Докл. VII Всерос. науч. конф. Сыктывкар, 2010. С. 51-57.
28. (Дымов А.А.) Фоновое содержание тяжелых металлов, мышьяка и углеводов в почвах Большеземельской тундры / А.А. Дымов, Е.М. Лаптева, А.В. Калашиников, С.В. Денева // Теоретическая и прикладная экология, 2010. № 4. С. 43-48.
29. Дымов А.А., Жангуров Е.В. Морфолого-генетические особенности почв края Енганэпэ (Полярный Урал) // Почвоведение, 2011. № 5. С. 515-524.
30. Дымов А.А., Загирова С.В., Марченко-Ваганова Т.И. Формирование еловых биогеоценозов на Полярном Урале // Лесоведение, 2011. № 5. С. 12-22.
31. Дымов А.А., Лаптева Е.М. Изменение подзолистых почв на двучленных отложениях при рубках // Лесоведение, 2006. № 3. С. 42-49.
32. Дымов А.А., Лаптева Е.М. Эволюция подзолистых почв на вырубках в подзоне средней тайги / Леса, лесной сектор и экология Республики Татарстан. Казань, 2007. Вып. 3. С. 136-147.
33. Елькина Г.Я. Оптимизация минерального питания растений на подзолистых почвах. Екатеринбург, 2008. 280 с.
34. Елькина Г.Я. Поведение кадмия в системе почва-растение в условиях европейского Северо-Востока // Агрохимия, 2011. № 8. С. 89-94.
35. Елькина Г.Я. Поведение цинка в системе почва-растение в условиях европейского Северо-Востока // Агрохимия, 2009. № 11. С. 57-64.
36. Елькина Г.Я. Подвижность тяжелых металлов и их токсичность для кормовых культур // Аграрная наука, 2010. № 6. С. 15-16.
37. Елькина Г.Я. Продуктивность кормовых трав и их качество в зависимости от сбалансированности минерального питания // Кормопроизводство, 2011. № 3. С. 19-20.
38. Елькина Г.Я. Тяжелые металлы в системе почва-растение и подходы к нормированию их содержания в подзолистых почвах. Сыктывкар, 2007. 30 с.
39. Жангуров Е.В., Лебедева (Верба) М.П., Забоева И.В. Микростроение генетических горизонтов автоморфных таежных почв Тимана // Почвоведение, 2011. № 3. С. 288-299.
40. Жангуров Е.В., Тонконогов В.Д., Забоева И.В. Автоморфные почвы среднего и южного Тимана // Почвоведение, 2008. № 12. С. 1413-1422.
41. Забоева И.В. Почвы и земельные ресурсы Коми АССР. Сыктывкар, 1975. 375 с.
42. Забоева И.В., Казаков В.Г. Почвы // Тиманский край / Ред.-сост. Л.П. Шилов, А.М. Плякин, В.И. Алесеев. В 2-х томах. Т. 1. История, география, жизнь. Ухта, 2008. С. 131-154.
43. (Hugelius G.) High-resolution mapping of ecosystem carbon storage and potential effects of permafrost thaw in periglacial terrain, European Russian Arctic / G. Hugelius, T. Virtanen, D. Kaverin, A. Pastukhov et al. // J. Geophys. Res., 2011. № 116. P. 1-14.
44. Канев В.В. Параметры оглеения и подзолообразования в почвах на покровных суглинках северо-востока Русской равнины. Екатеринбург, 2002. 223 с.
45. Канев В.В., Мокиев В.В. Агродерново-подзолистые почвы северо-востока Русской равнины. СПб.: Наука, 2004. 228 с.
46. Канев В.В. Динамика содержания кислоторастворимых соединений железа в дерново-подзолистых почвах южной части Республики Коми // Почвоведение, 2011. № 11. С. 1312-1326.
47. Кудрин А.А., Лаптева Е.М., Долгин М.М. Почвенные нематоды пойменных лугов долины реки Печоры // Известия Самарского научного центра РАН, 2011. Т. 13, №1 (5). С. 1119-1123.
48. Кудрин А.А., Лаптева Е.М., Долгин М.М. Комплекс почвенных нематод в пойменных лесах долины р. Печора // Теоретическая и прикладная экология, 2011. № 2. С. 75-82.
49. Лаптева Е.М. Особенности формирования и использования пойменных почв долины р. Печоры. Сыктывкар, 1999. 204 с.
50. Лаптева Е.М., Виноградова Ю.А., Познянская Л.В. Плодородие и продуктивность пойменных почв Республики Коми // Плодородие, 2008. № 2. С. 43-44.
51. Лаптева Е.М., Хабибуллина Ф.М., Виноградова Ю.А. Разнообразие микромицетов в почвах пойменных лугов // Микология и фитопатология, 2009. Т. 43, вып. 3. С. 200-206.
52. Лиханова И.А., Арчегова И.Б. Оптимизация приемов природовосстановления нарушенных земель на севере таежной зоны // Теоретическая и прикладная экология, 2011. № 1. С. 94-100.
53. Лиханова И.А., Арчегова И.Б., Хабибуллина Ф.М. Восстановление лесных экосистем на техногенно нарушенных территориях. Екатеринбург, 2006. 103 с.
54. Лодыгин Е.Д., Безносиков В.А., Чуков С.Н. Структурно-функциональные параметры гумусовых веществ подзолистых и болотно-подзолистых почв / Отв. ред. И.В. Забоева. СПб.: Наука, 2007. 145 с.
55. (Лодыгин Е.Д., Безносиков В.А.) Lodigin E.D., Beznosikov V.A. The molecular structure and elemental composition of humic substances from Albeluvisols // Chem. Ecol., 2010. Vol. 26, № S2. P. 1-9.
56. Лодыгин Е.Д., Безносиков В.А. Состав липидов органического вещества почв // Докл. РАСХН, 2010. № 6. С. 30-32.
57. (Мажитова Г.) Permafrost and infrastructure in the Usa basin (Northeast European Russia): possible impacts of global warming / G. Mazhitova, N. Karstakarel, ..., P. Kuhry // Ambio, 2004. Vol. 33, № 6. P. 289-294.
58. (Kuhry P.) Upscaling soil carbon estimates for the Usa Basin (Northeast European Russia) using GIS-based landcover and soil classification schemes / P. Kuhry, G.G. Mazhitova, ..., S.V. Deneva et al. // Geografisk Tidsskrift (Danish J. Geography), 2002. Vol. 102. P. 11-25
59. (Virtanen T.) Modelling the location of the forest line in NE European Russia with remote sensed vegetation and GIS-based climate and terrain data / T. Virtanen, ..., G.G. Mazhitova, ..., P. Kuhry // Arctic, Antarctic and Alpine Res., 2004. Vol. 36, №3. P. 314-322.
60. (Мажитова Г.Г.) Геоинформационная система для бассейна р. Усы (Республика Коми) и расчет запасов почвенного углерода / Г.Г. Мажитова, В.Г. Казаков, ..., Т. Виртанен // Почвоведение, 2003. № 2. С. 133-144.



61. *Мажитова Г.Г.* Температурные режимы почв в зоне несплошной мерзлоты европейского северо-востока России // Почвоведение, 2008. № 1. С. 54-67.
62. *Мажитова Г.Г., Каверин Д.А.* Динамика глубины сезонного протаивания и осадки поверхности почвы на площадке Циркумпольного мониторинга деятельного слоя (CALM) в европейской части России // Криосфера Земли, 2007. Т. XI, № 4. С. 20-30.
63. (*Низовцев А.Н.*) Фоновое содержание ртути в почвах таежной зоны Республики Коми / *А.Н. Низовцев, В.А. Безносиков, Б.М. Кондратенко, Е.Д. Лодыгин* // Вестн. СПбГУ. Сер. 3, 2011. Вып. 3. С. 119-127.
64. *Пастухов А.В.* О генезисе и классификационном положении автоморфных почв на покровных суглинках в микроэкотоне тундра-лесотундра // Вестн. СПбГУ. Сер. 3. Биол., 2008. № 3. С. 117-126.
65. *Пристова Т.А., Шамрикова Е.В.* Характеристика снежного покрова в условиях аэротехногенного загрязнения предприятиями Республики Коми // Проблемы региональной экологии, 2010. № 5. С. 49-53.
66. Путеводитель научной почвенной экскурсии. Подзолистые суглинистые почвы разновозрастных вырубков (подзона средней тайги). Сыктывкар, 2007. 84 с.
67. *Русанова Г.В.* Полигенез и эволюция почв Субарктического сектора (на примере Большеземельской тундры). СПб.: Наука, 2009. 165 с.
68. *Русанова Г.В.* Динамические аспекты почвообразования в Большеземельской тундре // Изв. Коми НЦ УрО РАН, 2011. № 2 (6). С. 38-45.
69. *Русанова Г.В.* Микроморфология антропогенно-измененных почв. Екатеринбург, 1998. 160 с.
70. *Русанова Г.В.* Микроморфология таежных почв. Л.: Наука, 1987. 152 с.
71. *Русанова Г.В.* Почвообразование на пределе леса (северо-восток европейской территории России) // Лесоведение, 2011. № 1. С. 51-68.
72. (*Русанова Г.В.*) Современные процессы и унаследованные педогенные признаки в почвах на покровных суглинках южной тундры / *Г.В. Русанова, Е.М. Лаптева, А.В. Пастухов, Д.А. Каверин* // Криосфера Земли, 2010. Т. XIV, № 3. С. 52-60.
73. *Симонов Г.А.* Содержание и минералогический состав коллоидных и предколлоидной фракций в зональном ряду почв европейской России // Почвоведение, 2003. № 6. С. 722-732.
74. *Соколова Т.А., Терехин В.Г., Шамрикова Е.В.* Взаимное влияние некоторых химических свойств почв и состава и функционирования биоты в связи с проблемой сохранения биологического разнообразия // Роль почвы в формировании и сохранении биологического разнообразия / Отв. ред. Г.В. Добровольский, И.Ю. Чернов. М., 2011. С. 214-236.
75. Структурно-функциональная организация почв и почвенного покрова европейского Северо-Востока / Отв. ред. Ф.Р. Зайдельман, И.В. Забоева. СПб.: Наука, 2001. 224 с.
76. *Таскаева А.А., Лаптева Е.М., Дегтева С.В.* Изменение комплекса ногохвосток аллювиальных почв в процессе сукцессии растительности в пойменных ландшафтах таежной зоны // Поморский вестник, 2006. № 2. С. 36-47.
77. (*Терехова В.А.*) Экотоксикологическая оценка биосорбента нефти с целью сертификации / *В.А. Терехова, И.Б. Арчегова, Ф.М. Хабибуллина* и др. // Экология и промышленность России, 2006. № 3. С. 34-37.
78. *Тетерюк Л.В., Денева С.В.* Луговые сообщества и почвы карстовых долин в бассейне реки Белая Кедва (Средний Ти-
- ман, Республика Коми) // Изв. Самарского НЦ РАН, 2011. Т. 13, № 1 (ч. 14). С. 910-914.
79. (*Тулянкин Г.М.*) Экологические основы оптимизированной технологии восстановления нефтезагрязненных природных объектов на Севере / *Г.М. Тулянкин, И.Б. Арчегова, Ф.М. Хабибуллина, ..., А.И. Таскаев* и др. Сыктывкар, 2007. 140 с.
80. *Тонконогов В.Д., Пастухов А.В., Забоева И.В.* О генезисе и классификационном положении автоморфных почв на покровных суглинках северной тайги Европы // Почвоведение, 2006. № 1. С. 29-36.
81. *Тонконогов В.Д., Каверин Д.А., Забоева И.В.* Особенности почв на двучленных отложениях северо-востока европейской России // Почвоведение, 2004. № 3. С. 261-270.
82. *Хабибуллина Ф.М., Панюков А.Н.* Трансформация микобиоты под влиянием сельскохозяйственного освоения почв в тундровой зоне // Теоретическая и прикладная экология, 2010. № 3. С. 52-58.
83. *Хабибуллина Ф.М., Лиханова И.А., Лаптева Е.М.* Почвенная микробиота вторичных лиственных насаждений средней тайги // Микология и фитопатология, 2008. Т. 42, вып. 4. С. 323-329.
84. *Шамрикова Е.В.* Кислотность KCl-вытяжек из органогенных горизонтов подзолистых почв: источники, возможные равновесия // Почвоведение, 2010. № 7. С. 811-818.
85. (*Шамрикова Е.В.*) Состояние снежного и почвенного покрова вблизи цементного завода / *Е.В. Шамрикова, Е.В. Ванчикова, ..., В.Г. Казаков* // Вода: химия и экология, 2010. № 10. С. 46-51.
86. (*Шамрикова Е.В.*) Shamrikova E.V. The determination of exchangeable soil acidity in Russia: problems, agents, and reactions // J. Intrn. Sci. Publ. (Ecology & Safety), 2010. Vol. 4, pt. I. P. 245-250.
87. (*Шамрикова Е.В.*) The chemistry of snow and soil in impact zone of the cement works, North-Eastern European Russia / *E.V. Shamrikova, E.V. Vanchikova, ..., V.G. Kazakov J.* // Intrn. Sci. Publ. (Ecology & Safety), 2010. Vol. 4, pt. I. P. 235-244.
88. (*Шамрикова Е.В.*) Качественный анализ водных вытяжек из подзолистых почв Республики Коми на содержание органических соединений хромато-масс-спектрометрическим методом / *Е.В. Шамрикова, И.В. Груздев, В.В. Пунегов, Е.В. Ванчикова* и др. // Вода: химия и экология, 2011. № 10. С. 58-63.
89. *Шамрикова Е.В., Казаков В.Г., Соколова Т.А.* Варьирование показателей кислотно-основного состояния автоморфных суглинистых почв таежной и тундровой зон Республики Коми // Почвоведение, 2011. № 6. С. 1-14.
90. *Шамрикова Е.В., Соколова Т.А., Забоева И.В.* Кислотно-основная буферность подзолистых и болотно-подзолистых почв северо-востока европейской части России. Екатеринбург, 2005. 136 с.
91. (*Шарапова И.Э.*) Микробиологическая активность нефтезагрязненных почвенных субстратов при очистке с применением комплексных биосорбентов / *И.Э. Шарапова, ..., М.Ю. Маркарова, Т.Н. Щемелинина* // Изв. Самарского НЦ РАН, 2010. Т. 12, № 1 (ч. 5). С. 1245-1249.
92. *Яковлева Е.В.* Изменение микробного комплекса почвы под действием различных доз бенз[а]пирена // Аграрная наука Евро-Северо-Востока, 2009. № 4. С. 24-29.
93. (*Яковлева Е.В.*) Микробиологическая активность почв, загрязненных бенз[а]пиреном / *Е.В. Яковлева, Ф.М. Хабибуллина, Ю.А. Виноградова, В.А. Безносиков, Б.М. Кондратенко* // Агрехимия, 2010. № 10. С. 63-69.
94. *Яковлева Е.В., Габов Д.Н.* Полициклические ароматические углеводороды в системе почва-растение. Saarbrucken (Germany): Acad. Publ., 2011. 217 с. ❖



**НОСИТЕЛИ ПОЧВЕННОЙ ПАМЯТИ –
ПОЛИГЕНЕТИЧЕСКИЕ ПОЧВЫ ЮГО-ВОСТОКА БОЛЬШЕЗЕМЕЛЬСКОЙ ТУНДРЫ**

Формирование почв в высоких широтах происходило в изменчивых и сложных палеогеографических условиях голоцена под воздействием разнообразных растительных формаций в различные фазы этого периода. Наиболее значимая информация о биоклиматических условиях прошлого заключена не только в строении погребенных почв, но и генетическом профиле современных полигенетических почв. Их исследование позволяет реконструировать палеоландшафты времени формирования почв, наличие или отсутствие седиментации, стадии развития профилей. Методологические аспекты палеопочвенных исследований включают микроморфологический анализ форм гумуса и педогенных новообразований в профиле современных полигенетических почв. Выявление основных этапов формирования почв и характера почвообразования в различные интервалы голоцена, особенно в его поздние фазы, необходимо для прогнозных разработок экологических последствий будущих изменений природной среды, учитывая циклический характер изменения палеоклимата [13] и возможные повторения его эпизодов в будущем.

В последние десятилетия в почвоведении успешно разрабатываются представления о почве-памяти как совокупности свойств, унаследованных и накопленных от предыдущих периодов почвообразования [1, 11, 12, 20, 22]. Источниками почвенно-генетической информации являются фрагменты погребенных горизонтов [23], гумусовые педореликты, кутанный комплекс, почвенные новообразования, часто диагностируемые лишь в микроморфологии [27]. Изучению этих носителей памяти почв посвящено сравнительно немного работ, выполненных как в России, так и за рубежом [3, 12, 21, 24, 25], а для тундровой зоны они единичны [16, 17]. Широкое распространение некоррелирующей с современной биоклиматической обстановкой компонентов микростроения свидетельствует о полигенетичности почв.

Предпринята попытка рассмотреть педогенные процессы в криогенных почвах, формирующихся на покровных пылеватых суглинках, подстилаемых песками, и подбургах глеевых в подзо-

не южной тундры. Согласно новой классификации [9], почвы на суглинках относятся к глееземам криометаморфическим, старой [10] – тундровым поверхностно-глеевым. Исключительный интерес в тундровых почвах представляют гумусовые педореликты, а также глинистые натеки и их обломки (папулы) как наиболее устойчивые к факторам времени и криопедометаморфизму. В связи с этим дается оценка современных и унаследованных признаков, отражающих процессы формирования почв во временном масштабе, на основе детального анализа микростроения, физико-химических свойств и состава органического вещества.

**Унаследованные признаки
в песчаных почвах
бассейна р. Воркута**

Неоднократные смещения природных зон в прошлом, связанные с флуктуациями климата в голоцене, базируются на цикличности и периодичности солнечной активности, колебаниях параметров орбиты Земли. Формировавшиеся в изменчивых палеогеографических условиях почвы сохраняют в своих профилях разнообразные унаследованные признаки, затушеванные современным почвообразованием, сохранившиеся в различной степени [18]. Оценка современных и унаследованных от прошлых фаз свойств почв и признаков педогенеза дает возможность получить информацию о текущем и прошлых этапах развития и эволюции почв, более достоверно реконструировать смену ландшафтов в голоцене.

Одним из критериев диагностики ранних периодов почвообразования являются гумусовые педореликты, часто обнаруживаемые лишь в микростроении почв. Микроморфологические характеризующиеся органо-профили почв высоких широт отличаются сложным строением за счет сочетаний нескольких форм гумуса, отражающих современные и прошлые фазы педогенеза. Специфическим образованием в этих почвах является реликтовый гумус, представленный сгустковыми формами темного гумуса в основе или



Г. Русанова

на поверхности минеральных зерен [5]. Иллювиальные формы более поздних или современных стадий педогенеза, являющиеся комплексами гумусовых веществ с Fe, Al, иногда глиной, фиксируются в виде пленок на зернах скелета. Темно-бурые сгустки реликтового гумуса в основе, об-

разованные на месте, отличаются от криотурбированного гумуса, обычно состоящего из слаборазложившихся растительных остатков. Концентрированный на границе мерзлоты с деятельным слоем почвы гумус, представленный аккумуляцией пропиточных форм [5], остается слабо изученным.

Исследование микроформ гумуса проведено в почве, формирующейся в 30 км от пос. Воргашор, гряда Яней-Мыльк. В растительном покрове багульник, ерник, лишайники, политриховые мхи. Темно-серая поверхность минеральных пятен сетью трещин разбита на темные полигоны.

Разрез 3-2004. Верхняя уплощенная часть слабологого склона юго-западной экспозиции в мелкоивняково-багульниковой тундре с голубикой, шикшей.

T1	0-10 см	Рыхлый, слаборазложившийся коричневый торф
T2	10-18 см	Черный, хорошо разложившийся слабо опесчаненый торф, рыхлый
ВН	18-23(25) см	Темновато-коричневый, влажный песок, залегает в виде карманов, клиньев. Переход ясный по цвету
ВНФ	23-25 см	Палево-бурый, влажный песок. Отдельными пятнами, клиньями. Плотноват
ВСg	25-40 см	Сизовато-серый со светло-бурыми пятнами, мокрый песок. Мерзлота на глубине 40 см
Почва – торфяно-подбур глеевый иллювиально-гумусовый.		

Указанный профиль почвы четко дифференцирован, отражает явные следы криотурбаций в иллювиальных горизонтах и оглеения над мерзлотой.

Судя по микроморфологии, в гор. ВН под слоем торфа иллювиальные пленки на зернах песка коричневого Fe-гумусовые, свидетельствующие об иллювиальном накоплении



Русанова Галина Владимировна – д.б.н., в.н.с. отдела почвоведения. E-mail: olga.shakhtarova@mail.ru. Область научных интересов: *генезис и эволюция почв, микроморфология.*

гумуса. В промежутках между зернами – агрегированное тонкодисперсное вещество аналогичного состава, иногда цементирует массу. В нижележащем гор. ВНf бурые гумусо-Fe пленки становятся толще, что говорит о возрастающей роли иллювиальной аккумуляции Fe. В гор. ВСg над мерзлотой сформированы черные (гумусовые) и бурые (гумусо-Fe) пленки, присутствуют ожелезненные участки – серо-коричнево-бурые в виде полос и пятен, что свидетельствует о наличии кратковременных окислительных условий. Микростроение четко отражает иллювиальную аккумуляцию гумуса и тонкодисперсного Fe-гумусового вещества в верхней и средней части профиля соответственно, что свойственно подбурам. Встречающиеся по всему профилю конгломераты и обломки пород могут быть литореликтами. Наличие темно-бурых гумусовых сгустков и обогащенных гумусом участков в надмерзлотном горизонте может быть признаком, унаследованным от прошлых фаз педогенеза, или связано с фрагментами погребенного гумусового горизонта почвы, находящейся ныне в мерзлом состоянии. Датирование гумусовых аккумуляций над мерзлотой в почвах тундры [28] показало раннеголоценовый возраст. Гумусовые педореликты над мерзлотой автором описаны ранее вблизи Баренцева моря [14].

Таким образом, в почве отмечают микроформы гумуса, отражающие различную природу и разное время их формирования. Иллювиальные формы в виде коричневых гумусовых пленок на зернах скелета и коагуляционных скоплений между ними в гор. ВН свидетельствуют о преимущественной аккумуляции и морозной стабилизации гумуса на поздних, современных этапах развития почвы. Иллювиальная аккумуляция бурых гумусо-железистых соединений в гор. ВНf фиксируется также в форме пленок, но более светлых оттенков. Встречающиеся сгустковые формы темного гумуса в нижележащем гор. ВСg могут указывать на возможную унаследованность от более ранних фаз педогенеза. Образование этих компонентов на глубине 25-35 см, как и размещение погребенных гумусовых горизонтов в двухъярусных почвах на аналогичной глубине [15], сходство микростроения подтверждают высказанное предположение. Незначительное количество подвижных органических со-

единений, продуцируемых в почве в настоящее время в условиях тундры, и не связанных в иллювиальных горизонтах, мигрирует боковым стоком по уклону поверхности мерзлого горизонта, не образуя аккумуляций на границе с деятельным слоем. Криогенного пучения и трещинообразования в настоящее время, по-видимому, не происходит [26], так как крупные поры в песках не замерзают, вода в них не застывает. По этой причине накопление криотурбированного гумуса над мерзлотой также отсутствует. Не обнаружено в то же время точечных форм пропиточного гумуса, характерного для надмерзлотных аккумуляций, и придающего серый оттенок общей массе [5]. Приведенные аргументы для данного конкретного случая подтверждают унаследованность реликтовых микроформ гумуса. Дальнейшие исследования природы органического вещества, консервированного над мерзлотой, должны охватить широкий спектр почв и выполнение радиоуглеродного датирования гумуса.

Унаследованные признаки в суглинистых почвах

Гумусовые педореликты обнаружены в почвах, формирующихся на пылеватых суглинках, подстилаемых песчаными отложениями.

Изучены почвы в 3 км к юго-западу от пос. Заполярный (г. Воркута). Возвышенный увал (абсолютная высота 226 м), бугорковатая, с заросшими пятнами, багульниково-ивняково-ерниковая тундра. В кустарничковом ярусе – голубика, брусника, водяника; гипновые мхи и лишайники на бугорках и в межбугорковых пространствах. Пятна со слабо заросшей черной водорослевой коркой на поверхности.

Разрез 2-2003. Выпуклая вершина увала, выровненный участок.

O	0-5 см	Темно-коричневая, черно-коричневая оторфованная подстилка, рыхлая, переплетена корнями. Переход четкий
Bg(G)	5-22 см	Сизо-бурый, с охристыми и сизыми пятнами, среднесуглинистый, структура тонкоплитчатая, сложение плотноватое. Переход заметный по цвету
CRM1	22-38 см	Палево-бурый, в верхней части охристые пятна; суглинок средний, рыхло-плитчатый, уплотнен. Переход постепенный по цвету
CRM2	38-65 см	Светло-палево-бурый, серовато-бурый средний суглинок, непрочно-плитчато-ореховатой

Cf	65-70 см	структуры. Переход заметный по цвету Буро-охристый пылеватый суглинок с валунами, плитчатыми фрагментами пород. Структура плитчато-ореховатая, сложение плотное. Переход резкий
D	с 70 (70-85 см)	Серый однородно окрашенный песок, рыхлый, бесструктурный

Почва – глеезем криометаморфический типичный.

В 100 м ниже по склону в северо-восточном направлении ивняково-ерниково-багульниковая тундра с голубикой, брусникой, гипновыми мхами и лишайниками, вейником и моршкой.

Разрез 3-2003. Выровненная верхняя часть склона.

O	0-12 см	Черно-коричневая, обильно переплетенная корнями торфянистая влажная подстилка, лучше разложившаяся в нижней части. Переход четкий
G	12-20 см	Неоднородно окрашенный с сизо-серыми, а по нижней границе – охристыми пятнами, пылевато-среднесуглинистый
Gcf	20-22(23) см	Прерывистый, линзамы. Охристый, плитчатой структуры, пылеватый средний суглинок. Переход заметный
CRM1	22(23)-30 см	Бурый пылеватый средний (легкий) суглинок, плитчатой структуры, слабо уплотнен. Переход очень постепенный
CRM2	30-60 см	Бурый, рыхлокомковато-плитчатый, уплотнен. Пылевато-легко(средне) суглинистый. Переход постепенный
BC	60-80 см	Бурый, рыхлокомковато-плитчатый, уплотнен, влажноватый. Пылеватый средний суглинок

Почва – глеезем криометаморфический криогенно-ожелезненный.

Судя по морфологическому описанию, почвы формируются на пылеватых суглинках, подстилаемых однородными тонкозернистыми мощными песками. Разрез 2-2003, залегающий на вершине увала, характеризуется мощностью профиля 70 см. Горизонт Bg(G) в экстремально сухие сезоны проявляет черты слабого оглеения, преобладают бурые тоны окраски. Характерны внутригоризонтное перераспределение оксидов Fe и тонкоплитчатая структура. Криометаморфические горизонты не оглеены, с глубиной проявляют криогенную плитчатость и ореховатость. Мерзлота в пределах профиля отсутствует. Сплошной охристой каймы между горизонтами Bg(G) и CRM не образуется, имеются лишь



охристые пятна. Почва может быть отнесена к глеезам криометаморфическим. Возможно, близкое подстиление почвы песчаными отложениями и хорошая дренированность не способствуют формированию классического глеевого горизонта под подстильно-торфяным.

В почве средней части склона (разрез 3-2003) гор. G проявляет признаки перераспределения соединений Fe к нижней границе. Маломощный охристый гор. Gcf характеризуется тонкоплитчатой структурой и сформирован, по-видимому, за счет подтягивания соединений Fe к фронту промерзания, образуя охристую оторочку в нижней части гор. G. Криометаморфические горизонты не имеют отличий от аналогичных на вершине увала. По комплексу морфологических признаков почва может быть названа глееземом криометаморфическим криогенно-ожелезненным.

Анализ микроморфологии почвы на выпуклой вершине увала (разрез 2-2003) обнаружил следующие признаки: в минеральной массе под подстилкой – криогенную коагуляцию и образование сложных агрегатов, криогенную деформацию (изогнутость) линзовидных отдельностей. В гор. Vg(G) – перераспределение Fe (ожелезненные и восстановленные зоны, кольца, растворяющиеся нодулы), криогенную организацию скелетных частиц (аккумуляции), выщелачивание (вдоль стенок пор, краев агрегатов), чередование компактных и агрегированных участков (округлые и слоистые отдельности). В верхней части криометаморфического горизонта отмечается агрегация основы (округлые агрегаты), Fe-глинистые сепарации внутри агрегатов, черно-серые, темно-коричневые гумусированные участки (реликтовый гумус), Fe-нодулы с растворившимися краями. Нижняя часть криометаморфического горизонта агрегирована, обнаруживаются Fe-глинистые натёки в основе и выветривающиеся фрагменты пород с ободком из Fe-соединений, нодулы с разрушенными краями и гумусированные микрозоны. На контакте с песчаными отложениями наблюдаются однородные глинисто-Fe-натёки в основе и сложные слоистые Fe-гумусовые натёки в порах, участки с цементацией зерен песка Fe-глинистой тонкодисперсной массой. Fe-цементация связана с окислительной аккумуляцией Fe на контакте пород. В подстилающих песчаных отложениях скелетные зерна со сплошными черными и бурными пленками.

В микроморфологии зафиксированы признаки следующих процессов криопедогенеза: биогенных и криогенных – на границе органогенного и минерального горизонтов; глеевых, криогенных и выноса подвижных соединений – в гор. Vg(G); унаследованных от прошлых фаз почвообразования миграции глин, накопления гумуса и более поздней криогенной агрегации – в гор. CRM1; агрегации массы и накопления глин – в гор. CRM2; цементации основы и аккумуляции Fe-глинистых натёков – на контакте с подстилающей породой в гор. Cf. Таким образом, в почве с глубины 22 см обнаруживаются признаки накопления гумуса и подвижности Fe-глинистой массы – процессов ранних фаз почвообразования. Верхний нанос (выше 22 см), редуцированный вследствие эрозии, фиксирует признаки процессов ожеления, криогенного подтягивания мобильных компонентов к фронту промерзания, биогенной и криогенной агрегации.

Анализ микростроения разреза 3-2003 обнаруживает признаки перераспределения Fe-соединений в виде ожелезненных зон и коричневых нодул с растворившимися краями в гор. G; компактного сложения, с округлыми конкрециями и Fe-кольцами в гор. Gcf. Нижележащий гор. CRM1 агрегирован слабее, несет следы отмытия тонкодисперсного вещества из локальных участков и межпедных пор, заполненных осветленным пылеватым материалом. Одновременно является зоной аккумуляции глинистых натёков, сосредоточенных большей частью в основе, вне миграционных каналов. Гор. CRM2 обнаруживает хорошую агрегированность (округлые и угловатые агрегаты), наличие коричневых скорлуповатых и желтых однородных натёков как в основе, так и вдоль пор Fe-нодулы. На глубине 60-80 см зафиксированы признаки перемещения глины в виде флюидальных натёков в порах, криогенной агрегации (округлой формы отдельности, окаймленные коричневой пленкой), аккумуляции гумуса. В профиле этой почвы также обнаруживаются следы более ранних фаз развития. Глинистые натёки, обнаруживаемые в основе, свидетельствуют о более поздних криогенных процессах, переместивших их из миграционных путей. Очевидно, лессиваж имел место и на последующих этапах, о чем свидетельствуют натечные формы глин вдоль каналов. В верхнем наносе преобладают органо-аккумулятивные, глеевые и криогенные процессы, сегрегация Fe на окислительном барьере.

Согласно данным гранулометрического состава (табл. 1), в почвах преобладает фракция крупной пыли, за исключением нижних горизонтов профиля. Характерно накопление илистой фракции: слабое (КД = 1.3) в почве вершины увала и среднее (КД = 1.6) – верхней части склона, с формированием глинисто-иллювиальных горизонтов на глубине 30-60 см. Слабая дифференциация по илу свидетельствует об отсутствии в почвах текстурного горизонта.

Почвам свойственна высокая кислотность по всему профилю (табл. 2). Биогенное накопление обменных оснований фиксируется в органогенных горизонтах почв. Наблюдается элювиальное образование из гор. CRM1 в разрезе 2-2003. В этой почве обменными основаниями обеднена большая толща верхней части профиля по сравнению с другой почвой. Коэффициент дифференциации обменных Ca и Mg в разрезе 2-2003 составляет 4, тогда как в другой почве – 2. Интенсивное выщелачивание обменных оснований обычно связывается с подзолообразованием. Следует предполагать, что этот процесс имел место в прошлые этапы педогенеза. В образовавшемся современном полигенетическом профиле элювиально-иллювиальный характер распределения обменных оснований является унаследованным.

Наблюдается накопление оксалатнорастворимого железа в верхних частях профилей, подподстилочном глеевом горизонте или охристой кайме под ним. Дифференциация железа связана с подтягиванием его соединений к фронту промерзания. В разрезе 3-2003 обедненный железом сизый с охристыми пятнами глеевый горизонт оторочен снизу охристой каймой, имеющей повышенное содержание соединений железа. Максимальное накопление наблюдается в нижней части торфянистой подстилки, вследствие вымывания из последней и подтягивания снизу. Профильное распределение форм железа по Джексону аналогично вышеописанному. Накопление оксалатнорастворимого алюминия фиксируется в органогенных горизонтах разреза 3-2003, в глеевом – разреза 2-2003; с глубиной отмечается постепенное уменьшение. В целом, почвам свойственен аккумулятивный характер профильной дифференциации соединений алюминия, близкий к таковому органических соединений.



Таблица 1

Гранулометрический состав почв

Горизонт, глубина, см	Гигроскопическая влага, %	Потеря при обработке HCl, %	Доля фракций различного размера (мм), %						Сумма частиц	
			1.0-0.25	0.25-0.05	0.05-0.01	0.01-0.005	0.005-0.001	<0.001	>0.01	<0.01
Разрез 2-2003										
Bg(G) 5-22	2.37	0,41	1	17	50	8	6	18	68	32
CRM1 22-38	2.25	0,14	1	9	59	6	6	19	69	31
CRM2 38-65	2.97	0,71	2	31	29	3	10	25	62	38
Cf 65-70	1.93	0,84	22	34	20	1	6	17	76	24
D 70-85	0.43	0,36	21	72	1	1	1	4	94	6
Разрез 3-2003										
G 12-20	1.96	0,61	1	7	61	7	8	16	69	31
Gcf 20-22	1.84	0,65	0	16	56	7	6	15	72	28
CRM1 22-30	2.05	0,54	0	27	44	5	7	17	71	29
CRM2 30-60	2.94	1,22	0	7	56	7	5	25	63	37
BC 60-80	3.16	0,12	1	32	31	2	8	26	64	36

Таблица 2

Физико-химические свойства почв

Горизонт, глубина, см	pH _{кон.}	C	N	C:N	Ca ²⁺	M ²⁺	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃ по Джексону, %	
		%			ммоль/100 г		по Тамму, %			
Разрез 2-2003										
O 0-5	3.67	36.50	1.27	33.4	14.58	3.00	0.36	0.47	0.60	
Bg(G) 5-22	3.65	0.57	0.06	9.3	0.99	0.62	0.63	0.57	1.08	
CRM1 22-38	3.58	0.90	0.08	11.8	0.89	0.53	0.29	0.34	0.93	
CRM2 38-65	3.63	0.19	0.04	5.3	4.01	2.21	0.25	0.23	0.99	
Cf 65-70	3.85	0.27	0.05	6.9	6.15	3.24	0.24	0.21	0.99	
D 70-85	3.60	0.09	0.03	3.6	0.99	0,56	0.08	0.04	0.45	
Разрез 3-2003										
O 0-12	3.06	36.90	1.52	28.3	12.00	6.12	0.81	0.63	1.21	
G 12-20	3.10	0.64	0.06	11.3	1.66	1.19	0.59	0.30	0.92	
Gcf 20-22	3.12	0.50	0.06	8.4	2.16	1.54	0.77	0.30	1.25	
CRM1 23-30	3.09	0.30	0.05	6.0	3.36	2.43	0.34	0.23	0.95	
CRM2 30-60	3.17	0.25	0.05	5.7	5.50	3.64	0.32	0.21	1.03	
BC 60-80	3.14	0.23	0.05	5.1	7.21	4.51	0.42	0.21	1.12	

Содержание С высокое в гумусовых органо-аккумулятивных горизонтах (табл. 3). В минеральной толще содержание органического вещества резко снижается с глубиной. Согласно И.В. Игнатенко [8], подобный тип гумусового профиля характерен для почв, развивающихся на талых породах. Почвы характеризуются фульватным составом гумуса, за исключением подстилок, где преобладает гуматно-фульватный состав. Подвижные, агрессивные фракции фульвокислот, сосредоточенные в верхней минеральной толще, с глубиной становятся связанными с минеральными коллоидами и полуторными оксидами.

Распределение подвижных гуминовых кислот, убывающее в почве вершины холма, сменяется на нарастающее с глубиной в почвах средней части склона вследствие латерального притока. Гуминовые кислоты, связан-

ные с Са, сосредоточены в органо-генных горизонтах. Накопление их в криометаморфических горизонтах разреза 2-2003 связано с гумусовыми педореликтами. Аналогичное содержание второй фракции ГК найдено в погребенных гумусовых горизонтах почв Хибин [4]. В минеральной толще почвы разреза 3-2003 эта фракция отсутствует. Гуминовые кислоты, связанные с Са, обнаруживаются в ничтожных количествах или отсутствуют в кислых ненасыщенных почвах тундры [8, 19]. Нерастворимый остаток в верхней части минеральной толщи представлен фрагментами растений, находящихся на разных стадиях разложения. Горизонты CRM1 и CRM2 разреза 2-2003, характеризующиеся наличием в них фракции ГК2, не содержат негидролиземого остатка, что свидетельствует об иных экологических условиях почвообразования в прошлые этапы голоцена.

Вниз по склону по мере усиления степени гидроморфизма происходит изменение признаков микростроения. В органо-аккумулятивных горизонтах в связи с ослаблением интенсивности криогенеза наблюдается уменьшение формирования коагуляционных агрегатов на границе с минеральной толщей. Усиление оглеения в этом направлении вызывает осветление плазмы, уплотнение сложения, сокращение пор в глеевых горизонтах (G) по сравнению с горизонтом Bg(G) верхнего представителя. В криометаморфических горизонтах вершины увала отмечается бурый цвет агрегатов и окаймление их пленкой. В средней части склона в связи с большей продолжительностью восстановительных периодов происходит осветление массы, наблюдается отмытость материала межагрегатных пор, отсутствие пленок на агрегатах и одновременно увеличение глинистых натеков вдоль пор. Степень агрегации в почвах лучше вы-



Групповой и фракционный состав гумуса глееземов криометаморфических, % к общему углероду

Горизонт, глубина, см	C _{общ.} , %	Сгк					Сфк					Сгк/Сфк	Негидролизуемый остаток, %
		1	2	3	сумма	1а	1	2	3	сумма			
Разрез 2-2003													
О	0-5	32.04	5.98	1.94	3.79	11.70	2.80	10.76	0	4.29	17.85	0.7	71.65
Bg(G)	5-22	0.51	16.86	0	3.73	20.59	15.29	20.39	7.06	20.59	63.33	0.3	17.25
CRM1	22-38	0.81	11.90	3.81	7.14	22.86	20.95	3.81	18.10	46.67	89.52	0.3	0
CRM2	38-65	0.18	1.67	8.89	11.67	22.22	12.22	8.33	17.22	65.00	102.78	0.2	0
Разрез 3-2003													
О	0-12	28.76	12.52	0.40	4.93	17.85	2.76	18.03	0	4.70	25.49	0.7	56.65
G	12-20	0.44	10.45	0.23	7.05	17.73	17.27	17.27	8.41	29.09	72.05	0.2	10.23
Gcf	20-22	0.29	11.03	0	5.86	16.90	21.72	12.76	14.83	34.48	83.79	0.2	2.76
CRM1	22-30	0.16	18.13	0	10.00	28.13	15.00	0	29.38	86.25	130.63	0.2	0

ражена в нижней части криометаморфического горизонта, где округлые и угловатые отдельности отчетливо диагностируют этот горизонт. Окантовка агрегатов пленками тонкодисперсного вещества является следствием криогенных процессов, более активных на выпуклой вершине холма. Аккумуляция глинистого вещества (скорлуповатые натёки вдоль пор) наблюдается на глубине 30-60 см, а обломки натёков многочисленны и выше этих глубин. Форма и гетерогенность натёков, приуроченность к миграционным каналам свидетельствуют о педогенном их происхождении в основном в ранние этапы образования почв. Коэффициент дифференциации ила 1.3-1.6 диагностирует ранее образованный глинисто-иллювиальный горизонт, преобразованный более поздними процессами криометаморфизма. Обломки натёков (папулы) являются следствием более позднего разрушения натечной глины криогенными процессами.

В почве вершины холма на глубине 22-38 см в микростроении обнаруживаются гумусовые педореликты (темно-серые микрозоны со скоплениями сгусткового гумуса). Наличие в педореликтах второй фракции гуминовых кислот, связанных с кальцием (4-8 % от общего углерода), и отсутствие этой фракции в минеральной толще остальных почв подтверждает реликтовость гумуса. Микростроение гумусовых аккумуляций, инкорпорированных в минеральную толщу криотурбационными процессами, отличается от гумусовых педореликтов рыхлой упаковкой и слабой разложенностью растительных остатков. Микроформы гумусовых педореликтов в профиле и аккумуляции глинистых натёков свидетельствуют об этапе развития почв под таежными растительными группировками, вероятно, в позднеатлантичес-

кий период. Различия верхней (гор. О-G(Bg) и нижней (гор. CRM-Cf) частей профиля являются следствием активизации геодинамических процессов в кризисный для экосистем суббореальный период (SB), которые, очевидно, привели к деградации гумусового горизонта, разрушению кутанного комплекса и криогенному структурному метаморфизму срединных горизонтов. Период похолодания климата и активизации криогенных процессов (SB) сопровождался в последующем формированием в верхней части профиля органо-аккумулятивных и глеевых горизонтов с признаками криогенной организации материала. В этот же период произошло резкое отступление границы леса к югу. В последующие периоды (субатлантический и современный) длительных и значительных изменений климата не наблюдалось [7]. Следствием некоторого потепления климата в течение последних 70-100 лет [6] может быть уменьшение оглеения в дренированных позициях южной тундры.

Таким образом, почвы южной подзоны Большеземельской тундры, сформированные в различные фазы голоцена, сохраняют в своих профилях сочетание признаков разновозрастных процессов, затушеванных современным почвообразованием и отражающих ритмику изменения биоклиматической обстановки.

По данным микроморфологических анализов, соотношение различных форм гумуса выявлено в профиле почв. В верхней и средней части органо-минеральные пленки являются результатом процессов иллювирувания продуктов почвообразования и их стабилизации в мерзлотной обстановке, а коагуляционные агрегаты между скелетными зёрнами – следствием криогенных процессов. Реликтовый гумус, залегающий в средней и ниж-

ней частях профиля, может быть продуктом более ранних теплых интервалов позднеатлантического периода.

Формирование почв происходило в изменчивых и сложных палеолендшафтных условиях под воздействием не только тундровых, но и таежных растительных формаций в различные фазы голоцена. Микростроение верхней толщи суглинистых почв (гор. О-Bg(G) отражает признаки органо-аккумулятивных, глеевых, криогенных и элювиальных процессов позднеголоценовых (SB, SA) стадий развития профиля. Сохранившиеся признаки аккумуляции гумуса (педореликты) и лессиважа (гетерогенные натёки и их обломки) в средней и нижней частях профиля (гор. CRM1-CRM2) могут быть отнесены к почвообразованию в позднеатлантический (AT-3), наиболее теплый в данном регионе [2] период. Обломки натёков являются результатом более позднего разрушения их криогенными процессами в фазы криохрона (SB). К этому же времени следует отнести процесс криогенного структурного метаморфизма и формирования криометаморфических горизонтов.

ЛИТЕРАТУРА

1. (Александровский А.Л.) Новые данные о возрасте и эволюции дерново-подзолистых почв центра Русской равнины / А.Л. Александровский, В.О. Таргульян, А.Е. Черкинский, О.А. Чичагова // ДАН СССР, 1990. Т. 310, № 2. С. 454-457.
2. Болиховская Н.С., Болиховский В.Ф., Климанов В.А. Климатические и криогенные факторы развития торфяников европейского северо-востока СССР в голоцене // Палеоклиматы голоцена европейской территории СССР. М., 1988. С. 36-44.
3. Бронникова М.А., Таргульян В.О. Кутанный комплекс текстурно-дифференцированных почв. М., 2005. 197 с.



4. Владыченский С.А. Особенности горного почвообразования. М.: Наука, 1998. 191 с.

5. Герасимова М.И., Губин С.В., Шоба С.А. Микроморфология почв природных зон СССР. Пущино, 1992. 214 с.

6. Гребенец В.И. Негативные последствия деградации мерзлоты // Вестн. МГУ. Сер. 5. Геогр., 2007. № 3. С. 18-21.

7. Добровольский Г.В., Урусевская И.С. География почв. М.: Изд-во МГУ, 2006. 460 с.

8. Ивнатенко И.В. Почвы восточно-европейской тундры и лесотундры. М.: Наука, 1979. 278 с.

9. Классификация и диагностика почв России. Смоленск, 2004. 342 с.

10. Классификация и диагностика почв СССР. М., 1977. 223 с.

11. Козловский Ф.И., Горячкин С.В. Почва как зеркало ландшафта и концепция информационной структуры почвенного покрова // Почвоведение, 1996. № 3. С. 288-297.

12. Память почв. Почва как память био-, гео- и антропогенных взаимодействий / Ред. В.О. Таргульян, С.В. Горячкин. М., 2008. 692 с.

13. Розенбаум Г.Э., Шполянская Н.А. Позднекайнозойская история криолитозоны Арктики и тенденции ее будущего развития. М.: Наука, 2000. 150 с.

14. Русанова Г.В. Микроморфология почв восточно-европейского сектора Субарктики // Почвоведение, 1996. № 6. С. 793-802.

15. Русанова Г.В. Позднеголоценовые погребенные почвы бассейна р. Воркута (Большеземельская тундра) // Почвоведение, 2008. № 1. С. 27-33.

16. Русанова Г.В. Полигенез и эволюция почв субарктического сектора (на примере Большеземельской тундры). СПб.: Наука, 2010. 166 с.

17. (Русанова Г.В.) Современные процессы и унаследованные признаки в почвах на покровных суглинках южной тундры / Г.В. Русанова, Е.М. Лаптева, А.В. Пастухов, Д.А. Каверин // Криосфера Земли, 2010. Т. XIV, № 3. С. 52-60.

18. Соколов И.А., Таргульян В.О. Взаимодействие почвы и среды: почва-память и почва-момент // Изучение и освоение природной среды. М.: Наука, 1976. С. 150-164.

19. Таргульян В.О. Почвообразование и выветривание в холодных гумидных областях. М.: Наука, 1971. 267 с.

20. (Таргульян В.О.) Организация, состав и генезис дерново-подзолистого почвенного покрова на покровных суглинках: морфологическое исследование / В.О. Таргульян, А.Г. Бирнина, А.В. Куликов и др. М.: Наука, 1974. 55 с.

21. (Таргульян В.О.) Организация, состав и генезис дерново-под-

золистого почвенного покрова на покровных суглинках: аналитическое исследование / В.О. Таргульян, Т.А. Соколова, А.Г. Бирнина и др. М.: Наука, 1974. 55 с.

22. Таргульян В.О., Соколов И.А. Структурный и функциональный подход к почве: почва-память и почва-момент // Математическое моделирование в экологии. М.: Наука, 1978. С. 17-33.

23. Уфимцева К.А. Современные и реликтовые свойства почв Западно-Сибирской низменности // Почвоведение, 1968. № 5. С. 24-33.

24. Fedoroff N. Clay illuviation // Proceedings of the III Working meeting of soil micromorphology. Wroclaw (Poland), 1972. P. 195-207.

25. Fedoroff N. Clay illuviation in red Mediterranean soils // Catena, 1997. Vol. 28, № 3-4. P. 171-189.

26. Kenneth Torrance J., Fons J. Shellekens. Chemical factors in soil freezing and frost heave // Polar Record, 2006. № 42(220). P. 33-42.

27. Nettleton W.D. Название материала // Newslett. INQUA/ISSS Paleopedology Commission. Berlin, 1996. № 12. P. 27.

28. (Ping C.L.) Carbon stores and their distribution in different arctic ecosystems / C.L. Ping, J.M. Kimble, G.J. Michaelson et al. // Materials of I International Science Conference. Beijing (China), 2005. P. 212. ❖

ЮБИЛЕЙ



В ноябре исполнилось 80 лет ветерану Института биологии, кандидату сельскохозяйственных наук, старшему научному сотруднику **Тамаре Георгиевне Заболоцкой**. Тридцать три года проработала Т.Г. Заболоцкая в отделе почвоведения.

Она стояла у истоков создания научных основ рационального землепользования на территории европейского Северо-Востока. Ее исследования были направлены на изучение обеспеченности почв необходимыми элементами питания, их роли в повышении продуктивности культур. Т.Г. Заболоцкой впервые были выявлены особенности круговорота биогенных элементов в агроценозах, определены параметры кислотности и гумусного состояния почв пахотных угодий. Она показала, что высокая и стабильная продуктивность сельскохозяйственных культур на подзолистых почвах, отличающихся низким естественным плодородием, в условиях короткого вегетационного периода и дефицита тепла возможна лишь при систематическом научно обоснованном применении агрохимических средств.

На основе проведенных исследований Тамарой Георгиевной были разработаны практические рекомендации по вопросам рационального использования минеральных удобрений. В составе методической комиссии по сельскому хозяйству Коми республиканского общества «Знание» она организовывала лекции и вела пропаганду достижений в области сельского хозяйства в районах Республики Коми, выступала на агрономических совещаниях. Научно-популярные книги «Северный подзол» и «Плодородие северной нивы», изданные при ее непосредственном участии, востребованы и сегодня.

Дорогая Тамара Георгиевна!

Коллектив Института биологии и родного отдела почвоведения горячо поздравляет со славным юбилеем и желает Вам и Вашей семье здоровья, благополучия, счастья!

Мы благодарны Вам за Ваш самоотверженный труд, заложивший основы повышения плодородия северных земель!

ВЫСОКО- И НИЗКОМОЛЕКУЛЯРНЫЕ ОРГАНИЧЕСКИЕ СОЕДИНЕНИЯ В ПОЧВАХ

Исследования последних лет привнесли в химию гумуса много новых положений, имеющих принципиальное значение для понимания и развития теории почвообразования, диагностики и классификации почв, а также для решения прикладных задач. Преобладающая часть публикаций посвящена свойствам специфических органических веществ – гуминовым (ГК) и фульвокислотам (ФК). Вместе с тем, повышается интерес к неспецифическим соединениям и не только с позиций анализа вероятных предшественников ГК и ФК, но и с точки зрения их прямого взаимодействия с минеральной частью почвы, влияния на миграцию элементов в почвенном профиле и ландшафте [8]. Более того, в современный период развития почвоведения одной из актуальных проблем в фундаментальном познании органического вещества является изучение структурно-функциональных параметров гумусовых соединений, перехода от «фракционно-группового» состава на «молекулярно-фрагментарный» уровень [12] и создание теоретических основ науки о сложных по составу, структуре природных органических соединениях. Создание таких основ подготовлено колоссальным эмпирическим материалом и огромными успехами современных методов спектроскопического анализа высокого разрешения. Исследования принципов строения гумусовых кислот, расшифровка внутримолекулярно «порядка» и наличия организованности того, что ранее считалось «хаосом», позволяют перейти на количественный уровень описания взаимосвязи структура–молекулярная масса, создания веществ (препаратов) с контролируемым составом и воспроизводимыми показателями.

Особая роль при исследованиях органических веществ отводится насыщенным углеводородам, так называемым молекулам-биомаркерам, или хемофоссилиям (chemical fossils). Эти соединения являются индикаторами преобразования органического вещества из различных продуцентов растительного и животного происхождения и используются для выяснения состава, определения «степени зрелости» и продуцентов генерации органического вещества [3, 4]. Источником органических веществ – хемофоссилий – являются главным образом липидные составляющие биоорганических



В. Безносиков



Е. Лодыгин



Б. Кондратенко



Д. Габов



Е. Яковлева

ких молекул, которые представляют собой продукты химического преобразования бактерий, водорослей, фито- и зоопланктона, высшей растительности [6].

В рассеянных органических веществах (РОВ) n-алканы представлены полным гомологическим рядом, начиная с метана (C₁). Конец гомологического ряда в значительной степени определяется возможностями аналитической техники. Тип распределения n-алканов зависит от ряда факторов и несет важнейшую геохимическую информацию об условиях формирования исследуемых РОВ пород. В высших растениях содержатся n-алканы с «нечетным» числом атомов углерода (C₂₅–C₃₇), а также их производные: высшие спирты и карбоновые кислоты. В высшей растительности представлены также «четные» n-алканы и «нечетные» кислоты и спирты, но в значительно более низких концентрациях [17]. Наиболее распространенными n-алканами в составе восков высшей растительности являются C₂₇, C₂₉ и C₃₁. Промежуточным вариантом накопления n-алканов характеризуются водоросли; для них характерно преобладание C₂₁, C₂₃, C₂₅ гомологов. Образование «нечетных» n-алканов в РОВ, породах объясняется тем, что большинство углеродных цепочек, синтезируемых живыми организмами, содержит четное число атомов углерода – это n-алканы, высшие спирты и карбоновые кислоты. Преобразование последних двух происходит через механизм декарбоксилации, при этом углеродная цепь укорачивается на один атом и соединение становится «нечетным». Однако в резко восстановительных условиях может преобладать реакция восстановления без изменения числа атомов углерода в цепи, и в этом случае будет происходить преимущественное накопление n-алканов с четным числом атомов углерода. Для оценки преобразования биопродуцентов органического вещества Е. Брей и Е. Эванс [15] предложили использовать соотношение «нечетных» и «четных алканов» – индексы СРІ (carbon preference index), рассчитываемые по формуле

$$CPI = 0.5[(\sum C_{25, 27, 29, 31, 33} / \sum C_{24, 26, 28, 30, 32}) + (\sum C_{25, 27, 29, 31, 33} / \sum C_{26, 28, 30, 32, 34})].$$

Согласно данным этих авторов, величина СРІ составляет для современных осадков более 5, для древних глин – от 1 до 3.

Безносиков Василий Александрович – д.с.-х.н., зав. лаб. химии почв отдела почвоведения. Область научных интересов: химия и экология почв.

Лодыгин Евгений Дмитриевич – к.б.н., с.н.с. этой же лаборатории. E-mail: lodigin@ib.komisc.ru. Область научных интересов: химия гумусовых веществ.

Кондратенко Борис Михайлович – к.х.н., зав. экоаналитической лабораторией. Область научных интересов: аналитическая химия органических соединений.

Габов Дмитрий Николаевич – к.б.н., н.с. лаб. химии почв отдела почвоведения. Область научных интересов: низкомолекулярные органические соединения в почвах.

Яковлева Евгения Вячеславовна – к.б.н., м.н.с. этой же лаборатории. Область научных интересов: полициклические ароматические соединения в почвах и растениях.



Полициклические ароматические углеводороды (ПАУ) представляют собой органические соединения бензольного ряда, различающиеся по числу бензольных колец и особенностям их присоединения. ПАУ обладают высокой мобильностью, способностью к рассеиванию в биосфере и имеют как природное, так и техногенное происхождение. Накопление ПАУ в почвах связано с процессами трансформации органических веществ и их переносом от техногенных источников. Актуальность исследований ПАУ в почвах обусловлена повышенной опасностью и масштабностью загрязнения почвенного покрова этими соединениями. Почвы – главный депонирующий ПАУ компонент ландшафта. От свойств почв зависят интенсивность накопления, миграционные характеристики, возможность консервации и последующей мобилизации данной группы органических соединений в окружающей среде. Система ПАУ – почва очень информативна: с одной стороны, почвы представляют собой достаточно устойчивую среду, в которой можно вполне корректно осуществлять наблюдение за эволюцией состава ПАУ и использовать их как маркеры процесса гумусообразования; с другой – изучение данных соединений перспективно для получения информации о путях образования различных типов ПАУ, особенностях их накопления, распределения в почвах фоновых и техногенных территорий и функциональном состоянии почв [5, 13, 14, 16]. Комплексные исследования особенностей формирования состава ПАУ, их миграционных свойств в почвах и характера техногенного воздействия на почвенный покров представляют особый интерес.

Несмотря на обилие работ в области изучения гумуса зональных почв [1, 2, 7, 8-11], структурно-функциональные параметры низко- и высокомолекулярных соединений органического вещества почв таежной зоны европейского северо-востока России являются наименее изученными. Анализ полученных экспериментальных материалов позволяет получить новую информацию о современных процессах гумусообразования основных типов почв европейского северо-востока России.

Целью работы было изучение структурной характеристики гумусовых кислот, количественного и качественного состава низкомолекулярных соединений: ПАУ и насыщенных углеводородов (НУ).

Объектами исследований послужили подзолистые и болотно-подзолистые почвы, сформированные на покровных суглинках, растения лесных фитоценозов, лизиметрические воды и атмосферные осадки фоновых и техногенных ландшафтов (зоны влияния сажевого завода, целлюлозно-бумажного комбината). Для решения поставленных задач были использованы современные физико-химические методы анализа: хромато-масс-спектрометрия, электронный парамагнитный резонанс (ЭПР), ядерный магнитный резонанс (ЯМР), высокоэффективная жидкостная и газовая хроматографии.



Структура высокомолекулярных органических соединений

В составе почвенного гумуса центральное место занимают специфические высокомолекулярные соединения: гуминовые

и фульвокислоты. Результаты исследований показали, что гумусовые кислоты почв, сформированные на покровных суглинках таежной зоны европейского северо-востока России, представляют собой полисопряженные системы с широким спектром функциональных групп и молекулярных фрагментов. На основании исследований молекулярного строения гумусовых веществ почв методами ЯМР- и ЭПР-спектроскопии идентифицированы следующие функциональные группы и молекулярные фрагменты: карбоксильные ($-COOR$); карбонильные ($-C=O$); CH_3- , CH_2- , $CH-$ алифатические; $-C-OR$ спиртов, эфиров и углеводов; фенольные ($Ar-OH$); хинонные ($Ar=O$); ароматические ($Ar-$), что свидетельствует о большой сложности строения гумусовых веществ и полифункциональных свойствах, обуславливающих их активное участие в почвенных процессах. Наличие карбоксильных, гидроксильных и карбонильных групп в сочетании с ароматическими структурами обеспечивает способность гумусовых кислот вступать в обменные и донорно-акцепторные взаимодействия, образовывать водородные связи, активно участвовать в сорбционных процессах. Формирование структурно-функциональных параметров гумусовых веществ в автоморфных типичных подзолистых почвах происходит в своеобразных условиях почвообразования. Это приводит к образованию из мохово-лесной подстилки низкомолекулярных легкоподвижных гумусовых веществ, обогащенных кислородсодержащими функциональными группами (гидроксильные, карбонильные и карбоксильные), которые способствуют мобилизации минеральных соединений в подзолистом горизонте и их вымыванию, что влечет за собой образование под малоомощной грубогумусной подстилкой элювиально-го подзолистого горизонта.

В подтипе торфянисто-подзолисто-глеевой почвы избыточное увлажнение и анаэробные условия, длительные восстановительные процессы и кратковременный окислительный режим усиливают образование гумусовых веществ, имеющих более низкую степень ароматичности и содержащих в своей структуре в основном неокисленные алифатические фрагменты. Однако, значительно большее количество свободных и связанных с полуторными оксидами фракций гуминовых и фульвокислот (по сравнению с типичными подзолистыми почвами) в сочетании с промывным водным режимом и глеевыми процессами в кислой среде приводит к более интенсивному процессу подзолообразования.

Анализ молекулярной структуры гумусовых веществ показал, что макромолекулы ГК исследованных почв содержат в своем составе значительное количество каркасных ароматических фрагментов (до 44.6 %) с относительно небольшой долей углеводной периферии, о чем свидетельствуют более высокие значения отношений Ar/Al по сравнению с ГК. Высокая ароматичность ГК обуславливает их повышенную устойчивость. В углеродном скелете фульвокислот преобладают алифатические цепочки и структуры типа углеводов, аминокислот (до 77.8 %), что определяет их высокую растворимость и низкую гидрофобность. Сравнительный анализ структурного состава гуминовых кислот подзолистых и болотно-подзолистых почв показал, что ис-

следованные препараты ГК сезонно-промерзающих почв европейского Северо-Востока более обогащены ароматическими структурами по сравнению с мерзлотными подзолами (Spodic Cryosols) и менее – с ГК почв южных регионов – серых лесных и черноземов.

Полученные аналитические материалы исследуемых почв выявили влияние гидроморфизма на структуру гумусовых соединений. Избыточное увлажнение заметно влияет не только на количество накапливаемых гумусовых соединений, но и оказывает воздействие на их молекулярную структуру, а именно обуславливает накопление в торфянисто-подзолисто-глеевой почве гумусовых веществ, обогащенных алифатическими структурами. На наш взгляд, такое предположение связано с тем, что при восстановлении соединений железа, марганца, азота и серы преимущественно будут окисляться спиртовые (–С–ОН) и альдегидные (–С=О) фрагменты гумусовых веществ.

В процессе освоения типичных подзолистых почв в пахотном горизонте происходят значительные изменения: снижается кислотность, повышается степень насыщенности почвенно-поглощающего комплекса основаниями. Это приводит к увеличению количества гуминовых кислот и изменению содержания функциональных групп в их составе, выражающемуся в относительном уменьшении карбоксильных функциональных групп и повышении доли ароматических молекулярных фрагментов с развитой системой конденсированных ароматических ядер, что делает гумусовые кислоты менее агрессивными и способствует их накоплению в пахотном горизонте.

Результаты, полученные методом ¹³С-ЯМР спектроскопии, согласуются с данными элементного состава ГК. Анализ элементного состава препаратов гумусовых кислот показал, что ГК и ФК типичной подзолистой почвы наиболее гумифицированы по сравнению с гумусовыми кислотами торфянисто-подзолисто-глеевой почвы. Это обуславливает низкие значения атомных отношений (Н/С)_{исп} и высокие О/С в препаратах ГК и ФК типичной подзолистой почвы. Уменьшение отношения (Н/С)_{исп} указывает на возрастание доли ароматических фрагментов в структуре ГК при переходе от органогенных горизонтов к минеральным во всех исследованных почвах. Расчет степени окисленности показал, что ГК подзолистых и торфянисто-подзолисто-глеевых почв слабо восстановлены (ω от –0.91 до –0.09). ФК этих почв представляют собой слабо окисленные соединения (ω от +0.40 до +0.76). Установлено, что с нарастанием степени гумификации ГК в минеральных горизонтах повышается их степень окисленности. Отмечена пониженная степень окисленности ФК подзолистых почв и повышенная – торфянисто-подзолисто-глеевых, а для ГК характерна противоположная закономерность. Подобная особенность трансформации молекул ГК определя-

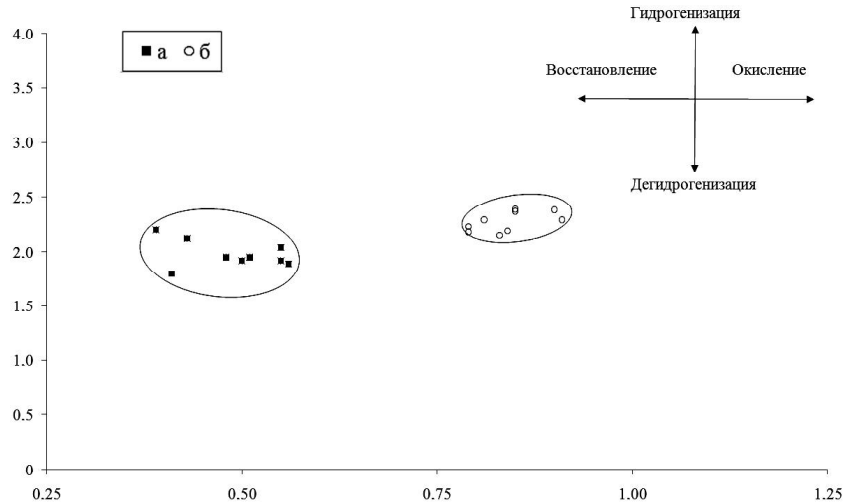


Рис. 1. Атомные соотношения элементов в препаратах гуминовых (а) и фульвокислот (б). По горизонтали и вертикали: соотношения О/С и (Н/С)_{исп} соответственно.

ется интенсивностью микробиологической деятельности почв. При повышенной биологической активности почв происходит более быстрое разрушение неспецифических соединений и наиболее простых гумусовых веществ. Поэтому более высокая биологическая активность подзолистых почв по сравнению с торфянисто-подзолисто-глееватыми способствует окислению молекул ГК, что приводит к образованию и накоплению наиболее устойчивых кислородсодержащих продуктов. ФК в подобных условиях являются одними из наиболее доступных соединений для почвенных микроорганизмов и поэтому быстро ими разрушаются, что приводит к постоянному их обновлению. В результате ФК типичных подзолистых почв представлены наиболее молодыми и менее окисленными фрагментами.

На основании проведенных исследований получен массив данных по элементному составу препаратов гумусовых кислот почв разного генезиса. Графико-статистический анализ гумусовых веществ типичных подзолистых, торфянисто-подзолисто-глеевых и пахотных подзолистых почв по Д. ван Кревелену подтверждает более высокую окисленность и низкую обуглероженность ФК по сравнению с ГК, что указывает на значительную замещенность ароматических колец и развитие боковых алифатических цепей (рис. 1).

Исследования молекулярно-массового распределения препаратов гумусовых веществ, выделенных из подзолистых, глееподзолистых и торфянисто-подзолисто-глеевых почв, показали, что ГК содержат три фракции с разной молекулярной массой: >150, 73-80 и 13-23 kDa; ФК – две фракции: <5 и 1-2 kDa. Невысокая молекулярная масса ФК способствует их лучшей растворимости и миграционной способности. Гуминовые кислоты автоморфных почв характеризуются высоким содержанием низкомолекулярных фракций, а доля высокомолекулярной фракции в ГК подстилки в 1.5-2.0 раза выше, чем в ГК подзолистого горизонта.

Исследована парамагнитная активность гумусовых кислот, которая характеризует зрелость и сформированность гумусовых



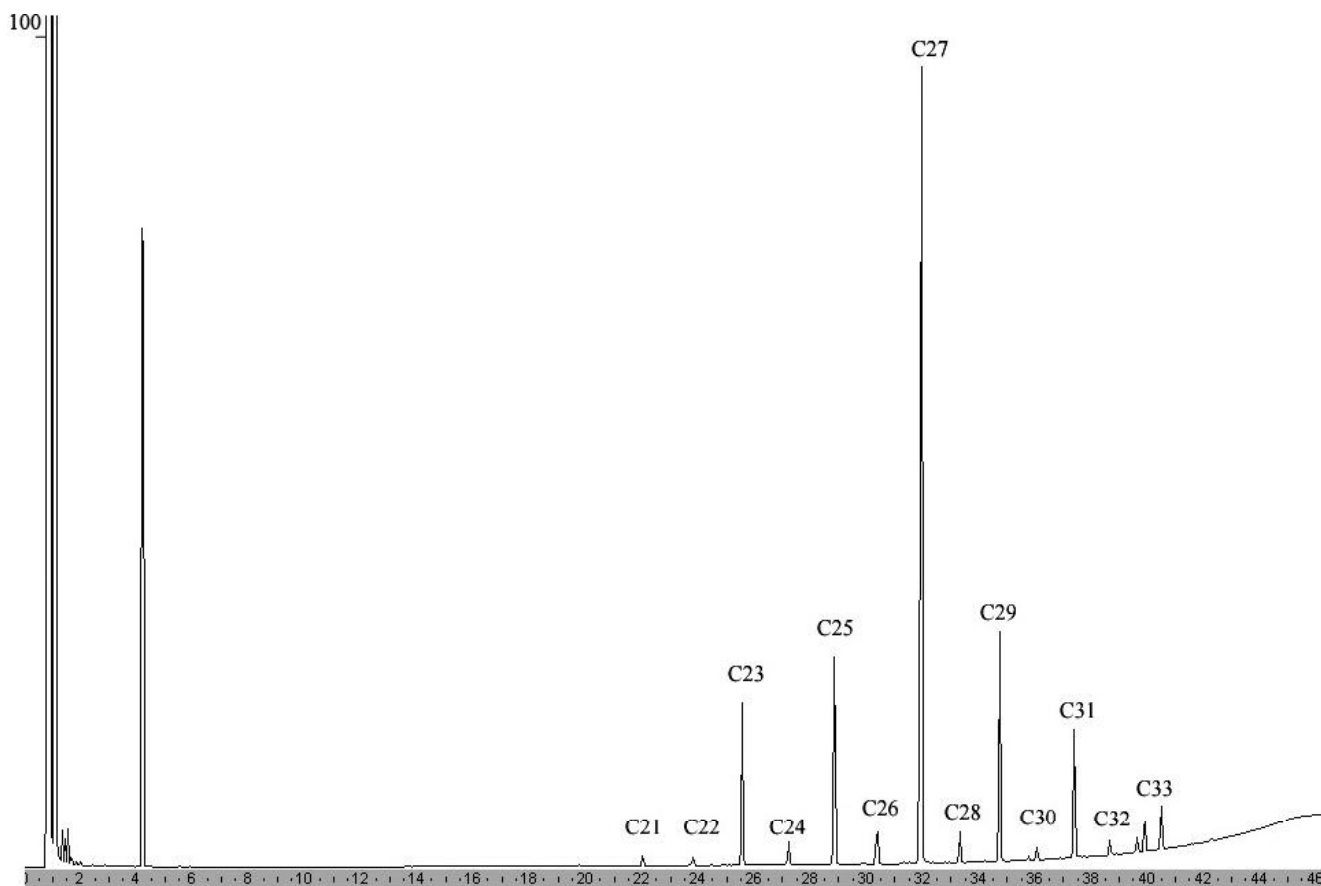


Рис. 2. Хроматограмма н-алканов в органогенном горизонте фоновых торфянисто-подзолисто-глееватых почв. По горизонтали: время удерживания, мин.; по вертикали – интенсивность, %

веществ, устойчивость их к деструкции и минерализации под воздействием биотических и абиотических факторов. Свободные радикалы ГК, обладая большим запасом энергии и высокой активностью, играют важную роль в химических реакциях между органическими, органоминеральными и минеральными веществами. В ГК исследованных почв содержание свободных радикалов в 1.5-5.0 раз больше, чем в препаратах ФК, что обуславливает их высокую способность к реакциям полимеризации и комплексообразования по радикальному механизму. Содержание свободных радикалов в препаратах гуминовых кислот уменьшается по профилю исследованных почв, что свидетельствует о более высокой устойчивости их молекул в минеральных горизонтах по сравнению с гуминовыми кислотами органогенных горизонтов. По содержанию парамагнитных центров в препаратах ГК и ФК выявлена близость подзолистых поверхностно-глееватых к типичным подзолистым почвам, что сближает их классификационное положение в систематическом списке почв Республики Коми. Усиление степени гидроморфизма приводит к повышению концентрации свободных радикалов в структуре гумусовых кислот.



Низкомолекулярные органические соединения

Насыщенные углеводороды. Исследования показали, что в фоновых торфянисто-подзолисто-глееватых почвах северной и средней тайги насыщенные углеводороды

представлены идентичными гомологическими рядами н-алканов, начиная с C_{21} и заканчивая C_{33} (рис. 2), что свидетельствует о единых механизмах их накопления в почвах разных биоклиматических зон. Однако, количественные показатели образования насыщенных углеводородов в органогенных горизонтах почв в 2.3 раза ниже в северной, чем средней тайге (62.67 и 142.73 мкг/г почвы соответственно). Это обусловлено замедленной минерализацией органического вещества растительного и животного происхождения в почвах северной тайги в связи с неблагоприятными гидротермическими условиями: пониженной температурой и повышенной влажностью. В более благоприятных условиях средней тайги интенсивность минерализации органического вещества возрастает, что приводит к значительному накоплению н-алканов как в органогенных, так и минеральных горизонтах. Необходимо отметить особенности накопления и распределения углеводородов по профилю почв: накопление н-алканов в почвах имеет ярко выраженный аккумулятивный характер в торфянистых подстилках; в органогенных горизонтах доминируют высокомолекулярные н-алканы с «нечетным» числом атомов углерода ($C_{27}-C_{35}$), суммарная массовая доля которых в 13 раз превышает массовую долю «четных» углеводородов. Значения индексов СРІ практически одинаковы для фоновых почв как средней, так и северной тайги, по мере нарастания глубины профиля, начиная с 10-20 см, доля «нечетных» н-алканов резко уменьшается и уже в элювиальной толще практически выравнивается с «четными» алкана-

ми. В горизонтах ВС-С значение массовой доли «четных» насыщенных углеводородов достигает 52.6-59.8 % общей их суммы в этих горизонтах, а индексы СРІ соответственно уменьшаются до значений 1-2.

Образование «нечетных» *n*-алканов ($C_{27}-C_{35}$) происходит преимущественно за счет автотрофных организмов, главным образом высших растений. Массовая доля нечетных алканов в органогенном горизонте составляет 69.8-71.9 %, в минеральных горизонтах их содержание уменьшается до 37.6 % (горизонт С). Формирование пула «нечетных» *n*-алканов с количеством атомов углерода C_{21} , C_{23} , C_{25} происходит в основном в результате жизнедеятельности водорослей. Массовая доля данных алканов в горизонте О составляет 16.7-21.0, минеральной толще – 8.4-16.2 % общего содержания углеводородов в данных горизонтах.

Общие качественные закономерности формирования состава *n*-алканов в аэротехногенных почвах и почвах фоновых ландшафтов сходны. Для всех техногенных почв характерна аккумуляция *n*-алканов в органогенных горизонтах. В профиле северотаежной торфянисто-подзолисто-глеевой почвы массовая доля суммы *n*-алканов в органогенном горизонте составляет 84, среднетаежной – 30 мкг/г. Резкое снижение *n*-алканов и СРІ до 8.5 (фон – 13.3) в почвах санитарно-защитной зоны лесопромышленного комплекса (средняя тайга) обусловлено значительным загрязнением почв различными поллютантами и снижением биопродуктивности растительного покрова, который является главным продуцентом алифатических углеводородов. Отмеченное увеличение *n*-алканов в импактной зоне сажевого завода (северная тайга) по сравнению с фоном обусловлено, вероятно, изменением энергетического баланса территории вследствие изменения альбедо. Сажевая пыль, попадая на поверхность почвы, снижает отражающую способность, поглощает солнечную энергию, повышает температуру поверхности почвы и припочвенного воздуха, что способствует росту продуктивности растительного покрова и синтеза насыщенных углеводородов. Абсолютные количества насыщенных углеводородов в техногенных ландшафтах средней тайги в 4.8 ниже фоновых, северной тайги – в 1.3-1.4 выше. Полученные результаты свидетельствуют о том, что в импактных зонах накопление *n*-алканов в почвах происходит в основном за счет педогенеза.

Выявлены сходные закономерности вертикальной дифференциации *n*-алканов в техногенно-трансформированных и фоновых почвах. В профилях почв, формирующихся в условиях интенсивной техногенной нагрузки (сажевый завод, целлюлозно-бумажный комбинат) и их фоновых аналогах, наблюдается резкая приповерхностная аккумуляция как «нечетных», так и «четных» *n*-алканов. В составе *n*-алканов органогенных горизонтов преобладают «нечетные» углеводороды. В минеральных горизонтах всех исследованных аэротехногенных почв массовые доли «нечетных» и «четных» алканов имеют сопоставимые показатели. Результаты исследований показали, что по значениям индексов СРІ можно судить о степени трансформации органических веществ в почвах и их загрязненности.

Полициклические ароматические углеводороды. Изучение ПАУ в системе атмосферные осадки–почва–растения–лизиметрические воды позволяет выявить закономерности биоаккумуляции и трансформации полиаренов в системе почва–растения. На основании проведенных исследований установлено, что накопление ПАУ в лесном биоценозе происходит в результате осаждения их с атмосферными осадками на подстилающую поверхность, миграции, разложения органических остатков в процессе почвообразования и потребления растительностью.

Атмосферные осадки. Формирование состава полиаренов в системе почва–растения обусловлено техногенными выбросами (сажевый завод). В газопылевых выбросах этого предприятия содержится значительное количество полиароматических углеводородов, что определяет их повышенное содержание в атмосферных осадках и выпадение на подстилающую поверхность (38.0 мкг/м²).

Модуль поступления ПАУ на подстилающую поверхность в зоне влияния сажевого завода превышает фоновые значения в 3.3 раза. Анализ результатов осаждения ПАУ с атмосферными осадками на подстилающую поверхность (почвы) как фоновых, так и техногенных ландшафтов, показал наличие в осадках в основном легких 3,4-ядерных низкомолекулярных полиаренов, таких как фенантрен, флуорантен, пирен. Тяжелые ПАУ бензо[*b*]флуорантен, бензо[*k*]флуорантен, бензо[*a*]пирен, дибензо[*a,h*]антрацен, бензо[*ghi*]перилен, индено[1,2,3-*cd*]пирен в атмосферных осадках отсутствуют. Отсутствие тяжелых 5,6-ядерных ПАУ в осадках указывает на их почвенное происхождение. Состав ПАУ осадков фоновых территорий на 66 % представлен фенантеном, в аэротехногенных ландшафтах увеличивается массовая доля флуорантена и пирена с 28 до 56 %.

Лизиметрические воды. Миграция ПАУ с лизиметрическими водами из органогенных и минеральных горизонтов фоновых и техногенных почв происходит в основном за счет низкомолекулярных наиболее растворимых ПАУ (фенантрен, флуорантен, пирен). Тяжелые ПАУ в лизиметрических водах либо отсутствовали, либо их содержание находилось на «следовом» уровне. В целом массовая доля полиаренов, вымывающихся из органогенных горизонтов, незначительна и составляет 0.4-0.9 % общих запасов в данном горизонте. Тяжелые углеводороды, имеющие низкую растворимость, в лизиметрических водах из горизонтов А2В отсутствовали.

Почвы. Общая массовая доля полиаренов в фоновых почвах органогенных горизонтов составляет 471, в том числе легких 311 мкг/м² (65.8 %), причем низкомолекулярные ПАУ представлены главным образом фенантеном и флуорантеном, в аэротехногенных соответственно 1493 и 917 мкг/м². В количественном аспекте достоверно зафиксирован прирост полиаренов в почве за счет атмосферных осадков только по фенантеному. Учитывая, что общие запасы ПАУ в почве значительно превышают их поступление с атмосферными осадками, следует констатировать, что образование как легких, так и тяжелых полиаренов главным образом результат почвообразования.



Растения. Биоаккумуляция ПАУ растениями происходит в основном за счет низкомолекулярных полиаренов – фенантрена, флуорантена, пирена: их массовая доля в фоновых ландшафтах составляет 82, в техногенных – 80 %. Общий прирост накопления ПАУ в растениях в результате техногенеза составил 280 мкг/м, или 39 % суммы потребления полиаренов фоновых ландшафтов.

Анализируя полученные результаты, следует констатировать, что биоаккумуляция ПАУ максимальна в импактной зоне и на расстоянии в 1.5 км от источника эмиссии. Накопление полиаренов в растениях происходит в основном за счет низкомолекулярных углеводов. Основная массовая доля ПАУ в растениях смешанного елово-березового леса северной тайги идентифицирована для *Picea obovata*, которая составляет основную фитомассу данного фитоценоза. Вклад *Picea obovata* в потребление ПАУ на порядок выше, чем биоаккумуляция в исследуемых кустарничках и *Betula pendula*, наименьшая доля приходится на *Sorbus aucuparia* и *Rhytidiadelphus triquetrus*. Следует отметить, что для загрязненной территории импактной зоны характерны высокие корреляционные взаимосвязи между содержанием полиаренов в выбросах предприятия, почвами и растениями. Коэффициенты корреляции составили: выбросы/почва – $r = 0.87$; растения/выбросы и растения/почва для *Vaccinium myrtillus* соответственно – $r = 0.96$ и $r = 0.87$ (при $n = 8$, $P = 0.95$). Массовые доли ПАУ (в особенности низкомолекулярных) в выбросах, почвах и растениях тесно коррелируют между собой. Это свидетельствует о том, что растения активно поглощают и накапливают полиарены из среды обитания – почвы и атмосферы.

В модельных экспериментах выявлены биологические эффекты в почве и растениях *Tradescantia* (clon 02), индуцированные бенз[а]пиреном. Микробное сообщество наиболее чувствительно к внесению бенз[а]пирена в почву. Микроорганизмы, использующие минеральные формы азота, обладают высокой резистентностью, их содержание в почве почти не меняется при разных дозах бенз[а]пирена. По устойчивости к бенз[а]пирену почвенную микробиоту можно расположить в следующий убывающий ряд: микроорганизмы, использующие минеральные формы азота > аммонификаторы > целлюлозолитики > сахаролитики.

Изменения в соотношении разных групп микробиоты, связанные с увеличением доз бенз[а]пирена в почве, приводят к линейному росту коэффициента минерализации почвенного органического вещества (отношение содержания микроорганизмов, использующих минеральные формы азота, к содержанию аммонификаторов в почве). Известно, что микровицы синтезируют и выделяют во внешнюю среду разнообразные гидролитические ферменты, расщепляющие органические субстраты разной химической природы. Деструкция ПАУ в почве углеводородокисляющими микроорганизмами начинается с гидроксирования одного ароматического кольца. Окисление двух- и трехъядерных аренов через ряд промежуточных продуктов приводит к образованию двухатомных фенолов и карбоксилсодержащих производных. Под воздействи-

ем микробных ферментов происходят сложные процессы изменения количественного соотношения ПАУ в почве. Возможно, эти процессы обуславливают и образование полиаренов за счет конденсации частично окисленных углеводов. Бенз[а]пирен при низких дозах (до 20 нг/г почвы) разлагается микробиотой почти полностью до легких ПАУ, при высоких дозах (до 40 нг/г почвы) трансформируется в меньшей степени, в основном до тяжелых полиаренов (бензо[б]флуорантен, бензо[к]флуорантен).

При внесении бенз[а]пирена в почву происходит перераспределение популяций микровиц по степени доминирования и уменьшение их биоразнообразия. На основании уровня встречаемости все виды микровиц разделены нами на три группы:

- виды, чувствительные к антропогенной нагрузке, доминируют в почвах контрольного варианта, но исчезают при загрязнении почвы бенз[а]пиреном (представители родов *Geomyces*, *Mortierella*, *Mucor*, *Chaetomium*, наиболее чувствителен вид *Geomyces pannorum*);

- виды, устойчивые к различным дозам бенз[а]пирена (*Fusarium moniliforme*, *Penicillium camemberti*);

- виды, отсутствовавшие в контрольной почве, но доминирующие при высоких (30-40 нг/г) дозах бенз[а]пирена (виды родов *Cladosporium* sp., *Gliocladium* sp., *Paecilomyces*). Наибольший интерес для мониторинговых исследований в качестве индикаторных видов представляют *Paecilomyces lilacinus* и *Fusarium moniliforme*.

Изменение биомассы традесканции с увеличением количества бенз[а]пирена, внесенного в почву, подчинялось нелинейной зависимости, которая хорошо описывалась уравнением второй степени ($R^2 = 0.95$). Такой характер изменения биомассы всего растения от дозы внесенного бенз[а]пирена обусловлен в основном изменением биомассы корней растения, которое в сочетании с фактом увеличения частоты проявления гигантских клеток в волосках тычиночных нитей (ВТН) *Tradescantia* (clon 02) может свидетельствовать об ауксиновом действии карбоксилсодержащих продуктов метаболизма бенз[а]пирена. Известно, что фитогормон ауксин (β -индолилуксусная кислота) даже в микроколичествах регулирует рост растений.

При исследовании генотоксичных эффектов у *Tradescantia* (clon 02) было установлено, что растение по-разному реагирует на дозовые нагрузки бенз[а]пирена на морфологическом, физиологическом и генетическом уровнях. Частота проявления морфологических аномалий в цветках и ВТН *Tradescantia* (clon 02) закономерно увеличивается с ростом дозы бенз[а]пирена в почве (см. таблицу). Наблюдается линейный рост частоты появления изгибов в ВТН, цветков с нераскрывшимися бутонами и сросшимися лепестками. Изменения частоты проявления морфологических аномалий (МА) аналогичны изменению содержания бенз[а]пирена в растении: с увеличением дозы бенз[а]пирена в почве возрастает массовая доля его в растении. Также изменяется частота проявления угнетения клеточного деления (УКД) до уровня 40 нг/г бенз[а]пирена в почве. Розовые мутантные события (РМС) – истинные генетические мутации, которые чувстви-



Нарушения в волосках тычиночных нитей (ВНТ) *Tradescantia* (clon 02), %

Массовая доля бенз[а]пирена, нг/г почвы	Количество ВНТ, шт.	Показатель, $\bar{X} \pm S\bar{X}$			
		РМС	БМС	УКД	МА
0	14735	0.11 ± 0.03	0.75 ± 0.12	1.27 ± 0.12	1.58 ± 0.15 (0.12 ± 0.09)
10	5316	0.11 ± 0.05	0.97 ± 0.22	2.14 ± 0.31	2.59 ± 0.43 (0.52 ± 0.40)
20	7824	0.27 ± 0.08	0.68 ± 0.15	2.10 ± 0.26	3.06 ± 0.35 (0.68 ± 0.36)
30	6566	0.10 ± 0.04	1.15 ± 0.25	2.92 ± 0.42	3.28 ± 0.26 (1.14 ± 0.50)
40	5001	0.30 ± 0.08	0.98 ± 0.17	1.93 ± 0.26	3.81 ± 0.40 (1.74 ± 0.80)

Примечание: РМС и БМС – розовые и белые мутантные события, УКД – угнетение клеточного деления, МА – морфологическая аномалия. В скобках указана величина показателя для цветков.

тельны к загрязнению бенз[а]пиреном. Частота их проявления отражает все этапы адаптации растения к повышенным дозам бенз[а]пирена и согласуется с теорией стресса Селье. С ростом содержания бенз[а]пирена в растении частота проявления РМС сначала увеличивается, затем следует снижение, которое может быть объяснено включением в растительных клетках механизмов адаптации. Дальнейший рост частоты РМС связан с угнетенным состоянием растения при повышенных дозах бенз[а]пирена. Частота проявления физиологических эффектов УКД и белых мутантных событий (БМС) изменяется асимметрично частоте проявления РМС. Снижение частоты проявления розовых мутаций объясняется гибелью мутантных клеток и отсутствием пигментов в клетках, что выражается в увеличении частоты УКД и БМС.

Таким образом, проведенные систематические исследования физико-химических, структурных и функциональных показателей гумусовых кислот и неспецифических органических соединений, выполненные в рамках единого методологического подхода, позволили выявить закономерности состава и свойств органического вещества почв, сформированных на покровных суглинках таежной зоны европейского северо-востока России. Идентифицированы и количественно определены следующие функциональные группы и молекулярные фрагменты: карбоксильные, карбонильные, алифатические, фенольные, хинонные, ароматические, структуры спиртов, эфиров и углеводов. Анализ молекулярной структуры препаратов гумусовых веществ показал, что ГК содержат в своем составе значительное количество ароматических фрагментов, что обуславливает их высокую устойчивость. В углеродном скелете ФК преобладают алифатические цепочки и структуры типа углеводов, аминокислот. Выявлено влияние избыточного увлажнения на молекулярную структуру гумусовых соединений. В торфянисто-подзолисто-глеевой почве ГВ более обогащены алифатическими структурами по сравнению с подзолистыми почвами. Оценена парамагнитная активность гумусовых веществ подзолистых и болотно-подзолистых почв. В ГК всех исследованных почв содержание свободных радикалов значительно больше, чем в препаратах ФК, что обуславливает их высокую способность к реакциям полимеризации и комплексобразования по радикальному механизму. Содержание свободных радикалов в препаратах гуминовых кислот уменьшается по профилю исследованных почв, что свидетельствует о более высокой устойчивости их молекул в минеральных гори-

зонтах по сравнению с гуминовыми кислотами органогенных горизонтов. Гомологический ряд н-алканов в почвах представлен углеводородами C₂₁–C₃₃. В составе органического вещества почв преобладают структуры с «нечетным» числом атомов углерода C₂₅, C₂₇, C₂₉, C₃₁, C₃₃, C₃₅. Суммарное фоновое содержание н-алканов в органогенных горизонтах почв средней тайги существенно выше, чем северной, однако механизм образования насыщенных углеводородов в процессе педогенеза в разных биоклиматических зонах практически одинаков, что подтверждается идентичным качественным составом насыщенных углеводородов в почвах. Результаты исследований показали, что по значениям индексов СРІ можно судить о степени трансформации органических веществ в почвах и их загрязненности.

В системе почва–растение идентифицированы нафталин, флуорен, фенантрен, антрацен, флуорантен, пирен, бенз[а]антрацен, хризен, бенз[б]флуорантен, бенз[к]флуорантен, бенз[а]пирен, дибенз[а, h]антрацен, бенз[ghi]перилен, индено[1,2,3-cd]пирен. Обнаружен эффект селективного образования ПАУ в почвах, дифференцированный относительно дозы бенз[а]пирена: при внесении низких доз бенз[а]пирена в почву образуются в основном легкие 3,4-ядерные полиарены, представленные преимущественно хризенном, при высоких дозах – тяжелые 5,6-ядерные ПАУ, в составе которых преобладает бенз[б]флуорантен. При внесении бенз[а]пирена в почву в низких дозах продукты его метаболизма оказывают на *Tradescantia* (clon 02) ауксиновое действие, высокие дозы бенз[а]пирена приводят к ингибированию этих процессов. Бенз[а]пирен, внесенный в почву, снижает биоразнообразие и численность микроорганизмов. Обнаружена устойчивость микроорганизмов, использующих минеральные формы азота, к повышенному содержанию бенз[а]пирена в почве. Выявлены индикаторные виды грибов – *Fusarium moniliforme* и *Paecilomyces lilacinus*, которые не были доминантами или отсутствовали в почве контрольного варианта. Основной вклад техногенных ПАУ в почву и растения вносят полиарены с 3,4-ядерной структурой. Максимальное биопотребление ПАУ отмечено листьями *Vaccinium myrtillus*, хвоей и ветвями *Picea obovata* четвертого-пятого года жизни. Основной детерминант токсикологической активности депонирующих сред (почвы, растения) – общее содержание 5,6-ядерных полиаренов.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (гранты № 07-04-00285 и 11-04-00086).



ЛИТЕРАТУРА

1. *Александрова Л.Н.* Органическое вещество почвы и процессы его трансформации. Л., 1980. 287 с.
2. *Арчегова И.Б.* Гумусообразование на севере европейской территории СССР. Л., 1985. 137 с.
3. *Бушнев Д.А.* Основы геохимической интерпретации данных по составу и распределению индивидуальных органических соединений в нефтях и осадочных породах. Сыктывкар, 1999. 48 с.
4. *Вассоевич Н.Б.* Геохимия органического вещества и происхождение нефти. М.: Наука, 1986. 368 с.
5. *Габов Д.Н.* Идентификация полициклических ароматических углеводородов в почвах / *Д.Н. Габов Д.Н., В.А. Безносиков, Б.М. Кондратенко, Д.А. Бушнев* // Почвоведение, 2004. № 11. С. 1305-1312.
6. *(Каширцев В.А.)* Биомаркеры в нефтях восточных районов Сибирской платформы как индикаторы условий формирования нефтепроизводных отложений / *В.А. Каширцев, А.Э. Конторович, Р.П. Филл* и др. // Геология и геофизика, 1999. Т. 40, № 11. С. 1700-1710.
7. *Кононова М.М.* Проблема органического вещества на современном этапе // Органическое вещество целинных и освоенных почв. М.: Наука, 1972. С. 7-29.
8. *Орлов Д.С.* Гумусовые кислоты почв и общая теория гумификации. М.: Изд-во МГУ, 1990. 325 с.
9. *Пономарева В.В.* Теория подзолообразовательного процесса. Биохимические аспекты. М.-Л., 1964. 379 с.
10. *Слобода А.В.* Изменение в содержании и составе органического вещества при окультуривании подзолистых почв // Современные процессы в почвах северо-востока европейской части СССР. Л., 1970. С. 85-91.
11. *Тюрин И.В.* Органическое вещество почвы и его роль в плодородии. М.: Наука, 1965. 319 с.
12. *Фокин А.Д., Князев Д.А., Кузяков Я.В.* Включение ¹⁴C и ¹⁵N аминокислот и нуклеиновых оснований в гумусовые вещества и скорость обновления их атомно-молекулярного состава // Почвоведение, 1993. № 12. С. 39-46.
13. *(Чернянский С.С.)* Органофильность дерново-глеевой почвы с высоким уровнем загрязнения полициклическими ароматическими углеводородами / *С.С. Чернянский, Т.А. Алексеева, А.Н. Геннадиев, Ю.И. Пиковский* // Почвоведение, 2001. № 11. С. 1312-1322.
14. *Шурубор Е.И.* Полициклические ароматические углеводороды в системе почва-растение района нефтепереработки (Пермское Прикамье) // Почвоведение, 2000. № 12. С. 1509-1514.
15. *Bray E.E., Evans E.D.* Hydrocarbons in non-reservoir-rock source beds: Part 1 // AAPG Bull., 1965. Vol. 49. P. 248-257.
16. *Ericsson M., Colmsjo A.* Dynamic microwave-assisted extraction coupled on-line with solid-phase extraction: determination of polycyclic aromatic hydrocarbons in sediment and soil // J. Chromatography A, 2002. Vol. 964, №. 1-2. P. 11-20.
17. *(Waldron J.D.)* Further observation on the paraffins and primary alcohols of plant waxes / *J.D. Waldron, D.S. Govers., A.S. Chibnal et al.* // Biochem J., 1961. 78. P. 435-442. ❖

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ КИСЛОТНОСТИ ПОЧВ ТАЕЖНОЙ И ТУНДРОВОЙ ЗОН СЕВЕРО-ВОСТОКА РОССИИ

Кислотность почв является одним из базовых понятий почвоведения и важнейшей химической характеристикой почв таежной и тундровой природных зон. Кислотно-основное состояние обуславливает подвижность химических элементов, состав обменных катионов, емкость катионного обмена и другие свойства. В этой связи знание показателей кислотности почв необходимо при решении различных проблем химии почв, агрохимии и экологии. К настоящему времени отечественными и зарубежными исследователями сформулирована концепция кислотности почв и разработаны подходы к ее изучению. Вместе с тем, Д.С. Орлов [6] писал, что природа кислотности почв и методы ее определения остаются одними из наиболее сложных и спорных разделов почвоведения. На его взгляд неотложной современной задачей является приведение почвенно-химических параметров в строгое соответствие с законами современной химии. Рассмотрим раз-

личные аспекты этой научной проблемы.

Варьирование показателей кислотно-основного состояния автоморфных таежных и тундровых суглинистых почв Республики Коми

Оценка варируемости показателей кислотно-основного состояния почв является обязательной начальной стадией организации и проведения любых видов почвенно-химического мониторинга [11, 16]. Общее пространственное варьирование показателей почв определяется свойством объекта, аналитической ошибкой и размерами участка опробования. Соотношение размаха пространственно и временного варьирования показателей может изменяться в зависимости от особенностей почв и условий почвообразования конкретной территории. В отдельные годы и в таежных, и в тундровых почвах временное варьирование показателей кислотности

может быть выше пространственно.

Для территории Республики Коми проблема изменчивости показателей кислотности почв изучена недостаточно. Вместе с тем, к настоящему времени опубликован обширный фактический материал, дающий возможность анализа, обобщения и статистической обработки. Для этих целей была создана база данных ретроспективных рядов показателей кислотности для генетических горизонтов суглинистых автоморфных дерново-подзолистых (ДП), типичных подзолистых (ТП), глееподзолистых (ГП) и тундровых поверхностно-глеевых (ТПГ) почв Республики Коми за 1952-2010 гг. База включает следующие показатели: r_{H_2O} и r_{KCl} , обменную ($H_{обм}$), гидrolитическую ($H_{вод}$) кислотность и степень насыщенности почвенного погло-



Е. Шамрикова



Шамрикова Елена Вячеславовна – к.б.н., с.н.с. отдела почвоведения. E-mail: shamrik@ib.komisc.ru. Область научных интересов: *природа кислотности почв, физико-химические методы исследований.*

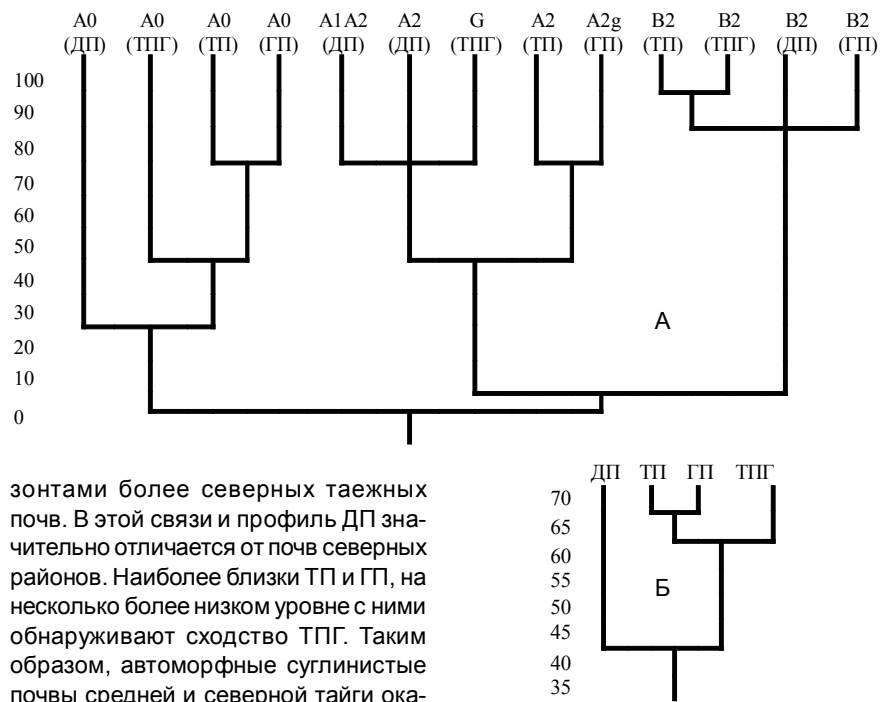
щающего комплекса (ППК) по гидролитической кислотности ($Q_{\text{вод}}$). Все признаки характеризуются нормальным типом распределения. Значения коэффициентов вариации (V) для pH_{H_2O} и pH_{KCl} составляют $<10\%$. Для обменной, гидролитической кислотности и насыщенности V изменяются по почвам и горизонтам в пределах $10-50\%$.

Методом кластерного анализа по указанным показателям были построены дендрограммы сходства горизонтов и разрезов почв (рис. 1). Все горизонты делятся на три группы: органо-генные, элювиальные и иллювиальные. В пределах таежной зоны существенно различаются органо-генные горизонты в связи с тем, что от южной подзоны к северной в почвах значительно снижаются pH_{H_2O} и pH_{KCl} , $Q_{\text{вод}}$ и повышаются $H_{\text{обм}}$ и $H_{\text{вод}}$. Этот факт объясняется особенностями биологического круговорота Ca^{2+} , Mg^{2+} и K^+ , участвующих в нейтрализации кислотных компонентов в почвах разных зон и подзон. Суммарное количество этих элементов, ежегодно поступающих с растительным опадом на единицу площади, в средней и южной тайге в 2.5-3.5 раза выше, чем в северной тайге и тундре [7].

Широтная зональность влияет и на свойства элювиальных горизонтов автоморфных почв таежной зоны, но в меньшей степени. В направлении с юга на север выражено уменьшение pH_{H_2O} и некоторое увеличение $H_{\text{обм}}$ и $H_{\text{вод}}$. Глеевый горизонт тундровой почвы оказывается более близок к горизонту A2(ДП), они значимо не различаются по значениям pH_{KCl} , $H_{\text{обм}}$ и $Q_{\text{вод}}$. По этим же показателям сходны между собой элювиальные горизонты почв средней и северной тайги. Указанные подгруппы значимо различаются между собой по значениям pH_{H_2O} , $H_{\text{обм}}$ и $H_{\text{вод}}$.

По статистическим показателям свойства горизонтов B2 почв разных зон сходны, что может быть объяснено палеогеографической историей данной территории. В то время, когда она вся до побережья была облесена, формировались сходные по всем показателям иллювиальные горизонты. При изменении климата и соответственно растительного покрова эти горизонты проявили себя как наиболее консервативные прежде всего из-за сходства их глинисто-минералогического состава, сложения, физических и физико-химических свойств.

Органо-генные и элювиальные горизонты ДП обнаруживают наименьшее сходство с одноименными гори-



зонтами более северных таежных почв. В этой связи и профиль ДП значительно отличается от почв северных районов. Наиболее близки ТП и ГП, на несколько более низком уровне с ними обнаруживают сходство ТПГ. Таким образом, автоморфные суглинистые почвы средней и северной тайги оказались ближе к автоморфным почвам на суглинках тундровой зоны, чем к более южным таежным почвам (рис. 1Б). Такой вывод, возможно, отчасти связан с высокой вариабельностью показателей в пределах средней тайги, а также ограниченностью выборок почв тайги южной. Возможны и другие объяснения.

Наибольшие отличия показателей кислотности почв диагностируются в органо-генных горизонтах. Следовательно, причины различий связаны в первую очередь с характером органических остатков, поступающих в почву. Автоморфные почвы всех подзон таежной зоны формируются под однотипными еловыми лесами. Вместе с тем, ТП и ГП встречаются только под моховым покровом (с преобладанием гипновых мхов). Напочвенный же покров ДП характеризуется преобладанием травянистых растений. Химический состав трав и мхов существенно различается: травы характеризуются высоким содержанием таких химических элементов, как К, Са и Mg (8-10%), мхи же этими элементами существенно беднее (менее 3%) [7].

В типичных подзолистых почвах, кроме того, образуется большее по сравнению с почвами южной тайги количество водорастворимых органических кислот (агентов кислотности почв), причем они обладают большей «силой», их миграция выражена заметней. Это явление связано с большей продолжительностью восстановительных реакций, меньшей интенсивностью биохимических процессов, при которых разлагающееся органическое

Рис. 1. Дендрограмма сходства горизонтов (А) и разрезов (Б) почв, %.

вещество подстилки минерализуется медленнее.

Определение обменной кислотности почв по А.В. Соколову

Ограничения методики. При химической характеристике почв широко используется раздельное определение концентраций H^+ и Al^{3+} в составе обменной кислотности почв по методике Соколова, хотя в большинстве случаев неизвестно, какие именно равновесия определяют соотношение кислотных компонентов в жидкой фазе [6]. Можно выделить несколько равновесий, влияющих на точность определения H^+ и Al^{3+} :

а) однократная обработка образцов почв раствором хлорида калия с молярной концентрацией $c = 1$ моль/дм³ не обеспечивает переход всех кислотных компонентов из поглощающего комплекса почв в жидкую фазу. Коэффициент на неполноту вытеснения варьирует в пределах 1.5-1.8 [3, 17];

б) содержание кислотных компонентов определяют титрованием KCl-вытяжек раствором NaOH. Точку эквивалентности (ТЭ) фиксируют визуально по фенолфталеину. Интервал значений pH перехода окраски фенолфталеина, соответствующий точке конца титрования (ТКТ), равен 8.2-10.0. В аналитической практике идеальным считается случай, когда pH (ТЭ) \approx pH



(ТКТ). Нахождение же обменной кислотности подобным способом дает завышенные значения, поскольку $pH(TЭ) < pH(TКТ)$. Кроме того, результаты анализа значительно искажаются из-за высокой чувствительности фенолфталеина к действию угольной кислоты. От условий эксперимента, в частности, состава солей, присутствующих в растворе, сильно зависит изменение окраски индикатора, поэтому рекомендуют [8] определять обменную кислотность методом потенциометрического титрования, а обменный Al^{3+} – с помощью ализарина красного;

в) учет количества Al^{3+} при определении обменной кислотности основан на образовании комплексного иона, исходя из предположения, что весь алюминий в растворе представлен аквакомплексом Al^{3+} : $Al^{3+} + 6F^- \leftrightarrow AlF_6^{3-}$ ($p\beta_6$ 20.67). Наличие гидроксиокомплексов алюминия может приводить к завышению количества обменного Al^{3+} и соответственно к занижению результатов определения обменного H^+ , так как образовавшиеся в результате реакций OH^- нейтрализуют часть обменных H^+ ;

г) ионы Fe^{3+} также образуют прочный, но бесцветный комплексный ион FeF_6^{3-} ($p\beta_6$ 16.10). Поэтому в образцах почв с $pH_{KCl} < 3.5$ при совместном присутствии в KCl-вытяжке H^+ , Al^{3+} и Fe^{3+} ионы Fe^{3+} могут быть «приписаны» к обменному Al^{3+} , что соответственно завысит его количества;

д) для таких объектов, как лесные подстилки или торфяные горизонты, понятие «обменный Al^{3+} » используют условно, поскольку в их вещественном составе преобладают неразложившиеся и слаборазложившиеся растительные остатки, в том числе живой моховой олес и остатки сфагновых мхов. Этот материал является главным источником Al^{3+} , представленного алюмо-органическими комплексными ионами различной устойчивости. Так, комплексные ионы алюминия с салициловой, галловой кислотами, а также фульвокислотами более устойчивые по сравнению с AlF_6^{3-} . Следовательно, Al^{3+} , связанный в такие соединения, при определении обменной кислотности окажется неучтенным. Кроме того, наиболее прочно связанные с органическими лигандами Al^{3+} не вытесняются K^+ в жидкую фазу при обработке раствором KCl.

Таким образом, проблемы определения обменных H^+ и Al^{3+} могут давать разнонаправленные эффекты.

В зависимости от содержания обменных катионов, качественного и количественного состава водорастворимых органических веществ, значений pH_{KCl} выраженность этих проблем может быть неодинакова. Возможно, в отдельных случаях эффекты нивелируются, вместе с тем о присутствии таких равновесий следует помнить.

Источники кислотности

Теоретические расчеты. Одним из возможных теоретических подходов в определении источников кислотности является использование термодинамических расчетов. Главным источником обменной кислотности в минеральных горизонтах почв являются ионы алюминия и его гидроксокомплексы разной основности. Присутствие обменного водорода возможно в органогенных горизонтах [8]. Особенности генезиса северных почв таковы, что в естественных условиях жидкая фаза содержит значительные количества ионов Fe^{2+} и Fe^{3+} . Высушивание образцов почв при комнатной температуре приводит к быстрому снижению содержания железа Fe^{2+} в пользу Fe^{3+} , как более термодинамически устойчивой формы.

В соответствии с теорией Бренстеда-Лоури, Fe^{3+} по сравнению с Al^{3+} является более сильной кислотой (pK_{a1} соответственно равны 2.19 и 4.99). Рассчитали соотношения молярных концентраций данных ионов, при которых их донорские качества, как кислот по Бренстеда-Лоури, равны (cAl^{3+}/cFe^{3+}) в зависимости от значений pH (рис. 2). При значениях pH KCl-вытяжек 2.5-2.9 соотношение концентраций равно 200-370. При более высоких значениях pH искомое соотношение значительно снижается. Это сви-

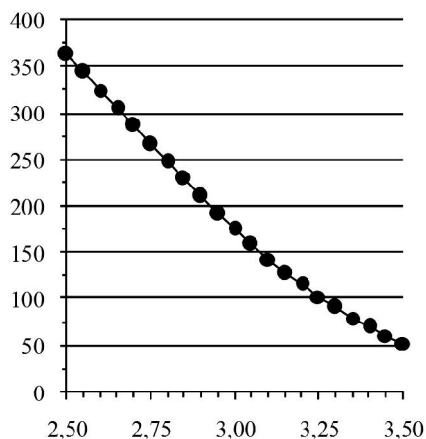


Рис. 2. Зависимость соотношения молярных концентраций ионов Al^{3+} и Fe^{3+} в KCl-вытяжках, дающих равное количество H^+ при протолитизе (по оси ординат), от значений pH системы.

детельствует о том, что в очень кислых растворах ионы железа, присутствующие в даже весьма низких концентрациях (до двух порядков ниже по сравнению с ионами алюминия), будут важным «поставщиком» протонов.

Расчетами термодинамических равновесий системы твердая фаза почвы ↔ раствор KCl по собственной методике [9, 10] были выявлены источники обменной кислотности таежных почв Республики Коми, различающихся по составу почвообразующих пород, гранулометрическому составу, степени выраженности оподзоленности, гидроморфизма, дернового процесса и подзональной принадлежности.

В органогенных горизонтах, имеющих значения pH_{KCl} 2.5-4.0, обменная кислотность обусловлена неспецифическими кислотами и растворимыми фульвокислотами. Роль Al^{3+} как кислоты, согласно классическому пониманию термина «кислотность» – способность быть донором протонов, в рассматриваемых объектах невелика (6 % образцов), и в KCl-вытяжках со значениями pH 2.5-3.2 может быть ниже, чем роль Fe^{3+} . Обобщение данных об обменной кислотности образцов органогенных горизонтов почв не позволило выявить устойчивые специфические критерии (подзона, порода, степень увлажненности), определяющие преобладание того или иного кислотного компонента.

Главными ионами, определяющими pH_{KCl} минеральных горизонтов, имеющих значения pH 2.7-4.5, являются ионы Al^{3+} . Эта ситуация реализуется в 82 % образцов горизонтов таежных почв Республики Коми, также различающихся генезисом почвообразующих пород, гранулометрическим составом, степенью выраженности оподзоленности, гидроморфизма и дернового процесса. В образцах со значениями pH_{KCl} 2.7-3.2 и содержанием обменного H^+ менее 1 ммоль/кг решающая роль может принадлежать ионам Fe^{3+} . Такое условие выполняется в торфянисто-подзолисто-глееватых суглинистых почвах средней тайги, а также в почвах северной тайги разной степени гидроморфизма, причем чаще в элювиальных горизонтах. Впервые предположение о существенной роли ионов железа в почвообразовании автоморфных почв северной тайги было высказано Е.Н. Ивановой [4].

Применение термодинамических равновесий позволило выделить зоны значений pH_{KCl} (рис. 3), где обменная кислотность почв определяется теми



или иными доминирующими кислотно-основными равновесиями и соответственно определенными компонентами почв. В органогенных горизонтах главный носитель обменной кислотности – органические кислоты, а доминирующая реакция – диссоциация кислот в широком диапазоне значений рН. Дополнительно в создании кислотности принимают участие Al^{3+} и Fe^{3+} . В минеральных горизонтах в пределах каждого диапазона ведущая роль в основном принадлежит определенному компоненту.

Экспериментальное определение. Важнейшим источником актуальной кислотности (pH_{H_2O}) органогенных горизонтов почв являются водорастворимые органические соединения. Исторически общее содержание этой группы соединений определяют по методу И.В. Тюрина. Нами была экспериментально доказана возможность определения этого интегрального показателя и фотометрическим методом по методике дихроматной окисляемости проб различных вод с применением анализатора жидкости, а также представлены преимущества данного метода [2].

Идентификация индивидуальных низкомолекулярных водорастворимых органических соединений (НВОС) в почвах остается достаточно сложной задачей. Это обусловлено малыми концентрациями данных соединений, их физико-химическими свойствами (НВОС – химически лабильные соединения, подверженные деструкции в процессе экстракции и концентрирования), а также уровнем технического оснащения исследовательских центров. Методами хромато-масс-спектрологии и газожидкостной хроматографии определено содержание низкомолекулярных органических кислот (НМОК) в водных вытяжках из органогенных горизонтов тундровых поверхностно-глеевых, глееподзолистых и типичных подзолистых почв [14, 15]. Выделены алифатические и ароматические НМОК, каждая группа дополнительно разбита на незамещенные (одно- и двухосновные) и замещенные (оксикислоты). Рассматриваемые типы почв обнаруживают общие черты по всем выделенным группам кислот. Вместе с тем, различия водного и температурного режимов [5], а также микробиотического комплекса почв определяют ряд зональных (подзональных) особенностей (рис. 4):

– наибольшим количеством и разнообразием НМОК характеризуются ГП почвы (21), несколько ниже – ТП (19), наименьшим – ТПГ (13);

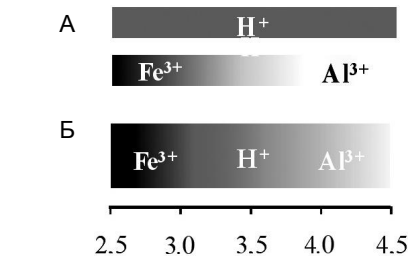


Рис. 3. Источники обменной кислотности органогенных (А) и минеральных (Б) горизонтов почв при разных значениях pH_{KCl} (по горизонтали).

– максимальный перечень водорастворимых оксикислот и содержание свойственны подстилкам ГП, затем ТПГ почв, эти кислоты являются преобладающими в составе обоих типов (соответственно 12 из 21 и 9 из 13). Накоплению оксикислот почвами северной тайги по сравнению со средней способствуют условия повышенного гидроморфизма, поскольку они препятствуют течению химических реакций, обусловленных наличием в оксикислотах –ОН-группы: окислению до альдегидной и затем более легко до карбоксильной –СООН с образованием двухосновных кислот, а также дегидратации с образованием непредельных кислот, что наблюдается в типичных подзолистых почвах. Меньшее количество оксикислот в органогенных горизонтах тундры связано с резким снижением видовой разнообразия

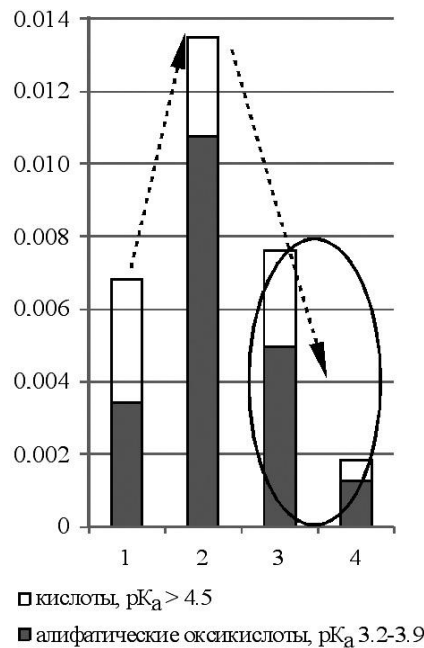


Рис. 4. Содержание водорастворимых низкомолекулярных органических кислот в органогенных горизонтах автоморфных суглинистых почв (г/дм³): 1 – А0 (0-4) типичная подзолистая почва, средняя тайга; 2 – А0 (0-6) глееподзолистая почва, северная тайга; 3 – О1 (0-6), 4 – О2 (6-8) тундровая поверхностно-глеевая, южная тундра.

разия и количества кислотообразующих микроорганизмов (грибов и бактерий) в связи с жестким температурным стрессом. Диапазон значений pK_a карбоксильных групп алифатических оксикислот в основном 3.2-3.9;

– наибольший список и содержание алифатических одно- и двухосновных кислот присущ ТП почвам, эти же кислоты являются преобладающими в перечне НМОК подстилок почв средней тайги (10 из 19); диапазон значений pK_a 4.5-6.0;

– наибольший перечень ароматических кислот отмечен в ГП (7), ниже – в ТП (4), еще ниже – в ТПГ (1). Ароматические кислоты содержат в своем составе –ОН-группу, которая имеет $pK_a \approx 10$.

Взаимосвязь

показателей кислотности почв

Система показателей, характеризующих кислотно-основное состояние почв, до настоящего времени остается не унифицированной. Оптимизации системы показателей, а также более глубокому пониманию природы кислотности почв способствует поиск взаимосвязей различных свойств. Найденные зависимости используются в качестве диагностических признаков для количественной оценки экологического состояния почв, степени устойчивости (кислотно-основной буферной способности) и прочее. Рассмотрим связь $pH_{KCl} = f(pH_{H_2O})$.

Вся совокупность *органогенных горизонтов* характеризуется тесной корреляцией между указанными показателями. Раздельное рассмотрение выборок по зонам и подзонам выявляет наиболее высокую связь для групп горизонтов А0 (ДП) и А0 (ТП). Объединение этих выборок несколько повышает R^2 и r по сравнению с этими показателями, найденными отдельно для каждой подзоны ($R^2 = 0.74$, $r = 0.86$). Данный факт свидетельствует о том, что источники кислотности (pH_{H_2O} и pH_{KCl}) в подстилках автоморфных суглинистых почв южной и средней тайги близки. Значительная часть одних и тех же кислотных компонентов переходит в водную и солевую вытяжки. Вероятно, в этих почвах и значения pH_{H_2O} и pH_{KCl} обеспечивают растворимые органические кислоты.

В подстилках ТПГ и еще сильнее ГП связь между этими показателями ослабевает (рис. 5) и увеличивается разница между pH_{H_2O} и pH_{KCl} (соответственно $R^2 = 0.45$ и 0.23 , $r = 0.67$ и 0.48).



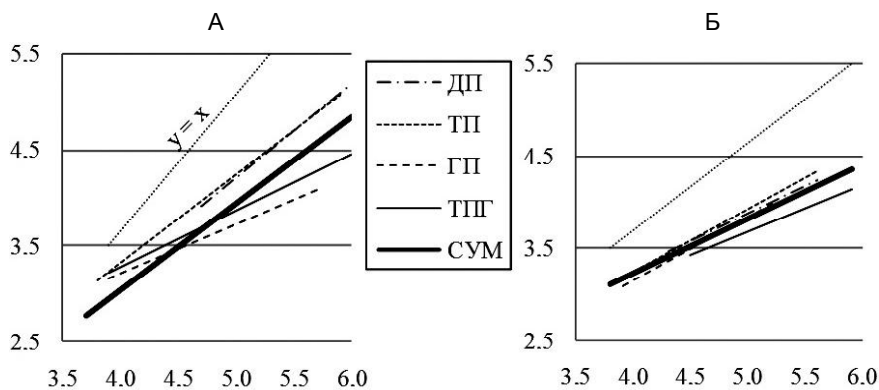


Рис. 5. Линии трендов зависимостей значений pH_{H_2O} (по оси абсцисс) и pH_{KCl} (по оси ординат) в органогенном (А) и минеральном (Б) горизонтах почв.

Эти две группы горизонтов также сходны между собой, но в меньшей степени, чем А0 (ДП) с А0 (ТП). Вероятно, в органогенных горизонтах тундры и в большей степени северной тайги есть сильнокислотные компоненты, переходящие только в солевую вытяжку (возможно алюмо- и железоорганические комплексные соединения), что обеспечивает более низкие значения pH_{KCl} . Сходность источников pH_{H_2O} и pH_{KCl} в А0 (ДП) с А0 (ТП) и А0 (ГП) с А0 (ТПГ), возможно, связана с особенностями биологического круговорота Ca^{2+} , Mg^{2+} и K^+ , о чем говорилось выше.

В *иллювиальных горизонтах* (рис. 5) по сравнению с органогенными различия рассматриваемых показателей выражены менее ярко ($R^2 = 0.58$, $r = 0.76$). Линии трендов подзолистых горизонтов почв всех подзон тайги практически совпадают и отличны от глеевого горизонта тундровых почв, что свидетельствует о различии источников кислотности. Возможно это связано с особенностями условий образования горизонтов А2(А2g) и G. В подзолистых горизонтах значения pH_{H_2O} и pH_{KCl} формируются под влиянием притекающих сюда в условиях промывного водного режима из подстилок органических кислот, а также ионов алюминия, как поступающих сверху, так и

вытесняемых из ППК. В глеевых горизонтах тундровых почв режим застойно-промывной (интенсивность промывания значительно ниже, чем в таежной зоне [6]), а их тиксотропные свойства в течение всего теплого периода препятствуют нисходящей миграции весьма разбавленных почвенных растворов. Поэтому кислотные свойства глеевых горизонтов, вероятно, обуславливаются не столько органическими соединениями, образующимися в подстилке, сколько минеральными компонентами этих горизонтов. Возможно, здесь присутствуют обменные сильнокислотные компоненты (например, соединения Fe^{3+}), которые определяют низкое значение pH_{KCl} даже при их небольшом содержании ($H_{обм}$ низкая), но не переходят в жидкую фазу водной суспензии при определении pH_{H_2O} (pH_{H_2O} высокие).

В *иллювиальных горизонтах* корреляция между показателями отсутствует ($R^2 = 0.01$, $r = -0.04$). Связано это с тем, что источники кислотности в водных и солевых вытяжках различны. Значения pH_{KCl} определяются Al^{3+} , так как в составе обменной кислотности преобладает именно этот ион. Источниками же pH_{H_2O} являются кислоты и Al^{3+} , количества которых в водных вытяжках ничтожны.

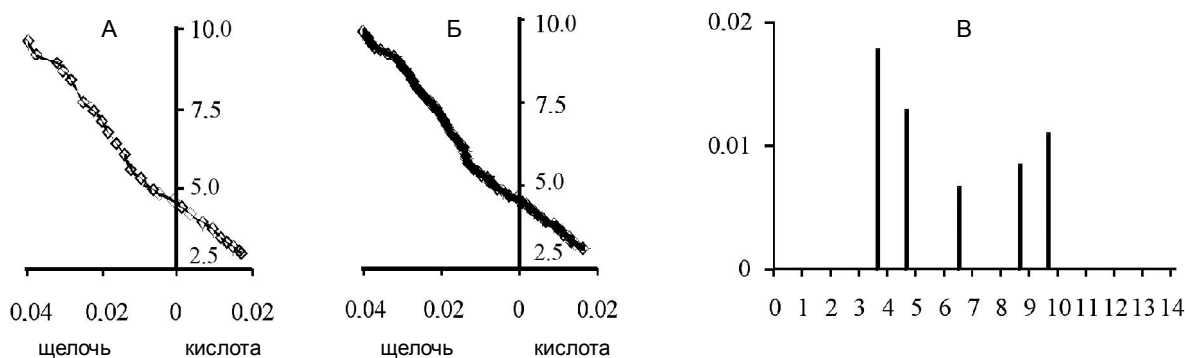
Изучение природы кислотности почв методом рК-спектроскопии

Современный этап изучения окружающей среды, в том числе почв, характеризуется широким использованием не только химических, но и математических методов. Была использована компьютерная программа для нахождения значений pK_a и количества функциональных групп (n) соединений жидкой и твердой фаз почв. Построение рК-спектров проходило в несколько этапов. К экспериментально полученным кривым потенциометрического титрования (рис. 6А) применяли компьютерную программу, увеличивая количество точек (шаг ΔpH 0.1) на кривой (рис. 6Б), определяли погрешности эксперимента. Вновь выполняли компьютерную обработку кривых с использованием найденной погрешности (рис. 6В) [12, 13, 17].

В *водных вытяжках* из органогенных горизонтов дерново-подзолистых почв разной степени оглеения (почвы катены) выявлено присутствие пяти групп соединений, содержащих кислотные группировки, имеющие значения pK_a 3.5-3.8, 4.6-4.9, 6.4-7.1, 8.6-8.9 и 9.6-9.8. При отделении водной вытяжки от твердой фракции водорастворимые компоненты частично удерживаются влажной почвой и не переходят в раствор, причем соотношение компонентов в вытяжке и оставшихся в осадке различно. Наиболее прочно удерживаются почвой при однократной ее обработке дистиллированной водой соединения, содержащие группировки с pK_a 9.6-9.8.

Водные суспензии минеральных горизонтов почв. Корреляционный анализ между показателями кислотности образцов почв и количествами кислотных групп, рассчитанных по программе, выявил разнокачественность состава компонентов, обуславливающих разные виды потенциальной кислотности почв. Обменную кислотность

Рис. 6. Этапы построения рК-спектров (пояснения в тексте). По горизонтали: объем, см³ (А и Б), рК (В); по вертикали: рН (А и Б), количество функциональных групп, ммоль/г (В).



определяют группы, имеющие pK_a 5.0-8.6, гидролитическую – дополнительно к ним более слабодиссоциирующие группы с pK_a 9.5-9.6.

Кислотно-основная буферная способность почв

Пониманию природы кислотности почв способствует также и изучение их кислотно-основной буферной способности – возможности противостоять изменению реакции при добавлении растворов кислот или оснований. Знание буферных свойств относительно подкисления и подщелачивания является теоретической основой при решении общих экологических задач и многих практических вопросов химизации земледелия. В условиях севера возможности почвы как буферной системы к воздействию кислых растворов весьма ограничены [18-22].

Выявлены различные механизмы нейтрализации протонов в органо-генных горизонтах подзолистых почв средней тайги разной степени гидроморфизма. Ведущий процесс в автоморфной типичной подзолистой почве – А0 (ТП) – катионный обмен (рис. 7). При обработке кислотой в объеме, сопоставимом с годовым кислотным пресом, оказываемым на почвы с существенным антропогенным подкислением (0.8 моль/м²), потеря обменного K^+ достигает 33 % исходного количества, Ca^{2+} и Mg^{2+} – 25, Mn^{2+} – 11 % (рис. 7). В условиях промывного водного режима вытесненные катионы выщелачиваются. В этом явлении кроется главная причина негативного влияния на почву кислотных выпадений, поскольку подстилка в бедных лесных почвах служит одним из основных резервов и источников минерального питания растений. В полугидроморфной почве – О1 (Пб1), О2 (Пб2) – в поглощении кислоты активное участие принадлежит соединениям Al^{3+} , приводящее к значительному повышению обменной кислотности. Мобилизованные в раствор Al^{3+} и Mn^{2+} обладают фитотоксическими свойствами.

В подзолистом горизонте автоморфной почвы при обработке раствором кислоты также вытесняются обменные катионы: Mg^{2+} и Mn^{2+} – около 50 %, Ca^{2+} – 25, K^+ – 10. Изменение содержания соединений Al^{3+} заключается в снижении запасов его аморф-

ных форм, возрастании количества иона в жидкой фазе и обменной форме означает начальную стадию разрушения минералов [1], т.е. развития подзолистого процесса. Общей тенденцией для соединений Al^{3+} является переход менее подвижных форм в более подвижные. Иллювиальные горизонты, находящиеся на глубине 70-100 см, характеризуются более высокими значениями pH и большим содержанием обменных катионов, поэтому по сравнению с вышележащими горизонтами имеют более высокое значение буферной способности и практически не различаются у всех трех почв. Основным механизмом – вытеснение обменных Ca^{2+} и Mg^{2+} . В почвообразующей породе, где имеются карбонатные включения, главными буферными реакциями являются растворение карбонатов и вытеснение протоном обменных катионов.

Таким образом, применение теории химических равновесий к оценке процессов в почвах, статистическая обработка материалов, накопленных за период 1952-2010 гг., сочетание традиционных и современных методов аналитической диагностики состава почв позволили расширить и углубить представления о природе кислотности таежных и тундровых почв европейского северо-востока России.

Автор выражает благодарность своим учителям и коллегам – И.В. Забоевой, Т.А. Соколовой, Е.В. Ванчиковой, М.А. Рязанову, И.В. Груздеву, В.В. Пунегову за помощь, консультации и ценные советы.

Работа отмечена премией правительства Республики Коми 2004 в области фундаментальных исследований и выполнена при финансовой поддержке гранта президента РФ для под-

держки молодых российских ученых (МК-161.2003.04, 2003-2004), гранта РФФИ-Урал (№ 01-04-96432, 2003-2005), конкурса научных проектов молодых ученых и аспирантов УрО РАН (2004), программы «Выдающиеся ученые. Кандидаты и доктора наук РАН» фонда содействия отечественной науке (2004-2005, 2006-2007), проекта в рамках Международного Полярного года (2007-2009).

ЛИТЕРАТУРА

1. Васильев Н.Г., Овчаренко Ф.Д. Химия поверхности кислых форм природных слоистых силикатов // Усп. химии, 1977. Т. XLVI. С. 1488-1511.
2. (Ванчикова Е.В.) О новой методике определения содержания углерода водорастворимых органических соединений в почвах / Е.В. Ванчикова, Е.В. Шамрикова, Т.С. Сытарь и др. // Почвоведение, 2006. № 10. С. 1084-1088.
3. Воробьева Л.А., Авдонькин А.А. Потенциальная кислотность почв. Понятия и показатели // Почвоведение, 2006. № 4. С. 421-431.
4. Иванова Е.Н. Основные закономерности в распределении почв вдоль трассы Печорской железной дороги // Труды Коми филиала АН СССР. Сер. Географическая. Сыктывкар, 1952. Вып. 1. С. 5-33.
5. Кононенко А.В. Гидротермический режим таежных и тундровых почв европейского Северо-Востока. Л.: Наука, 1986. 144 с.
6. Орлов Д.С. Дискуссионные проблемы современной химии почв // Почвоведение, 2001. № 3. С. 375-382.
7. Родин Л.Е., Базилевич Н.И. Динамика органического вещества и биологический круговорот зольных элементов и азота в основных типах растительности Земного шара. М.: Наука, 1965. 252 с.
8. Соколова Т.А. Химические основы мелиорации кислых почв. М.: Изд-во МГУ, 1993. 182 с.
9. Шамрикова Е.В. Кислотные и основные компоненты минеральных горизонтов почв таежной зоны Республики Коми, обуславливающие обменную кислотность // Почвоведение, 2008. № 2. С. 183-192.
10. Шамрикова Е.В. Кислотность КС1-вытяжек из органо-генных горизонтов подзолистых почв: источники, возможные равновесия // Почвоведение, 2010. № 7. С. 1-8.
11. Шамрикова Е.В. О государственном стандарте, определяющем

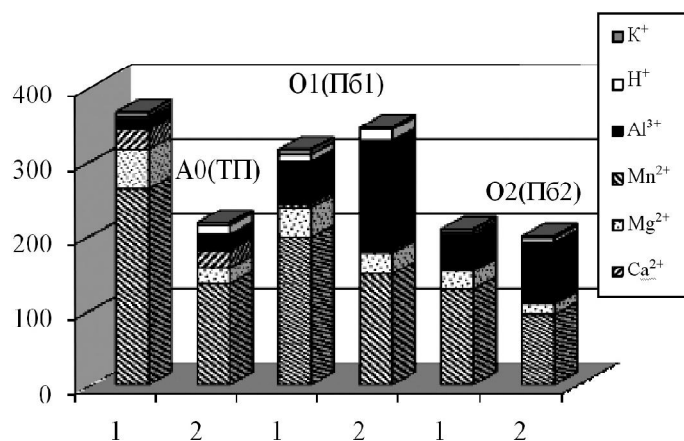


Рис. 7. Состав почвенного поглощающего комплекса органо-генных горизонтов почв (ммоль/кг; по вертикали) в исходном (1) и обработанном кислотой (2) образцах.



единство применения наименований физических величин // *Агрохимия*, 2009. № 5. С. 75-80.

12. *Шамрикова Е.В., Ванчикова В.А., Рязанов М.А.* Исследование кислотности основных свойств минеральных горизонтов почв методом рК-спектроскопии // *Почвоведение*, 2007. № 11. С. 1309-1315.

13. (*Шамрикова Е.В.*) Состояние снежного и почвенного покрова вблизи цементного завода / *Е.В. Шамрикова, Е.В. Ванчикова, М.А. Рязанов* и др. // *Вода: химия и экология*, 2010. № 10. С. 46-52.

14. (*Шамрикова Е.В.*) Идентификация водорастворимых органических соединений почв северной тайги Республики Коми методом хромато-масс-спектрологии / *Е.В. Шамрикова, И.В. Груздев, В.В. Пунегов* и др. // *Вода: химия и экология*, 2011. № 11. С. 58-63.

15. (*Шамрикова Е.В.*) Исследование водных вытяжек из подзолистых

почв Республики Коми на содержание индивидуальных органических соединений / *Е.В. Шамрикова, И.В. Груздев, В.В. Пунегов* и др. // *Почвоведение*, 2012. № 7 (в печати).

16. *Шамрикова Е.В., Казаков В.Г., Соколова Т.А.* Варьирование показателей кислотности основного состояния автоморфных суглинистых почв таежной и тундровой зон Республики Коми // *Почвоведение*, 2011. № 6. С. 1-14.

17. (*Шамрикова Е.В., Рязанов М.А., Ванчикова Е.В.*) Shamrikova E.V., Ryzanov M.A., Vanchikova E.V. Acid-base properties of water-soluble organic matter of forest soils, studied by the рК-spectroscopy method // *Chemosphere*, 2006. Vol. 65. P. 1426-1431.

18. *Шамрикова Е.В., Соколова Т.А., Забоева И.В.* Буферность к кислоте минеральных горизонтов подзолистых и болотно-подзолистых почв Республики Коми // *Почвоведение*, 2005. № 5. С. 533-542.

19. *Шамрикова Е.В., Соколова Т.А., Забоева И.В.* Идентификация буферных реакций, протекающих при титровании целинных и пахотных почв кислотой и основанием // *Почвоведение*, 2002. № 4. С. 412-423.

20. *Шамрикова Е.В., Соколова Т.А., Забоева И.В.* Кислотно-основная буферность органогенных горизонтов подзолистых и болотно-подзолистых почв Республики Коми // *Почвоведение*, 2003. № 7. С. 797-807.

21. *Шамрикова Е.В., Соколова Т.А., Забоева И.В.* Кислотно-основная буферность подзолистых и болотно-подзолистых почв северо-востока европейской части России. Екатеринбург, 2005. 136 с.

22. *Шамрикова Е.В., Соколова Т.А., Забоева И.В.* Формы кислотности и буферность к основанию минеральных горизонтов подзолистых и болотно-подзолистых почв Республики Коми // *Почвоведение*, 2003. № 9. С. 958-967. ❖

ОСОБЕННОСТИ ПОЧВ И ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА В КАРСТОВЫХ ЛАНДШАФТАХ СРЕДНЕГО ТИМАНА

В последние годы на территории Среднего Тимана идет активная разработка и добыча полезных ископаемых. Соответственно увеличивается негативное антропогенное воздействие на окружающую среду. В условиях нарастающего антропогенного давления огромное значение приобретают особо охраняемые природные территории, которые играют важную роль в сохранении и поддержании не только популяций редких и нуждающихся в охране видов сосудистых растений, мхов и лишайников [1-3], но и почв – как основы устойчивого функционирования наземных экосистем.

Объектами исследований являются территории комплексных заказников «Белая Кедва» и «Пижемский». Они относятся к Средне-Тиманскому округу провинции Тиманского кряжа Тимано-Печорской карстовой области Русской равнины и приурочены к долинам рек Белая Кедва и Печорская Пижма. Для исследуемых территорий характерно сочетание типичных ледниковых и уникальных для европейского Северо-Востока карстовых ландшафтов. Уникальность карстовых ландшафтов связана прежде всего с коренными карбонатными породами, покрытыми чехлом моренных суглинков и флювиогляциальных отложений различной мощности, а также с формирующимися на них почвами. Данные почвы, имея небольшие по площади ареалы своего распространения, являются редкими, эталонами, занимающими определенную экологическую нишу в ряду таежных почв. На основе рекогносцировочных маршрутных обследований с уче-



С. Денева

том рельефа были заложены опорные разрезы, характеризующие различные типы почв. Основным методом изучения опорных разрезов стал традиционный морфологический анализ почвенного профиля. Физико-химические свойства почв определяли по общепринятым стандартным методикам. Названия почв приведены в соответствии с «Классификацией и диагностикой почв России» [4].

На вершинах гряд и увалов под коренными еловыми с небольшой примесью березы и лиственницы, сосново-лиственничными и их производными березовыми кустарничково-зеленомошными лесами распространены глееподзолистые почвы (фото 1). Характерными чертами морфологического строения данных почв являются слабое накопление органических остатков на поверхности, в связи с чем мощность подстильно-торфяного горизонта не превышает 10 см, и оглеение осветленного элювиального горизонта ELg, верхняя часть которого прокрашена потечным гумусом в коричневатые тона. На наиболее крутых частях склонов гряд непосредственно на плотных карбонатных известняках формируются карбо-литоземы серогумусовые или карболитоземы перегнойные (фото 2). На данных почвах могут развиваться различные типы сообществ – от слабо сформированных травянистых группировок (на эрозионных осыпных склонах) до ельников крупнотравных или травяно-зеленомошных, в состав которых входят многие редкие виды растений и лишайников. В склоновых почвах происходит



Денева Светлана Валентиновна – н.с. отдела почвоведения. E-mail: deneva@ib.komisc.ru. Научные интересы: карстовые ландшафты; генезис, классификационное положение и экологические функции почв на плотных карбонатных породах.

одновременное образование лишайниково-моховой подстилки и корневого гумуса, идет дерново-аккумулятивный процесс. На нижних, более пологих частях склонов, где плотные коренные породы имеют подчиненное значение в формировании почв, так как перекрыты чехлом мелкоземистых отложений, создаются условия для более устойчивого промывного водного режима и в профиле почв возникают признаки оподзоливания. К таким местообитаниям под березняками аконитовыми, крупнотравными и травяно-зеленомошными приурочены буроземы грубогумусовые оподзоленные (фото 3). У подножия увалов и гряд под зеленомошно-долгомошными и долгомошными хвойными лесами развиты торфяно-подзолисто-глеевые почвы (фото 4). Они имеют мощность лесной подстилки 10-20 см. Минеральные горизонты болотно-подзолистых почв морфологически дифференцированы и оглеены.

В почвах вершин и у подножия увалов и гряд – глееподзолистых и торфяно-подзолисто-глеевых – кислотность почвенных горизонтов колеблется от кислой в верхней части профилей до щелочной – в почвообразующей породе. Содержание общего углерода в подстилочно-торфяном горизонте достигает 46 %, в осветленных элювиальных горизонтах колеблется от 3 до 5 %, в нижней иллювиальной части профиля составляет десятые доли процента. В верхней части почвенных профилей степень насыщенности основаниями очень низкая, что соответствует биоклиматическим условиям северно-та-

ежной подзоны, в нижней части данная величина достигает 93 %, сказывается подстиление почвенного профиля карбонатными породами. Гидролитическая кислотность имеет высокие показатели в органических горизонтах – 50-120 ммоль/100 г почвы.

Специфические почвы, формирующиеся на выходах карбонатных пород (карболитоземы), не имеют аналогов в равнинных условиях северотоежной подзоны северо-востока европейской территории России. Они характеризуются нейтральной или слабощелочной реакцией среды, низкими показателями гидролитической кислотности и высоким содержанием обменных оснований. Степень насыщенности основаниями – 90-100 %. Почвы пологих склонов (буроземы грубогумусовые оподзоленные), формируясь на богатых основаниями почвообразующих породах, отличаются от зональных почв моренных ландшафтов меньшей кислотностью и ненасыщенностью поглощающего комплекса. Оподзоленность проявляется в повышении кислотности верхнего горизонта, выщелоченности обменных оснований. Степень насыщенности основаниями колеблется от 34 % (верхние горизонты) до 88 (нижние горизонты). Во фракционном составе органического вещества преобладают фракции ГК-1, ФК-1, а также ГК-3, ФК-3 гуминовых и фульвокислот (см. таблицу). Фракция гуминовых кислот, связанная с кальцием, представлена небольшим количеством или отсутствует совсем. Относительно высокое содержание гуминовых

Групповой и фракционный составы гумуса почв карстовых ландшафтов и логов

Горизонт	Глубина, см	Сорг., %	Гуминовые кислоты (ГК)				Фульвокислоты (ФК)				ГК + ФК	Тип гумуса	
			1	2	3	сумма	1а	1	2	3			сумма
Карстовые ландшафты													
Вершина увала. Почва: глееподзолистая													
О	0-7	31.71	8.9	1.3	6.6	16.8	1.7	13.6	0	5.6	20.9	37.7	ГФ
ELg	7-14	3.87	10.1	0.0	5.8	15.9	4.5	11.8	1.9	6.5	24.7	40.6	ГФ
BEL	14-31	0.96	6.1	2.2	4.1	12.4	12.7	7.9	10.0	10.5	41.2	53.6	Ф
BT	31-58	0.58	3.7	2.9	4.3	10.8	14.3	8.9	6.7	20.5	50.4	61.2	Ф
BC	58-91	0.29	8.1	0	11.0	19.2	9.0	0	18.4	34.2	61.6	80.8	Ф
Юго-восточный склон гряды. Почва: карбо-литозем серогумусовый (рендзина)													
AU	0-9	4.32	5.9	7.2	7.6	20.6	4.9	17.4	2.3	7.9	32.5	53.1	ГФ
(Bm-M)ca	9-22	2.38	2.9	8.5	7.8	19.3	6.5	8.7	7.7	10.7	33.5	52.7	ГФ
Нижняя часть пологого северо-восточного склона гряды. Почва: бурозем грубогумусовый оподзоленный													
О	0-7	27.4	10.6	0	6.5	17.1	1.6	10.9	4.6	10.0	27.1	44.2	ГФ
AYe	7-16	1.3	16.3	0	5.5	21.8	8.4	15.8	8.1	17.2	49.5	71.3	Ф
Подножье увала. Почва: торфяно-подзолисто-глеевая													
T	0-10	22.92	11.4	0.4	6.0	17.8	2.2	16.5	3.0	5.9	27.6	45.4	ГФ
ELg	10-24	1.93	8.6	2.8	7.7	19.1	8.5	21.5	0	7.4	37.4	56.5	ГФ
BTg	24-51	0.56	4.5	0	5.3	9.8	17.7	7.5	9.2	9.9	44.3	54.1	Ф
Карстовые логои													
Дно долины карстового суходола. Почва: Серогумусовая (дерновая) типичная													
AY1	0-10(13)	4.65	10.8	2.0	5.1	17.9	5.3	25.0	5.6	10.6	46.5	64.4	Ф
AY2	10(13)-59	1.46	12.0	2.3	5.2	19.4	10.4	25.5	1.1	11.3	48.4	67.7	Ф
BC	59-94	0.34	9.0	0	5.7	14.6	11.5	0	20.2	25.7	57.4	84.0	Ф
Днище карстовой депрессии (воронки) суходола. Почва: Стратозем серогумусовый													
AY	0-17	5.80	7.6	9.3	8.2	25.1	4.2	20.0	8.0	9.7	41.9	67.0	ГФ
RY	17-39	2.68	6.9	5.6	7.7	20.1	6.0	17.7	14.4	18.4	56.5	76.7	Ф
Центральная пойма р. Печорская Пижма. Почва: Аллювиальная серогумусовая (дерновая)													
AY	0-10	1.65	10.8	2.7	8.2	21.7	7.9	28.6	4.8	16.4	57.7	79.5	Ф
B1	10-43	0.70	7.1	5.9	6.5	19.5	12.5	15.3	24.7	16.5	69.0	88.5	Ф



Фото 1. Лиственничник чернично-зеленомошный (а) на глееподзолистой почве (б).

Фото 2. Редкостойный ельник травяно-зеленомошный (а) на карбо-литоземе серогумусовом (рендзине) (б).

Фото 3. Березняк можжевельново-лугово-зеленомошный (а) на буроземе грубогумусовом оподзоленном (б).

кислот наблюдается лишь в гумусовых горизонтах. В минеральной части почв в составе гумуса преобладают фульвокислоты. В карболитоземах карбонатность породы накладывает отпечаток на фракционный и групповой состав гумуса, характеризующийся повышенной гуматностью. Для почв склоновых участков характерна аккумуляция гумуса, насыщенного кальцием. Вместе с тем, в них отмечены сравнительно высокие уровни накопления гуминовых веществ первой фракции, что отвечает биоклиматическим условиям таежной зоны.

На вершинах увалов и гряд, сложенных карбонатными породами, перекрытых четвертичными чехлами мощностью 1.5-2.0 м, встречаются безлесные долины с цепью карстовых воронок, по окраинам которых произрастают первичные березняки. Под влиянием карстовых явлений происходит иссушение почв, и ель в древостое часто сменяется березой. Соответственно, из почвенного покрова исчезают полугидроморфные почвы, а тип подзолистых почв представляют подзолистые контактно-осветленные почвы, которые отличаются от глееподзолистых, в основном, спецификой кислотно-восстановительного режима (фото 5). В зависимости от диаметра воронок, их глубины, а также удаления от области сноса на дне воронок безлесных карстовых долин на вершинах гряд формируются глееподзолистые или торфяно-подзолисто-глеевые почвы на делювиальных отложениях мощно-

стью около 2 м (фото 6). Растительность представлена в основном травяно-лишайниково-моховыми сообществами. Подзолистые почвы безлесных карстовых долин на вершинах увалов и гряд под травяно-лишайниково-моховыми сообществами характеризуются реакцией среды от кислой до слабокислой, относительно низкой насыщенностью основаниями. Наиболее высокие величины гидролитической кислотности (45 ммоль/100 г почвы) характерны для подстильно-торфяных горизонтов. Содержание общего углерода в маломощной подстилке подзолистых почв составляет 35, в осветленных элювиальных горизонтах – около 1%. Распределение общего углерода по профилю почв воронок относительно равномерное. Соотношение C:N в подстилке (равное 20 и более) свидетельствует о грубогумусовом характере органического вещества и медленной его минерализации.

Своеобразным элементом карстовых ландшафтов Тимана являются сухие безлесные карстовые долины просадочного происхождения, которые тянутся между грядами в различных направлениях до нескольких километров. На таких суходолах распространены полидоминантные разнотравно-злаковые сообщества. Первичные луга развиваются на серогумусовых дерновых типичных почвах (фото 7). Профиль почв слабо дифференцирован. На дне депрессий (воронок) сухих безлесных карстовых логов, встречающихся на низком уровне рельефа, могут быть встречены стратоземы серогумусовые – делю-



виальные дерновые мелкопрофильные почвы, образованные в результате поступления на дно воронки минеральных частиц со склонов (фото 8). Почвы сухих безлесных карстовых логов, развитие которых происходит под луговой растительностью, имеют близкую к нейтральной и нейтральную реакцию среды, высокую степень насыщенности основаниями (до 98 %) и низкие показатели гидролитической кислотности по всему профилю (0-2 ммоль/100 г почвы). Общий углерод распределен по профилю достаточно равномерно. Соотношение C:N (равное 8-

новые) почвы, распространенные на пойменных террасах, обладают близкой к нейтральной реакцией среды и высокой степенью насыщенности основаниями. Для них характерны более высокие показатели гидролитической кислотности в верхних горизонтах (15-20 ммоль/100 г почвы) и меньшее содержание общего углерода (2.0-0.5 %) по всему профилю, по сравнению с серогумусовыми почвами (4.0-2.0 %) карстовых суходолов (долин без водотока). Насыщенность почвенного поглощающего комплекса ионами кальция и присутствие в почвенном про-

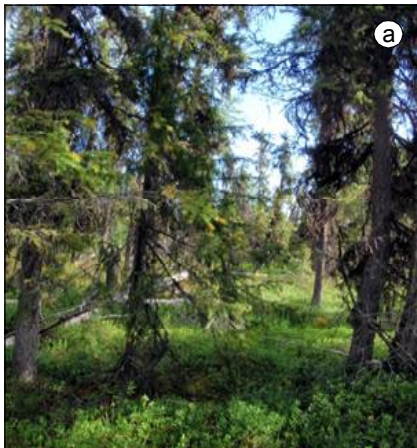


Фото 4. Ельник чернично-зеленомошно-долгомошный (а) на торфяно-подзолисто-глеевой почве (б).

Фото 5. Безлесная карстовая долина с воронками, по краям – парковый березняк (а) на подзолистой контактно-осветленной почве (б).

10) характеризует исследуемые почвы как биологически активные. Для всех почв, формирующихся в карстовых безлесных долинах как на вершине гряд, так и между грядами, особенность процессов гумусообразования проявляется в формировании высокодисперсного подвижного гуматно-фульватного и фульватного гумуса, в составе которого гуматы и фульваты кальция присутствуют в меньших количествах по сравнению с гуминовыми и фульвокислотами 1 и 3 фракций.

В сравнении с карстовыми суходоломи (без водотоков) сообщества пойменных лугов карстовых ландшафтов развиваются в более влажных условиях. На участках высокой поймы доминируют злаково-разнотравные сообщества, низкой – крупнотравные луга со значительным участием канареечника тростниковидного, лабазника вязолистного, василисника простого, купыря лесного и др. (фото 9). По данным физико-химического анализа аллювиальные серогумусовые (дер-



Фото 6. Сеть карстовых воронок (а) с глееподзолистой (б) и торфяно-подзолисто-глеевой (в) почвами.



Фото 7. Луг карстового суходола (а) на серогумусовой (дерновой) типичной почве (б).

Фото 8. Карстовая воронка (а) со стратоземом серогумусовым на ее дне (б).

Фото 9. пойменный злаково-разнотравный луг (а) на аллювиальной серогумусовой (дерновой) почве (б).

филе карбонатов приводит к тому, что даже при малом периоде биологической активности, характерном для зоны северной тайги, во фракционном составе гуминовых веществ аллювиальной серогумусовой (дерновой) почвы фракции, предположительно связанные с кальцием, представлены в относительно больших количествах (см. таблицу).

Таким образом, на вершинах и у подножия увалов с залеганием карбонатных пород на глубине более 1 м создаются условия для проявления подзолообразовательного процесса: кислая и слабокислая реакция среды, высокая гидролитическая кислотность, относительно невысокое содержание обменных оснований. На склоновых участках с близким (в пределах 50 см) подстилением карбонатов известняков – для развития дернового процесса: нейтральная и слабо щелочная реакция среды, низкая величина гидролитической кислотности и высокое содержание обменных оснований.

Почвы, формирующиеся в сухих безлесных долинах под луговой растительностью, обладают более благоприятными физико-химическими свойствами: нейтральной реакцией среды, более высокой степенью насыщенности основаниями, низкими показателями гидролитической кислотности и мюллеровым гумусонакоплением по сравнению с почвами, формирующимися под травяно-мохово-лишайниковой растительностью. Во всех почвах на плотных карбонатных породах в составе гумуса преоб-

ладают подвижные гуминовые и фульвокислоты (ГК-1 и ФК-1). Состав гумуса фульватно-гуматный, гуматно-фульватный и фульватный, что характерно для почв северотаежной подзоны. В карстовых ландшафтах наблюдается усложнение характера почвенного покрова, изменение соотношения его компонентов, формы ареалов почв, увеличение контрастности и мелкоконтурности почвенного покрова.

Детальная характеристика почв, формирующихся в карстовых ландшафтах, позволит внести их в Красную книгу почв Республики Коми, что послужит сохранению почвенного и биологического разнообразия в целом.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Лащенко А.Н., Улле З.Г.* О некоторых редких интересных видах растений из бассейна реки Белой Кедвы (Ухтинский район Коми АССР) // Биологические проблемы Севера. Апатиты, 1979. С. 42-43.
2. *Непомилуева Н.И.* Лиственничные леса Среднего Тимана // Биологические проблемы Севера. В 2-х частях. Сыктывкар, 1981. Ч. 1. С. 36.
3. *(Тетерюк Л.В.)* Роль известняков Тимана в сохранении биоразнообразия / Л.В. Тетерюк, В.А. Мартыненко, Т.Н. Пыстина и др. // Международный форум по сохранению местообитаний в Баренцевом регионе: Матер докл. междунар. конф. Сыктывкар, 2005. С. 175-176.
4. *(Шишов Л.Л.)* Классификация и диагностика почв России / Л.Л. Шишов, В.Д. Тонконогов, И.И. Лебедева и др. Смоленск, 2004. 342 с. ❖

БИОЛОГИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ ПОЧВ: МЕТОДЫ ОЦЕНКИ И ПРОБЛЕМЫ ИНТЕРПРЕТАЦИИ РЕЗУЛЬТАТОВ

Почвы представляют собой уникальные природные образования, формирование которых теснейшим образом связано и определяется взаимодействием совокупности факторов. Согласно Докучаевской доктрине, климат, рельеф местности, растительные и животные



Е. Лаптева



Ю. Виноградова



А. Кудрин

организмы, материнская порода – равноправные участники процессов почвообразования [8]. Все они функционально связаны друг с другом, особенно живые организмы (растения, микроорганизмы, почвообитающие животные) и почвы. Живое население является наиболее важным компонентом в этой системе, поскольку именно оно определяет формирование гумусового профиля почв. От количества и качества поступающего опада и жизнедеятельности биотического комплекса зависят скорость и интенсивность протекания процессов минерализации растительного опада [10, 16], процессов гумусообразования [1, 12], формирование органогенных горизонтов почв и многие другие процессы почвообразования [3, 7]. Поэтому при исследовании процессов и механизмов формирования почв, выявлении диагностических критериев оценки влияния агрогенных или техногенных воздействий на почвы и почвенный покров в той или иной мере используют показатели, позволяющие судить о биологической активности почв (БАП).

Под БАП понимают совокупность биологических процессов, протекающих в почве [19] и оцениваемых на основе ряда биологических и биохимических показателей [2]. По сути, БАП – это комплексный показатель, который можно охарактеризовать количественным, качественным составом и активностью различных организмов (микро- и макрофауны, бактерий, грибов, водорослей), а также активностью ферментов почвы [5, 11].

Однако оценка БАП сопряжена с определенными проблемами и сложностями, поскольку каждый из разработанных мето-

дов имеет свои плюсы и минусы, которые необходимо учитывать при проведении исследований. Например, известный всем и широко используемый многими исследователями чашечный метод Коха – метод посева почвенной суспензии на питательные среды [16] – несет комплекс проблем, недоучет которых практически не позволяет сопоставлять полученные результаты с данными литературы.

В частности, большое значение имеют срок и условия хранения образцов почв. Многочисленными исследованиями показано, что высушивание почвы ведет не только к резкому изменению численности бактерий, но и изменению соотношения их физиологических групп по сравнению с результатами анализа свежих образцов почв. Причем если метод Коха дает различия в несколько порядков (рис. 1), то при использовании люминесцентной микроскопии высушивание почвы снижает только наполовину численность клеток бактерий [9]. Для микроскопических грибов картина в данном случае складывается несколько иная (см. таблицу). Высушивание образцов резко меняет данные о длине мицелия и

количеству спор грибов, учитываемых при использовании флюоресцентной микроскопии, в то время как чашечный метод в зависимости от типа почвы, типа генетического горизонта может давать разброс в 30-70 % [9].

Вторая проблема связана с подбором разведения,

десорбцией клеток бактерий с частиц почвы и повторностью микробиологических исследований. Еще в 70-х годах прошлого столетия Д.Г. Звягинцев [11] обращал внимание на необходимость стандартизации методов подготовки почв к микробиологическому анализу, состава питательных сред, метода посева, используемого разведения (среднее количество колоний на чашке Петри должно составлять 50-200 для бактерий и 20-50 – для грибов), соблюдения достаточной для статистической обработки повторности. К сожалению, до сих пор этим моментам не всегда придается серьезное значение при проведении микробиологических исследований, что снижает качество получаемых результатов. Зачастую микробиологические исследования проводятся в трех-пятикратной повторности. Проведенные нами исследования (рис. 2) свидетельствуют о том, что уменьшение количества параллельных определений (повторностей) при посеве почвенной суспензии до девяти чашек Петри ведет при исследовании органогенных горизонтов к возрастанию относительной ошибки среднего до 20-40 %, а уменьшение до трех-пяти чашек соответственно еще больше увеличивает ошибку определения, что, естественно, не позволяет проводить корректное сравнение полученных результатов.

Но самая большая проблема при изучении биологической активности почв или их биологической составляющей связана с пространственной неоднородностью почвенного покрова и микрорельефом, парцеллярным распределением живого вещества в почвах [3, 7, 16]. Микрорельеф, парцеллярное строение биоценоза оказы-

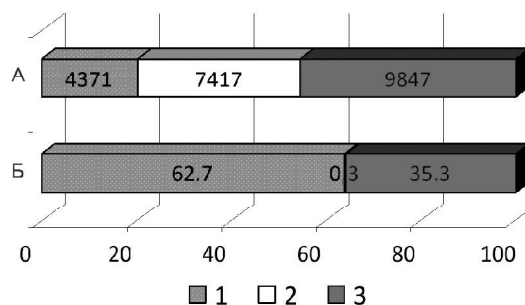


Рис. 1. Численность (тыс. КОЕ/г почвы) и соотношение (%; по горизонтали) аммонификаторов (1), микроорганизмов, использующих минеральные формы азота (2), и олиготрофов (3) при их определении методом посева в свежих (А) и сухих (Б) образцах почв [6].

Виноградова Юлия Алексеевна – к.б.н., н.с. отдела почвоведения. E-mail: vinogradova@ib.komisc.ru. Область научных интересов: биология и микробиология почв, экология микроорганизмов.

Кудрин Алексей Александрович – м.н.с. отдела экологии животных. E-mail: allkudrin@gmail.com. Область научных интересов: разнообразие и экология почвенных нематод.

Численность и длина грибного мицелия, определенные методом флуоресцентной микроскопии [9] в свежих (А) и сухих (Б) образцах почв

Фитоценоз	Численность микромицетов, тыс. КОЕ/г почвы		Длина грибного мицелия, м/г почвы	
	А	Б	А	Б
Сосняк вороничный	15.3 ± 3.4	19.7 ± 2.9	3225 ± 78	1016 ± 96
Сосняк брусничный	56.0 ± 11.3	43.3 ± 4.9	4883 ± 166	1131 ± 23

вают существенную роль в создании неоднородности физико-химических свойств почв, особенно их верхних горизонтов – температуры, влажности, кислотности, мощности горизонта лесной подстилки, содержания питательных элементов, что в свою очередь обуславливает весьма неоднородное размещение биоты в пространстве

ческие показатели могут отличаться на одном и том же участке на несколько порядков (рис. 4).

Высокая динамичность биологических показателей в пространстве и времени обусловлена не только микролокусным характером распределения живых организмов в почве, но и активным откликом живых организмов

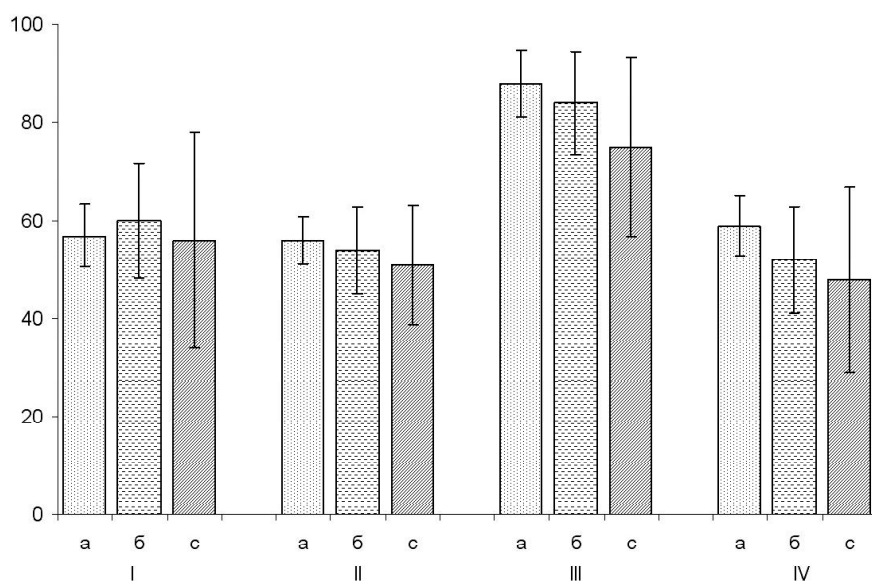


Рис. 2. Статистические параметры определения числа колоний на средах МПА (I), Виноградского (II), Эшби (III) и Гильтея (IV) при посеве суспензий из органогенных горизонтов. Количество параллельных определений: 54 (а), 18 (б) и девять (с) чашек Петри.

даже на сравнительно небольшом по площади участке (рис. 3). В этом случае традиционный отбор проб в трехкратной повторности, который используют многие исследователи, может привести к неправильным выводам об отсутствии влияния тех или иных факторов на распределение почвообитающих организмов.

Особенно значимо пространственная неоднородность почв сказывается на микробиологических параметрах. В отдельные сроки пространственное варьирование численности эколого-трофических групп микроорганизмов может достигать весьма значимых величин – коэффициент вариации может составлять от 50 до 100 % с лишним. При этом в сезонной и межгодовой динамике микробиологи-

на изменение экологических условий, которые в свою очередь в почвах напрямую связаны с различиями в погодных условиях вегетационного периода, влиянием антропогенного фактора, а для почв долинных ландшафтов – еще и влиянием особенностей паводкового режима в конкретный год исследования. Это касается не только численности отдельных групп микроорганизмов, но и величины их биомассы, и численности различных видов организмов, и всех остальных показателей, включая и ферментативную активность.

На показатели ферментативной активности может влиять не только срок хранения образцов [13] и экологические условия формирования почв, определяющие динамику численности организмов, но и специфика самого фермента [18], и наличие в почвах абиотических катализаторов [17].

Для суждения о биологической активности и биологическом состоянии почвы совершенно недостаточно какого-либо одного показателя, поскольку каждый из них отражает какую-либо одну сторону биологических или биохимических процессов в почве. Поэтому необходимо использование широкого набора показателей, что в свою очередь предопределяет значительную трудоемкость и трудозатратность биологических исследований. Здесь уместно говорить о необходимости проведения комплексных исследований, когда в тесном сотрудничестве работают почвоведы, геоботаники, микробиологи и зоологи. Однако полученный в результате таких исследований набор показателей оказывается весьма противоречивым, так как на динамику численности или видового состава живых организмов оказывают влияние не только абиотические факторы (свет, тепло, влажность, мощность подстилки), но и сукцессии, и межорганизменные взаимодействия (конкуренция за пищевые ресурсы, мутуализм и аменсализм). В связи с этим одни группы организмов будут преобладать в одни сроки или в одних горизонтах, а другие – в других. Такие различия в параметрах, отражающих биологические особенности почв, требу-

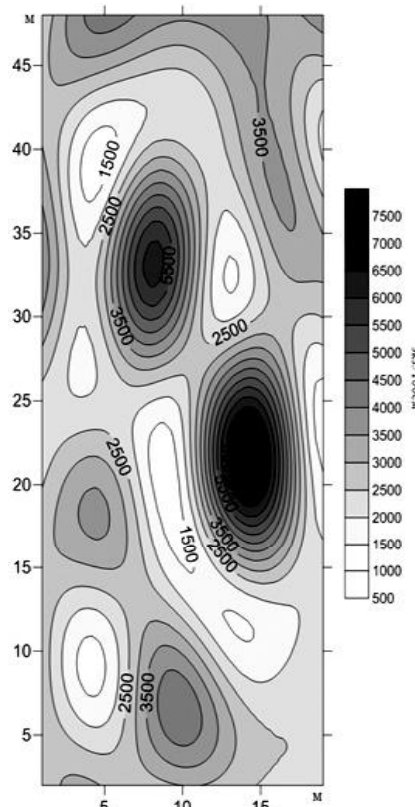


Рис. 3. Картограмма пространственного распределения нематод на участке прируслового луга в долине среднего течения р. Печора.



ют разработки интегрального показателя биологической активности почв (ИП БАП). В настоящее время этой проблеме уделяется весьма значительное внимание. Предлагаются различные варианты расчета ИБ ПАП [4, 6, 13], в которых учитываются как биотические показатели, так и абиотические параметры почв. Из последних авторы предлагают учитывать такие показатели почв, которые в первую очередь оказывают влияние на жизнедеятельность почвенной биоты, но при необходимости количество параметров, вводимых в формулу расчета, можно дополнять и изменять. Как показал наш опыт использования ИП БАП, конечный результат зависит от количества и значимости вводимых параметров, но в целом общая тенденция изменения биологической активности почв, как правило, сохраняется.

Интересный показатель был предложен К.Ш. Казеевым с соавторами [13]. В нем можно учитывать практически все имеющиеся параметры. Для этого в выборке максимальное значение каждого параметра принимается за 100 % и относительно него выражается значение этого же показателя в остальных образцах. Затем суммируются все показатели для каждого образца, максимальное значение принимается за 100 % и относительно этого значения рассчитывается интегральный показатель биологического состояния всех остальных образцов почв. Такой подход позволяет достаточно корректно сравнивать изменение биологического состояния в ряду исследуемых почв или в динамике для одной и той же почвы. Однако сами авторы отмечают, что окончательное формирование набора показателей, составляющих интегральный показатель, требует дальнейшей доработки [14]. По всей видимости, для разных почв (формирующихся в различных биоклиматических зонах) набор показателей может несколько отличаться, поскольку при расчете ИП БАП необходимо в первую очередь учитывать наиболее значимые параметры, максимально чутко реагирующие на изменение окружающей среды.

Таким образом, исследование биологической активности почв требует дальнейшей разработки, унификации и аттестации методик оценки их биологических и биохимических свойств; учета пространственной и временной динамики ее составляющих; использования интегральных показателей био-

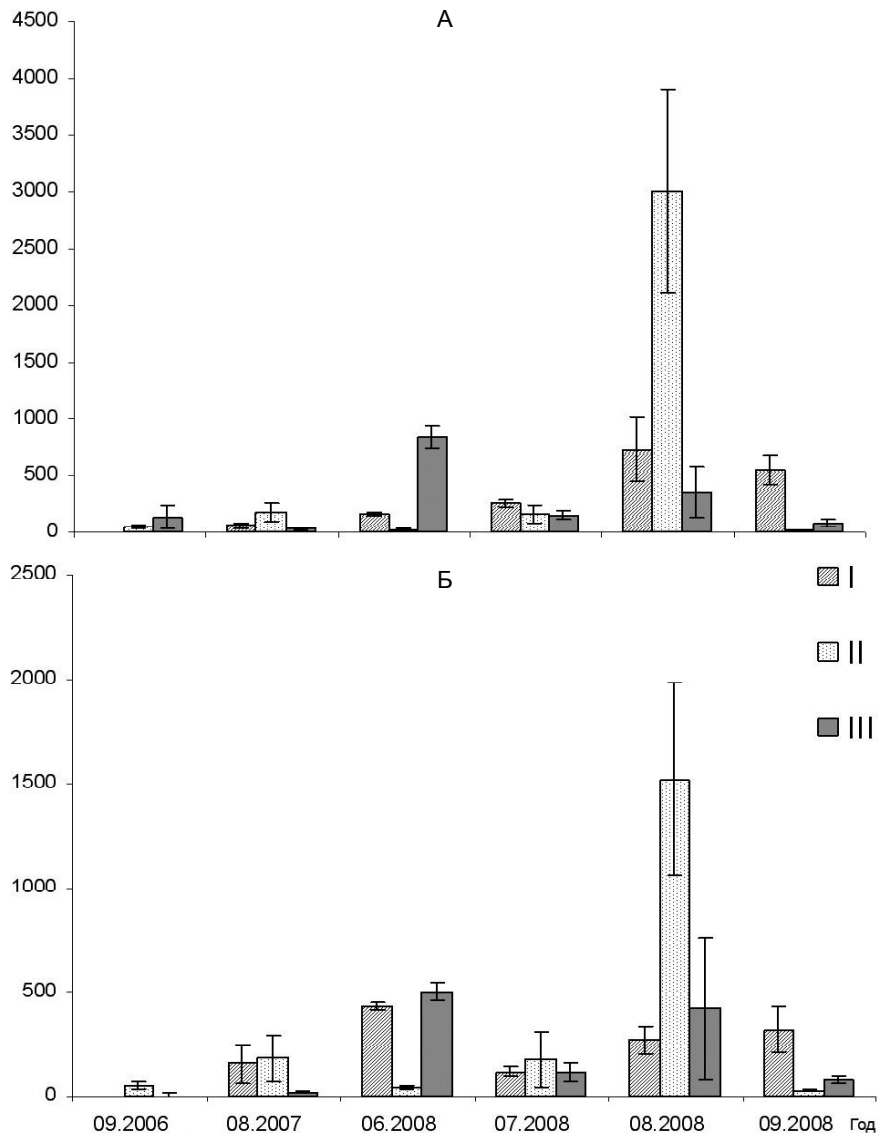


Рис. 4. Динамика численности (КОЕ · 10⁶/г а.с.п.) аммонификаторов (А) и олиготрофов (Б) в горизонтах лесных подстилок аллювиальной дерново-лесной (I), аллювиальной лугово-лесной (II) и аллювиальной лугово-болотной лесной (III) почв пойменных лесов долины р. Печора.

логического состояния почв, что дает наиболее оптимальный результат при оценке биологических свойств почв на основе комплекса параметров.

ЛИТЕРАТУРА

1. Аристовская Т.В. Микробиология процессов почвообразования. Л.: Наука, 1980. 187 с.
2. Бабьева И.П., Зенова Г.М. Биология почв. М.: Изд-во МГУ, 1989. 336 с.
3. Бобровский М.В. Лесные почвы европейской России: биотические и антропогенные факторы формирования. М., 2010. 359 с.
4. Гельцер Ю.Г., Можарова Н.В., Волкова Э.В. Применение интегральных показателей биологической активности почв при крупномасштабном почвенно-экологическом картировании // Микроорганизмы в сельском хозяйстве. Пушчино, 1992. С. 37-38.

5. Гельцер Ю.Г. Показатели биологической активности в почвенных исследованиях // Почвоведение, 1990. № 9. С. 47-59.
6. Девятова Т.А. Биологические принципы мониторинга и диагностики загрязнения почв // Вестник ВГУ. Сер. Химия. Биология. Фармация, 2005. № 1. С. 105-106.
7. Добровольская Т.Г. Структура бактериальных сообществ почв. М., 2002. 282 с.
8. Докучаев В.В. Русский чернозем. СПб., 2008. 480 с.
9. Евдокимова Г.А., Мозгова Н.П. Влияние высушивания почвенных образцов на численность бактерий и грибов // Почвоведение, 2003. № 5. С. 607-610
10. Загуральская Л.М. Микробная трансформация органического вещества в лесных почвах Карелии. СПб.: Наука, 1993. 144 с.



11. *Звягинцев Д.Г.* Биологическая активность почв и шкалы для оценки некоторых ее показателей // Почвоведение, 1978. № 6. С. 48-54.

12. *Звягинцев Д.Г.* Почвы и микроорганизмы. М.: Изд-во МГУ, 1987. 256 с.

13. *Казеев К.Ш., Колесников С.И., Вальков В.Ф.* Биология почв юга России. Ростов-на-Дону, 2004. 350 с.

14. (*Колесников С.И.*) Нормирование загрязнения почв на основе нарушения их экологических функций / *С.И.*

Колесников, К.Ш. Казеев, В.Ф. Вальков и др. // Экология и промышленность России, 2007. № 11. С. 48-51.

15. Методы почвенной микробиологии и биохимии / Под ред. проф. Д.Г. Звягинцева. М.: Изд-во МГУ, 1980. 224 с.

16. (*Покаржевский А.Д.*) Пространственная экология почвенных животных / *А.Д. Покаржевский, К.Б. Гонгальский, А.С. Зайцев* и др. М., 2007. 174 с.

17. (*Радюкина Н.Л.*) Современные представления о биохимических про-

цессах в почве / *Н.Л. Радюкина, А.В. Софьин, Н.Н. Кудрявцева* и др. // Вестн. МГУ. Сер. 17: Почвоведение, 2001. № 2. С. 13-17.

18. *Семиколенных А.А.* Каталазная активность почв северной тайги (Архангельская область) // Почвоведение, 2001. № 1. С. 90-96.

19. *Снакин В.В.* Экология и охрана природы. Словарь-справочник / Под ред. А.Л. Яншина. М.: Academia, 2000. 384 с. ❖

ПАМЯТИ Г.Г. МАЖИТОВОЙ

19 декабря 2011 г. исполнилось бы 60 лет замечательной женщине, неординарной личности, крупному ученому, ведущему специалисту в области изучения мерзлотных почв – **Галине Гуммаровне Мажитовой**.

Свой творческий путь в науке Галина Гуммаровна начала в Институте биологических проблем Севера ДВО РАН, в г. Магадан. С этим городом и этим Институтом у Галины Гуммаровны были связаны самые теплые воспоминания. Именно сюда она поступила в 1979 г. в очную аспирантуру, после того как закончила географический факультет Ленинградского университета по специальности «Ботаническая география и почвоведение» и три года отработала по распределению инженером-изыскателем в «Псковгидроводхозе». Прекрасные знания, полученные в университете, трехлетний период практической картографической работы в Пскове, помноженные на потрясающее упорство, неистощимое трудолюбие, творческий, самобытный подход к исследовательской деятельности, позволили ей в короткие сроки под руководством своего научного руководителя – доктора географических наук И.В. Игнатенко – собрать огромный материал по почвам и структуре почвенного покрова бассейна верхней Колымы, проанализировать его, обобщить и успешно защитить диссертацию на соискание ученой степени кандидата биологических наук по специальности «почвоведение». Именно здесь, на бескрайних просторах Колымской тундры, сложился истинный ученый, высококвалифицированный почвовед, принципиальный, бескомпромиссный исследователь криогенных почв, требовательно относящийся не только к окружающим, но и в первую очередь к самой себе.

Постоянная работа над собой, неустанное стремление идти вперед, открытость ко всему новому – вот то основное, что отличало Галину Гуммаровну. Такой она пришла в Институт биологии Коми НЦ УрО РАН, такой она останется в памяти коллег и друзей. С ее появлением в нашем Институте активизировались исследования криогенных почв. Благодаря Галине Гуммаровне начались работы по изучению поведения почв и деятельного слоя на «теплой» несплошной мерзлоте в условиях сельскохозяйственного освоения, циклических и направленных колебаний климата. За время работы в Институте биологии ею было сделано немало:

- проведен анализ изменения запасов почвенного углерода вдоль основных природных градиентов на северо-востоке европейской части России – показано практически полное отсутствие градиента запасов на отрезке северная тайга–южная тундра;

- дана сравнительная оценка методов экстраполяции данных по запасам углерода – показана высокая сходимость данных, полученных разными методами (с разным разрешением космоснимков), за счет взаимной компенсации ошибок;

- проведен статистический анализ пространственной и временной вариабельности деятельного слоя – выявлен тренд увеличения мощности деятельного слоя в последнее десятилетие, количественно оценена сопутствующая осадка поверхности, смоделирован отклик на дальнейшее потепление климата;

- охарактеризован термический режим тундровых почв и их отклик на изменения землепользования.

Значительный вклад внесла Галина Гуммаровна в создание почвенной базы данных для Республики



Коми. Ею подготовлены почвенная ГИС для бассейна р. Уса и всей Республики Коми в формате ArcInfo/ArcView.

Галина Гуммаровна широко известна как в сообществе российских почвоведов, так и за рубежом. Она много лет была активным членом, а в последние годы – сопредседателем рабочей группы по мерзлотным почвам Международной мерзлотведческой ассоциации Международного союза почвоведов. В качестве делегированного представителя группы участвовала в разработке Международной классификации почв, осуществила перевод с английского монографии «Ключи к таксономии почв» и подготовила толковый словарь к ней.

Она была активным членом оргкомитетов многих международных конференций. Совместно с коллегами подготовила и провела ряд научных почвенных экскурсий, в том числе и предконференционную международную научную экскурсию «Trans-Ural Polar Tour» (2004 г.), в которой приняли участие 22 почвоведов из России, Италии, Нидерландов, Австрии, США, Германии, Латвии, Венгрии, Бельгии, Южной Африки, Польши. Галина Гуммаровна была организатором и идейным вдохновителем многих международных проектов, выполнявшихся в Институте биологии:

- «Многолетняя мерзлота в бассейне р. Уса: распространение, характеристика, динамика и влияние на инфраструктуру» (грант ИНТАС РФФИ (INTAS-RFBR) № 97-10984. Проект PERUSA).
- «Циркумпольный мониторинг деятельного слоя почв и грунтов CALM» (грант NSF OPP 9732051 университету Цинцинатти (предусматривает поддержку российских CALM-площадок), грант NSF университету Делавера, США на 2004-2008 гг. OPP 0352958).
- «Климатические изменения и их влияние на речные системы в Западной и Восточной Европе: сравнение с прошлым и прогноз на будущее» (грант NWO, Нидерланды 047.011.2001.003).
- «Расчет углеродного баланса для севера России: прошлое, настоящее и будущее (CARBONorth)» (грант Еврокомиссии на 2006-2010 гг. № 036993, 6-ая программа FP6-2005-Global-4).
- «Органическое вещество в многолетней мерзлоте: молекулярный состав и связанный с ним отклик на повышение температуры (PERMASOM)» (грант Норвежского комитета по научным исследованиям, NORKLIMA, секция 3, проект 184754/S30).

Галина Гуммаровна щедро делилась своими знаниями с молодежью. Она проводила семинары для студентов и преподавателей в университетах Стокгольма (Швеция) и Фехты (Германия) на тему «Почвенный углерод и нестабильность многолетней мерзлоты на европейском севере России». Вместе со своим коллегой Д.А. Кавериним принимала участие в международной экспедиции по составлению почвенной карты ключевого участка на севере Швеции. Взяла «под свое крыло» молодых, начинающих свой путь в науке почвоведов отдела почвоведения Института биологии. Руководила дипломными работами студентов Сыктывкарских вузов, готовила себе помощников и соратников в изучении проблем криогенеза.

Глубокое знание почвоведения, геокриологии, ботаники, высокий профессионализм Галины Гуммаровны, творческое отношение к своей работе стали основой не только успешного выполнения научно-исследовательских тем отдела почвоведения, руководителем и исполнителем которых она была, но и крупных хозяйственных работ, которые позволили нам в эти сложные для Российской академии наук годы решить ряд финансовых проблемы расширить представления о почвенном покрове приуральской тундры, выявить почвы, ранее не показанные или не включенные в классификацию почв России.

Многочисленные совместные экспедиции раскрыли перед нами то, что скрывалось за внешней сдержанностью Галины Гуммаровны. Чуткая, ранимая, тонко чувствующая музыку, интересный собеседник, разбирающийся в вопросах истории, философии и психологии, самоотверженный друг и надежный товарищ, стойкий, выдержанный, глубоко преданный науке ученый, настоящая личность...

Неизлечимая болезнь безвременно оборвала жизнь Галины Гуммаровны в самом расцвете ее творческих сил. Оборвала в тот момент, когда было принято и осуществлено решение поступить в докторантуру, когда сложилась концепция докторской диссертации на тему «Температурные режимы почв в зоне несплошной многолетней мерзлоты: характеристика, география и экологическая значимость». Эта диссертация никогда не будет защищена, но идеи Галины Гуммаровны не канут в Лету, ее исследования продолжают теми, кто в последние годы работал вместе с ней, кто узнал и понял, что такое истинный Ученый, настоящий Человек, Человек с большой буквы – Галина Гуммаровна Мажитова.

Коллеги-почвоведы



ОПТИМИЗАЦИЯ МИНЕРАЛЬНОГО ПИТАНИЯ РАСТЕНИЙ НА ПОДЗОЛИСТЫХ ПОЧВАХ

Продуктивность культур является производной всех условий жизнедеятельности растений, в их числе и почвенно-климатических. Минеральное питание – один из основных факторов управления производственным процессом, функционирования и устойчивого развития агросистем. Особенно велика его роль в обеспечении высокой и стабильной продуктивности подзолистых почв, отличающихся низким естественным плодородием. В условиях короткого вегетационного периода и дефицита тепла, присущего региону, высокопродуктивное земледелие возможно лишь при прогнозировании потребности растений в элементах питания. При этом важен учет взаимодействия ионов при поступлении и перемещении в растениях. Продуктивность лимитируется не только одним или несколькими элементами, но и сбалансированностью с другими. В агрохимических исследованиях и практических рекомендациях чаще всего учитывают необходимость внесения основных элементов питания, но упускают потребность растений в других, в том числе и микроэлементах. Вместе с тем микроэлементам принадлежит важная роль в физиологических процессах, ускорении развития растений, а также в повышении их адаптивных способностей, что особенно ценно в сложных условиях северного региона.

В связи с этим разработана оптимизированная система комплексного применения макро- и микроэлементов, обеспечивающих устойчивую и высокую продуктивность при хорошем качестве растениеводческой продукции, в зональном аспекте особенно актуальна.

Методика исследований

Оценка методов прогнозирования потребности растений в элементах питания, определение обеспеченности подвижными формами элементов проводилась в полевых и микрополевых опытах на подзолистых почвах в пригородах г. Сыктывкар. Наряду с балансовым методом и средними дозами, предусматривающими внесение азота, фосфора и калия, оценивалась возможность применения метода сбалансированного питания макро- (N, P, K, Ca, Mg, S) и микроэлементами (Cu, B, Mo, Co, Zn, Mn). При определении доз макро- и микроэлементов по методу сбалансированного питания использовали оптимальные концентрации элементов питания в инертных субстратах, предложенные прибалтийскими учеными [4]. В зависимости от характеристики подзолистых почв (гранулометрический состав, содержание гумуса, полупрозрачных оксидов, уровень кислотности) вводились поправочные коэффициенты на поглощение элементов из почвы. Дополнительно проводились эксперименты, позволяющие оценить правильность выбора концентраций, влияние отклонения концентраций от оптимальных как на поглощение элементов, так и на продуктивность.



Г. Елькина

Результаты исследований

Применение удобрений по всем способам определения потребности в удобрениях привело к существенному росту продуктивности. Наиболее высокая продуктивность картофеля получена при оптимизации питания макро- и микроэлементами: средний урожай составил 56.4 т/га, для сорта Невский – 53.1 (рис. 1). Сбор клубней от применения микроэлементов увеличился на 9.9-10.8 т/га. При оптимизации

питания одними макроэлементами средняя продуктивность картофеля была близка к полученной при балансовом расчете. При использовании средних доз удобрений сбор клубней был ниже. Высокий эффект от применения доломитовой муки свидетельствует о необходимости регулирования уровня кислотности подзолистых почв при возделывании картофеля, относящегося к кальциефобным культурам. Однако внесение одной извести приводило к дисбалансу между отдельными элементами, что необходимо учитывать при составлении планов применения удобрений.

Система оптимизации питания макро- и микроэлементами имела преимущества и при возделывании однолетних трав (горох и овес в смешанном посеве): средняя продуктивность (29.4 т/га) была в четыре раза выше, чем в контроле. Под действием извести в дозе 4 и 11 т/га биомасса трав в среднем повысилась на 40 и 63 % соответственно. Анализ взаимосвязей между продуктивностью и показателями почвенной кислотности показал большую роль реакции среды при возделывании гороха, а без применения минеральных удобрений – и клевера. Максимальная продуктивность клевера была также достигнута при сбалансированном питании с учетом потребности в микроэлементах. Применение удобрений, особенно при оптимизированном питании макро- и микроэлементами, положительно сказалось на качестве продукции (товарность клубней, сбор крахмала, содержание сырого протеина в травах), улучшило элементный состав кормовых трав.

Продуктивность культур определяло поступление макро- и микроэлементов в растения. Наиболее тесные связи между поглощением элементов и формированием клубней картофеля были установлены по содержанию элементов в ассимилирующих органах (рис. 2). При этом наибольшая потребность в азоте и более тесные связи между его содержанием и продуктивностью обнаружены для молодых растений, в период интенсивного клубнеобразования возрастала роль калия.

Обогащение почв кальцием и магнием при известковании, особенно при сочетании с минеральными удобрениями, положительно повлияло на продуктивность культуры ($r = 0.74, p < 0.001; r = 0.55, p < 0.01$). Двухвалентные катионы способствовали усвоению других элементов питания. Стимулирующий эффект (по содержанию в ботве) наблюдался среди пар: N–Ca, N–Mg, P–K, P–Ca ($r = 0.72-0.73$,



Елькина Галина Яковлевна – д.с.-х.н., с.н.с. отдела почвоведения. E-mail: elkina@ib.komisc.ru. Область научных интересов: минеральное питание растений, микроэлементы, тяжелые металлы.

$p < 0.001$), по содержанию в клубнях: N–Ca, N–Mg, P–Ca ($r = 0.83-0.93, p < 0.001$). Однако двухвалентные катионы выступали антагонистами в отношении калия.

Используя соотношения между элементами как критерий сбалансированности, мы попытались найти взаимосвязи в поступлении элементов в растения и сопоставили их с продуктивностью (см. таблицу). Анализ показал, что в результате дисбаланса между кальцием и калием при известковании нарушались пропорции не только между

этими элементами, но также между калием и фосфором, что отразилось на соотношении K/P. Низкие величины свидетельствовали о непропорциональном поступлении калия, внесение элемента с удобрениями устранило диспропорции, что отразилось на величине соотношения K/P, способствуя продуктивности. Более благоприятные показатели между относительным содержанием азота и фосфора в ботве, установленные в варианте с оптимизацией питания, соответствовали величине N/P, равной 13:1, в клубнях – 6:1. Условием высокой продуктивности, как показали соотношения N/K и N/Ca, явилось также более интенсивное поступление калия и кальция, чем азота. Заданные пропорции между этими элементами во вносимых средствах химизации при определении доз удобрений по методу оптимизации сохранились в химическом составе ботвы, что способствовало высокой продуктивности. В результате резкого преобладания кальция над калием, особенно при применении максимальной дозы извести, в ботве значительно сузилась соотношения K/Ca, K/Mg, что свидетельствует о необходимости внесения повышенных доз калия при известковании. Более благоприятные условия для питания магнием нами установлены при внесении высокой дозы доломитовой муки.

Устранение избытка алюминия и марганца, присущего кислым подзолистым почвам и препятствующего росту и развитию культур, способствовало их продуктивности. Значительное влияние алюминия и марганца на поступление элементов в растения и их онтогенез следует отнести к зональным особенностям минерального питания на подзолистых почвах. Между показателями Al/P, Mn/P, а также Al/N и Al/K и продуктивной массой растений установлена отрицательная зависимость.

Величина вегетативной массы овса в период скашивания была тесно связана с содержанием в ней азота и калия. Связи между содержанием азота и калия и продуктивной массой овса имели линейный, фосфора – логарифмический харак-

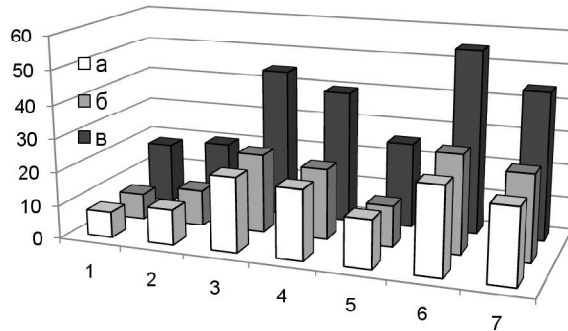


Рис. 1. Влияние удобрений и мелиорантов на продуктивность (по вертикали; т/га) клевера (а), однолетних трав (б) и картофеля (в). Представлены средние данные за два, три и четыре года соответственно в следующих вариантах: контроль (1), доломитовая мука, 4 т/га (2), балансовый метод (3), рекомендуемые дозы (4), доломитовая мука, 11 т/га (5), оптимизация питания макро- и микроэлементами (6), оптимизация питания макроэлементами (7).

тер. Максимальное их количество установлено при обеспечении потребности растений в макро- и микроэлементах. Повышенной биомассе овса соответствовало и более высокое содержание двухвалентных катионов ($r = 0.81-0.94, p < 0.001$). Продуктивность гороха несколько в меньшей мере, чем овса, определялась поступлением азота. Нарастание биомассы бобового растения в равной мере с азотом зависело от поступления фосфора и калия ($r = 0.80$ и 0.82 соответственно, $p < 0.001$). Хотя в поглощении большинства макроэлементов горохом наблюдался синергизм, преобладание азота и двухвалентных катионов над фосфором не удовлетворяло потребностям растений и вело к снижению продуктивности культуры (см. таблицу). В отличие от злака в биомассе гороха с ростом ее величины происходило сужение соотношения N/K, поглощение калия шло более интенсивно, чем азота. Это явление связано со специфическими особенностями растений, разной потребностью в элементах питания, что также требует учета при прогнозировании потребности в удобрениях многокомпонентных посевов. Для формирования биомассы клевера важным было обеспечение питания не только двухвалентными катионами, но и калием, предпочтительными были более высокие показатели пропорций K/Mg и K/Ca.

Впервые для подзолистых почв выявлена значительная роль серы в питании растений. Включение ее в состав комплекса макро- и микроэлементов позволило увеличить продуктивность картофеля на 13%. Содержание серы в ботве картофеля при этом увеличилось с 0.18 до 0.28, в однолетних травах – с 0.08-0.12 до 0.16-0.21%. В кормовых травах наряду с увеличением содержания сырого протеина при обеспеченности макро- и микроэлементами, в том числе и серой, было достигнуто близкое к оптимальному для рациона животных соотношение N:S – 13-20:1. Преобладание азота над серой сдерживает синтез серосодержащих аминокислот в орга-

низме животных, что снижает их продуктивность. Кроме того, негативно влияя на метаболизм азота в растениях, недостаток серы приводит к возрастанию потерь азота из почвы и загрязнению азотом природных вод [1, 5]. Дефицит серы связан с преобладанием в ассортименте минеральных удобрений, освобожденных от примесей, сокращением применения органических удобрений, снижением поступления данного элемента из атмосферы.

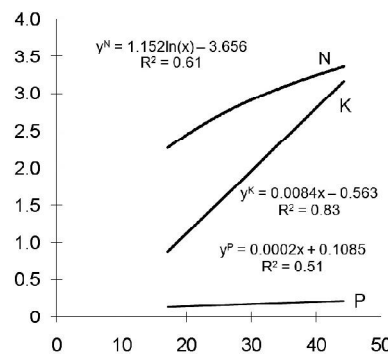


Рис. 2. Продуктивность картофеля (т/га; по оси абсцисс) и содержание основных элементов питания (%; по оси ординат).



Влияние извести и применения удобрений на отношение элементов питания к фосфору и связи с продуктивностью

Вариант	N/P	K/P	Ca/P	Mg/P	Mn/P	Al/P	Fe/P	Cu/P	Zn/P
Ботва									
1	17.7	9.5	4.6	4.4	0.20	1.33	0.22	0.006	0.020
2	11.7	5.6	7.0	3.9	0.04	0.50	0.12	0.003	0.009
3	13.7	13.6	10.0	3.5	0.07	0.50	0.13	0.003	0.008
4	18.4	13.6	12.9	5.7	0.11	0.68	0.16	0.003	0.013
5	19.2	4.9	10.5	6.0	0.03	0.29	0.15	0.003	0.006
6	17.4	13.9	8.5	5.2	0.04	0.24	0.07	0.003	0.013
7	13.0	12.8	8.4	5.5	0.05	0.27	0.10	0.002	0.006
	Корреляция с продуктивностью								
	0.01	0.86***	0.47*	0.06	-0.33	-0.49*	-0.64**	-0.49**	-0.18
Клубни									
1	2.7	8.1	0.11	0.40	0.004	0.032	0.019	0.002	0.005
2	4.1	7.1	0.10	0.46	0.002	0.025	0.021	0.002	0.005
3	8.3	10.4	0.21	0.71	0.005	0.024	0.023	0.002	0.007
4	7.9	6.7	0.12	0.46	0.003	0.023	0.020	0.002	0.005
5	4.0	5.8	0.10	0.37	0.004	0.023	0.018	0.002	0.002
6	6.2	6.0	0.13	0.39	0.003	0.015	0.018	0.002	0.006
7	7.4	6.9	0.15	0.50	0.005	0.017	0.020	0.001	0.003
	Корреляция с продуктивностью								
	0.81***	0.15	0.59**	0.44	0.34	-0.58**	0.04	0.3	0.43
Овес									
1	8.5	8.5	1.05	0.79	0.037	0.053	0.021	0.028	0.091
2	6.5	9.5	0.82	0.86	0.023	0.045	0.018	0.021	0.069
3	10.7	8.6	1.00	0.86	0.021	0.036	0.025	0.016	0.051
4	9.4	8.9	0.96	1.12	0.019	0.038	0.023	0.018	0.057
5	6.4	9.0	0.92	1.19	0.015	0.038	0.035	0.018	0.053
6	8.8	9.7	0.97	0.97	0.011	0.014	0.038	0.020	0.070
7	5.9	7.1	0.92	0.92	0.008	0.020	0.026	0.009	0.031
	Корреляция с продуктивностью								
	0.16	-0.19	0.06	0.12	-0.78***	-0.94**	0.49**	-0.63**	-0.54**
Горох									
1	10.2	4.0	8.05	3.62	0.043	0.095	0.156	0.101	0.031
2	10.9	5.9	7.28	3.33	0.033	0.111	0.072	0.101	0.032
3	8.9	4.0	7.12	2.92	0.032	0.080	0.064	0.069	0.021
4	7.9	4.1	4.93	2.20	0.020	0.033	0.030	0.060	0.020
5	7.8	3.8	4.83	2.52	0.010	0.034	0.031	0.058	0.019
6	6.6	5.9	4.40	1.73	0.010	0.025	0.045	0.068	0.019
7	6.7	6.7	4.57	1.71	0.017	0.029	0.017	0.049	0.017
	Корреляция с продуктивностью								
	-0.79***	0.26	-0.62**	-0.79***	-0.59**	-0.66**	-0.63**	-0.71***	-0.80***
Клевер									
1	11.4	8.1	4.74	2.35	0.043	0.087	0.091	0.004	0.008
2	8.6	9.3	4.48	2.04	0.024	0.040	0.036	0.003	0.007
3	10.5	10.5	5.27	2.23	0.023	0.045	0.032	0.003	0.008
4	9.2	9.4	5.08	2.12	0.016	0.040	0.028	0.004	0.008
5	9.9	9.3	5.08	2.13	0.013	0.042	0.017	0.003	0.008
6	9.4	8.4	4.25	1.75	0.011	0.036	0.021	0.004	0.009
7	8.8	8.2	4.24	1.72	0.010	0.034	0.017	0.003	0.006
	Корреляция с продуктивностью								
	-0.36	0.03	-0.23	-0.69***	-0.73***	-0.65**	-0.65**	-0.14	-0.15

Примечание: корреляция с продуктивностью достоверна при $p < 0.01$ (*), $p < 0.05$ (**), $p < 0.001$ (***). Варианты те же, что и на рис. 1.

Изучение поглощения элементов растениями, пропорций между элементами, а также связей между этими показателями и продуктивностью культур выявило значительную роль микроэлементов в питании растений, а также сбалансированности между макро- и микроэлементами. Возросший под действием удобрений вынос микроэлементов, снижение подвижности цинка, в меньшей мере

меди в результате нейтрализации кислотности привели к обеднению почв и растений микроэлементами, вызвав диспропорции между макро- и микроэлементами, что негативно сказалось на продукционном процессе.

О нарушениях в питании растений цинком и связанных с антагонизмом между этим элементом и кальцием, а также и фосфором, свидетельствуют очень низкие величины соотношений Zn/Ca и Zn/P в ботве картофеля. Показатели в вариантах без применения микроудобрений были ниже в семь раз по сравнению с вариантом, где микроэлементы вносились. Величины соотношений Cu/Ca в ботве при аналогичных условиях были в три-четыре, Cu/Mg – в два три раза ниже установленных нами оптимальных значений, что также негативно отразилось на продуктивности. Помимо конкуренции между элементами шел усиленный отток микроэлементов в клубни и «разбавление» их в возросшей массе ботвы. Более благоприятные условия для поглощения элементов сложились при оптимизации питания макро- и микроэлементами. Обогащение растительной продукции микроэлементами, кроме того, улучшило их элементный состав.

Анализ взаимосвязей между ростом культур и обеспеченностью элементами питания показал наличие корреляции между продуктивностью культур и содержанием подвижных элементов в почве ($r = 0.54-0.92$, $p < 0.01$, $p < 0.001$). Применение микроэлементов повысило использование основных элементов питания из почвы и удобрений: коэффициент использования азота из удобрений за севооборот возрос с 59 до 90, фосфора – с 29 до 36 и калия – с 60 до 97 %, что способствовало сокращению потерь и улучшению экологического состояния пахотных угодий.

Эксперименты подтвердили правильность выбора концентраций большинства элементов и установили, что причиной снижения продуктивности может быть не только дефицит, но и их избыток, а характер взаимосвязи между поглощенными элементами питания определяется величиной отклонения концентраций взаимодействующих ионов от оптимальной. Избыточность элемента чаще всего препятствовала поступлению других, меняя направленность связей между элементами от синергических к антагонистическим. Так, антагонизм между поступлением калия и кальция при внесении возрастающих количеств извести привел к снижению биомассы кар-



тофеля (рис. 3). Аналогичным образом сказался и избыток азота.

Проведенные исследования выявили зональные особенности минерального питания на подзолистых почвах региона, специфику культур, позволили установить оптимальные параметры содержания элементов в почве и растениях. Продуктивность культур определялась обеспеченностью подвижными формами элементов и лимитировалась элементом, который находился в минимуме. Максимальная отдача достигалась при обеспечении потребности во всех элементах в благоприятных пропорциях, т.е. при сбалансированном питании. Причиной низкой продуктивности при этом выступал не только дефицит, но и избыток отдельных элементов. Характер взаимосвязи между поглощенными элементами питания определял уровень отклонения концентраций взаимодействующих ионов от оптимальных величин. Избыточность элемента большей частью препятствовала поступлению других. Близкие результаты получены в исследованиях других авторов [3, 4].

Важная роль соразмерности связей между элементами в растениях признавали и учитывали основоположники метода растительной диагностики В.В. Церлинг [5] и К.П. Магницкий [2]. На основе химического анализа выявлялся дефицит элементов и их избыток, оценивались связи между поступлением элементов и продуктивностью культур. Но по абсолютному содержанию элемента в органах растений трудно установить взаимовлияние поступающих элементов и уровень их уравновешенности. Оценка сбалансированности элементов большей частью осуществлялась в отношении таких элементов питания, как азот, фосфор и калий.

В связи с тем, что четких, экспериментально доказанных данных о влиянии пропорций между элементами на продуктивность не так уж много, мы постарались оценить сбалансированность питания с учетом необходимости обеспечения потребности растений в большинстве элементов, в том числе микроэлементов. Продемонстрировать присущую растениям избирательность в поглощении элементов растения в полной мере могут при обеспечении их необходимыми макро- и микроэлементами. При оптимизированном питании, которое мы пытались достичь в эксперименте, поступление элементов в растения в какой-то мере приближалось к условиям беспрепятственного поглощения.

Заключение

Продуктивность и экологическое состояние подзолистых почв в значительной мере определяются условиями минерального питания, его сбалансиро-

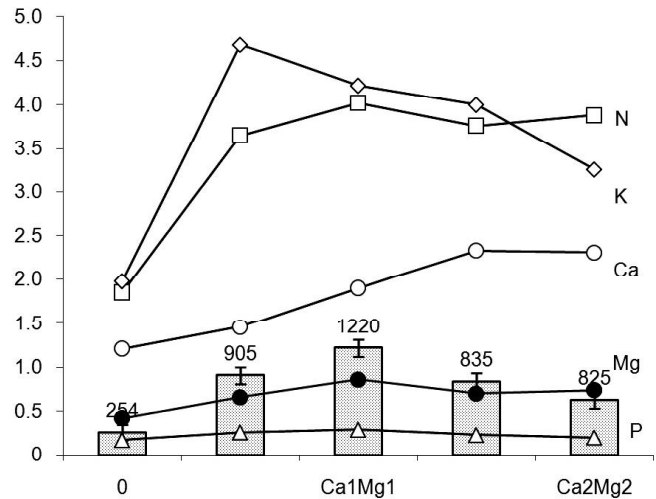


Рис. 3. Влияние поступления элементов (%) в ботву картофеля на его продуктивность (г/м²; по оси ординат) при внесении извести.

ванностью. На основе многолетних исследований дано теоретическое обоснование, разработана нормативная и методологическая база для сбалансированного питания растений макро- и микроэлементами на подзолистых почвах. Оценена роль серы и микроэлементов в питании растений, установлен острый дефицит микроэлементов при обеспеченности основными элементами питания. Выявлены оптимальные уровни обеспеченности почв макро- и микроэлементами. Система оптимизированного применения макро- и микроудобрений позволяет повысить эффективное плодородие подзолистых почв и обеспечить получение стабильно высоких урожаев с хорошим качеством.

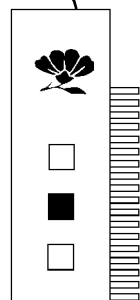
ЛИТЕРАТУРА

1. Аристархов А.Н. Оптимизация питания растений и применение удобрений в агросистемах. М., 2000. 522 с.
2. Магницкий К.П. Диагностика потребности растений в удобрениях. М., 1972. 271 с.
3. Регуляция минерального питания и продуктивность растений. Киев: Наукова думка, 1991. 172 с.
4. Ринькис Г.Я., Ноллендорф В.Ф. Сбалансированное питание растений макро- и микроэлементами. Рига: Зинатне, 1982. 304 с.
5. Стуйвер К.Е., де Кок Л.Дж., Вестерман С. Серная недостаточность у *Brassica oleracea*: особенности развития, биохимические признаки и взаимодействие сера-азот // Физиология растений, 1997. Т. 44, № 4. С. 581-590.
6. Церлинг В.В. Агрохимические основы диагностики минерального питания сельскохозяйственных культур. М.: Наука, 1978. 216 с. ❖

НАШИ ПОЗДРАВЛЕНИЯ

Елене Витальевне Романовой с успешной защитой диссертации на соискание ученой степени кандидата биологических наук (03.02.08 — экология) «Роль генов белков теплового шока в адаптации *Drosophila melanogaster* L. к прооксиданту параквату, гипертермии, ионизирующему излучению» (диссертационный совет Д 004.007.01 при Институте биологии Коми НЦ УрО РАН)!

Желаем дальнейших творческих успехов!



ВОССТАНОВЛЕНИЕ ПРИРОДНЫХ ЭКОСИСТЕМ НА СЕВЕРЕ:
ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ И ПРАКТИЧЕСКИЙ ОПЫТ

В условиях активно продолжающегося разрушения природных экосистем в ходе промышленной добычи природных ресурсов особую актуальность приобрели исследования, направленные на разработку эффективных приемов восстановления природных экосистем и сохранения устойчивости биосферы на Севере вследствие повышенной уязвимости природных экосистем к техногенным воздействиям и замедленного процесса самовосстановления. В последние годы темпы освоения природных ресурсов в северном регионе значительно превышают темпы восстановительных работ. Одним из таких районов на Севере является Республика Коми, в которой по данным за 2007 г. доля рекультивированных земель составила лишь 6 % общей площади нарушенных земель [1]. Рациональное природопользование невозможно вне связи с проблемой восстановления зональных экосистем на посттехногенных территориях.

Попытки использовать традиционные приемы рекультивации, применяемые в средней полосе с развитым земледелием, оказались неэффективными на Севере, где при отсутствии устойчивой практики земледелия традиционный тип хозяйства опирается на использование природных биологических ресурсов. Это поставило перед исследователями задачу разработать новый подход и практические приемы восстановления природных экосистем на посттехногенных территориях с учетом специфики природных условий северного региона.

В Институте биологии Коми НЦ УрО РАН под руководством д.б.н. И.Б. Арчевой более 40 лет ведутся исследования состояния экосистем на северных территориях, его изменений при техногенном (антропогенном) воздействии. Эти исследования имеют важнейшее значение для создания как теоретической базы, так и системы практических приемов восстановления разрушенных природных экоси-

стем на Севере. Новый методологический подход основан на принципе системности. С его позиций любая экосистема (природная и антропогенная) рассматривается как целостное образование, состоящее из взаимосвязанных и взаимообусловленных структур: растительного сообщества, микробно-фаунистического комплекса, трансформирующего органические остатки, и субстрата, освоенного растительным сообществом. Главным связующим процессом, объединяющим компоненты в целостную экосистему, является механизм биологического оборота органического (растительного) вещества и энергии. При понимании экосистемы как целостного образования важно подчеркнуть, что каждый ее компонент приобретает свои свойства при взаимодействии (взаимовлиянии) между ними в конкретной системе, вне ее их теряет. При таком понимании следует, что разрушение одного из компонентов неизбежно ведет к распаду всей системы. Восстановление любой разрушенной экосистемы происходит на основе взаимосвязи между ее компонентами при главной роли растительного сообщества, инициирующего развитие биологического оборота органического вещества.

С этих позиций и с учетом особенностей природных условий Севера разработаны концепция «природовосстановления» и система практических приемов ускоренного восстановления природных экосистем на посттехногенных территориях. Концепция «природовосстановления» опирается на результаты многолетнего изучения особенностей структурных компонентов северных экосистем, их повышенной уязвимости к техногенным воздействиям и медленному самовосстановле-



А. Панюков



И. Лиханова



Е. Кузнецова



Ф. Хабибуллина

нию. Взаимосвязь между компонентами достигает наибольшего проявления в северных экосистемах. Ведь именно в небольшом по мощности слое моховой подстилки сосредоточены основная масса питающих корней растительного сообщества, микробно-фаунистический комплекс, накапливается растительный (древесный, кустарниковый) опад, аккумулируются элементы-биогены, обеспечивая стабильное самовоспроизводство основных компонентов (биоты и почвы) в рамках экосистемы.

При техногенном воздействии уничтожение органо-аккумулятивного слоя (лесной или тундровой подстилки) влечет за собой разрушение, по сути, самой экосистемы. Обнажающийся верхний минеральный горизонт (подзолистый в лесных экосистемах, глеево-тиксотропный в тундровых) беден питательными веществами, что затрудняет прежде всего активное самовосстановление растительного сообщества (и взаимосвязанных с ним других компонентов системы). Отсутствие растительного покрова провоцирует развитие эрозии.

Арчева Инна Борисовна – д.б.н., в.н.с. отдела почвоведения. E-mail: archegova@ib.komisc.ru. Область научных интересов: *методология науки, гумусообразование.*

Панюков Андрей Николаевич – к.б.н., н.с. этого же отдела. E-mail: panjukov@ib.komisc.ru. Область научных интересов: *природовосстановление, тундровые экосистемы.*

Лиханова Ирина Александровна – к.б.н., н.с. этого же отдела. E-mail: likhanova@ib.komisc.ru. Область научных интересов: *восстановление лесных экосистем.*

Кузнецова Елена Геннадьевна – к.б.н., с.н.с. этого же отдела. E-mail: kuznecova@ib.komisc.ru. Область научных интересов: *география и генезис почвы, экологический мониторинг.*

Хабибуллина Флюза Мубараковна – д.б.н., с.н.с. этого же отдела. E-mail: fluza@ib.komisc.ru. Область научных интересов: *микробиология, почвенные микромицеты.*



Обобщение сведений об особенностях строения и функционирования природных экосистем позволяет определить основные задачи системы практических приемов ускоренного (управляемого) восстановления разрушенных природных экосистем: 1) формирование за короткий период нового продуктивного (органно-аккумулятивного) слоя на базе верхнего минерального горизонта с целью стимулирования процесса самовосстановительной сукцессии и сокращения длительности ее начальной стадии; 2) предотвращение развития ускоренной почвенной эрозии.

Разработанная в соответствии с этими положениями комплексная система «природовосстановления» на посттехногенных территориях включает два этапа (см. рисунок). Целью первого, «интенсивного» этапа является быстрое воссоздание нового продуктивного слоя с помощью конкретных агроприемов, включающих внесение удобрений и посев многолетних трав, адаптированных к северным условиям. «Интенсивный» этап позволяет ускорить прохождение длительных начальных стадий самовосстановительной сукцессии, закрепить верхний слой техногенного субстрата корневыми системами многолетних трав для предотвращения развития эрозионных процессов. Продолжительность этапа в зависимости от конкретных условий участка составляет 3-5 лет при ежегодной подкормке комплексными минеральными удобрениями. При нефтезагрязнении комплекс работ усложняется предварительным применением специальных мер очистки с использованием микробиологических препаратов или биосорбентов, совмещающих процесс сорбции и деградации загрязнения на месте [6]. На втором, «ассимиляционном» этапе травянистое сообщество, постепенно преобразуясь, замещается биогеоценозом (экосистемой), близким по типу к зональному. Продолжительность «ассимиляционного» этапа составляет 25-30 лет в зависимости от условий и возможности повторных нарушений, особенно транспортом. На этом этапе не требуется существенных финансовых вложений, осуществляется главным образом контроль силами местных природоохранных органов.

Предложенная схема имеет существенные отличия от традиционно понимаемых работ по рекультивации, приемы которых направлены на создание благоприятных почвенных условий для последующего хозяйственно-

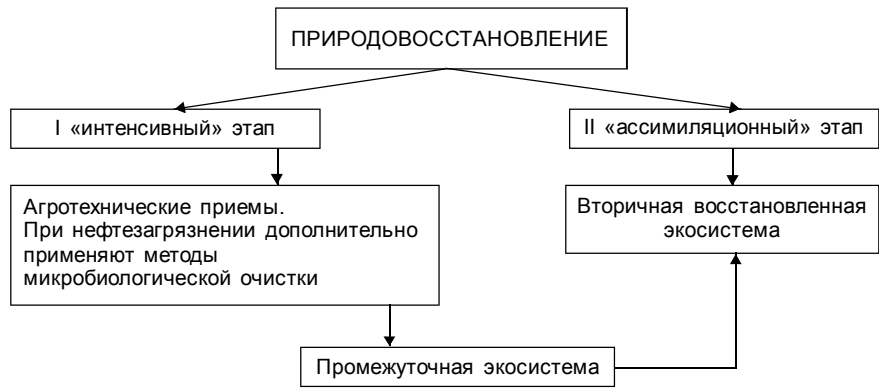


Схема ускоренного «природовосстановления».

го, преимущественно сельскохозяйственного использования. Концепцию ускоренного (управляемого) «природовосстановления» и систему ее практических приемов разрабатывали с учетом социально-экономических особенностей региона. Традиционная хозяйственная деятельность коренного населения (охота, рыболовство, оленеводство) опирается на местные природные биологические ресурсы при слабо развитом земледелии. Таким образом, главная цель комплекса работ, проводимого по системе «природовосстановления», заключается в восстановлении на посттехногенных участках экосистем, по возможности наиболее близких к типу зональных, что позволит сохранить экологическую устойчивость природной среды на Севере при возрастающей на нее техногенной (антропогенной) нагрузке. Важно отметить, что оба подхода являются географически адаптированными вариантами решения экологических проблем с учетом соответствующей социально-экономической специфики конкретных регионов. Результаты исследований детально представлены в публикациях [2-4, 6, 7]. В статье кратко приведены результаты наблюдений по рассмотренной схеме «природовосстановления» в таежной и тундровой природных зонах на северо-востоке европейской части России.

Крайнесеверная тайга. Исследования проводятся в Усинском районе Республики Коми на границе распространения леса. Наиболее характерные типы техногенных нарушений – карьеры и песчаные отсыпки буровых площадок. Опыт, проведенный на отработанном песчаном карьере, позволил отметить следующее.

К концу «интенсивного» этапа (на пятый год) сформировалось травянистое сообщество с соответствующей луговоподобной почвой: биогенно-аккумулятивный слой (АдерА1) – 8 (12), II слой – 9 (13) см; содержание в этих

горизонтах Сорг – 5.0 и 3.3 %, Нгидр – 2.9 и 1.6, P₂O₅ – 8.5 и 10.1, K₂O – 7.9 и 4.3 мг/100 г воздушно-сухой почвы (в.с.п.) соответственно. На втором, «ассимиляционном» этапе в ходе самовосстановительной сукцессии травянистое сообщество постепенно замещается древесным. К 2010 г. (19-й год после начала опыта) сформировалось лесное сообщество, древесный ярус которого состоит из быстрорастущих березы и лиственницы (состав 5Б5Л), деревья имели высоту 5-6 м, сомкнутость крон 0.4, отмечен подрост ели и сосны. Таким образом, в соответствии со схемой «природовосстановления», к концу второго 10-летия от начала опыта сформировано мелколиственное лесное сообщество. Наличие подроста ели и сосны свидетельствует о дальнейшем развитии лесного сообщества в зональный тип биогеоценоза [5]. Общее проективное покрытие травяно-кустарничкового покрова составляет 85 %. Наряду с видами, характерными для лесных сообществ, например, луговик извилистый (*Avenella flexuosa*), золотая розга (*Solidago virgaurea*), толокнянка (*Arctostaphylos uva-ursi*) и вороника (*Empetrum hermaphroditum*), отмечено участие высеянных злаков с общим проективным покрытием (ОПП) около 30 %. Всего в напочвенном покрове отмечено 24 вида сосудистых растений, 11 – мохообразных, 17 видов лишайников. Почва как более консервативный компонент экосистемы преобразуется постепенно, в соответствии с изменением состава растительного материала, условий его трансформации. С появлением и усилением роли лишайниково-мохового покрова формируется лесная подстилка – характерный биогеоценоз таежной лесной экосистемы. Почва к концу второго 10-летия характеризовалась органомным слоем (А0А1) общей мощностью



13 см; глубже выделяется II (минеральный) слой около 10 см толщиной; содержание в этих слоях Сорг – 4.2 и 1.4 %, Нгидр – 7.1 и 1.5, P₂O₅ – 11.4 и 6.0, K₂O – 26.6 и 4.3 мг/100 г в.с.п. соответственно.

Ускорение самовосстановительной сукцессии по двухэтапной схеме «природовосстановления» становится особенно показательным при сравнении с контрольным участком на том же карьере, где на 28-й год после обработки карьера ОПП растительного покрова не превышало 1 %, в результате развития эрозии образовался овраг глубиной около 3 м.

Подзона южной тундры. Участок, который является базовым (модельным) для наблюдений за полным циклом восстановления разрушенной природной тундровой экосистемы, расположен на уплощенной вершине водораздельного увала близ г. Воркута. Восстановление тундрового биогеоценоза началось после трех лет выращивания по фону удобрений многолетних трав («интенсивный» этап схемы). Мониторинг здесь проводится более 40 лет, что позволило проследить этапы восстановления тундровой экосистемы. К концу третьего 10-летия на месте сеяного травянистого сообщества сформирована вторичная посттехногенная ивняково-ерниково-моховая экосистема (биогеоценоз), характерная для равнинных слабопониженных водораздельных территорий. Так, к 30-му году проективное покрытие кустарников составило 95 %, при этом доля ивы и карликовой березы – 60-70 и 30 % соответственно. Сформирован устойчивый по составу моховой покров с участием лишайников (мохообразные и лишайники –

шесть и девять видов соответственно). Исследования показывают, что в последующие годы видовой состав, обилие и проективное покрытие растительности остаются без существенных изменений, подтверждая устойчивость сформировавшегося вторичного сообщества.

В результате функционирования растительного сообщества тундрового типа почва приобретает черты, характерные для тундровой поверхностно-глеевой почвы, т.е. типичной тундровой экосистемы. Так, почва уже не имеет признаков одернения, ранее свойственного ей под многолетним травянистым сообществом, и характеризуется наличием подстилки еще небольшой мощности и гумусового слоя, сменяющегося оглеенным горизонтом, т.е. имеет, в общем, однотипное строение с профилем целинной почвы. Отличия имеют количественный характер (мощность слоев), что связано с «молодостью» вторичной экосистемы. Агрохимические показатели почвы также близки к показателям целинной тундровой почвы: содержание Сорг в горизонтах А0А1 и А1^{криог} – 16.9 и 2.9 %, Нгидр – 17.9 и 3.6, P₂O₅ – 8.1 и 4.1, K₂O – 40.8 и 2.4 мг/100 г в.с.п. соответственно.

Результаты исследований показывают перспективность разработанной нами концептуальной схемы приемов «природовосстановления» для решения экологических проблем на Севере. Ее эффективность определяется учетом не только климатических особенностей, обуславливающих типовое разнообразие природных экосистем, но и социально-экономической специфики регионов. Схема практических приемов «природовосстановления»

позволяет учитывать экономические затраты при проектировании восстановительных работ. Полученные данные являются актуальным вкладом в решение экологических проблем на Севере. Надо отметить, что заложенный в разработанной концепции «природовосстановления» системно-географический подход имеет более широкие возможности применения в разных регионах с целью восстановления природных экосистем и сохранения устойчивости биосферы при известной корректировке по климатическим условиям и социально-экономической специфике региона.

ЛИТЕРАТУРА

1. Государственный доклад о состоянии окружающей природной среды Республики Коми в 2007 г. Сыктывкар, 2008. 152 с. – (Министерство природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Коми).
2. Лиханова И.А., Арчегова И.Б., Хабибуллина Ф.М. Восстановление лесных экосистем на техногенно нарушенных территориях Севера. Екатеринбург, 2006. 104 с.
3. (Панюков А.Н.) Биологическое разнообразие и продуктивность антропогенных экосистем Крайнего Севера / А.Н. Панюков, Н.С. Котелина, И.Б. Арчегова, Ф.М. Хабибуллина. Екатеринбург, 2005. 120 с.
4. Посттехногенные экосистемы Севера. СПб.: Наука, 2002. 160 с.
5. Шенников А.П. Введение в геоботанику. Л.: Изд-во ЛГУ, 1964. 447 с.
6. Экологические основы восстановления экосистем на Севере. Екатеринбург, 2006. 79 с.
7. Экологические принципы природопользования и природовосстановления на Севере. Сыктывкар, 2009. 176 с. ❖



ВЫСТАВКИ



ИНСТИТУТ БИОЛОГИИ В СОСТАВЕ ДЕЛЕГАЦИИ УРО РАН ПРИНЯЛ УЧАСТИЕ В ВЫСТАВКЕ-ФОРУМЕ «ИННОПРОМ-2011»

Ю. Комова, Л. Печерская, И. Чадин

Уральская международная выставка «Иннопром» – форум промышленности и инноваций – проводится в Екатеринбурге с 2010 г. Ее организаторами являются правительство Российской Федерации и правительство Свердловской области. Международная выставка-форум «Иннопром-2011» прошла с 14 по 17 июля во вновь построенном выставочном комплексе «Екатеринбург-Экспо» вблизи екатеринбургского аэропорта «Кольцово».



Гостями и участниками выставки-форума стали представители более 30 стран мира. На территории около 15 тыс. м², расположились более 370 экспонентов со всей России и из-за рубежа. По данным организаторов, в мероприятиях приняли участие свыше 43 тыс. человек. Только в деловой программе форума участвовали около 9 тыс. человек. Были подписаны соглашения почти на 180 млрд рублей.

Первое в России специализированное мероприятие в области промышленности, инноваций и тех-

нологий открыли Н. Винниченко, полномочный представитель президента Российской Федерации, и А. Мишарин, губернатор Свердловской области. В первый день прошла конференция Агентства стратегических инициатив, с участниками которой в режиме видеоконференцсвязи пообщался Владимир Путин, председатель правительства Российской Федерации. В «Детский день», которым завершилась выставка, экспо-центр посетили более 4 тыс. детей, в том числе воспитанники детских домов. За четыре дня работы прошло более 30 мероприятий по основной программе форума и более 60 дополнительных мероприятий, которые освещали свыше 500 журналистов как Среднего Урала, так и гости области.

В делегацию от Уральского отделения наук входили пять научно-исследовательских институтов УрО РАН: Институт металлургии представил разработку «Пневмотранспортное оборудование для металлургии». Оборудование предназначено для обработки расплавов цветных и черных металлов порошкообразными материалами и нанесения огнеупорных покрытий. Использование автоматизированного комплекса обеспечивает значительное повышение эффективности сталеплавильного производства. Институт математики и механики – компактную систему автоматического мониторинга технологических процессов на основе технического зрения. Институт теплофизики – автоматическое переносное устройство экспресс-контроля качества масел и топлива. Устройство позволяет вести непрерывный контроль чистоты масел в действующем оборудовании и обнаруживать признаки опасных изменений в составе масел в процессе их эксплуатации. Основными преимуществами являются автономность, компактность, высокая чувствительность к малым количествам опасных примесей. Институт высокотемпературной электрохимии – разработку «РХИТ – разогретьные химический источник тока» (РИХТ – автоматизированный источник электроэнергии, работающий по принципу прямого преобразования химической энергии в электрическую. Мощность данного источника составляет от сотен ватт до десятков киловатт). Институт химии твердого тела – проект «Керамические люминофоры с объемным свечением». Сущность разработан-

ной серии полицветных керамических люминесцентных материалов с объемным свечением заключается в преобразовании излучения от ультрафиолетовых светодиодов (UV LED) в видимый свет. Применима разработка в светодиодной технике. Преимущество состоит в создании источников видимого излучения в виде свягающегося тела (шар, стержень, цилиндр), излучение из которых может быть сфокусировано или дефокусировано с помощью оптических систем на соответствующий участок поверхности.

В составе делегации УрО РАН также были Инновационно-технический центр «Академический». Совместно с компанией Fine Metal Powders (ВМП) разработана технология РиМЕТ. Препараты серии РиМЕТ, это не присадки, а реметаллизанты – препараты для защиты от износа и восстановления деталей механизмов, в частности, двигателей внутреннего сгорания и трансмиссий. В состав препаратов входят наночастицы металлического сплава, снижающие трение и восстанавливающие изношенную поверхность. Компания ВМП приняла участие в выставке на стенде УрО РАН в секторе «Нанотехнологии» с разработкой «Реметаллизанты и цинк-наполненные грунтовки». Результатом участия стали новые партнеры в городах Свердловской области, а также новые деловые знакомства с дальнейшей перспективой сотрудничества.

Институт биологии Коми НЦ УрО РАН впервые участвовал на выставочной площадке УрО РАН в рамках выставки-форума Иннопром-2011. Вниманию многочисленных посетителей выставки были представлены инновационные разработки его отделов и лабораторий:

– разработка «Комплексная технология восстановления лесных экосистем на техногенно-нарушенных территориях» (лаборатория биологии почв и проблем природовосстановления). Информация была передана представителям ОАО «НК «Роснефть» с целью налаживания партнерства и получения инвестиций. Как информирует вице-президент компании, отвечающий за инновационное развитие и внедрение новых технологий, «Роснефть» планирует более чем в два раза увеличить инвестиции в научно-исследовательские и опытно-конструкторские разработки – до 8 млрд руб. Интерес со стороны предста-

НАШИ ПОЗДРАВЛЕНИЯ

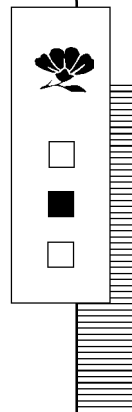
Поздравляем авторов инновационных проектов с награждением дипломами участника конкурса «Инновации в экономике, управлении и образовании Республики Коми»



Ирину Эдмундовну Шарпову за проект «Комплексная технология очистки водных сред с помощью биосорбента на основе штаммов бактерий и грибов в присутствии микроводорослей»;

Михаила Пантелеймоновича Тентюкова за проект «Мониторинг загрязнения воздуха наноразмерными частицами».

Ваш труд, реализованный в идеях и разработках, позволяет опережать время, обеспечивает творческий прорыв. Благодарим вас и желаем новых достижений!



вителей российской нефтяной компании к технологии комплексного восстановления лесных экосистем вызван тем, что данная технология уже полностью апробирована и внедрена, что также позволяет в ускоренные сроки добиться восстановления главных компонентов экосистемы – растительности, почвы и почвенного зоо-микробного комплекса;

– проект «Комплексная технология определения и контроля степени загрязнения природных сред», (экоаналитическая лаборатория), который относится к аналитической химии органических соединений, используется для определения и санитарно-эпидемиологического контроля степени загрязнения питьевых вод, воды объектов, а также для определения содержания вредных веществ в атмосферных осадках. Екатеринбургская компания «Найдич Парк», основной задачей которой являются реализация проектов, направленных на оздоровление внутренней воздушной и водной среды промышленных помещений и административных зданий на предприятиях Российской Федерации, заинтересовалась представленной разработкой;

– метод «Мониторинг загрязнения приземного слоя воздуха наноразмерными частицами» (отдел

радиоэкологии), сущность которого заключается в определении достоверности оценки состояния атмосферы в районах предприятий, использующих нанотехнологии, контроле деятельности предприятий с неконтролируемыми выбросами наноразмерных частиц в атмосферу, выделен из всех остальных разработок в этой области, представленных на стенде УрО РАН, и отобран представителями «Найдич Парк» для доработки под их основные направления деятельности – исследование факторов загрязнения воздуха внутри помещений и их влияния на здоровье человека;

– система контроля и учета объема и качества древесины (отдел компьютерных технологий и моделей) предлагает комплексное решение сквозного учета древесного сырья от поставщика до производственного цеха, включая контроль над перевозкой и учетом леса (лесопroduкции). Представленный макет системы вызвал настоящий фурор среди участников и посетителей выставки.

В целом, Институт биологии получил несколько серьезных предложений о налаживании сотрудничества. Планируется провести отбор инновационных проектов для участия в программах РАН и выставках Российской Федерации.



ИНФОРМАЦИЯ В НОМЕР



АТЛАС ПОЧВ РЕСПУБЛИКИ КОМИ

д.с.-х.н. **И. Забоева**, к.б.н. **Е. Лаптева**

К значимым итогам работы почвоведов Института биологии следует отнести подготовку и издание «Атласа почв Республики Коми» (Сыктывкар, 2010). Атлас представляет собой результат многолетних исследований почв и почвенного покрова обширнейшей территории Коми республики и за ее пределами, выполненных не одним поколением почвоведов. Хотелось бы назвать имена первых исследователей почв Коми края. Это Василий Филаретович Попов – экономист Усть-Сысольского земства Вологодской губернии. Он в 1887 г. опубликовал статью «Почвы Усть-Сысольского уезда», где назвал их подзолистыми почвами. Это и Константин Федорович Маляревский – первый исследователь почв припечорских территорий. Это и Андрей Владимирович Журавский, в работах которого упоминаются первые сведения о почвах долины р. Печора в ее низовьях. К.Ф. Маляревский и А.В.

Журавский были научными консультантами известного реформатора дореволюционной России Петра Аркадьевича Столыпина, который успешно провел переселение безземельных кре-

стьян юга России в южные регионы Сибири и изучал возможности использования в этих целях северных земель. От К.Ф. Маляревского и А.В. Журавского он получил информацию о том, что в Вычегодском бассейне много свободных земель, пригодных для получения хороших урожаев хлебных злаков – ячменя и озимой ржи, хватает тепла, света и воды. С работ этих исследователей началась длительная история изучения таежных и тундровых почв на европейском Северо-Востоке, существенный вклад в которую внесли почвоведы Коми Базы АН СССР (с 1962 г. – Института биологии Коми филиала АН ССР, с 1990 г. – Института биологии Коми НЦ УрО РАН).

Основной задачей, стоящей перед почвоведом Коми, было составление почвенной карты республики масштаба 1:1 000 000. С этой целью проводились экспедиционные почвенные исследования во всех административных районах республики. Особое внимание обращалось на развитие почв и почвенного покрова в зависимости от природных факторов почвообразования – климата, растительного покрова, характера ландшафта, рельефа, почвообразующих пород. Работа над

картой продолжалась более 40 лет. Одновременно выполнялись детальные стационарные исследования свойств и режимов таежных и тундровых почв. Все эти материалы в той или иной форме нашли свое отражение в Атласе почв Республики Коми. Они дают представление о современном состоянии почв республики, а также прогнозные аспекты их развития в естественных условиях и при антропогенном воздействии.

Атлас включает детальную характеристику 47 основных типов и подтипов почв (в том числе и не описанных ранее), формирующихся в равнинных, горных и долинных ландшафтах республики. Он иллюстрирован цветными фотографиями ландшафтов, профилей почв, микростроения отдельных генетических горизонтов, что позволяет наглядно оценить особенности строения различных типов почв и специфику условий их образования.

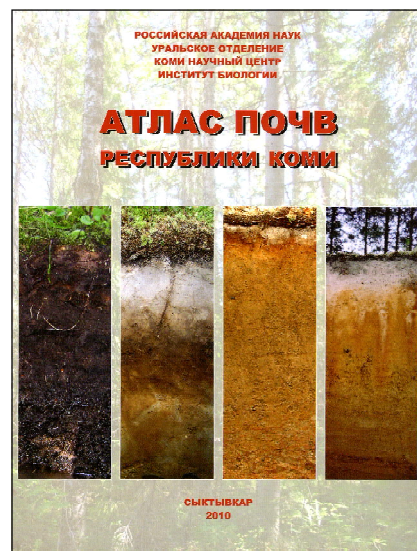
В разделах, где охарактеризованы конкретные типы почв, дана не только краткая оценка их природного плодородия, но и рекомендации для их использования в сельском хозяйстве, повышения их продуктивности, эффективного применения минеральных



и органических удобрений. Эти рекомендации даны на основании многолетних исследований, выполненных в 1950-1980 гг. Тамарой Георгиевной Заболоцкой, Ией Ивановной Юдинцевой, Альбиной Васильевны Кононенко. Исследования по повышению плодородия пахотных подзолистых почв, а также эффективному использованию различных удобрений выполнялись под руководством д.с.-х.н. Ивана Георгиевича Важенина (Почвенный институт им. В.В. Докучаева, г. Москва). Использование мелиорированных торфяно-болотных почв под кормовые культуры было изучено Николаем Ивановичем Иевлевым на базе Выльгортской научно-экспериментальной биологической станции, осушенных торфяно-глебовых почв крайнесеверной тайги – Валентиной Лаврентьевной Кочетковой вблизи г. Инта. В.Л. Кочетковой было выявлено, что в более холодных условиях на осушенных торфяно-глебовых почвах в корнеобитаемом слое возникает вторичная мерзлота. Эти работы выполнялись под руководством д.с.-х.н. Ирины Николаевны Скрынниковой (Почвенный институт им. В.В. Докучаева, г. Москва). Стационарные исследования особенностей водного режима мелиорированных тяжелосуглинистых дерново-подзолистых почв южной тайги, проведенные Владимиром Васильевичем Каневым, выявили целесообразность уточнения глубины закладки мелиорирующих дрен с учетом меняющихся климатических условий – их необходимо устанавливать на глубине 60-70 см. В те годы почвоведы регулярно выезжали в совхозы с целью оказания помощи труженикам сельского хозяйства по более эффективному использованию минеральных и органических удобрений. Итогом таких работ стала публикация монографии «Почвы Коми АССР и пути повышения их плодородия» (Сыктывкар, 1963), в которой были не только обобщены опытные

данные о применении минеральных и органических удобрений, даны рекомендации для окультуривания северных почв, но и приведены результаты качественной оценки (бонитировки) пахотных почв сельскохозяйственных угодий. Не случайно эта монография была высоко оценена на всех уровнях.

Почва, несомненно, является главной производительной силой в сельском хозяйстве. Но наряду с этим, почва – главная составляющая часть природных биогеоценозов. Она определяет направление развития биогеоценоза, его продуктивность, – все это реализуется в биосферных функциях почв. Одной из наиболее значимых экологических функций почв является накопление органического вещества в биоценозе – почвенного гумуса. Исследования гумуса в таежных и тундровых почвах были выполнены Инной Борисовной Арчеговой. Работы Инны Борисовны по групповому составу гумуса северных почв широко известны почвоведом. Экологические функции почв, определяющие гидрологическое состояние биоценоза, были исследованы Альбиной Васильевны Кононенко под руководством проф., д.с.-х.н. Алексея Андреевича Роде (Почвенный институт им. В.В. Докучаева, г. Москва). Монография А.В. Кононенко по итогам исследований водного и температурного режимов подзолистых и тундровых почв является настольной книгой почвоведов далеко за пределами нашего края. Экологические функции почв, регулирующие процессы миграции минеральных элементов, органо-минеральных соединений в системе биоценоза исследовались Ариадной Николаевны Цыпановой под руководством проф., д.с.-х.н. Ивана Сергеевича Кауричева (ТСХА, г. Москва). Ею с использованием новой методики хроматографических колонок (особой системы лизиметров) выявлены особенности поведения соединений железа в подзолистых поч-



вах в зависимости от динамики окислительно-восстановительных условий. На отписки работ Ариадны Николаевны мы получили не одну заявку от зарубежных почвоведов. Антониной Васильевны Слобода впервые были выполнены стационарные исследования железо-органических комплексов соединений в подзолистых и глееподзолистых почвах. В последующем изучение состава и строения гумусовых веществ с использованием современных инструментальных методов (¹³C-ЯМР- и ПМР-спектроскопия) были продолжены под руководством д.с.-х.н. Василия Александровича Безносикова.

В Атласе приведены уникальные фотографии микроморфологического строения различных почв, подготовленные Галиной Владимировной Русановой. Эти фотографии дают визуальное представление о внутрисочвенных процессах формирования почвенной плазмы и ее миграции в профиле почв. В Атласе приведен также графический материал Геннадия Алексеевича Симонова, раскрывающий современные стадии подзолообразовательного процесса в зависимости от характера ра-

НАШИ ПОЗДРАВЛЕНИЯ

Екатерине Николаевне Плюсниной с успешной защитой диссертации на соискание ученой степени кандидата биологических наук (14.01.30 – геронтология и гериатрия) «Влияние сверхэкспрессии гена *D-CADD45* в нервной системе *Drosophila melanogaster* на продолжительность жизни, возраст-зависимые физиологические показатели и стрессоустойчивость» (диссертационный совет Д 601.001.01 при Санкт-Петербургском институте биорегуляции и геронтологии СЗО РАМН) и победой в отборочном туре всероссийского конкурса «Инновационный потенциал молодежи 2012»!

Желаем дальнейших творческих успехов!



стительного покрова, климата, почвообразующих пород. Исследованиями Г.А. Симонова показана педогенная элювиальная дифференциация первично однородных покровных пылеватых суглинков как результат подзолообразовательного процесса. Эти работы выполнены под руководством проф., д.г.-м.н. Татьяны Алексеевны Соколовой (МГУ, г. Москва).

Учитывая низкую устойчивость таежных и тундровых почв к техногенному воздействию и низкую скорость их самовосстановления, особое внимание в Атласе почв отведено проблеме восстановления природных экосистем при их разрушении в результате техногенного воздействия. Исследования в этой области выполняются под руководством д.б.н. И.Б. Арчеговой. Ею разработана и успешно применяется двухэтапная система ускоренного восстановления нарушенных биоценозов в биоклиматических условиях Севера. Эти исследования в настоящее время имеют большое практическое значение.

В Атлас почв органично включен богатый картографический материал, представленный различными картами – климатическими, почвенной, почвообразующих пород, почвенно-географического и почвенно-мелиоративного районирования, прогнозными, характеризующими возможность самоочищения почв от органических и минеральных поллютантов, фоновое содержание тяжелых металлов и углеводородов и пр. Подготовка картографического материала – несомненная заслуга Валерия Геннадьевича Каза-

кова, Геннадия Михайловича Втюрина, Василия Александровича Безносикова и многих других сотрудников отдела почвоведения. Представленные в Атласе карты отражают основные закономерности географического распределения почв на территории республики с учетом широтной и высотной зональности, позволяют оценить почвенный состав земельного фонда как в целом по республике, так и по административным районам, возможность загрязнения почв при разработке месторождений полезных ископаемых и промышленном освоении северных регионов, спрогнозировать вероятность миграции загрязняющих веществ в сопредельные ландшафты, оценить необходимость проведения технической и биологической рекультивации.

Почвенные исследования всегда включают в себя выполнение большого комплекса аналитических работ. Поэтому несомненен огромный вклад в исследования почв Коми края химиков-аналитиков, квалифицированных знатоков особенностей методик почвенных анализов. Первым руководителем аналитической группы отдела почвоведения была Нина Васильевна Чебыкина (с 1946 по 1955 г.). Это был трудный период – надо было создавать аналитическую базу, уточнять методические разработки. В 1955 г. организована лаборатория химии почв во главе с высококвалифицированным химиком Антониной Алексеевной Поповцевой. Тружениками-аналитиками, квалифицированными химиками Евстолией Николаевной Бушуевой,

Евдокией Изосимовной Пономаревой, Антониной Васильевной Котовой, Любовью Павловной Туркиной, Валентиной Андреевной Листаровой, Майей Николаевной Лютюевой, Валентиной Афанасьевной Алешиной, Людмилой Федоровной Акутиной, а ныне Натальей Евгеньевной Игнатовой, Верой Павловной Кириенко, Татьяной Васильевной Зоной, Юлией Игоревной Бобровой, Ольгой Александровной Марковской выполнено огромное количество физико-химических анализов, результаты которых представлены в Атласе почв.

Атлас почв Республики Коми может быть интересен как специалистам-почвеводам, так и широкому кругу читателей – биологам, экологам, специалистам сельского хозяйства, лесникам, сотрудникам природоохранных организаций. Он важен для понимания особенностей формирования и свойств почв на территории одного из обширных регионов европейского Северо-Востока – Республики Коми, разработки рекомендаций по рациональному использованию его земельных ресурсов, научно-обоснованных мероприятий по восстановлению и охране почв республики. Представленные в Атласе почв материалы, включая картографические, могут быть успешно использованы для прогнозных оценок возможности загрязнения почв при разработке месторождений полезных ископаемых на территории республики, их самоочищения и скорости самовосстановления. Химико-аналитические данные, характеризующие физико-химические свойства почв, а также

НАШИ ПОЗДРАВЛЕНИЯ



Ире Васильевне
Забоевой



Елене Морисовне
Лаптевой



Василию
Александровичу
Безносикову



Галине
Владимировне
Русановой



Инне Борисовне
Арчеговой

с присуждением премии правительства Республики Коми
в области научных исследований в 2011 г.
за научную работу «Атлас почв Республики Коми»!

Распоряжение правительства Республики Коми
от 18 ноября 2011 года № 474-р

данные по фоновому содержанию в почвах республики тяжелых металлов и нефтеуглеводородов могут служить основой для разработки соответствующих нормативных документов и ме-

тодических рекомендаций по охране почв и окружающей среды Республики Коми. Атлас благодаря богатому иллюстративному материалу и обилию справочной информации может

быть широко использован в просветительских и образовательных целях преподавателями высших учебных и специальных учреждений, а также школ и гимназий.

* * *



Organized by the Gerontological Society of the Russian Academy of Sciences in collaboration with the International Association of Gerontology and Geriatrics (European Region), and the Foundation "Science for Extension of Life"

Topics:

- Longevity genes in human and animals
- Epigenetic mechanisms of aging
- Environment, genes and aging
- Biomarkers of biological age
- Pharmacological interventions in aging
- Genetics of regeneration
- Gerontology *in silico*
- Healthy Aging or Anti-Aging?

International Organizing Committee:

- Vladimir Anisimov, Russia
- Claudio Franceschi, Italy
- Vladimir Khavinson, Russia
- Dimitris Kletsas, Greece
- Alexey Moskalev, Russia
- Suresh Rattan, Denmark

Conference Secretariat:

- Mikhail Batin, co-chairman
- Alexey Moskalev, co-chairman
- Elena Kokurina
- Maria Konovalenko
- Olga Martyniuk
- Olga Michailova
- Mikhail Shaposhnikov
- Alex Zhavoronkov

Scientific Advisory and Programme Committee:

- Vladislav Baranov, Russia
- Andrzej Bartke, USA
- Vladislav Bezrukov, Ukraine
- Mikhail Blagosklonny, USA
- Vadim Fraifeld, Israel
- Alexander Gabibov, Russia
- David Gems, United Kingdom
- Vera Gorbunova, USA
- Olga Dontsova, Russia
- Valter Longo, USA
- Kyung-Jin Min, South Korea
- Elena Pasyukova, Russia
- Michael Rose, USA
- Andrei Seluanov, USA
- Robert Shmookler Reis, USA
- Vsevolod Tkachuk, Russia
- Boris Vanyushin, Russia
- Sergey Varfolomeev, Russia
- Jan Vijg, USA

Meeting Registration Fees

All fees are shown in U.S. dollars. Single day registrations are not available	EARLY REGISTRATION (before December 1 at 5:00 pm, U.S. EST)	ADVANCE REGISTRATION (December 1 through February 1 at 5:00 pm, U.S. EST)	ONSITE REGISTRATION (In Moscow, starting April 21)
Delegate	\$250	\$400	\$500

CORRESPONDENT BANK:
The Bank of New York
New York, NY, USA
SWIFT: IRVT US 3N
Account: 890-0057-610

BENEFICIARY BANK:
SBERBANK
22, Leninskiy pr-kt,
Moscow, Russia
SWIFT: SABR RU MM

BENEFICIARY: Welfare Supporting Fund of scientific research «Science for prolongation of life», Moscow, Russia
BENEFICIARY USD ACCOUNT:
40703840538110000001

2nd international conference «Genetics of Aging and Longevity», Moscow, Klimentovskiy pereulok 1/18 | aging@ib.komisc.ru



ПЕРЕЧЕНЬ МАТЕРИАЛОВ, ОПУБЛИКОВАННЫХ В 2011 г.

ОБЗОР

Кудяшева А. Радиобиологические и радиоэкологические исследования в Институте биологии // Вестн. Ин-та биологии Коми НЦ УрО РАН, 2011. № 4-5. С. 2-9.

СТАТЬИ

(Алексеева Л.) Химический состав эфирного масла эндемичных тимьянов европейского северо-востока России и Урала / **Л. Алексеева, И. Груздев, ..., Л. Тетерюк** // Вестн. Ин-та биологии Коми НЦ УрО РАН, 2011. № 10-11. С. 9-14.

(Арчегова И.Б.) Восстановление природных экосистем на Севере: теоретические основы и практический опыт / **И.Б. Арчегова, И.Н. Лиханова, А.Н. Панюков, Е.Г. Кузнецова, Ф.М. Хабибуллина** // Вестн. Ин-та биологии Коми НЦ УрО РАН, 2011. № 12. С. 46-48.

(Безносиков В.А.) Низко- и высокомолекулярные органические соединения в почвах / **В.А. Безносиков, Е.Д. Лодыгин, Д.Н. Габов, Е.В. Яковлева** // Вестн. Ин-та биологии Коми НЦ УрО РАН, 2011. № 12. С. 19-26.

Буткин А., Григорай Е. Оптимизация светового режима культуры огурца и листовых овощей в закрытом грунте // Вестн. Ин-та биологии Коми НЦ УрО РАН, 2011. № 7-8. С. 49-51.

Вокуева А. Итоги интродукции: тропические и субтропические растения // Вестн. Ин-та биологии Коми НЦ УрО РАН, 2011. № 6. С. 14-17.

Волкова Г., Моторина Н., Рябинина М. Итоги интродукции: декоративные растения // Вестн. Ин-та биологии Коми НЦ УрО РАН, 2011. № 6. С. 2-8.

(Володин В.) Молекулярно-филогенетический подход в изучении распространения фитостероидов в растениях / **В. Володин, Д. Шадрин, Я. Пылина, С. Володина** и др. // Вестн. Ин-та биологии Коми НЦ УрО РАН, 2011. № 10-11. С. 2-6.

Галенко Э. Температурные ресурсы воздуха елового ценоза средней тайги в теплый период года // Вестн. Ин-та биологии Коми НЦ УрО РАН, 2011. № 9. С. 20-23.

Гармаш Е., Головки Т. Вклад лаборатории в изучение вопросов дыхания растений // Вестн. Ин-та биологии Коми НЦ УрО РАН, 2011. № 7-8. С. 15-21.

Гармаш Е., Малышев Р., Головки Т. Дыхание листьев и вовлечение альтернативного пути в связи с ростом и фенологической стратегией растений // Вестн. Ин-та биологии Коми НЦ УрО РАН, 2011. № 7-8. С. 21-25.

Герлинг Н. Структура, содержание пигментов и фотосинтетическая активность хвои можжевельника обыкновенного на северо-востоке европейской части России // Вестн. Ин-та биологии Коми НЦ УрО РАН, 2011. № 9. С. 15-17.

Головки Т. Лаборатория экологической физиологии растений // Вестн. Ин-та биологии Коми НЦ УрО РАН, 2011. № 7-8. С. 2-5.

(Головки Т.) Продуктивность, пищевая ценность и антиоксидантная активность зеленых культур защищенного грунта на Севере / **Т. Головки, И. Далькэ, И. Захожий** и др. // Вестн. Ин-та биологии Коми НЦ УрО РАН, 2011. № 1-2. С. 28-31.

Головки Т., Дымова О., Яцко Я. Сезонные изменения пигментного комплекса вечнозеленых растений бореальной зоны // Вестн. Ин-та биологии Коми НЦ УрО РАН, 2011. № 1-2. С. 22-27.

Гончарова Н. Флора сосудистых растений болот среднего течения реки Вычегда // Вестн. Ин-та биологии Коми НЦ УрО РАН, 2011. № 9. С. 31-34.

Далькэ И. Использование портативной газометрической системы для определения CO₂/H₂O-газообмена растений // Вестн. Ин-та биологии Коми НЦ УрО РАН, 2011. № 3. С. 18-22.

Далькэ И., Головки Т. Фотосинтез и дыхание растений бореальной зоны // Вестн. Ин-та биологии Коми НЦ УрО РАН, 2011. № 7-8. С. 5-9.

Денева С.В. Особенности почв и почвенного покрова в карстовых ландшафтах Среднего Тимана // Вестн. Ин-та биологии Коми НЦ УрО РАН, 2011. № 12. С. 32-36.

Донцов А. Активация пектинолитических ферментов в процессе очистки. Эффект использования сильных ионитов // Вестн. Ин-та биологии Коми НЦ УрО РАН, 2011. № 10-11. С. 35-38.

Дымова О. Виолаксантиновый цикл и его экологическое значение // Вестн. Ин-та биологии Коми НЦ УрО РАН, 2011. № 7-8. С. 10-14.

Елькина Г.Я. Оптимизация минерального питания растений на подзолистых почвах // Вестн. Ин-та биологии Коми НЦ УрО РАН, 2011. № 12. С. 42-45.

Ермакова О. Радиоэкологическая гистология // Вестн. Ин-та биологии Коми НЦ УрО РАН, 2011. № 4-5. С. 26-28.

Забоева И., Лаптева Е. Атлас почв Республики Коми // Вестн. Ин-та биологии Коми НЦ УрО РАН, 2011. № 12. С. 50-53.

Зайнуллин В., Евсеева Т. Эколого-генетические механизмы реакции биологических систем (от клетки до популяции) на низкоинтенсивные воздействия // Вестн. Ин-та биологии Коми НЦ УрО РАН, 2011. № 4-5. С. 29-33.

Карманов А., Кочева Л., Борисенков М. Антиоксидантные свойства лигнинов // Вестн. Ин-та биологии Коми НЦ УрО РАН, 2011. № 10-11. С. 31-35.

Кочанов С., Накул Г. Сизая чайка на европейском северо-востоке России // Вестн. Ин-та биологии Коми НЦ УрО РАН, 2011. № 3. С. 14-17.

Кудяшева А. Основные направления биохимических исследований в отделе радиоэкологии // Вестн. Ин-та биологии Коми НЦ УрО РАН, 2011. № 4-5. С. 17-25.



- Кузнецов М., Осипов А.** Растительный опад как компонент биологического круговорота углерода в заболоченных хвойных сообществах средней тайги // Вестн. Ин-та биологии Коми НЦ УрО РАН, 2011. № 9. С. 10-12.
- Лаптева Е., Виноградова Ю., Кудрин А.** Биологическая активность аллювиальных почв равнинных рек таежной зоны // Вестн. Ин-та биологии Коми НЦ УрО РАН, 2011. № 12. С. 37-40.
- Лаптева Е.** Отдел почвоведения: итоги и перспективы // Вестн. Ин-та биологии Коми НЦ УрО РАН, 2011. № 12. С. 4-12.
- Малышев Р., Головкин Т.** Дыхание и энергетический баланс побегов древесных растений на начальном этапе внепочечного роста // Вестн. Ин-та биологии Коми НЦ УрО РАН, 2011. № 7-8. С. 25-28.
- Манов А.** Строение, состояние и естественное возобновление в островных массивах сосняков лишайниковых лесного заказника «Сула-Харьятинский» // Вестн. Ин-та биологии Коми НЦ УрО РАН, 2011. № 9. С. 34-37.
- Маслова С., Головкин Т., Маркаров А.** Структурно-функциональная организация подземного метамерного комплекса многолетних травянистых растений // Вестн. Ин-та биологии Коми НЦ УрО РАН, 2011. № 7-8. С. 29-37.
- Маслова С., Табаленкова Г., Головкин Т.** Физиология корневищных многолетних растений в связи с ростом и реализацией разных адаптивных стратегий // Вестн. Ин-та биологии Коми НЦ УрО РАН, 2011. № 7-8. С. 38-43.
- (Москалев А.) Взаимосвязь генетических механизмов стрессоустойчивости и долголетия / **А. Москалев, М. Шапошников, О. Шосталь, Е. Плюснина, Е. Романова, И. Вележанинов, А. Данилов, В. Мезенцева, Д. Чернышова** // Вестн. Ин-та биологии Коми НЦ УрО РАН, 2011. № 4-5. С. 33-40.
- Носкова Л., Шуктомова И.** Влияние физико-химического и механического составов техногенно загрязненных почв на миграцию урана, радия и тория // Вестн. Ин-та биологии Коми НЦ УрО РАН, 2011. № 1-2. С. 36-39.
- Осипов А., Бобкова К.** Запасы и продукция углерода в среднетаежных сосняках чернично-сфагновых // Вестн. Ин-та биологии Коми НЦ УрО РАН, 2011. № 9. С. 2-4.
- (Петрова Н.) Действие экидистероидсодержащей субстанции Серпистен на физико-химические свойства мембраны эритроцитов и состояние симпат-адреналовой системы крыс / Н. Петрова, **В. Володин, С. Володина** и др. // Вестн. Ин-та биологии Коми НЦ УрО РАН, 2011. № 10-11. С. 24-31.
- Плюснина С., Малышев Р.** Образование льда в почках ели сибирской // Вестн. Ин-та биологии Коми НЦ УрО РАН, 2011. № 9. С. 17-19.
- Пономарев В.** Рыбное население уральских водоемов и его возможные изменения // Вестн. Ин-та биологии Коми НЦ УрО РАН, 2011. № 3. С. 10-13.
- (Портнягина Н.) Итоги интродукции: лекарственные растения / **Н. Портнягина, В. Пунегов, Э. Эчишвили, М. Фомина** // Вестн. Ин-та биологии Коми НЦ УрО РАН, 2011. № 6. С. 23-36.
- Пристова Т.** Характеристика древесного опада и запасы лесной подстилки в лиственных насаждениях средней тайги // Вестн. Ин-та биологии Коми НЦ УрО РАН, 2011. № 9. С. 7-9.
- Робакидзе Е., Торлопова Н.** Химический состав листьев брусники и черники в ельниках черничных в условиях аэрогенного загрязнения выбросами целлюлозно-бумажного производства // Вестн. Ин-та биологии Коми НЦ УрО РАН, 2011. № 9. С. 28-31.
- (Рубан Г.) Итоги интродукции: кормовые растения / **Г. Рубан, Ж. Михович, О. Шалаева, А. Потапов, К. Зайнуллина** // Вестн. Ин-та биологии Коми НЦ УрО РАН, 2011. № 6. С. 18-22.
- Русанова Г.В.** Полигенетические почвы юго-востока Большеземельской тундры // Вестн. Ин-та биологии Коми НЦ УрО РАН, 2011. № 12. С. 13-18.
- Сенькина С.** Общее содержание воды в хвое ели в ельнике чернично-сфагновом средней подзоны тайги // Вестн. Ин-та биологии Коми НЦ УрО РАН, 2011. № 9. С. 13-14.
- (Скупченко Л.) Итоги интродукции: древесные растения / **Л. Скупченко, Л. Мартынов, О. Скроцкая, С. Мифтахова** // Вестн. Ин-та биологии Коми НЦ УрО РАН, 2011. № 6. С. 8-14.
- Табаленкова Г., Головкин Т.** Физиолого-биохимические факторы продуктивности культурных растений в условиях Севера // Вестн. Ин-та биологии Коми НЦ УрО РАН, 2011. № 7-8. С. 43-49.
- Тарабукин Д.** Мультиэнзимные композиции для обработки трудноусвояемых компонентов кормов для птиц и моногастричных животных // Вестн. Ин-та биологии Коми НЦ УрО РАН, 2011. № 10-11. С. 38-40.
- Тарасов С.** Моделирование теплового обмена древесных растений: геометрия и внутренние источники тепла // Вестн. Ин-та биологии Коми НЦ УрО РАН, 2011. № 9. С. 24-28.
- Тентюков М.** Оценка удельной активности искусственных и естественных радионуклидов в стоке сухих аэрозолей // Вестн. Ин-та биологии Коми НЦ УрО РАН, 2011. № 4-5. С. 12-17.
- Тимушева О., Рябинина М.** Итоги интродукции: плодово-ягодные растения // Вестн. Ин-та биологии Коми НЦ УрО РАН, 2011. № 6. С. 37-44.
- (Тихомиров А.) Оптимизация минерального питания растений – компонентов фототрофного звена замкнутых биорегенеративных систем жизнеобеспечения / А. Тихомиров, **Т. Головкин, Г. Табаленкова, И. Захожий, Е. Гармаш** // Вестн. Ин-та биологии Коми НЦ УрО РАН, 2011. № 7-8. С. 52-55.
- Тужилкина В.** Надземная фитомасса и углерод нижних ярусов растительности еловых фитоценозов // Вестн. Ин-та биологии Коми НЦ УрО РАН, 2011. № 9. С. 4-6.
- Уфимцев К., Пестов С.** Консортивные связи экидистероидных растений рода *Serratula* (Asteraceae) // Вестн. Ин-та биологии Коми НЦ УрО РАН, 2011. № 10-11. С. 21-23.
- Чадин И., Володин В.** Применение аэрофотосъемки для решения задач ботанического ресурсоведения // Вестн. Ин-та биологии Коми НЦ УрО РАН, 2011. № 10-11. С. 41-43.
- (Шадрин Д.) Пажитник сеной – продуцент стероидных гликозидов в культуре на Севере / **Д. Шадрин, С. Володина, В. Володин** и др. // Вестн. Ин-та биологии Коми НЦ УрО РАН, 2011. № 10-11. С. 6-9.



Шамрикова Е. Теоретические аспекты кислотности почв таежной и тундровой зон европейского северо-востока России // Вестн. Ин-та биологии Коми НЦ УрО РАН, 2011. № 12. С. 26-32.

Ширшова Т., Бешлей И., Матистов Н. Представители рода *Allium* как перспективный источник биологически активных веществ и микронутриентов // Вестн. Ин-та биологии Коми НЦ УрО РАН, 2011. № 10-11. С. 15-21.

Шосталь О., Москалев А. Роль генов стресс-ответа в изменении продолжительности жизни *Drosophila melanogaster* при различных режимах освещения // Вестн. Ин-та биологии Коми НЦ УрО РАН, 2011. № 1-2. С. 31-35.

Шуктомова И., Рачкова Н. Исследования миграции радионуклидов в компонентах экосистем (1975-2010) // Вестн. Ин-та биологии Коми НЦ УрО РАН, 2011. № 4-5. С. 10-12.

Щемелинина Т. Липазная активность в качестве диагностического критерия оценки нефтезагрязнения почв // Вестн. Ин-та биологии Коми НЦ УрО РАН, 2011. № 10-11. С. 40-41.

НАУЧНЫЕ СООБЩЕНИЯ

Валуйских О. Ресурсная характеристика и структура популяции морозки приземистой в Республике Коми // Вестн. Ин-та биологии Коми НЦ УрО РАН, 2011. № 3. С. 23-25.

Елькина Г. Реакция растений на полиэлементное загрязнение подзолистых почв тяжелыми металлами // Вестн. Ин-та биологии Коми НЦ УрО РАН, 2011. № 3. С. 33-36.

Конакова Т. К экологии *Poecilus versicol* (Sturm, 1824) (Coleoptera: Carabidae) // Вестн. Ин-та биологии Коми НЦ УрО РАН, 2011. № 3. С. 29-31.

Матистов Н. Содержание аскорбиновой кислоты в луке *Allium schoenoprasum* L. и динамика ее разрушения в процессе хранения в различных условиях // Вестн. Ин-та биологии Коми НЦ УрО РАН, 2011. № 3. С. 32-33.

Федорков А. Сезонная изменчивость роста побегов сосны скрученной и сосны обыкновенной в экспериментальных культурах // Вестн. Ин-та биологии Коми НЦ УрО РАН, 2011. № 3. С. 26-28.

КОНФЕРЕНЦИИ

Володин В. Второе международное совещание по фитоэксдистероидам (г. Сыктывкар, Россия, 4-7 июля 2011 г.) // Вестн. Ин-та биологии Коми НЦ УрО РАН, 2011. № 10-11. С. 45-46.

Володин В. Международный семинар ученых России и стран АСЕАН «Применение современных биотехнологий в пищевой промышленности» (г. Ханой, Вьетнам) // Вестн. Ин-та биологии Коми НЦ УрО РАН, 2011. № 10-11. С. 47.

Дымов А., Тентюков М. Международная конференция «Arctic as messenger for global processes – climate change and pollution» // Вестн. Ин-та биологии Коми НЦ УрО РАН, 2011. № 4-5. С. 40-42.

Пастухов А. Генеральная ассамблея Европейского союза наук о Земле 2011 (Вена, Австрия) // Вестн. Ин-та биологии Коми НЦ УрО РАН, 2011. № 3. С. 36-37.

Торлопова Н. XX международный симпозиум «Экология и безопасность» (Солнечный Берег, Болгария, 4-8 июня 2011 г.) // Вестн. Ин-та биологии Коми НЦ УрО РАН, 2011. № 9. С. 37-38.

ВЫСТАВКИ

Хозяинова Ю. Пятая биотехнологическая выставка-ярмарка «Росбиотех-2011» // Вестн. Ин-та биологии Коми НЦ УрО РАН, 2011. № 10-11. С. 48.

Комова Ю., Печерская Л., Чадин И. Институт биологии в составе делегации УрО РАН принял участие в выставочном форуме «Иннопром-2011» // Вестн. Ин-та биологии Коми НЦ УрО РАН, 2011. № 2. С. 48-50.

МАЛАЯ АКАДЕМИЯ

(Аннюк А.) Эко-практика с Институтом биологии / А. Аннюк, В. Леош, А. Лазута и др. // Вестн. Ин-та биологии Коми НЦ УрО РАН, 2011. № 7-8. С. 55-56.

Герасименко Н., Матвеева Е. Шаг за шагом // Вестн. Ин-та биологии Коми НЦ УрО РАН, 2011. № 3. С. 37.

ОСНОВНЫЕ ИТОГИ

Дегтева С. Основные итоги научной, научно-организационной и финансовой деятельности коллектива Института биологии в 2010 г. // Вестн. Ин-та биологии Коми НЦ УрО РАН, 2011. № 1-2. С. 2-9.

Дегтева С. Основные итоги научной, научно-организационной и финансово-хозяйственной деятельности учреждения Российской академии наук Института биологии Коми научного центра Уральского отделения РАН за период 2006-2010 гг. // Вестн. Ин-та биологии Коми НЦ УрО РАН, 2011. № 3. С. 2-9.

Пономарев В. Международное сотрудничество Института биологии в 2010 г. // Вестн. Ин-та биологии Коми НЦ УрО РАН, 2011. № 1-2. С. 18-21.

Шубина Т. Информация о проведении и участии в работе конференций, симпозиумов, семинаров, школ // Вестн. Ин-та биологии Коми НЦ УрО РАН, 2011. № 1-2. С. 9-11.

Шубина Т. Сведения об экспедиционных работах // Вестн. Ин-та биологии Коми НЦ УрО РАН, 2011. № 1-2. С. 12-17.

ВОСПОМИНАНИЯ

Алексахин Р. Мой друг Анатолий Иванович Таскаев – видный радиоэколог и талантливый организатор биологических исследований // Вестн. Ин-та биологии Коми НЦ УрО РАН, 2011. № 4-5. С. 43-44.

ИНФОРМАЦИЯ

Зильберг Ц. Инновация – это новое или давно забытое старое? // Вестн. Ин-та биологии Коми НЦ УрО РАН, 2011. № 9. С. 38-40.

