

ОТРАЖЕНИЕ БИО-, ГЕО-, АНТРОПОСФЕРНЫХ ВЗАИМОДЕЙСТВИЙ В ПОЧВАХ И ПОЧВЕННОМ ПОКРОВЕ

Сборник материалов
VII Международной научной конференции,
посвященной 90-летию кафедры
почвоведения и экологии почв ТГУ

*14–19 сентября 2020 г.,
г. Томск, Россия*



Национальный
исследовательский
**Томский
государственный
университет**



**Министерство науки и высшего образования
Российской Федерации
Национальный исследовательский
Томский государственный университет
Институт почвоведения и агрохимии СО РАН
Институт мониторинга климатических и экологических
систем СО РАН
Общество почвоведов им. В.В. Докучаева**

**ОТРАЖЕНИЕ
БИО-, ГЕО-, АНТРОПОСФЕРНЫХ
ВЗАИМОДЕЙСТВИЙ В ПОЧВАХ
И ПОЧВЕННОМ ПОКРОВЕ**

**Сборник материалов
VII Международной научной конференции,
посвященной 90-летию кафедры
почвоведения и экологии почв ТГУ**

*14–19 сентября 2020 г.,
г. Томск, Россия*

Томск
Издательский дом Томского государственного университета
2020

УДК 31.4
ББК 40.3
О86

Редакционная коллегия:

профессор С.П. Кулижский (отв. ред.),
доцент Е.В. Каллас, доцент А.В. Родикова, Т.О. Валевиц, А.С. Новикова

О86 **Отражение био-, гео-, антропоферных взаимодействий в почвах и почвенном покрове** : сборник материалов VII Международной научной конференции, посвященной 90-летию кафедры почвоведения и экологии почв ТГУ (14–19 сентября 2020 г., г. Томск, Россия) / под ред. С.П. Кулижского. – Томск : Издательский Дом Томского государственного университета, 2020. – 364 с.

ISBN 978-5-94621-919-8

В сборнике представлены материалы исследований в области почвоведения, генезиса, эволюции, классификации почв и структуры почвенного покрова. Рассматриваются вопросы функций почв и почвенного покрова в наземных экосистемах. Ряд результатов изысканий посвящен земельным ресурсам, проблемам их оценки, использования и охраны.

Материалы будут полезны специалистам, которые занимаются фундаментальными и прикладными вопросами в области почвоведения, сельского хозяйства, охраны окружающей среды, рационального природопользования, а также смежных направлений.

УДК 31.4
ББК 40.3

ISBN 978-5-94621-919-8

© Авторы статей, 2020
© Томский государственный университет, 2020

**Ministry of Science and Higher Education
of the Russian Federation
Tomsk State University
Institute of Soil Science and Agrochemistry of SB RAS
Institute of Monitoring of Climatic
and Ecological System of SB RAS
Dokuchaev Soil Science Society in Russia**

**REFLECTION
OF BIO-, GEO-, ANTROPOSPHERIC
INTERACTIONS IN SOILS
AND SOIL COVER**

**Collection of materials
VII International Scientific Conference,
dedicated to the 90th anniversary of the opening
of the first university department
of Soil Science in Siberia**

***September 14-19, 2020,
Tomsk, Russia***

Tomsk
Publishing House of Tomsk State University
2020

UDC 31.4
LBC 40.3
O86

Editorial team:

Professor SP Kulizhskiy (Ex. Ed),
Associate Professor EV Kallas, Associate Professor AV Rodikova,
TO Valevich, AS Novikova

O86 **Reflection bio-, geo-, antroposferal interactions in soil and soil cover :** collection of materials VII International Scientific Conference, dedicated to the 90th anniversary of the department of Soil Science and Soil Ecology TSU (September 14–19, 2020, Tomsk, Russia) / ed. by SP Kulizhskiy. – Tomsk : Publishing House of Tomsk State University, 2020. – 364 p.

ISBN 978-5-94621-919-8

Materials of research in the field of soil science, genesis, evolution, classification of soil and soil cover are presented. Issues of soil functions and soil cover in terrestrial ecosystems are considered. A number of results of research are devoted to land resource, problems of assessment, management and protection. The materials will be useful to specialists who are engaged in fundamental and applied problems in the field of soil science, agriculture, environmental protection, environmental management, and related areas.

UDC 31.4
LBC 40.3

ISBN 978-5-94621-919-8

© Authors of articles, 2020
© Tomsk State University, 2020

90 лет

**КАФЕДРЕ ПОЧВОВЕДЕНИЯ И ЭКОЛОГИИ ПОЧВ
ТОМСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИВЕРСИТЕТА**

КАФЕДРА ПОЧВОВЕДЕНИЯ ТОМСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИВЕРСИТЕТА: ОТ ИСТОКОВ К СОВРЕМЕННОСТИ

С.П. Кулижский

Истоки знания о почве уходят далеко вглубь веков. Но уже ближе к нашей эпохе высказывания М.В. Ломоносова о почве в его труде «О слоях земных», как о динамическом теле, находящемся в непрерывном развитии, привлекли внимание многих исследователей. В 80-е гг. XIX в. почвоведение сформировалось как наука благодаря В.В. Докучаеву. В его трудах было показано, что почва – особое, самостоятельное тело природы, столь же самобытное, как растение, животное или минерал.

В утверждении университетского почвоведения многое было сделано А.Н. Сабаниным, который с 1890 по 1920 г. заведовал кафедрой агрономии в Московском университете и опубликовал один из первых кратких курсов почвоведения (1904).

История становления научной школы почвоведения в Томском государственном университете уходит своими корнями к началу XX в. В рукописи Т.П. Славниной, одной из первых выпускниц кафедры (1936), отмечается, что первые сведения о почвах Сибири появляются в статье В.В. Докучаева «По вопросу о Сибирском черноземе», опубликованной в 1882 г. В дальнейшем в связи с геологическими исследованиями вдоль линии Сибирской железной дороги были получены ценные сведения о почвах региона, что нашло отражение в предварительных отчетах А.Н. Краснопольского (1894) и Н.К. Высоцкого (1894), а также в кратких заметках крупных путешественников. В 1908–1914 гг. в связи с задачами дальнейшего освоения Сибири были развернуты почвенно-ботанические исследования под руководством К.Д. Глинки. Именно эти работы сделали первый крупный шаг в познании почвенного покрова огромной территории и обобщены в труде «Почвы России и прилегающих стран», вышедшем в 1923 г.

Кафедра почвоведения Томского университета была создана из имеющегося при кафедре ботаники кабинета почвоведения, но почвенные исследования велись задолго до её выделения в качестве самостоятельного структурного подразделения. Следует отметить работавшего в Томском университете в 1919–1920 гг. крупного ученого-почвовода С.С. Неуструева – доктора геолого-минералогических наук, профессора, занимавшегося вопросами географии и циклами эрозии почв.

С 1928 г. начинает работать приглашенный почвовед И.И. Смирнов, который и становится первым заведующим кафедрой (1930 – год открытия). Ежегодный набор составлял 25 человек, велась подготовка почвоведов-географов, так как почвоведение относилось к циклу геолого-географических наук. Обучение происходило в течение 5,5 лет, и большое внимание уделялось производствен-

ным практикам, которые начинались с первого курса. В конце 1930 г. факультетская система была упразднена, и кафедра получила статус почвенного отделения. После постановления коллегии Наркомпроса в 1932 г. о восстановлении в университетах факультетской системы, кафедра почвоведения вошла в состав геолого-почвенно-географического факультета. В связи с отъездом заведующего в 1932 г., руководство начал осуществлять ученик известного почвоведоведателя – академик К.Д. Глинки – выпускник Ленинградского университета К.А. Кузнецов. Под его руководством кафедра успешно развивалась вплоть до 1952 г., являясь единственной в Западной Сибири школой по подготовке специалистов – почвоведов.

Заметным событием этого периода можно считать создание Почвенного музея, который возглавил выпускник 1937 г. Н.И. Немкин.

В 1939 г. из геолого-почвенно-географического факультета выделился в качестве самостоятельного новый географический факультет, а кафедра почвоведения осталась в составе геолого-почвенного факультета.

В экспедициях кафедры почвоведения того времени большое участие принимали и студенты, проводя исследования почв отдельных районов области. В 1934 г. сотрудниками кафедры была совершена экспедиция в Нарымский край под руководством выпускника кафедры Б.Ф. Петрова, который проработал на кафедре с 1934 по 1940 гг. Из числа выпускников кафедры в качестве ассистента, затем доцента работает К.А. Уфимцева (с 1938 по 1942 г.), направления исследований которой являются география и картография почв, доцент Т.П. Славнина (с 1943 по 1987 г.) – её работы связаны с химией почв.

Научная тематика кафедры в годы Великой Отечественной войны приближалась к решению практических задач сельского хозяйства. Большое внимание было обращено на выявление агропроизводственных свойств почв северных районов области с целью продвижения зерновых культур на север.

В послевоенный период штат преподавателей значительно пополнился. В 1945 г. был зачислен на кафедру вернувшийся с фронта Е.М. Непряхин – выпускник кафедры 1938 г. Более 30 лет его жизни были связаны с Томским университетом.

На основе решения сессии ВАСХНИЛ в 1948 г. происходит значимая организационная трансформация – кафедры почвоведения переходят в состав биологических факультетов, и в ТГУ он переименовывается в биолого-почвенный. С этого времени усиливается агрономическая и агрохимическая направленность в научных изысканиях.

С.А. Коляго вел деятельность в университете в качестве доцента, заведующего кафедрой, декана биолого-почвенного факультета (1946–1963 гг.), при этом уделяя большое внимание преподавательской деятельности. Он систематически занимался научной работой, проводя почвенные исследования в Западной и Восточной Сибири. В этот же период на кафедре работал доцент Н.Ф. Тюменцев (с 1949 по 1959 г.), который исследовал влияние удобрений на свойства почв и урожай сельскохозяйственных растений.

В 1949 г. в составе почвенного отделения БПФ открылась кафедра агрономии, заведовал которой ректор Томского университета профессор В.Т. Макаров.

Штат кафедры был сформирован, главным образом, из выпускников и преподавателей кафедры почвоведения. Заочную аспирантуру проходил директор Сибирского ботанического сада Н.В. Прикладов. Кафедра агрономии работала до 1954 г., пока В.Т. Макаров не перешел на работу в Московский государственный университет. Преподаватели и студенты этой кафедры были переведены на кафедру почвоведения.

С 1954 по 1964 г. в качестве старшего преподавателя, а затем доцента на кафедре работал почвовед Омской землеустроительной экспедиции И.С. Сметанин, который являлся автором многих работ по почвоведению и охране почв.

С 1954 по 1956 г., а также с 1963 по 1973 г. и с 1983 до 1988 г. кафедрой заведует доцент, а затем профессор Т.П. Славнина. В эти годы на кафедре работали после окончания аспирантуры Л.М. Бурлакова (1959–1962 гг.), занимавшаяся вопросами плодородия почв, М.И. Кахаткина (1952–1989 гг.), её научно-исследовательская деятельность была посвящена изучению химических и физико-химических свойств почв южных районов Томского Приобья. В эти же годы активную научную (в т.ч. экспедиционную) и преподавательскую деятельность осуществляет Л.И. Герасько, изучавшая почвы сибирских регионов (до 2019 г.).

Мощным импульсом для расширения и углубления научных исследований в области почвоведения послужило создание Сибирского Отделения АН СССР, а в его структуре – Института леса и древесины в г. Красноярске и отдела почвоведения, а затем Института почвоведения и агрохимии (1968) в г. Новосибирске.

В этом же году значимым событием в жизни Томского университета, а особенно биолого-почвенного факультета, явилось открытие нового института – НИИ биологии и биофизики. В составе института была создана лаборатория генезиса и бонитировки почв, где лучшие студенты могли проходить практику и вести научные исследования. Наряду с комплексным почвенно-геоботаническим обследованием северных районов на правобережье р. Оби в 70–80-е гг. велось изучение территорий, используемых в сельском хозяйстве, в которых принимали участие сотрудники кафедры и НИИ ББ (Л.И. Герасько, А.Г. Дюкарев, С.Н. Воробьев, Г.Е. Пашнева, Л.К. Цыцарева, Л.А. Изерская и др.).

Довольно длительный период с 1973 по 1983 г. и с 1988 по 1998 г. кафедрой заведовал доцент, затем профессор М.Г. Танзыбаев, ученик известного почвовед К.П. Горшенина. Это был период кафедры почвоведения, который характеризуется внедрением новой образовательной системы – многоуровневой подготовки почвоведов (бакалавр–специалист–магистр). Коллективом под руководством М.Г. Танзыбаева в рамках комплексных экспедиций активно исследовались генетико-мелиоративные свойства почв Хакасии. Полученные материалы легли в основу кандидатских и докторской диссертаций.

С 1998 по 2001 г. руководство кафедрой осуществлял доцент А.В. Огородников, а в 2001–2002 гг. исполняла обязанности заведующего доцент Л.И. Герасько и с 2002 г. заведующим избирается д.б.н. С.П. Кулижский.

Развивая новое – экологическое – направление, с 2000 г. подразделение стало называться кафедрой почвоведения и экологии почв. Формируется сотрудничество с научно-исследовательскими и производственными организациями. Так, в Институте почвоведения и агрохимии СО РАН был организован

филиал кафедры, возглавляемый членом-корреспондентом РАН д.б.н. И.М. Гаджиевым.

В настоящее время кафедра входит в состав одного из крупнейших учебных подразделений ТГУ – Биологического института, который появился в 2007 году путем объединения двух факультетов – биолого-почвенного и международного факультета сельского хозяйства, природопользования и охраны окружающей среды.

Традиционно продолжается изучение вопросов гумусообразования (проф. М.И. Дергачева), генетических и географических закономерностей формирования почв и почвенного покрова Сибири (проф. С.П. Кулижский, проф. В.П. Середина, доц. Л.И. Герасько, доц. В.З. Спирина, доц. О.Э. Мерзляков, доц. Е.В. Каллас, доц. Т.П. Соловьева, доц. А.В. Родикова, ст. преп. А.Н. Никифоров, асс. Т.А. Марон), включая северные широты криолитозоны (доц. С.В. Лойко, ст. преп. Т.В. Раудина, асс. И.В. Крицков). Появились новые приоритеты: загрязнение, рекультивация почв, применение новейших технологий в изучении почвенных процессов (проф. М.И. Дергачева, проф. В.П. Середина, доц. О.Э. Мерзляков, доц. С.В. Лойко, асс. И.В. Крицков, аспиранты Д.М. Кузьмина и А.О. Курасова и др.).

Как промежуточный итог признания научно-педагогических успехов сотрудников кафедры, в 2014 г. выигран грант Президента Российской Федерации для государственной поддержки ведущих научных школ Министерства образования и науки «Лесо-болотные ландшафты Западной Сибири как индикатор и регулятор климатических изменений глобального масштаба».

Длительное время в составе коллектива Биологического института сотрудники кафедры активно работают по проекту очистки водных объектов от нефти. В 2018 г. он вошел в шорт-лист премии Российского географического общества за достижения в области экологии. В церемонии награждения (рис. 1), проходившей в Кремлевском дворце, принял участие председатель попечительского совета РГО, президент России Владимир Владимирович Путин.



Рис. 1. Директор БИ Д.С. Воробьев (справа), и.о. зав. кафедрой почвоведения и экологии почв О.Э. Мерзляков (слева) и заместитель директора АО «Самотлорнефтегаз» А. Борисов на вручении награды

В последние годы члены коллектива кафедры выигрывали и участвовали в грантах международного и российского уровня: РНФ, РФФИ, МОН РФ и др.

За девяностолетний период работы кафедра выпустила почти 1500 специалистов, работающих в различных областях народного хозяйства, образования, науки. Среди них более 30 докторов и свыше 80 кандидатов наук.

Отдельно следует остановиться на успехах молодых выпускников, которые ведут научные исследования, работая в настоящее время на кафедре. Так, обладателями грантов Президента РФ, РНФ, РФФИ и других фондов являются к.б.н. С.В. Лойко, к.б.н. Т.В. Раудина, И.В. Крицков, Г. Истигечев. Подтверждение актуальности тематик находится в многочисленных публикациях научных изданий, входящих в первый квартиль (Q1) и даже в составе коллектива авторов в журнале «NATURE Communications» (И.В. Крицков, 2019).

Продолжают славные традиции кафедры, подтверждая высокий уровень подготовки и аспиранты. Два года подряд в конкурсе на соискание медалей РАН (рис. 2) для студентов и молодых ученых в области общей биологии получили Т.О. Валевиц (2018) и Д.М. Кузьмина (2019), а по итогам конкурса 2020 г. Д.М. Кузьмина стала ещё и стипендиатом Президента РФ. Этот феноменальный успех молодёжи, конечно, был бы невозможен без труда и тех усилий, которые вкладывали в развитие кафедры как предыдущие поколения, так и нынешние её члены.



Рис. 2. Медаль РАН за лучшую работу конкурса РАН для молодых ученых

В настоящий момент на кафедре почвоведения и экологии почв ТГУ имеются все условия для подготовки специалистов самой высокой квалификации: бакалавриат, магистратура, аспирантура, а также коллектив, способный эффективно решать актуальные задачи. Состав кафедры в юбилейном году (рис. 3): С.П. Кулижский, заведующий кафедрой, проректор по социальным вопросам ТГУ, д.б.н., профессор; В.П. Середина, д.б.н., профессор; М.И. Дергачева, заслуженный деятель науки РФ, д.б.н., профессор; О.Э. Мерзляков, и.о. заведующего кафедрой, к.б.н., доцент; В.З. Спирина, к.б.н., доцент; Е.В. Каллас, к.б.н., доцент; А.В. Родикова, к.б.н., доцент; С.В. Лойко, к.б.н., заведующий почвенным музеем,

доцент; Т.В. Раудина, к.б.н., ст. преподаватель; А.Н. Никифоров, ст. преподаватель; Т.А. Марон, ассистент; И.В. Крицков, ассистент; П.С. Юферова, ассистент; учебно-вспомогательный персонал: Т.Н. Белкина, С.А. Аникеева, Т.О. Валевиц, А.С. Новикова, П.С. Юферова.



Рис. 3. Коллектив кафедры почвоведения и экологии почв (2019 г.)

Р.С. Юбилейный год для кафедры почвоведения совпал с разразившейся мирового масштаба пандемией коронавируса COVID-19, начавшейся в Китае, что существеннейшим образом сказалось на национальной и мировой экономике и на всей высшей школе. Для сдерживания распространения COVID-19 по Указу Президента РФ с февраля по март включительно 2020 г. преподаватели и работники университета, как и все остальные сотрудники из организаций государственной бюджетной сферы были отправлены в нерабочие оплачиваемые дни(!) на самоизоляцию (все непроизводственные организации и предприятия сферы, не относящиеся к жизнеобеспечению, временно закрылись на несколько месяцев!). По приказу Министра науки и высшего образования РФ В.Н. Фалькова всем студентам с конца марта (и как минимум до августа 2020 г.) стал невозможен вход в учебные аудитории и научные лаборатории, а всё обучение перешло в дистанционную форму. Лекции, семинары, практические занятия, защиты выпускных квалификационных работ (рис. 4) осуществлялись в онлайн формате с использованием Moodle, Connekt, zoom, skype, WhatsApp, электронной почты и т.д. До 70–75% студентов, проживающих в общежитиях, выехали из них, государственные границы между странами закрылись.



Рис. 4. Защита ВКР в дистанционном формате (2020 г.)

Из-за пандемии был перенесён съезд почвоведов на 2021 г., и юбилей кафедры по объективным причинам будет проведён в новом для всех формате – дистанционном. При этом нужно констатировать, что весь коллектив кафедры с честью принял этот вызов, оперативно перестроил учебный процесс и показал зрелость, командность и слаженность в работе.

К сожалению, нет никакой уверенности, что и после конференции ограничения, введенные ещё в марте, будут сняты в полном объёме.

СЕКЦИЯ 1 СОВРЕМЕННЫЕ ПОДХОДЫ К ИЗУЧЕНИЮ ГЕНЕЗИСА ПОЧВ И ИХ КЛАССИФИКАЦИЯ

SECTION 1 MODERN METHODS AND APPROACHES TO THE STUDY OF SOIL GENESIS AND THEIR CLASSIFICATION

УДК 631.48

Диагностические параметры дегроторфяных почв Беларуси

Т.Н. Азаренок, С.В. Шульгина, О.В. Матыченкова
РУП «Институт почвоведения и агрохимии», г. Минск, soil@tut.by

В статье приведены результаты исследования по установлению диагностических параметров деградированных торфяных почв, занимающих 3,6% сельскохозяйственных земель республики, разработанных на основании многолетних научных исследований антропогенных изменений состава и свойств, как способ контроля и повышения объективности диагностики при проведении почвенно-агрохимических обследований и для учета экологического состояния почв при разработке мероприятий по рациональному землепользованию.

Ключевые слова: сельскохозяйственные земли, вид почв, дегроторфяные почвы, агроэкологические свойства, морфометрические, физико-химические и агрохимические параметры, диагностика почв.

В современных условиях интенсификации сельскохозяйственного производства почвенный покров выступает как производственная основа агроландшафта, и рациональное использование сельскохозяйственных земель невозможно без объективной оценки потенциала его почвенно-земельных ресурсов, обусловленного как естественно-историческими факторами почвообразования, так и направлением, интенсивностью проявления антропогенных факторов, а, следовательно, разным уровнем плодородия и эффективности ведения растениеводства.

Объективную информацию об актуальном состоянии почвенного покрова землепользователей страны можно получить на основании достоверных почвен-

но-картографических материалов, базирующихся на данных объективной диагностики почв и характеристик их состава и свойств, являющихся производственной основой качественной оценки земель.

Органогенные почвы – неустойчивые образования, эволюционная изменчивость которых идет по пути количественного и качественного уменьшения содержания органического вещества (ОВ). Их использование, как базисной основы для интенсивной хозяйственной деятельности, способствует формированию почвенных объектов, ранее не существовавших в природных условиях, отличных от их агроестественных аналогов, характеризующихся разной степенью преобразования морфологического профиля и генетических свойств. Трансформацию органогенных почв под влиянием антропогенных факторов (осушение, агромелиоративные воздействия, длительное сельскохозяйственное использование) следует рассматривать как один из этапов скачкообразной эволюции, и с ростом интенсивности антропогенных воздействий на органогенные почвы изменяется форма проявления, направленность и темпы почвообразовательных процессов, и почва принимает качественно новое состояние [1]. На месте осушенных мелкозалежных торфяников в результате частичной или полной сработки торфа и припахивания подстилающей породы преимущественно песчаного гранулометрического состава формировались антропогенно-преобразованные деградированные торфяные почвы, характеризующиеся более низким плодородием (балл бонитета на 35–57% ниже) по сравнению с исходными торфяными маломощными.

Для повышения объективности диагностики деградированных торфяных почв в полевых условиях, определения посевных площадей сельскохозяйственных культур в соответствии с их требованиями к условиям произрастания, необходим комплексный анализ качественных и количественных показателей, характеризующих их состав и свойства. Такие сведения на данный момент носят разрозненный характер, что и обусловило актуальность проводимых нами исследований.

Анализ материалов разновременного почвенного картографирования показал, что спустя более двух десятков лет со времени проведения корректировочных почвенно-картографических работ (1986–1998 гг.) площади деградированных почв увеличились на 122,7 тыс. га (+1,1%) и по состоянию на 2015 г. занимают 312,9 тыс. га или 3,6% сельскохозяйственных земель. Самыми большими площадями деградированных почв в составе сельскохозяйственных земель располагает Брестская область – 7,4% (104,4 тыс. га), а среди административных районов – Лунинецкий, Ганцевичский, Малоритский, Пинский, Солигорский (более 10%).

Систематизация результатов корректировочных почвенно-картографических работ на осушенных территориях в сельскохозяйственных организациях Беларуси (2005–2019 гг.), систематизации и анализ данных по мониторинговым объектам, Почвенной Информационной Системе Беларуси (ПИСБ), данных крупномасштабного почвенного картографирования, применение сравнительно-аналитического метода с использованием статистической обработки данных («Пакет анализа» Microsoft Excel) позволили установить предварительные диагностические параметры деградированных торфяных почв сельскохозяйственных земель Беларуси, фрагмент которых представлен в таблице.

**Статистические параметры морфометрических, физико-химических
и агрохимических свойств деградированных торфяных почв
сельскохозяйственных земель Беларуси (фрагмент)**

Критерии	Параметры		
	Деградированная торфяно-минеральная почва	Деградированная минеральная остаточно-торфяная почва	Деградированная минеральная постторфяная почва
Морфометрические			
Мощность пахотного горизонта, см	37,80±6,70	34,30±5,30	32,50±4,44
Агрофизические			
Плотность сложения пахотного горизонта, г/см ³	0,79±0,07	1,12±0,15	1,41±0,09
Физико-химические и агрохимические			
Содержание органического вещества, ОБ, %	32,29±5,47	14,34±4,26	4,68±0,24
pH _{KCl}	5,6±0,6	5,7±0,7	5,8±0,6
Гидролитическая кислотность Нг ⁺ , мг-экв. / 100 г почвы	8,1±6,7	4,6±3,8	3,2±1,7
Сумма поглощенных оснований S, мг-экв. / 100 г почвы	21,2±10,8	14,5±6,8	16,4±9,6
Емкость поглощения Т, мг-экв. / 100 г почвы	30,0±15,3	18,9±8,3	20,3±14,3
Степень насыщенности основаниями V, %	70,9±19,8	75,4±14,5	77,7±14,0
Содержание подвижного P ₂ O ₅ , мг/кг почвы	222,4±191,2	179,5±145,9	131,6±67,2
Содержание подвижного K ₂ O, мг/кг почвы	196,5±176,5	138,3±116,4	151,0±73,8
Азотминерализующая способность, N мин, мг/кг ¹	241–300	151–240	120–150

¹ Согласно [2].

Разработанные параметры деградированных торфяных почв на основе актуальных данных агроэкологического состояния станут составной частью методических указаний по диагностике и полевому исследованию антропогенно-преобразованных почв для научно-методического обеспечения почвенных обследований сельскохозяйственных земель республики.

Литература

1. О направленности трансформации органогенных почв Беларуси / Т.Н. Азаренок [и др.] // Приемы повышения плодородия почв и эффективности удобрения: материалы Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. памяти ученых: А.И. Горбылевой, Ю.П. Сиротина и В.И. Тюльпанова, Горки, 18–20 дек. 2018 г. / редкол.: Т.Ф. Персикова (отв. ред.) [и др.]. Горки: БГСХА, 2019. Ч. 1. С. 12–14.
2. Семененко Н.Н. Торфяно-болотные почвы Полесья: трансформация и пути эффективно-го использования. Мн: Беларуская навука, 2015. С. 34–89.

Diagnostic parameters of degropeat soils of Belarus

T.N. Azaronak, S.V. Shulgina, O.V. Matychenkova

The article presents the results of a study to establish the diagnostic parameters of degraded peat soils, which occupy 3,6% of the agricultural land of the republic, developed on the basis of many years of scientific research of anthropogenic changes in composition and properties, as a way to control and increase the objectivity of diagnostics during soil-agrochemical surveys and for accounting ecological state of soils in the development of measures for rational land use. The developed parameters of degraded peat soils based on relevant data of the agroecological state will become an integral part of the guidelines for the diagnosis and field research of anthropogenically transformed soils for the scientific and methodological support of soil surveys of agricultural lands of the republic.

УДК 631.437

Магнитная восприимчивость антропогенно-трансформированных мерзлотных палевых почв Центральной Якутии

А.А. Алексеев, А.П. Чевычелов, Л.И. Кузнецова

Институт биологических проблем криолитозоны СО РАН, г. Якутск, alex3.fromru@gmail.com

Изучены объемная (ОМВ) и удельная (УМВ) магнитные восприимчивости, а также состав и свойства антропогенно-трансформированных мерзлотных палевых почв Центральной Якутии. Показано, что состав и свойства данных мерзлотных почв, а также значения их магнитных восприимчивостей существенно изменяются в процессе сельскохозяйственного освоения. При этом магнитные профили исследуемых почв выравниваются и приближаются к равномерным, а средневзвешенные значения УМВ возрастают с 63,8 до $94,0 \cdot 10^{-8}$ м³/кг.

Ключевые слова: мерзлотные почвы, магнитная восприимчивость.

Мерзлотные палевые почвы, формирующиеся в условиях криоаридного климата Центрально-Якутской равнины, являются зональным типом почв среднетаежной подзоны Центральной Якутии [1]. Наши исследования проводились на Средней Лене, территория которой является наиболее освоенной в сельскохозяйственном отношении частью Республики Саха (Якутия). Здесь в агромелиоративном земельном фонде преобладают палевые почвы, которые используются в растениеводстве, главным образом, в условиях орошаемого земледелия.

Исследуемая почвенная катена представлена тремя разрезами палевых почв, заложенных в местности Бэлэнтэй в 80 км на юго-восток от г. Якутска на территории ОПХ «Покровское», на второй надпойменной террасе р. Лены, сложенной аллювиальными супесями и песками. Разрезы 3, 4, 5 Ой-04 были заложены на 150 м отрезке исследуемой катены в пределах одного и того же почвенного контура мерзлотной палевой слабоосолоделой супесчаной почвы, на участках,

характеризующих различные этапы ее развития в процессе сельскохозяйственно-го освоения, то есть в лесу, на лугу и на пашне. Раскорчевка массива данной почвы была осуществлена около 60 лет назад, при этом меньшая часть раскорчеванного массива участка Бэлэнтэй (на границе леса и пашни) подверглась естественному залужению, а большая часть использовалась под пашню. В последний 30-летний период на данной пашне в режиме интенсивного земледелия возделывались пропашные кормовые и овощные культуры на фоне орошения и внесения органо-минеральных удобрений.

При проведении почвенных исследований использовали профильно-генетический и сравнительно-аналитический методы [2, 3], а также общепринятые методики лабораторных аналитических работ [4]. Объемная магнитная восприимчивость (ОМВ) определялась индукционным методом на малогабаритном измерителе магнитной восприимчивости КМ-7. Величину удельной магнитной восприимчивости (УМВ) получали путем деления значения ОМВ на плотность почвы ρ , то есть $\chi = \chi/\rho$. Размерность удельной магнитной восприимчивости – $10^{-8} \text{ м}^3/\text{кг}$ [5, 6]. Приведем морфологическое строение изучаемых почв.

Разрез 3 Ой-04: A_0A_1 (0–3 см) – A_1A_2 (3–12 см) – В (12–30 см) – BC_{ca} (30–65 см) – C_{ca} (65–140 см). Почва: палевая слабоосолодевшая.

Разрез 4 Ой-04: A_d (0–3 см) – AB_{ca} (3–38 см) – BC_{ca} (38–60 см) – C_{ca} (60–130 см). Почва: агропалевая луговая.

Разрез 5 Ой-04: A_p (0–20 см) – AB_{ca} (20–42 см) – BC_{ca} (42–68 см) – C_{ca} (68–137 см). Почва: агропалевая пахотная.

В процессе сельскохозяйственного использования изучаемых палевых почв происходят значительные изменения их свойств и состава (табл. 1, 2).

Т а б л и ц а 1

Физико-химические свойства мерзлотных палевых почв Центральной Якутии

Горизонт	Глубина, см	pH_{H_2O}	Гумус, %	Общий N, %	Обменные катионы, смоль(экв)/кг почвы			Сумма солей, %	CO_2 карбонатов, %
					Ca^{+2}	Mg^{+2}	Na^+		
Палевая слабоосолодевшая, разрез 3 Ой-04									
A_1A_2	3–12	5,7	5,1	0,18	8,0	4,9	0,5	0,073	Н.о*
AB	15–25	6,3	0,7	0,03	4,7	3,9	0,4	0,034	-/-
BC_{ca}	40–50	8,1	0,6	0,03	31,7	5,8	0,8	0,080	5,2
C_{ca}	80–90	8,7	0,4	0,02	23,6	5,5	0,8	0,080	5,4
Агропалевая луговая, разрез 4 Ой-04									
A_{ca}	5–15	8,2	3,2	0,10	18,6	14,4	1,7	0,235	4,8
BC_{ca}	45–55	8,3	0,8	0,04	27,3	8,9	1,8	0,209	6,7
C_{ca}	70–80	8,3	0,5	0,04	29,6	7,3	1,9	0,148	7,6
Агропалевая пахотная, разрез 5 Ой-04									
A_p	0–10	8,0	2,1	0,11	17,0	6,1	1,6	–	Н.о.
AB_{ca}	20–30	8,3	2,2	0,08	17,3	6,9	1,1	0,106	5,2
BC_{ca}	50–60	8,4	0,8	0,03	18,9	7,3	1,2	0,105	10,4
C_{ca}	90–100	8,7	0,5	0,02	29,4	8,4	1,4	0,089	10,5

* Н.о. – не обнаружено; прочерк – значение показателя не определено.

Так, поверхностный подстилочно-перегнойный гор. A_0A_1 лесной палевой почвы отчуждается в процессе раскорчевки и подготовки данной почвы к ис-

пользованию под пашню. Гумусово-осолоделый гор. A₁A₂ и переходный гор. АВ гомогенизируются и превращаются в результате влияния процессов залужения и агрогенеза соответственно в гумусово-аккумулятивный гор. Аса и пахотный гор. Ар. В поверхностных горизонтах данных почв также отмечается повышение значений рН_{Н₂О} от слабокисло-нейтральных до щелочных. В почвенных профилях почв разр. 4Ой-04 и 5Ой-04 в целом также наблюдается незначительный рост общего количества обменных оснований Ca⁺², Mg⁺², Na⁺ и суммы солей, а также, более существенный, подвижных CaCO₃ и MgCO₃, на что указывает возрастание значений CO₂ карбонатов в 1,3–2,0 раза (табл. 1).

Т а б л и ц а 2

Магнитная восприимчивость мерзлотных палевых почв Центральной Якутии

Горизонт	Глубина, см	χ , $\text{н} \cdot 10^{-5}$ ед. Си	P, $\text{н} \cdot 10^3$ кг/м ³	χ , $\text{н} \cdot 10^{-8}$, м ³ /кг	χ/χ_c
Палевая слабоосолоделая, разрез 3Ой-04					
A ₀ A ₁	0–3	4,5	0,32	14,1	0,2
A ₁ A ₂	3–12	6,5	0,97	6,7	0,1
АВ	15–25	10,6	1,26	8,4	0,1
BC _{ca}	40–50	87,5	1,25	70,0	0,8
C _{ca}	80–90	112,9	1,36	83,0	1,0
	Среднее*			63,8	
Агропалевая луговая, разрез 4Ой-04					
A _d	0–3	34,3	0,62	55,3	0,6
A _{ca}	5–15	82,4	1,12	73,6	0,9
BC _{ca}	45–55	126,3	1,33	95,0	1,1
C _{ca}	70–80	115,7	1,37	84,4	1,0
	Среднее*			71,4	
Агропалевая пахотная, разрез 5Ой-04					
Ар	20–30	102,6	1,19	86,2	0,9
В	50–60	127,3	1,31	97,2	1,0
BC	90–100	126,1	1,37	92,0	0,9
С	130–137	143,3	1,43	100,2	1,0
	Среднее*			94,0	

* Средневзвешенное значение для почвенного профиля.

Вследствие легкого гранулометрического супесчаного состава изучаемых почв [7], поливной режим возделывания сельскохозяйственных культур здесь не приводит к заметному росту их засоления и осолонцевания. В этом случае большая часть всех растворимых солей, поступающих с поливными водами на поверхность пашни, мигрирует вертикально на всю глубину сезонно-талого слоя и затем удаляется за пределы почвенного профиля. В изучаемых почвах также наряду с увеличением общего содержания подвижных карбонатов, отмечается повышение глубины вскипания с 30 см (разр. 3Ой-04) до 20 см (разр. 5Ой-04) и даже до 3 см (разр. 4Ой-04).

Известно, что магнитная восприимчивость является интегральным физическим показателем, отражающим почвенно-генетические и почвенно-экологические особенности конкретных типов почв [6, 8]. В этом отношении интересно было проследить, как агрогенная трансформация изучаемых почв влияет

на изменение их магнитной восприимчивости и строение магнитных профилей, которые выявляются по отношению χ/χ_c (табл. 2). Значения УМВ в гор. Сса почв разр. 3Ой-04 и 4Ой-04 практически равны, хотя таковые отношений χ/χ_c в отдельных генетических горизонтах существенно различаются. Последнее связано со значительным снижением значений УМВ в верхней 25-сантиметровой толще исходной палевой осолоделой почвы. В антропогенно-трансформированных почвах разр. 4Ой-04 и 5ой-04 отмечается в целом увеличение значений УМВ и выравнивание их магнитных профилей. Так, магнитный профиль агропалевой пахотной почвы может рассматриваться практически как равномерный, когда $\chi/\chi_c = 0,9-1,0$, т.е. предельно приближается к 1. Также нужно констатировать, что с увеличением агрогенного воздействия средневзвешенные значения УМВ почв последовательно возрастают с 63,8 до 94,0 м³/кг (табл. 2).

Литература

1. Еловская Л.Г., Коноровский А.К. Районирование и мелиорация мерзлотных почв Якутии. Новосибирск: Наука, 1978. 176 с.
2. Роде А.А. Система методов исследования в почвоведении. Новосибирск: Наука, 1971. 92 с.
3. Розанов Б.Г. Морфология почв. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1983. 320 с.
4. Аринушкина Е.В. Руководство по химическому анализу почв. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1970. 487 с.
5. Вадюнина А.Ф., Корчагина З.А. Методы исследования физических свойств почв и грунтов. М.: Высшая школа, 1973. 399 с.
6. Водяницкий Ю.Н., Шоба С.А. Магнитная восприимчивость как индикатор загрязнения тяжелыми металлами городских почв (обзор литературы) // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 17. Почвоведение. 2015. № 1. С. 13–20.
7. Иванова Т.И., Кузьмина Н.П., Чевычелов А.П. Численность микроорганизмов и уровни микробиологической активности мерзлотных антропогенно-трансформированных палевых почв Якутии // Почвоведение. 2008. № 11. С. 1371–1380.
8. Бабанин В.Ф., Трухин В.И., Карпачевский Л.О., Иванов А.В., Морозов В.В. Магнетизм почв. Ярославль: ЯГТУ, 1995. 223 с.

Magnetic susceptibility of anthropogenic-transformed permafrost pale yellow soils of Central Yakutia

A.A. Alekseev, A.P. Chevychelov, L.I. Kuznetsova

The volumetric (VMS) and specific (SMS) magnetic susceptibilities, as well as the composition and properties of anthropogenically transformed permafrost pale yellow soils of Central Yakutia were studied. It is shown that the composition and properties of these permafrost soils, as well as the values of their magnetic susceptibilities, change significantly in the process of agricultural development. In this case, the magnetic profiles of the studied soils are equalized and approach uniform, and the weighted average SMS values increase from 63.8 to 94.0 m³/kg.

Структурные модели педогенеза

Б.Ф. Апарин

Центральный музей почвоведения им. В.В. Докучаева –
Филиал ФГБНУ ФИЦ «Почвенный институт им. В.В. Докучаева», г. Санкт-Петербург,
soilmuseum@bk.ru

Рассматривается новая методология в исследовании педогенеза. Она состоит в системном подходе, опирающемся на концепцию полей почвообразования и форм движения материи. Показано, что модели педогенеза представляют собой иерархическую систему процессов: профилообразующие, горизонтообразующие, элементарные и процессы индивидуальной природы. Последние лежат в основе формирования почвы на всех этапах развития. С ними связаны механизмы воспроизводства актуального плодородия и многие экологические функции.

Ключевые слова: педогенез, модели, поля почвообразования, формы движения материи, почвообразующие процессы, структура.

Основы теории почвообразовательного процесса (педогенеза) были разработаны В.В. Докучаевым и развиты его учениками и последователями: К.Д. Глинкой, В.Р. Вильямсом, К.К. Гедройцем, С.А. Захаровым, С.С. Неуструевым, Б.Б. Польшовым, И.П. Герасимовым, В.А. Ковда, А.А. Роде, Н.И. Базилевич, М.А. Глазовской, Т.В. Аристовской. Ядром теории является представление о почве как открытой биокосной системе, формирующейся в результате межфазных взаимодействий между её элементами под совокупным влиянием факторов почвообразования.

Новый импульс в развитии теории дала концепция о полях почвообразования: гравитационных [1], энергетических [2], геохимических [3], гидрологических [4].

Поля почвообразования – это пространственно-временное изменение какой-либо величины, которая влияет на направление, характер трансформации и перемещения органических и минеральных веществ в почве. Выделяются внешние и внутренние поля почвообразования. Внешние поля характеризуют поступление в почву вещества и энергии из различных источников (солнце, атмосфера, литосфера, фитоценозы, грунтовые воды и др.) (формула (1)).

$$ПП = f(ГФП \times ГХП \times БП \times ФП \times АП), \quad (1)$$

где: ПП – почвообразовательный процесс; в скобках – поля почвообразования: ГФП – геофизические, ГХП – геохимические, БП – биогенные, ФП – фитогенные, АП – антропогенные; \times – знак взаимодействия.

Наибольший интерес для анализа структуры почвообразовательных процессов представляют геофизические и фитогенные поля. Почвы – динамичные природные системы. Совокупность суточных, сезонных и годовых изменений состояния почв характеризуют внутренние поля почвообразования. Они являются производными внешних полей и межфазных взаимодействий, непрерывно

протекающих в почве. Внутренние поля почвообразования характеризуются водным, тепловым, окислительно-восстановительным и кислотнo-щелочным режимами.

Внешние поля почвообразования – это способ развернутого представления факторов почвообразования. Основной закон почвоведения, открытый В.В. Докучаевым и устанавливающий связь почв с факторами почвообразования, можно представить в следующем виде (формула (2)):

$$\text{ВПП} \rightarrow \text{ММ (Р)} \rightarrow \text{ПР)} \rightarrow \text{П (строение, состав, свойства)} \rightarrow \text{Ф, (2)}$$

где: ВПП – внешние поля почвообразования, ММ – минеральная матрица, Р – режимы, ПР – процессы, П – почвы, Ф – экологические функции почвы, \rightarrow – направление воздействия.

Внешние поля воздействуют на минеральную матрицу – материальную основу почвы. В ней формируются внутренние поля почвообразования и соответствующие им процессы.

Возникновение, существование и развитие почвы происходит в результате взаимодействий между твердой, жидкой, газообразной и органической фазами почв. Специфическая природа их состоит в участии разных форм органической материи (гумуса, индивидуальных органических кислот, ферментов, животных, микроорганизмов, растений). Источником саморазвития почвы, движущей силой почвообразовательного процесса является только ей присущее основное внутреннее противоречие, заключающееся в противоположных процессах: разрушении и синтезе минеральных и органических веществ, в их выносе и аккумуляции, поглощении и выделении, диспергации и коагуляции и т.д. Условием существования почвы, как функционирующей системы, является непрерывный внешний и внутренний обмен веществом и энергией, что сближает почву с живыми организмами.

Таким образом, почвообразование отвечает основным признакам, свойственным всем формам движения материи: механической, физической, химической, геологической, биологической (ФДМ), которые представляют специфический способ существования каждого определенного материального объекта. Следовательно, почвообразовательный процесс может рассматриваться как самостоятельная форма движения материи, представляющая собой синтез процессов органической и неорганической природы (ПФДМ). Двойственная природа ПФДМ определяет положение почвоведения среди естественных наук: с одной стороны, в составе наук о Земле и биологических наук – с другой.

Почвенная ФДМ реализуется в образовании инвариантных особенностей почв как самостоятельного природного тела. Независимо от варьирования внешних условий ПФДМ проявляется в трехмерном строении почвенного индивидуума, физической, химической и биологической дифференциации минеральной матрицы на горизонты, аккумуляции энергии в форме гумуса, в механизме воспроизводства плодородия и множественности экологических функций. ПФДМ подчиняется собственным законам развития, сформулированным В.В. Докучаевым.

вым и представляющим иерархическую систему. К ней полностью применим принцип развития, устанавливающий связь эволюции почв в геологическом масштабе времени с необратимым развитием ПФДМ, ее усложнением. ПФДМ по отношению к первичным формам (механической, физической, химической) является вторичной, более сложной. Она является результатом их взаимодействия и, следовательно, включает в себя эти формы. В свою очередь ПФДМ явилась основой для появления и развития другой формы движения материи – биологической. Почвообразование рассматривается как сложная комбинация всех ФДМ во времени (от онтогенеза до климаксного состояния).

Анализ процессов формирования с позиции ФДМ является новой методологией в развитии теории почвообразования. Стратегия состоит в последовательном исследовании разнородных процессов и их взаимосвязей в почве на разных уровнях их структурной организации. Выделяется четыре иерархических уровня процессов: профилеобразующие, горизонтообразующие, элементарные почвенные процессы, процессы индивидуальной природы, соответствующие формам движения материи.

Существуют прямые и косвенные методы изучения почвообразовательного процесса. К прямым относятся экспериментальные методы, например, физического моделирования процессов в лаборатории и в поле при контролируемых условиях. Прямыми методами исследуются преимущественно индивидуальные (неспецифические для почвы физические, химические и биологические процессы) и некоторые элементарные почвенные процессы.

Профилеобразующие и горизонтообразующие процессы недоступны для прямых методов исследования. Их можно изучать методами математического моделирования на основе знания законов почвоведения и фундаментальных наук (физики, химии, биологии). Однако эти методы в почвоведении в настоящее время слабо разработаны. Поэтому для изучения этих процессов используются косвенные методы. Основу их составляет решение обратной задачи. Суть её в том, что на основании анализа типоморфных (диагностических) морфологических признаков, свойств почвы и соотнесение их с климатическими данными делается заключение о сформировавших их процессах. При этом исследователь неизбежно соскальзывает на путь гипотез.

Решение обратной задачи осуществляется на основе комплекса методов: морфогенетического, сравнительно-аналитического (географического, исторического) и принципа актуализма. Последний часто используется при генетических построениях, не принимая во внимание его ограничения. Представление о современном состоянии почв, процессах и факторах почвообразования нельзя произвольно экстраполировать на все этапы развития почв. Современные условия почвообразования в масштабе всей траектории развития почвы характеризуют лишь «мгновение» в тысячелетней истории педогенеза, в которой неоднократно происходили значительные изменения геофизических и фитогенных полей, а, следовательно, процессов и результатов ими обусловленных.

В исследовании процессов почвообразования наиболее эффективным является системный подход, опирающийся на концепции полей почвообразования и форм движения материи. Исходя из этого подхода, модели педогенеза пред-

ставляют собой иерархическую систему процессов с характерными особенностями исследования (своего рода инфраструктуры) на каждом уровне. Первый, высший уровень – это профилеобразующий процесс, вбирающий в себя результаты почвенных процессов за весь предшествующий период развития почвы. Исследование профилеобразующего процесса состоит из анализа внешних полей почвообразования, описания типоморфных признаков и свойств; характеристики минеральной матрицы, определения положения почвы на траектории развития (рис. 1).

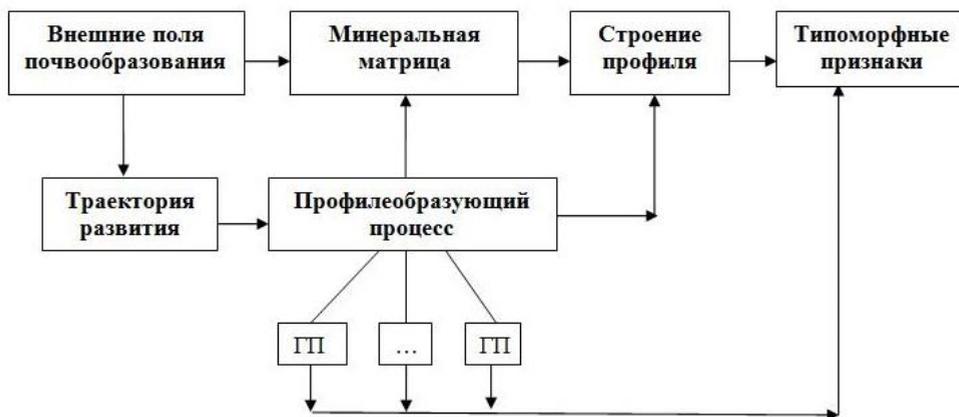


Рис. 1. Схема анализа профилеобразующего процесса (ГП – горизонтообразующий процесс)

Профилеобразующий процесс любого типа почвы состоит из определенных комбинаций горизонтообразующих процессов. Они образуют процессы второго уровня, зависящие от параметров внутренних полей почвообразования, и обмена веществ со смежными горизонтами. Горизонтообразующий процесс характеризуется своей комбинацией элементарных почвенных процессов (ЭПП), с которыми связаны диагностические признаки горизонтов (рис. 2).

Третий уровень представлен элементарными почвенными процессами. Эти процессы невозможно расчленить без потери почвенной специфичности. Их нельзя относить к почвообразующим – процессам высокого уровня. В то же время, это главные слагающие «кирпичики» профилеобразующего процесса. Важная черта ЭПП в том, что их результатом обязательно являются изменения в твердой фазе почвы. Они служат диагностическими признаками процессов. ЭПП являются результатом взаимодействия индивидуальных процессов (ИП), связанных с разными формами движения материи. ИП – это самая разнообразная и разнородная группа процессов. Они входят во все ЭПП, однако их сочетание, интенсивность, степень и период проявления различны и специфичны для каждой ЭПП.

Процессы индивидуальной природы образуют четвертый уровень в иерархической системе ПП и лежат в основе формирования почвы на всех этапах развития. Инфраструктура исследования данных процессов однотипна и включает следующую информацию: носители процесса, механизмы, движущие силы,

внутрипочвенные условия, время и место их проявления, скорость процессов, диагностические признаки.



Рис. 2. Схема анализа горизонтобразующего процесса (ЭПП – элементарный почвенный процесс)

Поскольку ИП связаны со всеми ФДМ, формы их проявления в почвах чрезвычайно разнообразны и касаются всех её фаз. С данными процессами связаны механизмы воспроизводства актуального плодородия и многие экологические функции. Процессы индивидуальной природы лежат в основе формирования почвы на всех этапах траектории развития. Возможность прямого их исследования и моделирования позволяют поставить индивидуальные процессы во главу угла исследования педогенеза.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 19-04-01184.

Литература

1. Роде А.А. Система методов исследования в почвоведении. Новосибирск: Наука, 1971. 92 с.
2. Волобуев В.Р. Почвы и климат. Баку: Изд-во АН АзССР, 1953. 305 с.
3. Глазовская М.А. Почвы мира. М.: Изд-во МГУ, 1972. Т. 1. 234 с.
4. Апарин Б.Ф. Эволюционные модели плодородия почв. СПб.: Изд-во СПбГУ, 1997. 292 с.

Structural models of pedogenesis

B.F. Aparin

In the paper new methodology of study pedogenesis is considered. Methodology consists of systems approach which connects with concepts of field soils formations and forms of moving the substance. It has been shown that the models of pedogenesis are represented hierarchical system of the processes. Such processes are profile-forming, horizon-forming, elementary and individual. The latter processes are the basis of soil formation at all stages of the development. They are associated with mechanisms of reproduction of actual fertility and many ecological functions.

Изучение магнитных свойств двух типов мерзлотных почв Центральной Якутии

Т.И. Васильева¹, А.А. Алексеев², А.П. Чевычелов²

¹ Институт геологии алмаза и благородных металлов СО РАН, г. Якутск,
vasilevatig@gmail.com

² Институт биологических проблем криолитозоны СО РАН, г. Якутск,
alex3.fromru@gmail.com

Проведено сравнительное изучение магнитных свойств и состава двух типов мерзлотных почв – подзола и чернозема, сформированных на рыхлых аллювиальных отложениях разных высотных уровней Центрально-Якутской равнины в условиях криоаридного климата. Показано, что данные почвы характеризуются различными значениями объемной и магнитной восприимчивостей, разным минералогическим составом и весом магнитных фракций песчаных частиц почвенного мелкозема.

Ключевые слова: мерзлотные почвы, состав и свойства, магнитная восприимчивость.

Наши исследования проводились на Средней Лене на территории Центральной Якутии, характеризующейся криоаридным климатом [1]. Были изучены магнитные свойства двух типов почв, а именно подзола и чернозема, формирующихся на рыхлых аллювиальных отложениях, в пределах различных геоморфологических уровней Центрально-Якутской равнины. При проведении работ использовались сравнительно-географический, сравнительно-аналитический [2] и профильно-генетический методы [3], а также различные общепринятые в почвоведении методики лабораторных исследований [4]. Объемная (ОМВ) и удельная (УМВ) магнитные восприимчивости определялись с помощью малогабаритного магнитного измерителя КМ-7 индукционным методом [5]. Данный прибор является усовершенствованной версией каппаметра КТ-6 и обладает высокой чувствительностью и превосходной точностью. Величину удельной магнитной восприимчивости (УМВ) получали путем деления значения ОМВ на плотность почвы ρ (выраженную в $\text{кг}/\text{м}^3$), т.е. $\chi = \chi/\rho$. Размерность удельной магнитной восприимчивости – $10^{-8} \text{ м}^3/\text{кг}$ [6]. Магнитную фракцию отбирали из состава песчаных частиц (1–0,05 мм) почвенного мелкозема общим весом 50 г., предварительно отмытого от частиц пыли и ила способом отмучивания. Данную фракцию впоследствии отделяли от немагнитных песчаных частиц с помощью магнитного сепаратора (подзол) и постоянно магнита (чернозем). Минералогический состав магнитной фракции почв определяли методом рентгенофазового анализа [7] на дифрактомере D2 PHASER фирмы Bruker (Германия), съемка образцов проводилась на $\text{CuK}\alpha$ излучении, при напряжении трубки 30 кВ и силе тока 10 мА, интервал съемки 4,5–65° (2 θ), для диагностики минералов использовали базу данных PDF-2.

Приведем краткие географические и морфологические характеристики изучаемых почв. Разрез 1Кэн-09 заложен в пределах среднего уровня Центрально-Якутской равнины в смешанном березово-лиственничном лесу лишайниково-

кустарничковом. Географические координаты места заложения разреза: широта – 62°44'48" N, долгота – 129°02'06" E, абсолютная высота – 165–170 м над ур. м (определены по топографической карте М 1:100000). Строение профиля: A₀(0–2) – A₁A₂(2–6) – A₂(6–20) – B_{н,г}(20–38/43) – BC_г(38/43–94 см). Почва: мерзлотный подзол иллювиально-гумусово-железистый.

Разрез 1Т-13. Заложен на II надпойменной террасе р. Лена в долине Туймаада, на приозерном повышении, остепненный разнотравно-злаковый луг. Географические координаты: 61°51'45,2" N, 129°34'03,9" E, Н-101,2 м. Строение профиля: A_d(0–2) – A(2–26) – АВ(26–37) – B_{са}(37–78) – BC_{са}(78–129) – C_{са}(129–153 см). Почва: мерзлотный чернозем.

Состав и свойства изучаемых почв, также как и их морфология, существенно различаются. Это касается буквально всех анализируемых почвенных показателей (табл. 1, 2).

Т а б л и ц а 1

Физико-химические свойства мерзлотных почв Центральной Якутии

Горизонт	Глубина, см	рНН ₂ О	Гумус, %	Обменные катионы, смоль(экв)/кг почвы			Сумма частиц, %		СО ₂ карбонатов, %
				Са ⁺²	Мg ⁺²	Н ⁺	<0,001 мм	<0,01 мм	
Подзол иллювиально-гумусово-железистый, разрез 1КЭн-09									
A ₂	7–17	4,5	1,0	1,5	1,0	0,6	2,4	7,8	–
B _г	23–33	5,3	2,1	2,7	1,1	0,9	4,8	9,5	–
BC	50–60	5,8	1,6	4,4	0,5	0,2	9,0	13,6	–
Чернозем, разрез 1Т-13									
A	7–17	7,0	4,1	16,4	8,2	Н.о. *	15,7	36,7	Н.о.
B _{са}	50–60	8,9	1,1	11,2	7,1	-/-	23,8	51,4	5,3
C _{са}	135–145	8,4	–	–	–	-/-	15,8	37,6	2,5

* Н.о.– не обнаружено, прочерк – не определено.

Т а б л и ц а 2

Магнитные свойства мерзлотных почв Центральной Якутии

Горизонт	Глубина, см	χ, n·10 ⁻⁵ ед. Си	P, n·10 ³ кг/м ³	χ, n·10 ⁻⁸ , м ³ /кг	Вес магнитной фракции	
					г	%
Подзол иллювиально-гумусово-железистый, разрез 1КЭн-09						
A ₂	7–17	6,9	1,58	4,4	0,415	0,8
B _г	23–33	22,8	1,59	14,3	0,659	1,3
BC	50–60	11,1	1,55	7,1	0,619	1,2
Чернозем, разрез 1Т-13						
A	7–17	82,7	1,08	76,6	5,950	15,3
B _{са}	50–60	41,9	1,07	39,2	1,348	5,8
C _{са}	135–145	59,0	1,15	51,3	1,758	5,5

Так, подзол разр. 1КЭн-09 отличается кислой и слабокислой реакцией среды, низким содержанием гумуса и его элювиально-иллювиальным профильным распределением, присутствием обменного Н⁺ в почвенно-поглощающем комплексе (ППК) и легким песчано-супесчаным гранулометрическим составом. Напротив, чернозем разр. 1Т-13 характеризуется нейтрально-щелочными значениями рНН₂О,

средним количеством гумуса в гор. А и его резкоубывающим распределением, насыщенным ППК, средне- и тяжелосуглинистым гранулометрическим составом, наличием свободных карбонатов CaCO_3 и MgCO_3 в гор. Вса и Сса.

Также значительно различаются и магнитные свойства изучаемых почв (табл. 2). При этом УМВ чернозема по сравнению с подзолом увеличивается в гор. Сса более чем в 7 раз, так как подзол формируется на сильновыветрелых плейстоценовых аллювиальных супесчаных отложениях преимущественно полевошпатово-кварцевого состава, в то время как чернозем – на кварцево-полевошпатово-слюдистых аллювиальных почвообразующих породах голоценового возраста, слагающих данную террасу р. Лена.

В черноземе магнитные свойства мелкозема определяют слабо- и среднемагнитные минералы из группы хлорита, слюд и амфиболов, а в подзоле к последним также еще добавляются минералы из группы граната, роговой обманки и ильменит. Существенная разница в минералогическом составе мелкозема изучаемых почв также хорошо просматривается по их плотности (ρ), которая в подзоле возрастает в 1,4–1,5 раза (табл. 2). Следовательно, в составе песчаной фракции почвенного мелкозема подзола абсолютно преобладают немагнитные минералы, такие как кварц и полевые шпаты, на долю которых по весу приходится 98,7 и 99,2% соответственно в гор. Vf и A2. При этом в элювиальном гор. A2 вследствие влияния процесса оподзоливания, который сопровождается кислотным гидролизом минералов, содержание магнитной фракции уменьшается до минимума, то есть до 0,415 г или 0,8%. В гор. Вса и Сса чернозема к данным немагнитным минералам также ещё добавляется кальцит (CaCO_3), что приводит к закономерному уменьшению здесь значений УМВ в 1,9–1,5 раза по сравнению с гор. А. Влияние дернового процесса в черноземе приводит к образованию в гумусово-аккумулятивном гор. А максимального количества минералов магнитной фракции, равного по весу 5,95 г или 15,3%). При этом в черноземе, также как и в подзоле, основную массу песчаных частиц почвенного мелкозема составляют немагнитные минералы, но их суммарная доля здесь значительно уменьшается до 94,2–84,7% (табл. 2).

В заключении отметим, что в процессе проведенных работ обнаружены сильные положительные корреляционные связи между значениями объемной и удельной магнитной восприимчивостей изучаемых почв, а также абсолютным (г) и относительным (%) количеством магнитной фракции, выделенной из данных почв. При этом получены коэффициенты корреляции, которые оказались соответственно равны 0,886, 0,893, 0,934 и 0,948 и статистически значимы ($n = 6$ $r = 0,95$ $r_{st} = 0,811$). Последнее указывает на то, что представленная в данной статье методика выделения минералов магнитной фракции полностью подтвердилась, как и полученные значения магнитной восприимчивости исследуемых типов мерзлотных почв.

Литература

1. Чевычелов А.П., Скрыбыкина В.П., Васильева Т.И. Географо-генетические особенности формирования свойств и состава мерзлотных почв Центральной Якутии // Почвоведение. 2009. № 6. С. 648–657.

2. Роде А.А. Система методов исследования в почвоведении. Новосибирск: Наука, 1971. 92 с.
3. Розанов Б.Г. Морфология почв. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1983. 320 с.
4. Аринушкина Е.В. Руководство по химическому анализу почв. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1970. 487 с.
5. Вадюнина А.Ф., Корчагина З.А. Методы исследования физических свойств почв и грунтов. М.: Высшая школа, 1973. 399 с.
6. Водяницкий Ю.Н., Шоба С.А. Магнитная восприимчивость как индикатор загрязнения тяжелыми металлами городских почв (обзор литературы) // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 17. Почвоведение. 2015. № 1. С. 13–20.
7. Методические основы исследования химического состава горных пород, руд и минералов / под ред. Г.В. Остроумова. М.: Недра, 1979. 400 с.

The study of the magnetic properties of two types of permafrost soils in Central Yakutia

T.I. Vasileva, A.A. Alekseev, A.P. Chevychelov

A comparative study of the magnetic properties and composition of two types of permafrost soils – podzol and chernozem, formed on loose alluvial deposits of different altitude levels of the Central Yakutia plain in a cryoarid climate. It is shown that these soils are characterized by different values of volume and magnetic susceptibility, different mineralogical composition and weight of magnetic fractions of sand particles of soil fine-grained soil.

УДК 631.47

Антропогенное влияние на морфогенетическую диагностику аллювиально-лугово-лесных почв Ганыг-Агричайской долины Азербайджана

В.Г. Гасанов

Институт почвоведения и агрохимии Национальной академии наук Азербайджана, г. Баку, vilayet-hesenov@mail.ru

Представлены результаты исследований влияния орошения на диагностические показатели аллювиально-лугово-лесных почв Ганыг-Агричайской долины. По режимным наблюдениям определена мутность речных и поливных вод, которые оказывают значительное влияние на морфогенетические диагностики орошаемых почв. Взвешенные наносы отличаются достаточной обогащенностью гумусом (1,2–1,8%) и их водорастворимых частей (0,038–0,051%), валовым азотом (0,10–0,13%) и глинистым гранулометрическим составом (<0,01 мм = 61,4–70,2%). Выявлено, что в почвах под лесами во фракционно-групповом составе гумуса доминирует первая фракция гуминовых кислот (19,2–21,0%) и фульвокислот (20,2–23,4%), в орошаемых почвах относительно повышается доля гуминовых кислот (25,8–28,2%). Определен валовой химический состав. Профиль почв богат Al_2O_3 (19,2–21,5%) и Fe_2O_3 (9,0–10,4%). В пахотных горизонтах орошаемых почв заметно уменьшается количество SiO_2 и CaO .

Ключевые слова: аллювиально-лугово-лесные почвы, почвенный профиль, орошение, окультуренные почвы, фракционный состав гумуса, взвешенные наносы

Как отмечает Дж. Бернал [1], значимость речных долин для развития земледелия древнего Востока давно известна. Первые сведения о раннем земледелии приурочены к местам с благоприятным режимом увлажнения и высоким естественным потенциальным плодородием почв, какими являются пойменно-аллювиальные земли.

В настоящее время остро ощущается недостаток данных по изучению свойств почв под антропогенным воздействием, особенно в лесных областях речных пойм. Аллювиально-лугово-лесные почвы достаточно широко (более 250 тыс. га) распространены под высокобонитетными низинными лесами Ганыг-Агричайской долины. Благоприятные почвенно-экологические условия дали возможность населению с давних времен использовать вырубленные лесные массивы под орошаемые сельскохозяйственные культуры. Изучение орошаемых земель, несомненно, представляет теоретический и практический интерес получения необходимых материалов по генезису, диагностике и классификации этих почв [2, 3].

Полевые почвенные работы проведены в 2016–2018 гг. на Зональной Опытной Станции Института Земледелия МСХ Азербайджана площадью 45,4 га. Проведенные сравнительные исследования и их детальное картирование дали возможность значительно детализировать структуру почвенного покрова, классификационное положение и номенклатуру аллювиально-лугово-лесных почв Азербайджана, в том числе Ганыг-Агричайской долины, и более подробно остановиться на их морфогенетической диагностике. Орошаемые варианты этих почв были выделены как самостоятельный тип [4–6].

Аллювиально-лугово-лесные почвы характеризуются хорошо развитым темно-серым перегнойно-аккумулятивным горизонтом ($AU_z = 25\text{--}30$ см), с зернисто-ореховатой структурой, глинисто-тяжелосуглинистым гранулометрическим составом ($<0,01$ мм = 44,2–53,6%). Содержание гумуса в верхних горизонтах составляет 2,6–6,2% и с глубиной уменьшается до 0,8%, а в погребенных гумусированных горизонтах ($AU_g^h = 100\text{--}130$ см) вновь возрастает до 2,4% (табл. 1). Количество общего азота в гор. $AU = 0,24\text{--}0,26\%$. Сумма обменных оснований достаточно высокая и составляет 28–32 ммоль-экв/100 г почвы в гор. AU , далее с глубиной наблюдается постепенное падение до 16–18 ммоль-экв/100г. Реакция почвенной среды нейтральная ($pH = 6,3\text{--}7,0$). Для аллювиально-лугово-лесных почв характерно следующее строение почвенного профиля: $AO-AU-A/B-B/Cg-CI_g-AU_g^h-СПg$.

В объекте исследований под влиянием длительного орошения мутными речными водами постоянно происходит наращивание почвенного профиля. В отличие от лесных вариантов здесь образовался достаточно мощный окультуренный слой ($AU^a+AU^a = 45\text{--}0$ см) темно-серого цвета и относительно глубоко растянута гумус (70–80 см), ясно выделяются признаки ирригационного наноса. Подпахотный горизонт ($AU^a = 20\text{--}25$ см) отличается заметной уплотненностью и глыбисто-комковатой структурой (табл. 1).

Выявлено, что с глинистым ($<0,01$ мм = 61–70%) гранулометрическим составом взвешенные наносы достаточно богаты гумусом (1,2–1,8%) и его воднорастворимых частей (0,038–0,051%) и валовым азотом (0,10–0,13%).

Наносы формируются из высокогумусиро-ванных горно-луговых и горно-лесных почв южного склона Большого Кавказа (табл. 2).

Т а б л и ц а 1

Основные физико-химические показатели аллювиально-лугово-лесных почв

№ раз-реза	Горизонт, глубина, см	Гумус, %	Азот, %	рН вод.	Поглощенные катионы, ммоль-экв на 100 г почвы			Гранулометрический состав, %, мм	
					Ca ⁺²	Mg ⁺²	Σ	< 0,001	< 0,01
Аллювиально-лугово-лесные (под низинными лесами)									
67	АО 0–2	Л е с н а я п о д с т и л к а							
	AUz 2–17	6,24	0,332	6,3	23,1	9,2	32,5	13,96	58,20
	A/B 17–30	2,56	0,154	6,5	21,7	8,9	28,6	15,44	59,64
	B/Cg 30–58	1,30	0,081	6,8	17,2	7,6	24,8	11,48	36,82
	Clg 58–88	0,76	Не опр.	7,0	9,8	5,9	15,7	8,64	23,04
	AU ^h _g 88–120	2,83	–	6,7	16,4	6,1	22,5	22,08	48,12
СП 120–156	0,57	–	7,1	16,4	7,5	16,9	8,00	28,08	
Орошаемые аллювиально-лугово-лесные (под многолетней люцерной)									
65	AU ^a 0–30	4,02	0,285	6,5	17,9	8,9	26,2	21,48	69,28
	AU ^a 30–50	2,78	0,213	6,7	15,8	9,7	25,5	26,92	73,40
	A/B 50–74	2,04	0,176	6,8	16,3	7,5	23,8	23,76	71,76
	B/Cg 74–90	1,05	Не опр.	6,9	12,6	6,4	19,0	12,08	35,02
	AU ^h _g 90–122	2,17	–	6,6	16,7	8,0	24,7	18,32	53,52
	Cg 122–160	0,48	–	7,0	11,4	6,9	18,3	8,48	35,00
Под зерновыми (пшеницы)									
64	AU ^a 0–26	3,55	0,240	6,7	15,2	9,4	24,6	26,44	73,08
	AU ^a 26–45	2,34	0,187	6,7	16,6	7,1	23,8	26,36	75,44
	A/B 45–70	1,86	0,145	6,9	12,8	9,1	21,9	24,76	63,04
	B/Cg 70–93	0,92	Не опр.	7,0	10,7	7,8	18,5	12,64	38,26
	AU ^h _g 93–125	2,40	–	6,8	16,7	7,2	23,9	19,32	50,92
	Cg 125–163	0,65	–	7,2	12,5	7,7	20,2	11,36	32,76

Т а б л и ц а 2

Динамика мутности и физико-химические показатели взвешенных наносов речных вод Ганых-Агричайской долины (в среднем 2016–2018 гг.)

Место взятия пробы	Мутность			Гумус, %	Гумус воднорастворимый, %	Азот, %	рН вод.	Гранулометрический состав, %, мм	
	Май	Июнь	Июль					< 0,001	< 0,01
Белоканчай	4,273	5,286	0,454	1,18	0,038	0,098	7,5	18,24	61,38
Мазымчай	3,236	3,934	0,136	1,52	0,042	0,115	7,8	15,46	58,74
Катехчай	5,056	6,275	0,372	1,45	0,035	0,103	7,7	20,58	64,26
Талачай	7,448	8,182	0,634	1,62	0,043	0,112	7,5	22,32	62,18
Гурмухчай	9,205	8,457	1,023	1,84	0,051	0,128	7,6	26,14	66,54
Ганыхчай	6,972	7,034	0,567	0,95	0,029	0,091	7,9	30,42	70,12
Агричай	7,861	8,188	0,548	1,02	0,034	0,112	7,9	28,26	68,36

Гранулометрический состав орошаемых почв, длительное время подвергающихся действию вышеуказанных мутных речных вод, более тяжелый ($<0,01$ мм = 69,3–75,4%), чем лесных почв. Весьма резкое увеличение наблюдается в содержании иловатых частиц ($<0,001$ мм = 21,5–26,2%). В пахотных горизонтах (AU'a = 0–30 см) содержание гумуса (3,5–4,0%) и азота (0,24–0,28%) несколько уменьшается. Однако, по мере накопления агроирригационных наносов, установление направления культурного почвообразовательного процесса, содержание и запас органического вещества постепенно увеличиваются в почвенном профиле (280–300 т/га). Для орошаемых почв характерна следующая система горизонтов: AU'-AU''-A/B-B/Cg-AU^h_g-Cg.

Во фракционно-групповом составе гумуса в лесных почвах значительно доминирует первая фракция гуминовых (19,2–21,0%) и фульвокислот (20,2–23,4%), и отношение $C_{г.к.}:C_{ф.к.}$ почти равное (0,98–1,07). В орошаемых почвах наблюдается заметное увеличение содержания гуминовых кислот (28,9–31,7%) в составе гумуса и отношение $C_{г.к.}:C_{ф.к.}$ повышается до 1,12–1,20. В орошаемых почвах достаточно повышается и содержание гумина (48,7–55,4%).

Результаты сравнительных исследований указывают на определенные различия в валовом химическом составе лесных и окультуренных аллювиально-лугово-лесных почв. Почвы под лесами в гор. AU' содержат 60,1–62,0% SiO₂ и полуторные оксиды (Al₂O₃ = 19,2–21,5%; Fe₂O₃ = 9,0–10,4%). В орошаемых почвах отмечается уменьшение содержания SiO₂ (54,5–58,2%) и CaO (2,1–3,0%) в верхних пахотных горизонтах по сравнению с лесными почвами. Очевидно, что различие в содержании и распределении по профилю SiO₂ и CaO в лесных и орошаемых почвах определяется, с одной стороны, выщелачивающим действием поливной воды, с другой – составом ирригационных наносов формирующихся почв.

Литература

1. Бернал Дж. Наука и история общества. М.: Изд. иност. литер., 1956. 367 с.
2. Бабаев М.П., Гасанов В.Г., Джафарова Ч.М., Гусейнова С.М. Морфогенетическая диагностика, номенклатура и классификация почв Азербайджана. Баку: Элм, 2011. 447 с.
3. Гасанов В.Г. Антропогенное влияние на изменение почвенно-экологических условий и свойства аллювиально-луговых почв поймы р. Куры // Материалы Всерос. науч. конф. «Закономерности изменения почв при антропогенных воздействиях и регулирование состояния и функционирования почвенного покрова». М., 2011. С. 176–181.
4. Гасанов В.Г., Исмаилов Б.Н. Морфогенетическая диагностика и номенклатура аллювиально-лугово-лесных почв Ганых-Агричайской долины // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П.А. Костычева 2016. № 2 (30). С. 12–188.
5. Исмаилов Б.Н. Сравнительная характеристика физико-химических свойств природных и орошаемых окультуренных аллювиально-лугово-лесных почв поймы р.Куры. // Тр. Общества Почвоведов Азерб. Баку, 2016. Т. 14. С. 45–50.
6. Hasanov V.H., Ismaylov B.N. Morphogenetical diagnostics of alluvial-meadow-forest soils in dry subtropics in the floodlands of Azerbaijan // Soil-Water Journal. 2013. Vol. 2, № 2 (1). P. 1167–1177.

An impact of irrigation on morphogenetical diagnostics of alluvial-meadow-forest soils in the Qanich-Agrichay valley Azerbaijan

V.H. Hasanov

The study presents the results of the influence of irrigation on diagnostic indexes of plain-forest soils in the Qanich-Agrichay valley. The turbidity of stream and irrigation water influencing on morphogenetical diagnostics under irrigation soils. Weighted deposits are rich in humus (1,2-1,8%) and its water soluble part (0.049-0.053%), total nitrogen (0.10-0.13%), and clay granulometric composition (61-70%). In the fractional composition of humus of soils under forest prevails the first fraction of humic acids (19,2-21,0%), and fulvoacids (20,2-23,4%) while irrigated soils are represented by an increased content of humic acids (30,0-35,0%). Apart from virgin soils, irrigated soils contain more humin content. The soil profile is rich in Al_2O_3 (19,2-21,5%) and Fe_2O_3 (9,0-10,4%) in total chemical composition, but the content of SiO_2 and CaO .

УДК 631.481

Таежные суглинистые почвы: дифференциация профиля в условиях криогенеза

Ю.А. Головлева¹, Е.А. Коркина², П.В. Красильников¹

¹ Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, г. Москва, Julango85@gmail.com

² Нижневартровский государственный университет, г. Нижневартовск

Слабодифференцированные суглинистые почвы таежной зоны Западной Сибири, сформированные в условиях криогенеза, характеризуются экстремальной кислотностью, редкими кутанами, икрайной структурой, наличием Fe-Mg конкреций и высоким содержанием обменных Ca^{2+} и Al^{3+} . На формирование структуры почв влияют специфика почвообразующей породы и циклы промерзания-протаивания. Расхождение почв по степени дифференциации произошло в результате дивергентной эволюции, обусловленной различными термическими режимами.

Ключевые слова: таежная зона, островная мерзлота, икрайная структура, Fe-Mg конкреции, обменные Ca^{2+} и Al^{3+} .

К автоморфным позициям таежной зоны Западной Сибири приурочены специфические слабодифференцированные почвы, для которых можно выделить пары, сходные по остальным параметрам, но имеющие развитую дифференциацию профиля. Мы предполагаем, что в результате дивергентной эволюции произошло расхождение типов почв из-за разницы в гидротермических режимах, зависящих от топографических, литологических и фитоценологических характеристик. Работа выполнена с целью уточнения почвообразования, приводящего к дифференциации профиля почв, с акцентировкой на специфику формирования криогенной структуры.

Исследовались суглинистые почвы зоны средней тайги Западной Сибири. Разрезы были заложены в автоморфных позициях на Северо-Сосьвинской возвышенности, Аганском Увале, Юганско-Ларьеганской возвышенной террасе.

Климат Западной Сибири умеренный континентальный со среднегодовой температурой $-3 \dots -1^\circ\text{C}$, средней температурой января -20°C и июня $+18^\circ\text{C}$; годовое количество осадков составляет 580 мм [1]. Почвообразующими породами являются эоловые отложения, сформированные в плейстоценовую и голоценовую эпохи. Не смотря на то, что районы исследования относятся к зоне вечной мерзлоты островного типа, на территории заложения разрезов многолетнемерзлые породы вскрыты не были, но отмечается сильное воздействие на почвы отрицательных температур в зимний период.

Изученные почвы имеют равномерную по всему профилю буроватую окраску, средне и тяжелосуглинистый гранулометрический состав. Во влажном состоянии проявляется липкость и тиксотропность благодаря наличию в составе илистой фракции разбухающих минералов – смектитов [2]. В почвах отмечается наличие с глинистых и глинисто-гумусовых кутан и Fe-Mg конкреций. Последние могут формироваться как внутри агрегатов, так и отдельно от них [3]. рН водной вытяжки максимален в поверхностных горизонтах и достигает 4,0. В иллювиальном горизонте формируется икряная структура, переходящая в шлировую и призматическую в нижней части. Горизонтальное шлировое оструктурирование обусловлено скоплением воды с последующим промерзанием и протаиванием и воздействием сил гравитации. Происхождение икряной структуры может являться также следствием влияния холода и механических движений почвенного раствора и массы, в результате чего агрегаты приобретают правильную округлую форму [4], что отмечается как при морфологическом описании в поле, так и в шлифах при микроморфологическом исследовании с использованием светового микроскопа. Однако в суглинистых таежных почвах обнаружена высокая для данной территории биологическая активность дождевых червей, о чем влиянии на формирование округлых агрегатов писал Аветов с соавторами [5]. Так же в изучаемых почвах зафиксировано высокое содержание Ca^{2+} и особенно Al^{3+} , которое оказывает влияние на свойства почв. Известно, что у катионов Ca^{2+} и Al^{3+} присутствует слабый диффузный слой: частицы находятся в связанном состоянии из-за чего повышается степень агрегированности и водопрочности [6]. Таким образом Ca^{2+} и Al^{3+} связывают суглинистую массу в агрегаты.

К сожалению, воздействие сезонного холода практически невозможно отразить в рамках классификации WRB [7], поскольку к реферативной группе Cyosols изученные почвы отнести нельзя из-за короткого периода нахождения в промерзшем состоянии. Поэтому они были определены как Cambisols и Alisols в зависимости от распределения илистой фракции по профилю. Согласно Классификации и диагностике почв России [8] таежные суглинистые почвы наиболее близки к почвам Криометаморфического отдела.

Как текстурно-дифференцированные, так и слабодифференцированные таежные почвы Сибири, сформированные в зоне криогенеза, являются достаточно развитыми. Состав обменных катионов приводит к формированию округлых агрегатов за счет воздействия сезонных циклов промерзания-протаивания на илистую фракцию, при этом не исключая возможной переработки почвенной массы дождевыми червями. Благодаря дивергентной эволюции почвообразование на практически однотипных участках привело к разнице в перераспределении или-

стой фракции и формировании осветленного горизонта и горизонта с наличием слабых кутан. Текстурно-дифференцированные суглинистые почвы могут формироваться на участках с большей теплообеспеченностью и более ранним протавиванием и характеризоваться промывным водным режимом практически в течение всего вегетационного периода.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ 19-29-05259 Посткриогенный педогенез Западно-Сибирской равнины.

Литература

1. Метеоданные для Ханты-Мансийского автономного округа. URL: <https://web.archive.org/web/20120411154000/http://hmao-meteo.ru:80/> (дата обращения: 01.03.2018).
2. Соколова Т.А., Дронова Т.Я., Толпешта И.И. Глинистые минералы в почвах. Тула: Гриф и К., 2005. 336 с.
3. Головлева Ю.А., Аветов Н.А., Брюан А. и др. Генезис таежных слабодифференцированных почв Западной Сибири // Лесоведение. 2017. № 2. С. 83–93.
4. Герасимова М.И., Губин С.В., Шоба С.А. Микроморфология почв природных зон СССР. Пушкино: Изд-во ОНТИ Пушкинского НЦ РАН, 1992. 200 с.
5. Аветов Н.А., Трофимов С.Я. Особенности почвообразования и структура почвенного покрова бассейна реки Большой Салым (Западная Сибирь) // Почвоведение. 2000. № 5. С. 540–547.
6. Воронин А.Д. Основы физики почв: учеб. пособие. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1986. 244 с.
7. IUSS working Group WRB. World reference base for soil resources 2014. International soil classification system for naming soils and creating legends for soil maps. World soil resources reports No. 106. FAO, Rome, 2014. 181 p.
8. Шишов Л.Л., Тонконогов В.Д., Лебедева И.И. и др. Классификация и диагностика почв России. Смоленск: Ойкумена, 2004. 342 с.

Taiga clay soils: differentiation of soil profile under cryogenesis condition

Iu. Golovleva, E. Korkina, P. Krasilnikov

Differentiated and poorly differentiated taiga clay soils in Western Siberia were studied. We hypothesized that initially similar substrate transformed into different soils due to divergent evolution. The texturally differentiated loamy soils could form in warmer areas with earlier seasonal thawing and have percolative regime practically throughout the growing season. Presence of the specific caviar structure may be ascribed to the freezing-thawing cycle because of seasonal frost action combined with moisture content in soil, clay soil texture, extremely acid reaction and high quality of Ca^{2+} and Al^{3+} as coagulator.

Подтиповые тренды почв техногенных ландшафтов железородных месторождений в таежной зоне юга Западной Сибири

В.Г. Двуреченский

Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет (Сибстрин),
г. Новосибирск, dvu-vadim@mail.ru

Развитие почвенного покрова происходит под влиянием факторов почвообразования довольно длительное время – десятки тысяч лет. Формирование почвенного покрова в нарушенных промышленностью экосистемах также будет происходить долго. На основании группового и фракционного состава железа определены тренды развития почв в техногенных экосистемах. В скором будущем формирующийся почвенный покров ландшафтов, возникших в результате добычи железной руды в таежной зоне юга Западной Сибири, может быть представлен почвами, по генезису схожими с бурными таежными; в далеком будущем – таежными почвами, в которых будут происходить процессы псевдоподзоливания и подзолообразования.

Ключевые слова: почвообразование, техногенные экосистемы, группы и фракции железа, подтипы эмбриоземов.

Установление возраста почв заставило пересмотреть представления о направленности и скорости почвообразования, чему способствовали работы по рекультивации отвалов горных пород таких ученых, как С.С. Трофимов [1], Г.И. Махонина [2], В.М. Курачев [3] и др.

Объект исследования – 45-летний техногенный ландшафт в Тельбесском железорудном районе (Одра-Башское месторождение), расположенном на юге Кемеровской области в бассейне рек Мундыбаша и Тельбеса, представляющий собой транспортные отвалы, которые отсыпали с учетом рельефа территории, то есть породы присыпали к склоновым поверхностям невысоких гор. Месторождение имеет контактно-метасоматитовое происхождение по классу магнетитово-магнезиально-скарновых. В петрографическом отношении отвальные породы, на которых формируются эмбриоземы, представлены в основном клиноцитом и актинолитовым метасоматитом. Главным первичным минералом эмбриоземов является кварц; второстепенные минералы представлены типичными породообразующими минералами Алтае-Саянской горной страны – гроссуляром (группа граната), козулитом (группа амфиболов) [4]. Использовалась классификация почв техногенных экосистем [5]. Авторы классификации предполагали ее открытость, незаконченность, и поэтому внесение дополнений в виде подтиповых таксонов должны только приветствовать.

Цель: выявить подтиповые тренды почв техногенных ландшафтов железорудных месторождений в таежной зоне юга Западной Сибири.

Задачи:

1. На основании группового и фракционного состава железа определить ведущие почвообразовательные процессы в изучаемых почвах.
2. Дать оценку почвенно-экологическому состоянию нарушенных экосистем.

3. Определить возможные направления развития почвенного покрова.

В автоморфных элювиальных и трансэлювиальных позициях техногенных ландшафтов в зависимости от рельефной или литогенной особенности расположения при естественном зарастании формируются эмбриоземы инициальные, органо-аккумулятивные. При этом инициальные занимают крутые склоны, наиболее инсолируемые поверхности отвалов и т.п.; органо-аккумулятивные расположены под посадками кустарников, лиственных и хвойных деревьев, появившихся на отвалах при проведении лесной рекультивации или самосевом.

Количество групп и фракций железа в эмбриоземах и их дифференциация по профилю определяют направленность развития почв, заключающуюся в переходе их от инициальной стадии к органо-аккумулятивной. Такое развитие происходит в результате действия факторов и условий почвообразования, сложившихся в техногенных ландшафтах. Поэтому в структуре почвенного покрова в данный момент времени преобладают именно эти эмбриоземы. Можно предполагать, что до тех пор, пока не изменятся экологические условия, либо факторы почвообразования, почвенный покров останется без изменений. В период техногенеза один из факторов почвообразования (состав и свойства материнской породы) уже был изменен. На данном этапе формирования ландшафта в эмбриоземах органо-аккумулятивных происходят подтиповые изменения, которые диагностируются с помощью индикаторности железа.

По характеру распределения форм железа наиболее сходным с фоновой бурой таежной почвой определяется эмбриозем органо-аккумулятивный буроземоподобный (таблица). Содержание, характер распределения и соотношение различных форм железа в профиле эмбриозема органо-аккумулятивного буроземоподобного диагностируют направленность генезиса почвы: процессы почвообразования в данном типе эмбриоземов носят черты фоновых почв. При этом почвенный покров ландшафта, как и сам ландшафт, находится в метастабильном состоянии [6].

Так как в техногенных ландшафтах железорудных месторождений в таежной зоне юга Западной Сибири восстановление биоценоза происходит по зональному типу, с образованием вторичных лиственных лесов и, в конечном итоге, черневой тайги, под которой формируются зональные дерновые глубокоподзолистые почвы, то эволюция почв техногенных ландшафтов также должна идти по зональному типу. В ходе исследования не были выявлены ни процессы подзолообразования, ни процессы псевдоподзоливания. Скорее всего, в будущем данные процессы проявятся ярче, так как зональные условия будут этому способствовать. Предполагается, что экосистема среднегорных хвойных лесов сможет самостоятельно восстановиться полностью в лучшем случае лишь через 250 – 300 лет [7], что и происходит на Среднем Урале. Следовательно, до момента образования черневой тайги в почвенном покрове отвалов Одра-Башского железорудного месторождения предполагается наличие инициальных и органо-аккумулятивных типов эмбриоземов с преобладанием подтипа буроземоподобного. Но в дальнейшем, при усилении влияния зональных почвообразовательных факторов и условий, в почвенном покрове, возможно, начнут формироваться эмбриоземы органо-аккумулятивные псевдоподзолистые.

**Группы и фракции железа в фоновой почве и эмбриоземах
Одра-Башского железорудного месторождения**

Горизонт	Глубина, см	Валовое, %	Силикатное, %	Несиликатное, %	Окристаллизованное, %			Аморфное, %		
					Общее	Сильное	Слабое	Общее	Неорганическое	Органическое
Разрез 1. Бурая горно-таежная почва										
A ₁	5–15	11,03	5,41	5,62	4,36	1,41	2,95	1,26	0,43	0,83
B ₁	15–55	8,92	5,09	3,83	2,54	1,48	1,06	1,29	0,51	0,78
BC	55–65	8,42	5,30	3,12	2,00	1,55	0,45	1,12	0,52	0,60
C	>65	10,32	7,34	2,98	2,40	2,00	0,40	0,58	0,17	0,41
Разрез 2. Эмбриозем инициальный										
C ₁	0–18	2,54	1,51	1,03	0,10	0,04	0,06	0,93	0,52	0,41
C ₂	>18	3,20	2,25	0,95	0,10	0,06	0,04	0,85	0,60	0,25
Разрез 3. Эмбриозем органо-аккумулятивный (буроземоподобный)										
C ₁	3–9	3,02	1,04	1,98	1,67	0,52	1,15	0,31	0,28	0,03
C ₂	9–45	3,23	1,48	1,75	1,55	0,90	0,65	0,20	0,17	0,03
C ₃	>45	3,28	1,66	1,62	1,48	1,29	0,19	0,14	0,12	0,02
Разрез 4. Эмбриозем органо-аккумулятивный (типичный)										
C ₁	3–42	3,32	2,17	1,15	0,92	0,44	0,48	0,23	0,20	0,03
C ₂	>42	3,75	2,61	1,14	0,90	0,78	0,12	0,24	0,23	0,01

Выводы:

1. Ведущим почвообразовательным процессом в изучаемых почвах определяется буроземообразование с тенденцией к оглиниванию.
2. Почвенно-экологическое состояние нарушенной экосистемы – неудовлетворительное, так как после 45 лет с начала техногенеза в почвенном покрове нет эмбриоземов поздних генетически развитых стадий развития – дерновых и гумусово-аккумулятивных.
3. В скором будущем формирующийся почвенный покров ландшафтов, возникших в результате добычи железной руды в таежной зоне юга Западной Сибири, может быть представлен почвами, по генезису схожими с бурями таежными; в далеком будущем – таежными почвами, в которых будут происходить процессы подзолообразования.

Литература

1. Трофимов С.С. Экология почв и почвенные ресурсы Кузбасса. Новосибирск: Наука, 1975. 300 с.
2. Махонина Г.И. Экологические аспекты почвообразования в техногенных экосистемах Урала. Екатеринбург: Изд-во УрГУ, 2003. 356 с.
3. Курачев В.М., Теоретические и практические проблемы рекультивации нарушенных земель и современные способы их решения // Сибирский экологический журнал. 1998. № 6. С. 509–515.
4. Середина В.П., Двуреченский В.Г., Пронина И.А., Акинина А.Н. Вещественный состав эмбриоземов, формирующихся на отвалах железорудных месторождений юга Западной Сибири // Вестник Томского государственного университета. Биология, 2017. № 40. С. 25–43.

5. Курачев В.М., Андроханов В.А. Классификация почв техногенных ландшафтов // Сибирский экологический журнал. 2002. № 3. С. 255–261.

6. Двуреченский В.Г. Использование группового и фракционного состава железа для диагностики процессов почвообразования и эволюции почв техногенных ландшафтов горно-таежного пояса Кузбасса // Вестник Томского государственного университета. 2015. № 393. С. 237–243.

7. Баранник Л.П. Лесообразование на породных отвалах угольных разрезов Южного Кузбасса. // Почвообразование в техногенных ландшафтах. Новосибирск: Наука, 1979. С. 172–179.

Subtype soil trends of technogenic landscapes of iron ore deposits in the taiga zone of the south of Western Siberia

V.G. Dvurechenskij

The development of soil cover occurs under the influence of soil formation factors for quite a long time – tens of thousands of years. The formation of soil in disturbed ecosystems will also take a long time. Based on the group and fractional composition of iron, soil development trends in technogenic ecosystems were determined. In the near future, the emerging soil cover of landscapes resulting from the extraction of iron ore in the taiga zone of the south of Western Siberia may be represented by soils similar in genesis to brown taiga soils; in the distant future, by taiga soils, in which podzol formation processes will take place.

УДК 631.4

Томографическая пористость почв: особенности распределения пор по размерам в сухих и влажных почвах, связь с гидрологическими свойствами

А.В. Дембовецкий¹, Т.Г. Калнин¹, Е.В. Шеин^{1,2}

¹ МГУ им. М.В. Ломоносова, г. Москва, e-mail avd26@yandex.ru

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

Томографические исследования почв распространены во многих областях почвоведения и физики почв. С помощью этого метода проводятся исследования особенностей структуры порового пространства различных почв, формы и размеров пор, их изменений при различного рода природных и антропогенных процессах. Основными проблемами остаются: процесс бинаризации, – надежного разделения твердой фазы от порового пространства, реконструкция порового пространства и нахождение связей томографически определенных параметров с классическими физическими и гидрологическими свойствами почв, используемыми как для анализа почвенных процессов, так и для разного рода практических расчетов. В настоящее время благодаря микроморфологии и томографии в характеристику структуры все больше начинают проникать параметры томографического изучения почв, такие как открытая и закрытая пористость, распределение пор по размерам, как параметры оценки физического состояния почв и, в

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

Анализ распределений пор по размерам, полученных с помощью томографических методов на ненарушенных образцах различной влажности (в воздушно-сухом состоянии и при полном насыщении, позволил более определенно, чувствительно и точно анализировать эти процессы набухания-усадки, выраженные в виде распределения объемов пор по их радиусам. Показано, что объём агрегата агросерой лесной тяжелосуглинистой почвы увеличивается на 8–15% при увлажнении. В исходных воздушно-сухих агрегатах преобладает открытая пористость (12–19%) над закрытой (0,8–2,0% от общей томографической), однако при увлажнении доля закрытой пористости увеличивается, что указывает на существенные изменения в структуре порового пространства почв во влажном и сухом состояниях. Со всей определенностью можно сказать о том, что структура порового пространства является одним из основных динамических показателей функционирования почв, на что многократно указывал А.Д.Воронин. Проецируя этот подход к анализу порового пространства и учитывая стремительное развитие томографических методов исследования почв, можно утверждать этот метод анализа структуры порового пространства в ближайшее время окажется на лидирующих позициях при анализе физических условий, оценке гидрологический свойств почв (фильтрации, набухания, гистерезисных явлений и др.).

УДК 631.4

The role of GIS technologies in investigation of forest soils

T.I. Jafarov

Azerbaijan University of Architecture and Construction, Baku, tariyelo@gmail.com

The article describes the role of GIS technology in forest soil research. As a research object, forest soils of II Nugadi AD of Guba region of Azerbaijan Republic have been researched. In the article, based on remote sensing data, inventory was carried out, regardless of the type of property available in the area was vectorized and systematized in ArcGIS software. The text data for the objects is included in the attribute table and the database has been created. In the course of the analysis, the soil cover of the farm, the peculiarities of the relief, the data of the summary tables of the particle size distribution, chemical, physical and morphological properties of the soil are studied. Based on the results of a field survey of the soil and an analysis of the selected soil samples, a map (scale 1:10 000) of the investigated area was compiled.

Keywords: GIS, remote sensing, soil map, forest, soils database, humus, granulometric composition.

The flora of Azerbaijan Republic has been very complicated since from ancient times. This has influenced to the formation and range of vegetation [1. P. 16].

Forests are very striking feature of the land surface. They vary greatly in composition and density, and stand in marked contrast with meadows and pastures [7. P. 2]. Forest soils are considered to be soils that presently support forest cover. These soils differ in many ways from agronomic soils: they have O horizons, organic layers that cover the mineral soil; they have diverse fauna and flora that play major roles in their structure and function; they are often wet or steep, shallow to bedrock, or have a high stone content. Soil layers that occur at great depth are important to forests [8. P. 3].

In the broadest sense, a forest soil is any soil that has developed primarily under the influence of a forest cover. This view recognizes the unique effects of the deep rooting of trees, the role of organisms associated with forest vegetation, and the role the litter layer (forest floor, or O horizon) and the eluviation promoted by the products of its decomposition have on soil genesis. By this definition, forest soils can be considered to cover approximately one-half of the Earth's land surface area.

The development of soil and associated forest vegetation is a complex and continuing process. Soils play vital roles in the development of forests, and forests likewise play vital roles in the development of soils. All pedogenic processes appear to operate to some degree in all soils; however, they operate at different rates at different times and the dominant processes in any one soil body cause it to develop distinctive properties. These processes involve some phase of addition of organic and mineral materials to the soil as solids, liquids, and gases, loss of these materials from a given horizon or from the soil, bioturbation and translocation of materials from one point to another in the soil or transformations of mineral and organic matter within the soil [8. P. 23].

Ensuring the rights of every citizen in society to live in a healthy environment first of all depends on the preservation of forests that are the source of life on Earth. For effectively utilizing forest resources everyone regardless of their speciality should master their knowledge of the natural developmental legality of the forest. Ecologically inefficient use of natural resources without profoundly studying of the structure of the forest and its development dynamics results with degradation of the forest ecosystem and the loss of biodiversity [2. P. 4].

As we know, in the areas where forest soils are spread have taken place very large changes over the last decades. We can show many reasons as the main of them are misuse of forest wealth, breaking of the forests and climate changes. One of the most actual problems are preservation of forests as natural resources and efficient use of soils spreading under the forest.

It's necessary to study the processes occurring and changing spatial areas depending on the time in forest soils comparatively for protection and proper utilize them. The main responsibilities of public administration in direction of environmental protection and efficient use of soil resources are to carrying out a complex system of observations on the state of forest soils, predicting their condition under natural and anthropogenic effects and the assessment of this soils, in other words, the organization of soils monitoring [3].

Currently, due to the development of the information system collection, systematization, computerization and upgrade of the soils data, as well as assessment of soils and their mapping, also the development of efficient use of soil resources are actual issues and these are of great scientific and practical importance. In fact, the use of

information obtained from numerous sources in all modern industries is a rich experience.

Over time, an important part of the data is rapidly changing and, therefore, the adoption of administrative decisions, including land cadastre and land management, is even more difficult to use in traditional paper form. The speed and relevance of data acquisition can only be provided by an automated system. For changing data to spatial data and subsequent management decisions there has been created an automated system connect linked with numerous graphical and thematic data base, also model calculation functions [3, 4].

Currently, GIS technology is used for the development of forestry, more precisely for the creating and using of maps of forest soils. GIS maps are an informative and innovative way of storing and managing data. The use of GIS technologies in the forestry industry simplifies and improves the processing of large volumes of materials and improves the quality of data processing [5].

The application of GIS in soil science plays an important role, as it allows the collected data together, without additional labor and expense. ArcGIS and Q GIS systems, based on GIS technology, are used in land surveys. This program transforms large soils and tax information into a digital map. GIS system provides high-precision digitization of visualized material, as well as editing with various tools. Development and modernization of these technologies, also their incorporation into the forestry structures is a promising and important area for the forestry management.

Research object and methodology. As a research object, forest soils of II Nugadi AD of Guba region have been researched. According to the methodology used in field-experimental research of soil science, using GPS and other modern measuring systems, also GIS technology and space images there were been created e-maps, cartograms and database.

Analysis and discussion. Natural areas and soil map (scale 1:10 000) of II Nugadi AD of Guba region have been prepared based on digital imaging of artificial satellite imagery. Based on the cosmic descriptions, the area of forests have been identified, according to the results of laboratory analyzes the physical-chemical properties of these soils have been studied.

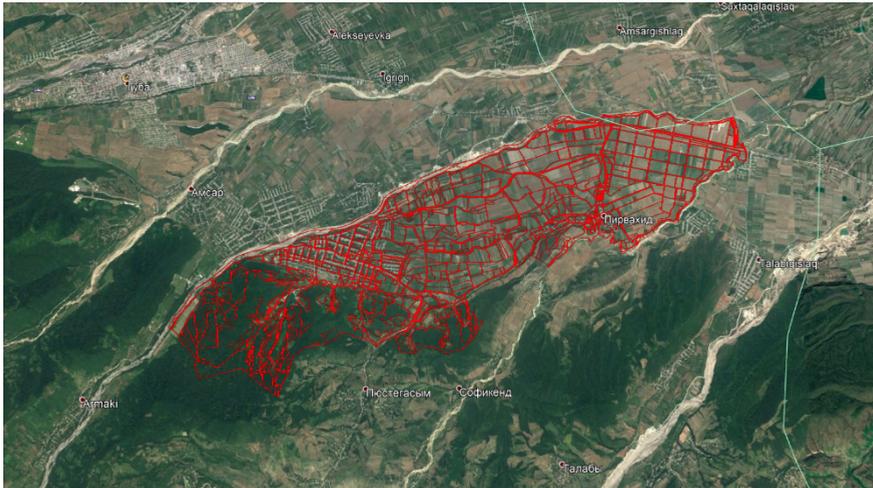
The solution of issues related to the use and management of forest lands is a necessity in optimal selection of software and to analyze schedule and text data inside the system. Methodology for realizing the work, one of the important factors in choosing software is an integration of geometric data with spatial data in other extensions. From this point of view, it is expedient to use the ArcGIS and AutoCad MAP software in creating database and soil maps.

According to international experience, the use of remote sensing data in the preparation of land maps allows for more optimal results. It should be noted that remote sensing data is characterized by creating a visual imagination on the land and ensuring the data is stored in the appropriate coordinate system. Therefore, the issue of involving objects in the vectorization process has been solved by using remote sensing data attached to the WGS 84 geographic coordinate system.

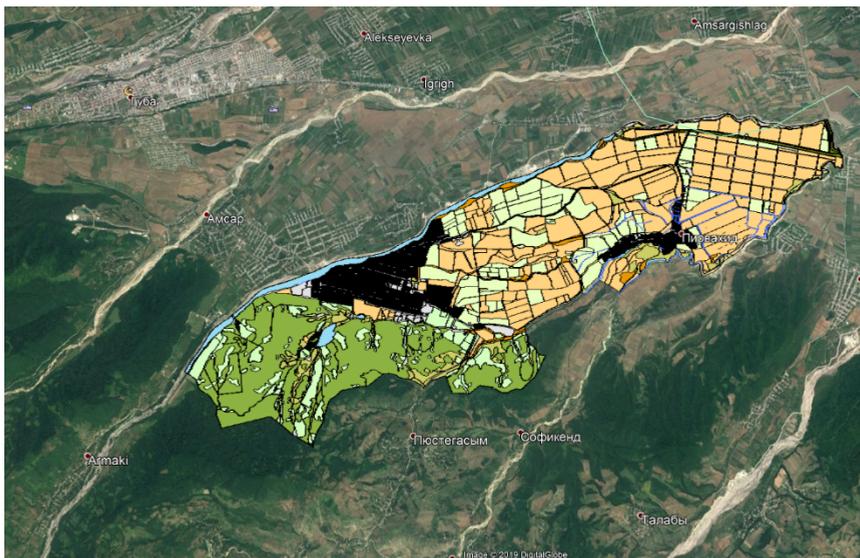
There are two components to GIS data: spatial information (coordinate and projection information for spatial features) and attribute data. Attribute data is

information appended in tabular format to spatial features. The spatial data is the where and attribute data can contain information about the what, where, and why. Attribute data provides characteristics about spatial data.

First of all, based on remote sensing data inventory works were carried out, regardless of its type and ownership objects available in the area were vectorized and have been systematized in ArcGIS software (pic. 1, 1a).

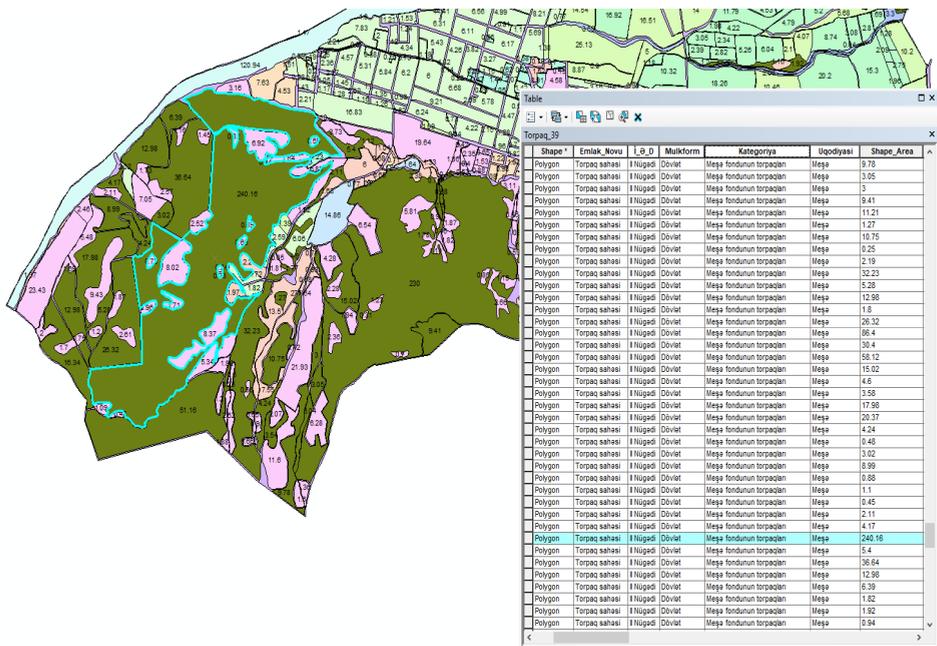


Picture 1. Land polygonation

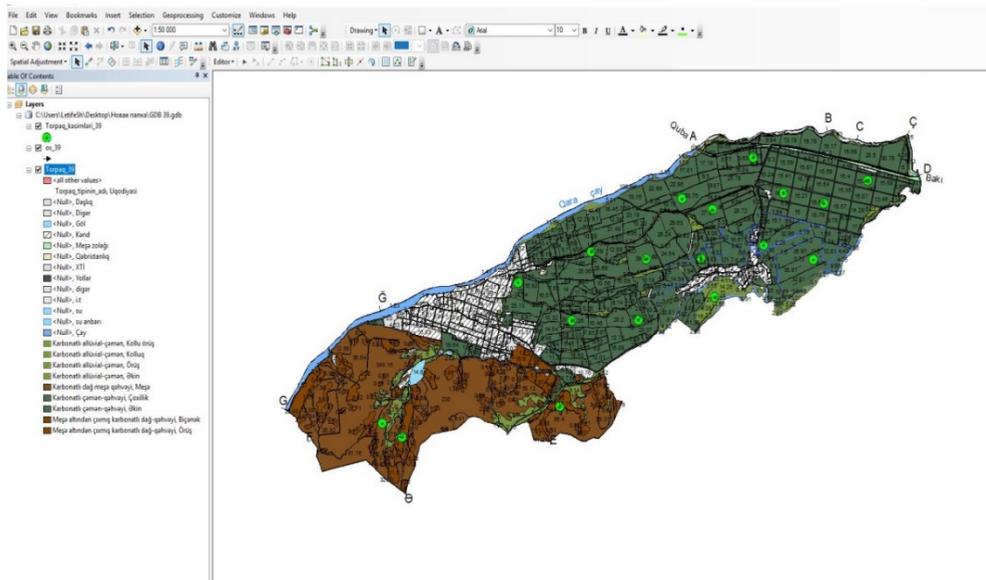


Picture 1a. Land polygonation

The text data for the objects is included in the attribute table and the database has been created (pic. 2) [6].



Picture 2. Filling data to attributes



Picture 3. Soil map of II Nugadi AD

Working with attribute information includes a detailed study of soil research reports, symbols, and a soil map legend. In the course of the analysis, the soil cover of

the farm, the peculiarities of the relief, the data of the summary tables of the particle size distribution, chemical, physical and morphological properties of the soil are studied.

Based on the results of a field survey of the soil and an analysis of the selected soil samples, a map (scale 1:10 000) of the investigated area was compiled (pic. 3).

It is revealed that 4 types of soils are widespread in this area. The following table shows the areas of soils of II Nugadi AD (Table).

№	Name of the soil	Area (hectare)
1	Carbonated Mountain-Forest Brown (Calcic Kastanozems)	1000,86
2	Carbonated Mountain-Brown (Calcic Kastanozems)	358,84
3	Carbonated Meadow-Brown (Gleyic Kastanozems)	2544,52
4	Carbonated Alluvial-Meadow (Mollic Fluvisols)	333,75

Results. Traditional management of forest resources for forestry specialists is an informational problem. Using GIS, specialists get access to objective information. GIS provides them with a powerful tool to demonstrate the application of the principles of sustainable development and integrated forest management. GIS forestry gives us the opportunity to:

1. Apply GIS associated with the presence of a block of analysis and interpretation of information, model and predict various processes, compare various indicators, etc.

2. The database of the GIS forestry makes it possible to make the most efficient use of the capabilities of relational databases of relational type and GIS for the input, storage, processing and issuance of materials of planning and cartographic support.

Based on the created electronic map, the following results were obtained:

1. 357,47 hectares of forest soils in II Nugadi AD are used as haymaking, 1,37 as pasture.

2. Granulometric composition of this soils are heavy and medium loamy.

3. In the irrigation mode humus in these soils decreases from 2,79 to 1,11%. Soils can be eroded because the irrigation system is not properly grounded here.

Literature

1. Amirov F.A. The ecological roles of forests. Baku, 2001. 240 p.
2. Dolkhanov A., Dadashova L., Garayev A. The fundamentals of sustainable management of forests in Azerbaijan. Baku, 2012. 232 p.
3. The use of geographic information systems in the conduct of state land monitoring.
4. Omarov S.Kh. Anthropogenic degradation of soil cover of Karabakh plain and their restoration. Baku, 2018. 74 p.
5. Hajiyeva R.J., Khalilov B.M. Geographical Information Systems. Baku, 2017. 68 p.
6. Aliyev E.M. The issues of creating cadastral plans of real estate objects using geographic information technologies and automated project systems // Information Society Problems. 2011. № 2 (4). P. 72–81.
7. Sagreiya K.P. Forests and forestry. New Delhi, 1974. 257 p.
8. Binkley D., Fisher R.F. Ecology and management of forest soils. IV edition. India, 2013. 343 p.

Цикличность почвообразования на южных границах бореальной зоны

А.Г. Дюкарев, Н.В. Климова

*Институт мониторинга климатических и экологических систем СО РАН, г. Томск,
dag@imces.ru*

Исследования показали, что на юге тайёжной зоны продолжительность сукцессионного цикла определяется почвенно-геохимическими свойствами ландшафта. В неблагоприятных условиях восстановление растягивается, и в его структуре преобладают производные сообщества с высокой продуктивностью напочвенного покрова, что способствует активизации гумусово-аккумулятивных процессов как в современном, так и в реликтовом горизонтах. Эволюция гумусового профиля приобретает маятниковый характер, в котором этапы деградации чередуются с восстановительными.

Ключевые слова: *почвы, лесные экосистемы, сукцессионный цикл, гумусовый профиль.*

Ландшафтная сущность почвообразования проявляется в том, что почва формируется и развивается вместе с ландшафтом. Поэтому каждому типу ландшафта соответствует определенный тип почвообразовательного процесса и почвенного профиля. Наиболее сложная структура почвенного покрова и строение почв сформировалось на южных границах современной тайги, где в голоцене отмечались связанные с изменением климата неоднократные перестроения ландшафтной структуры, и широко распространены почвы со сложным строением гумусового профиля. Здесь же отмечается «заторможенность» циклов восстановления лесной растительности. В настоящее время более половины лесопокрытой площади южной тайги в Западной Сибири приходится на лесные экосистемы, отражающие разные стадии лесовосстановительного процесса. По данным лесного регламента Бакчарского лесничества Томской области (2014), до 70% площади лесного фонда Васюганской равнины представлено лиственными, преимущественно берёзовыми, лесами. Коренные темнохвойные леса сохранились островами на приподнятых, хорошо дренированных поверхностях. В почвенном покрове здесь широко распространены почвы со сложным строением гумусового профиля.

Наиболее сложное строение гумусового профиля почв связано с длительно-производными лиственными лесами. Формирование его объясняется не только цикличностью климата в голоцене, но и особенностью лесообразовательного процесса на юге лесной зоны, где условия произрастания хвойных древостоев становятся напряженными, сукцессионные циклы растягиваются во времени, признаки климатической зональности в почвенном и растительном покрове приобретают островной характер. Почвообразование здесь протекает в условиях поступления на поверхность растительного опада, отличающегося как по количественным, так и качественным характеристикам.

Исследования по выявлению закономерных связей динамики лесообразовательного и почвообразовательного процессов проведены на территории Васюганской равнины, сложенной карбонатными глинами и суглинками. Растительный и почвенный покров здесь весьма неоднородный и определяется ло-

кальными условиями дренированности и выщелоченности почвообразующих пород. На дренированных поверхностях формируются различного типа дерновые оподзоленные, реже дерново-подзолистые остаточнo-гумусовые высококовскающие почвы. И те, и другие в своем распространении тесно связаны с лесными сообществами, находящимися на разных стадиях сукцессионного цикла. Реликтовая часть гумусового профиля выделяется во всех исследованных почвах. Радиоуглеродный возраст реликтового горизонта, определенного по гуминовым кислотам, варьирует от 4 до 6 тыс. лет. Степень его сохранности варьирует от темно-серого, почти черного, сливающегося по окраске с современным горизонтом, до сероватых пятен в элювиальной части и гумусовых потоков ниже. Чем выше дренированность местоположений, тем интенсивнее трансформация гумусового горизонта.

Свойства гумусовых профилей тесно связаны с продуктивностью растительных сообществ. Так, в производных лиственных лесах продуктивность травяного яруса составляет 30–56 ц/га. К этому количеству следует добавить до 30–35 ц/га быстро разлагаемой листвы. В зональных темнохвойных лесах продуктивность напочвенного покрова в 6–10 раз ниже, а ежегодный опад редко превышает 6–7 ц/га. В полугидроморфных условиях ложбин и понижений продуктивность травяного яруса лиственных лесов снижается до 23–34 ц/га. Состав опада тоже травяно-древесный. Однако здесь, в условиях повышенного поверхностного увлажнения, минерализация опада замедлена, что ведет к формированию более мощных (до 10 см) подстилок массой 163–183 ц/га, характеризующихся высокой зольностью (до 17%).

Качественный состав гумуса отражает различия в генезисе гумусовых горизонтов. Современный горизонт дерновых оподзоленных почв формируется в соответствии с климатическими условиями юга таежной зоны и имеет фульватно-гуматный состав гумуса. Отношение Сгк/Сфк варьирует от 1,1 до 1,6. На слабодренированных территориях с неглубоко выщелоченными карбонатами и высоким уровнем увлажнения формируются темно-гумусовые почвы, отличающиеся повышенным содержанием гумуса (до 6–8%) и его гуматным составом (Сгк/Сфк 1.6–2.2), что сближает их с почвами более южных территорий. Реликтовые горизонты при невысоком содержании (до 2%) гумуса отличаются еще более широким отношением Сгк/Сфк (до 2.6). На основании совокупности признаков К.А. Уфимцева выделяла исследованные почвы в отдельную группу проградированных почв. Формирование их во многом связано не только с динамикой климата, но и спецификой растянутого во времени сукцессионного процесса, в котором господствуют травяные лиственные леса. Для формирующихся здесь фитоценозов отмечена высокая продуктивность травяного покрова, сравнимая с продуктивностью подтаежных растительных сообществ. Хорошо развитый травяной покров с преобладанием густодрновинных видов (*Carex macroura*, *Calamagrostis obtusata*) препятствует восстановлению темнохвойного древесного полога подобно тому, как это происходит в длительно-производных сообществах подтайги. По сравнению с хвоей и мхами, листья и травы, составляющие основу опада, отличаются большей скоростью разложения, продукты распада менее кис-

лые. Это определяет и менее кислую реакцию, активизирует процессы гумусонакопления, препятствует развитию элювиальных процессов.

Следует отметить, что прослеживается связь между современным гумусонакоплением, сохранностью реликтового гумусового горизонта и особенностями лесообразовательного процесса. Чем больше растянут по времени лесовосстановительный процесс и стадия травяных лиственных лесов, тем выше сохранность реликтового гумусового горизонта и больше мощность современного. Это отражает сукцессионную динамику почвообразования. На стадии коренных темнохвойных лесов под кислыми лесными подстилками идет деградация гумусового горизонта. На восстановительном этапе под травяными березовыми лесами идет активизация гумусонакопления и некоторое восстановление гумусового горизонта. Нами также отмечено в травяных лесах активное проникновение корней в реликтовый горизонт. Следовательно, и здесь отмечается «подновление» и омоложение гумуса, что выявляется и при датировании реликтовых гумусовых горизонтов по разным материалам. Исследования М.И. Дергачевой показали возможность «обновления» гуминовых кислот в реликтовых горизонтах за счет «достройки» молекулы гуминовых кислот при поступлении продуктов современного биосинтеза из верхних горизонтов. Возможно, именно поэтому в длительно-производных лесах отмечена более высокая сохранность как современных, так и реликтовых гумусовых горизонтов. Следовательно, «вторые» гумусовые горизонты имеют не только реликтовую природу, но и поддерживаются современными процессами в циклах биогенеза, а восстановительно-возрастная динамика лесных экосистем включает как этапы деградации, так и проградации гумусового профиля почв. Такую цикличность мы отмечаем как маятниковую эволюцию почвообразования.

С учетом продолжительности восстановительного цикла в лесных экосистемах, особенно растянутой на ландшафтно-геохимических границах, каждый последующий почвообразовательный цикл происходит в несколько иных ландшафтных, прежде всего климатических, условиях. Чем продолжительнее стадия лиственных лесов, тем более выражены как современный, так и реликтовый горизонты. В зональных кедрово-елово-пихтовых лесах на глубоковыщелоченных породах стадия восстановления ограничивается только одним поколением лиственных лесов, поэтому проградация гумусового горизонта здесь слабо заметна – развивается в классическом виде элювиальное почвообразование.

Таким образом, исследование почв и растительности Васюганской равнины позволило выявить новые механизмы эволюции почв, связанные с динамикой лесообразовательного процесса. Длительность восстановления коренной темнохвойной растительности определяется почвенно-геохимическими условиями – богатством почв и слабой выщелоченностью почвообразующих пород. Для сложенной карбонатными почвообразующими породами территории Васюганской равнины отмечается господство длительно-производных лиственных лесов, заметно отличающихся по составу и продуктивности от коренных темнохвойных, что замедляет процессы деградации как современных, так и реликтовых гумусовых горизонтов. Эволюция же гумусового профиля приобретает маятниковый характер, в котором этапы деградации чередуются с восстановительными этапа-

ми. Размах колебаний и общее развитие почв связаны не только с изменениями климата, но и с соотношением разных этапов восстановления коренных темнохвойных лесов. Исследование фитолитных и спорово-пыльцевых спектров показали, что на всех этапах голоценовой эволюции в растительном покрове Васюганской равнины травяные лиственные леса имели широкое распространение. Сформировавшийся комплекс почвенно-геохимических условий обуславливает относительную устойчивость лесных экосистем к климатическим колебаниям.

Cyclicality of soil formation at the southern borders of the boreal zone

A.G. Dyukarev, N.V.Klimova

We have shown that the succession cycles in forest ecosystems are determined by the soil-geochemical properties of the landscape. Forest recovery is stretched in unfavorable conditions and derivative communities with high productivity of the soil cover prevail in its structure, which contributes to the activation of humus-accumulation processes in both the modern and relict soil horizons. Soil evolution have a cyclic character in which the stages of degradation alternate with recovery stages.

УДК 631.4

Подбурья южной части Иркутско-Черемховской равнины

Д.В. Жиндаева, В.З. Спирина

*Национальный исследовательский Томский государственный университет, г. Томск,
spirina.pochva@mail.ru*

Рассмотрены условия формирования подбурья Иркутско-Черемховской равнины Предбайкалья. Показаны особенности в строении почвенного профиля и свойствах подбурья в зависимости от положения в рельефе. Выявлены признаки ожелезнения иллювиальной части почвенной толщи и материнской породы. Почвы характеризуются неоднородным гранулометрическим составом с большим преобладанием крупных фракций и незначительным количеством илестых частиц. Низкое содержание элементов питания в подбурьях свидетельствует о малой пригодности их в сельскохозяйственном производстве.

Ключевые слова: *подбурья, альфегумусовые почвы, условия почвообразования, профиль, гранулометрический состав, гумус.*

Предбайкалье – своеобразный регион, для которого, в отличие от других территорий, характерно уникальное сочетание факторов почвообразования; большое разнообразие рельефа, почвообразующих пород, климата, растительности, что обусловило пестроту почвенного покрова. Почвы региона существенно отличаются от таковых других территорий по морфологическим, физико-химическим и химическим характеристикам, что, по мнению Г.А. Воробьевой [1], затрудняет классификацию и диагностику предбайкальских почв, в связи с этим требуются более глубокие исследования. Также изучение почв Иркутско-

Черемховской равнины Предбайкалья необходимо для сохранения рекреационного потенциала почв, рационального использования земель и воспроизводства биологических ресурсов территории.

Объектом исследования послужили подбуры разных видов и разновидностей, распространенные на южной части Иркутско-Черемховской равнины Предбайкалья. Рельеф равнины слабохолмистый, плоско увалистый. Подбуры залегают на вершинах плоских увалов и пологих наиболее дренированных склонах разных экспозиций в условиях поверхностного и внутривершинного дренажа на рыхлых почвообразующих породах легкого гранулометрического состава под кедрово-березовыми мелкотравными лесами. Термин «подбуры» был введен В.О. Таргульяном [2], однако в «Классификации и диагностике почв СССР» (1977) данные почвы не выделялись. Они рассматривались как таежно-мерзлотные поверхностно-ожезненные и скрытоподзолистые почвы. В «Классификации и диагностике почв России» (2004) подбуры стали выделяться как самостоятельный тип в отделе альфегумусовых, створе постлитогенных почв. Для подбуров характерна аккумуляция алюмо-железисто-гумусовых соединений, которые формируют альфегумусовый горизонт коричневых или охристо-бурых оттенков. Для определения химических и физико-химических свойств почв использовались общепринятые в почвоведении методы исследования [3, 4].

В транзитной позиции юго-восточного склона сформирован подбур перегнойный бескарбонатный крайне мелкий среднесуглинистый (разрез 1) под кедрово-березовым лесом с травяным покровом. Подбур таежный бескарбонатный мелкий супесчаный (разрез 2) развит у подножья пологого склона, подбур иллювиально-железистый бескарбонатный мелкий среднесуглинистого гранулометрического состава (разрез 3) – на выровненной поверхности, прилегающей к склону.

Мощность органогенного горизонта у подбура перегнойного крайне мелкого составляет 10 см, что обусловлено его расположением в транзитной позиции склона. Под гумусовым слоем залегают неоднородный, буровато-охристый минеральный горизонт с органическими остатками разной степени разложения и буровато-серыми пятнами гумусовых веществ. Подбур таежный мелкий (разрез 2) и иллювиально-железистый (разрез 3) характеризуются аккумулятивным распределением органического вещества, что нашло отражение в более мощных гумусовых горизонтах (26–35 см). Непосредственно под гумусовыми горизонтами данных почв залегают мощные железисто-иллювиальный песчаный горизонт ржаво-бурой или охристой окраски. В профилях всех подбуров карбонаты не обнаружены, и только в материнской породе подбура перегнойного с глубины 100 см отмечается вскипание от действия соляной кислоты. Почвообразующими породами являются пески с преобладанием мелкопесчаных частиц.

Исследуемые подбуры южной части Иркутско-Черемховской равнины имеют неоднородный среднесуглинистый и супесчаный гранулометрический состав с высоким содержанием частиц крупной пыли и мелкого песка, что является характерным для данных почв. Подбур перегнойный крайне мелкий, сформированный в транзитной позиции склона, является среднесуглинистым с большим содержанием мелкого песка (42%) и средней пыли (34%). Ниже по почвенному профилю наблюдается постепенный переход к легкому суглинку, затем су-

песи, и на глубине 130–140 см гранулометрический состав становится песчаным. Содержание физической глины значительно уменьшается от 39% в горизонте АВ до 7% в материнской породе. Количество илистой фракции в почвенном профиле небольшое и колеблется в пределах от 1,4 до 7,4%. Передвижение по профилю мелких частиц размером менее 0,001 мм не выявлено.

Наиболее легким и однородным гранулометрическим составом характеризуется подбур у подножья склона, верхний горизонт которого является супесчаным с преобладанием мелкого песка (47%) и крупной пыли (23%), последующие горизонты – песчаными, с высоким содержанием мелкого песка (31–67%). Количество илистых частиц в подбуре таежном еще меньше (0,1–3%), чем в подбуре перегнойном, что не способствует образованию хорошей структуры почв и запасу элементов питания.

Подбур иллювиально-железистый мелкий (разрез 3) является среднесуглинистым, преобладающие частицы в верхнем горизонте – мелкий песок (39%) и средняя пыль (17%). Мелкозем нижележащих горизонтов становится легче, с доминированием фракций крупной пыли и мелкого песка. Гранулометрический состав самого нижнего горизонта C_{fe} облеγχается до рыхлого песка, содержание физической глины – 4,6%. Количество илистых частиц также незначительно, как и в выше описанных почвах. По данным В.О. Таргульяна [2], легкий гранулометрический состав, иногда и небольшая каменистость подбуров обеспечивают их малую влагоемкость, высокую водопроницаемость и свободный дренаж, а также быстрое и более глубокое оттаивание.

В подбурях преобладает однотипный аккумулятивный характер распределения органического вещества с максимумом в органо-аккумулятивных горизонтах и резким снижением количества гумуса вниз по профилю. Содержание органического вещества изменяется в широких пределах, что связано не только с зонально-фациальной особенностью почв, но и с составом почвообразующих пород, степенью каменистости толщи и расположением в микроформах рельефа [5]. Очень часто подбуры выделяются как дерновые почвы, однако морфологические и общие химические свойства таких почв не соответствуют представлению о дерновом процессе [6]. В верхних горизонтах в основном накапливаются плохо разложившиеся растительные остатки или промежуточные продукты превращения свежего опада. В подбурях происходит медленное разложение органического вещества и быстрое его выщелачивание.

Содержание гумуса в исследованных подбурях колеблется в пределах от 2,5 до 10%. Наибольшее количество органического вещества отмечается в подбуре иллювиально-железистом мелком (разрез 3). В аккумулятивном горизонте (А) содержание гумуса составляет 6,9%. С глубиной наблюдается снижение гумуса и в горизонтах BC_{fe} и C_{fe} содержится 0,23 и 0,17% соответственно. В подбуре перегнойном крайне мелком среднесуглинистом в верхнем горизонте гумуса мало – 2,5%, что связано с его расположением в транзитной позиции склона. В гумусовом горизонте подбура таежного мелкого супесчаного количество гумуса составляет 4% и в нижней части профиля (C_{fe}) – 0,05%. Для всех подбуров характерно значительное содержание гумуса (в пределах 0,3–0,6%) в минеральной части профиля на глубине 55–75 см, что связано с его большой по-

движностью, выносом и частичной аккумуляцией в минеральной толще почвенного профиля.

Содержание поглощенных катионов в подбурях сильно варьирует в зависимости от количества органического вещества и тонких частиц. Сумма поглощенных катионов в гумусовых горизонтах исследованных почв составляет 18–35 мг-экв/100 г почвы. Распределение поглощенных кальция и магния по профилю имеет одинаковый характер, чаще всего максимум отмечается в верхних горизонтах почв. Вниз по профилю сумма кальция и магния постепенно уменьшается и на глубине 120–130 см содержится от 8 до 16 мг-экв/100 г почвы. В подбуре перегнойном на глубине 130–140 см происходит резкое увеличение суммы поглощенных катионов до 25 мг-экв/100 г почвы, что связано с наличием карбонатов в подстилающей породе. У всех подбуров на долю кальция приходится основная величина (12–19 мг-экв/100 г почвы), магния содержится значительно меньше – 6–8 мг-экв/100 г почвы. Для подбуров характерна кислая реакция среды в верхней части почвенного профиля, с глубиной она изменяется до слабокислой.

Таким образом, химические и физико-химические свойства подбуров свидетельствуют об их малой пригодности для использования в земледелии. Однако полученная информация может стать важной составляющей для оценки окружающей среды при разработке планирования природопользования, охраны и для рационального ведения лесного хозяйства на территории южной части Иркутско-Черемховской равнины.

Литература

1. Воробьева Г.А. Почва как летопись природных событий Прибайкалья: проблемы эволюции и классификации почв. Иркутск: Изд-во Иркутского гос. ун-та, 2010. 205 с.
2. Таргульян В.О. Почвообразование и выветривание в холодных гумидных областях. М.: Наука, 1971. 122 с.
3. Качинский Н.А. Механический и микроагрегатный состав почвы, методы его изучения. М.: Изд-во АН СССР, 1958. 193 с.
4. Аринушкина Е.В. Руководство по химическому анализу почв. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1970. 487 с.
5. Кузьмин В.А. Почвы Предбайкалья и Северного Забайкалья. Новосибирск: Наука, 1988. 174 с.
6. Петров Б.Ф. Почвы Алтайско-Саянской области. М.: Изд-во АН СССР, 1952. 246 с.

Podbury southern part of the Irkutsk-Cheremkhov plain

D.V. Zhindaeva, V.Z. Spirina

The conditions for the formation of substations of the Irkutsk – Cheremkhov Plain of the Prebaikalia are considered. The features in the structure of the soil profile and the properties of the substrains depending on the position in the relief are shown. The signs of ironization of the illuvial part of the soil stratum and mother rock were revealed. The soils are characterized by an inhomogeneous particle size distribution with a large predominance of large fractions and a small amount of silt particles. The low content of nutrients in the pickup indicates a low suitability in agricultural production.

Формы минеральных фосфатов в мерзлотных почвах Южной Якутии

О.Г. Захарова, А.П. Чевычелов

*Институт биологических проблем криолитозоны СО РАН, г. Якутск,
olya.choma@mail.ru, chev.soil@list.ru*

Впервые изучены формы минеральных фосфатов и подвижные фосфаты в пяти типах мерзлотных почв Южной Якутии, определяемые соответственно по методике Чанга – Джексона и Гинзбург – Артамоновой. Выявлено, что в данных почвах отмечается очень низкое и низкое содержание подвижных фосфатов, также незначительно общее количество рыхлосвязанных фосфатов и фосфатов кальция. При этом в составе минеральных фосфатов исследованных почв Южной Якутии преобладают трудно-доступные для растений фосфаты алюминия и фосфаты железа.

Ключевые слова: *мерзлотные почвы, состав и свойства, фосфаты, содержание, распределение.*

Наши исследования проводились на территории Южной Якутии, при этом изучаемая часть данного региона ограничивается географическими координатами 56–60° с. ш. и 120–128° в. д. В геоморфологическом отношении наши работы осуществлялись на Лено-Алданском плато, в почвенном покрове (ПП) которого абсолютно преобладают мерзлотные дерново- и перегнойно-карбонатные почвы, а также на Алданском нагорье и в Чульманской впадине, где в ПП господствуют подзолистые и палево-бурые почвы. Определение минеральных форм фосфора в исследуемых почвах проводилось по Чанга-Джексону, подвижные фосфаты выделялись по Гинзбург-Артамоновой согласно методикам [1].

Данный регион также в целом характеризуется преимущественно горным рельефом, холодным резкоконтинентальным гумидным климатом и преобладанием в растительном покрове среднетаежной лесной растительности. Все это в итоге приводит к преобладанию в почвах данной территории элювиальных почвенных процессов, таких как подзолообразование, оподзоливание и выщелачивание, протекающих преимущественно в кислой среде. В результате этого формируются кислые ненасыщенные обменными основаниями почвы, элювиальные горизонты которых обеднены подвижными фосфатами, доступными для растений. Кроме того, в холодном гумидном климате под таежной растительностью в Южной Якутии формируются мерзлотные или длительно-сезонномерзлотные почвы с низкой биологической активностью, грубогумусовые горизонты которых также, как правило, не способствуют биогенному укреплению здесь фосфора и накоплению подвижных фосфатов. Вследствие этого, поверхностные горизонты всех исследуемых типов почв характеризуются предельно низким средним содержанием подвижных фосфатов, которое изменяется в узком интервале значений от 2,5 до 6,7 мг P₂O₅/100 г почвы (табл. 1) при значительной вариабельности отдельных величин (V = 23–87%). Согласно известной шкале содержания подвижных фосфатов в почвах, определенных по методике Гинзбург-Артамоновой

[1], можно констатировать, что исследуемые подзолистые типичные, подзолистые альфегумусовые и дерново-карбонатные почвы характеризуются в основном как очень низко обеспеченные, а перегнойно-карбонатные и палево-бурые почвы – как низко обеспеченные подвижными фосфатами.

Т а б л и ц а 1

Содержание подвижных фосфатов в почвах Южной Якутии, мг $P_2O_5/100$ г почвы

Тип почвы	Горизонт	n	lim	$\bar{x} \pm S \bar{x}$	V, %
Подзолистые альфегумусовые	A2	6	1,5–4,0	$2,6 \pm 0,4$	38
	Bfe	6	3,0–6,0	$4,7 \pm 0,4$	23
Подзолистые типичные	A2	8	1,2–4,5	$2,5 \pm 0,6$	68
	B	8	1,5–7,7	$3,2 \pm 0,8$	69
Палево-бурые	A1(A1A2)	16	1,3–11,0	$5,2 \pm 0,9$	69
	B	16	1,4–19,0	$6,7 \pm 1,2$	70
Дерново-карбонатные	A1(A1A2)	10	1,7–7,8	$3,6 \pm 0,6$	55
	B	10	1,7–5,1	$2,6 \pm 0,4$	50
Перегнойно-карбонатные	A1	10	0,8–15,3	$6,4 \pm 1,6$	80
	B	10	0,9–11,5	$4,6 \pm 1,2$	87

Примечание. n – объем выборки; lim – пределы изменения содержаний; $\bar{x} \pm S \bar{x}$ – среднее и его ошибка; V – коэффициент вариации.

Согласно нашим расчетам среднее содержание подвижных форм P в подзолистых почвах составляет 0,8–0,9%, дерново-карбонатных – 0,8–1,1%, палево-бурых – 0,9–1,3%, перегнойно-карбонатных – 1,1–1,8% и в целом не превышает 1–2% от общего количества данного элемента в почвах Южной Якутии. Поэтому не случайно отмечается, что особенностью фосфатного состояния мерзлотных почв Забайкалья является низкая степень подвижности их природных соединений и низкое содержание легкодоступных растениям фосфатов [2].

Последнее положение также полностью подтверждается при анализе содержания и распределения форм минеральных фосфатов в почвах Южной Якутии. Так содержание рыхлосвязанных фосфатов, которые растворимы в воде и представляют легкодоступный резерв для растений, изменяется в изучаемых почвах от 0,5 до 9,2 мг $P_2O_5/100$ г почвы. При этом абсолютное содержание фосфатов данной фракции составляет всего 0,1–5,2% или менее 5% от их валового содержания. Основная часть минеральных фосфатов в исследованных почвах представлена фосфатами алюминия (Al-P) и фосфатами железа (Fe-P), то есть фосфатами 2 и 3 фракции (табл. 2). Содержание Al-P в данных почвах изменяется в широких пределах от 1,6 до 34,3 мг $P_2O_5/100$ г почвы, их абсолютное количество увеличивается в гор. A2 подзолистой альфегумусовой и в гор. B палево-бурой почвы, составляя 19,7–20,2% или около 20% от их валового содержания. При этом максимальное количество Al-P от их общего содержания (37,8%) обнаружено в оглеенном гор. Bcg перегнойно-карбонатной глееватой почвы. Fe-P, которые в меньшей степени доступны для растений, чем Al-P, составляют большую часть всех минеральных фосфатов исследованных типов почв. Содержание Fe-P в данных почвах варьирует также в очень широких пределах от 0,4 до 147,0 мг $P_2O_5/100$ г и составляет минимально 0,5–5,9%, а максимально – 56,7–69,2% от их валового содержания.

Таблица 2

**Формы минеральных фосфатов в различных типах почв Южной Якутии,
мг P₂O₅/100г почвы**

Глубина, см	Горизонт	Формы минеральных фосфатов						Валовой Р
		Рыхло- связанные	Al-P	Fe-P	Ca-P	Оккл. Al-P	Оккл. Al(Fe)-P	
Подзолистая альфегумусовая, разр. 4БГ-03								
4–10	A0A1	<u>9,2*</u> 1,7	<u>21,6</u> 3,9	<u>62,5</u> 11,4	<u>0,6</u> 0,1	<u>0,9</u> 0,2	<u>1,3</u> 0,2	<u>550</u> 100
10–18	A2	<u>1,7</u> 2,8	<u>12,1</u> 20,2	<u>12,8</u> 21,3	<u>0,9</u> 1,5	<u>0,3</u> 0,5	<u>1,8</u> 3,0	<u>60</u> 100
20–30	Bfe	<u>0,6</u> 0,3	<u>7,0</u> 3,0	<u>13,6</u> 5,9	<u>6,6</u> 2,9	<u>1,0</u> 0,4	<u>3,3</u> 1,4	<u>230</u> 100
Палево-бурая типичная, разр. 5БГ-03								
15–25	A1	<u>1,5</u> 0,5	<u>34,3</u> 11,4	<u>44,8</u> 14,9	<u>0,6</u> 0,2	<u>19,0</u> 6,3	<u>4,3</u> 1,4	<u>300</u> 100
30–37	B	<u>1,6</u> 1,2	<u>25,6</u> 19,7	<u>44,4</u> 34,2	<u>4,3</u> 3,3	<u>4,0</u> 3,1	<u>0,6</u> 0,5	<u>130</u> 100
40–50	BC	<u>1,6</u> 1,3	<u>16,8</u> 14,0	<u>25,8</u> 21,5	<u>10,4</u> 8,7	<u>2,7</u> 2,3	<u>0,2</u> 0,2	<u>120</u> 100
Дерново-карбонатная типичная, разр. 3Т-08								
2–6	A1	<u>5,7</u> 5,2	<u>12,5</u> 11,4	<u>59,5</u> 54,1	<u>1,6</u> 1,4	<u>1,0</u> 0,9	<u>1,8</u> 1,6	<u>110</u> 100
10–20	B	<u>1,4</u> 1,5	<u>4,8</u> 5,3	<u>51,0</u> 56,7	<u>1,4</u> 1,5	<u>1,3</u> 1,4	<u>4,3</u> 4,8	<u>90</u> 100
40–50	BC _{Ca}	<u>0,8</u> 1,0	<u>1,6</u> 2,0	<u>0,4</u> 0,5	<u>13,6</u> 17,0	<u>Сл</u> -	<u>1,1</u> 1,4	<u>80</u> 100
Перегнойно-карбонатная глееватая, разр. 8А								
0–7	Ah	<u>5,3</u> 1,8	<u>10,5</u> 3,5	<u>147,0</u> 49,0	<u>4,6</u> 1,5	<u>0,2</u> 0,1	<u>123,5</u> 41,2	<u>300</u> 100
7–10	AB	<u>2,0</u> 1,0	<u>26,6</u> 13,3	<u>138,5</u> 69,2	<u>5,8</u> 2,9	<u>3,6</u> 1,8	<u>1,2</u> 0,6	<u>200</u> 100
40–50	BCg	<u>0,5</u> 0,1	<u>13,6</u> 37,8	<u>72,5</u> 20,1	<u>6,5</u> 1,8	<u>3,0</u> 0,8	<u>1,8</u> 0,5	<u>360</u> 100

Примечание. Над чертой – мг P₂O₅/100 г почвы; под чертой – в % от валового содержания; Сл – следовое количество.

Количество Fe-P, также как и Al-P, относительно увеличивается в гор. А2 подзолистой альфегумусовой и в гор. В палево-бурой почвы, составляя 21,3-34,2% от их валового содержания, но максимальное количество данной фракции обнаружено в гор. АВ и В дерново- и перегнойно-карбонатной почв, где оно соответственно достигало 60–70% от их валового содержания. При этом в относительном исчислении Fe-P максимально составляют 77,9–79,4% или около 80% от суммы всех форм минеральных фосфатов в данных почвах. Уменьшение содержания рыхлосвязанных фосфатов, наряду с увеличением количества Al-P и Fe-P в почвах Южной Якутии является вполне закономерным явлением, так как согласно известным положениям химии почв, в слабокислых и кислых почвах фосфаты связываются или осаждаются гидроксидами или ионами Fe и Al и при этом

доля усвояемых фосфатов понижается [3]. Общее количество фосфатов кальция, так же как и рыхлосвязанных, в исследованных почвах в целом незначительно и изменяется от 0,6 до 10,4 мг $P_2O_5/100$ г почвы, составляя 0,1–8,7%, а в большей степени меньше 5% от их валового содержания. Максимальное количество Са-Р отмечается в гор. ВС_{Са} дерново-карбонатной почвы, и при этом оно составляет почти 80% от суммы всех фракций минеральных фосфатов, тогда как в других почвах максимальное относительное содержание Са-Р составляет 18,1–20,6% или около 20%. Окклюдируемые Al-Р и Al(Fe)-Р 5 и 6 фракции минеральных почвенных фосфатов обычно представляют прочнозакрепленные полуторными оксидами Fe и Al соединения недоступные для растений. Суммарное содержание данных фосфатов в изучаемых почвах изменяется, как правило, незначительно от 2,1 до 23,3 мг $P_2O_5/100$ г почвы, что составляет 3,5–7,7% и в основном менее 5% от их валового содержания. Лишь только в гор. Ah перегнойно-карбонатной почвы отмечалось значительное количество окклюдируемых Al(Fe)-Р, которое составляло 123,5 мг $P_2O_5/100$ г почвы или около 40% от их валового содержания.

Литература

1. Агрохимические методы исследования почв. М.: Наука, 1975. 656 с.
2. Пигарева Н.Н. Особенности фосфатного фонда почв криолитозоны Забайкалья // Агрехимия. 2010. № 6. С. 3–12.
3. Орлов Д.С., Садовникова Л.К., Суханова Н.И. Химия почв. М.: Высшая школа, 2005. 558 с.

Forms of mineral phosphates in the permafrost soils of Southern Yakutia

O.G. Zakharova, A.P. Chevychelov

Were first forms mineral and mobile phosphates in five types of permafrost soils in Southern Yakutia, determined by Chang-Jackson and Ginsburg-Artamonova methods respectively. It was found that in these soils are also characterized by the very low and low content of mobile phosphates, and the total content of loosely linked phosphates and calcium phosphates is generally low. At the same time, in mineral phosphate composition of soils of Southern Yakutia prevail aluminum phosphates and iron phosphates that are hardly available for plants.

Торфяные почвы, генезис и подходы к их изучению

Л.И. Инишева¹, К.И. Кобак², Л. Шайдак³, Н.В. Юдина⁴

¹ Томский государственный педагогический университет, г. Томск, inisheva@mail.ru

² Государственный гидрологический институт, г. Санкт-Петербург, kobakkira@yandex.ru

³ Институт сельского хозяйства и лесных исследований Польской академии наук,
szajlech@map.poznan.pl

⁴ Институт химии нефти СО РАН, г. Томск, natal@ipc.tsc.ru

На протяжении многих десятилетий велась дискуссия о процессе торфообразования и что такое торфяная почва. Прошло много времени, появились новые данные, изменились ранее, казалось бы, устоявшимися точки зрения. Предлагается вернуться к этим вопросам, может быть, с несколько других позиций.

Ключевые слова: торфяной профиль, процесс торфообразования, атмосферное почвообразование, торфообразователи, ботанический состав.

Торфяные почвы на 50–95% состоят из органических веществ и чрезвычайно переувлажнены. Это и определяет их полифункциональность. Ботаники и геоботаники изучают в них индивидуальность болотной растительности, а по стратиграфии торфяной залежи – климатические характеристики периода торфообразования и определяют их как болота; геологи разведывают запасы и границы промышленных залежей и называют торфяные болота торфяными месторождениями; гидрологи, исследуя гидрологический режим болот, определяют его как водный объект; лесники изучают болото с позиций улучшения бонитета древоостоя и называют их лесными болотами, а почвоведы – с позиций получения сельскохозяйственных угодий с хорошим уровнем плодородия и называют их торфяными почвами. В каждой специальности свои цели и свои методы изучения. А объект – один. Важно обратить особое внимание на эти почвы, так как каждый пятый гектар земельного фонда России принадлежит им.

Целью данной статьи ставится рассмотрение генезиса торфяных почв и некоторых методов их изучения. Но, прежде всего, заметим, что к торфяной почве мы относим полный их профиль до минеральной породы. Такое понятие много раньше высказывали В.Р. Вильямс, Д.Г. Виленский, С.П. Кравков, К.Д. Глинка. Еще в 1886 г. В.В. Докучаев в классификации почв выделил класс типичных болотных почв с полным их профилем до минеральной породы [1]. Такой же точки зрения придерживался Д.А. Герасимов [2] и в последующем В.Н. Ефимов [3], В.К. Бахнов [4] и др. Мы также согласны с выше перечисленными авторами, и доказательства изложены в статье [5]. Здесь же перечислим основные положения по этому вопросу:

1. Древняя почва, подвергаясь заболачиванию, выполняет роль почвообразующей породы по отношению к формирующемуся на ней торфяному профилю, и в дальнейшем между ними сохраняется генетическая связь.

2. Известно, что почвообразовательный процесс характеризуется также перемещением веществ в профиле почв. В болотных почвах происходит внутрибо-

лотный переток гравитационных вод вследствие неоднородности рельефа, и образуются автономные, транзитные и трансаккумулятивные геохимические микроландшафты [6]. Однако миграция воды происходит не только сверху вниз, но и снизу-вверх из-за особенностей торфообразовательного процесса.

3. Торфяная почва – субаквальная, инситная система со знаком минус (направлена вверх). Минеральная древняя почва служит почвообразующей породой для нарастающего вверх профиля торфяных почв с образовавшейся уже зоной функционирования (зона, охваченная потоками вещества и энергии). Поэтому верхний горизонт торфяных почв соответствует современным условиям, нижний – предшествующим стадиям развития. В соответствии с этим в понятие торфяная почва включается вся торфяная залежь и верхние горизонты древней минеральной почвы. Вместе это субстантивно-функциональная система, представляющая собой генетически единый почвенный профиль с фиксированной в нем историей их развития.

Свойства торфяной почвы задаются, прежде всего, ботаническим составом торфов, слагающих ее профиль. Все слои профиля торфяных почв, в определенное время прошедшие стадию болотного почвообразования, содержат микроорганизмы и питательные вещества и обладают потенциальным плодородием.

Традиционно считается, что в нижележащем слое отмечаются облигатно восстановительные условия. Но так ли это? Несмотря на постоянное затопление, в торфяном профиле всегда присутствует свободный кислород, который поступает, в том числе, и в результате происходящих в глубине профиля биохимических процессов. Известно, например, что содержание кислорода в торфяных почвах изменяется от 65–80 до 100–150 г/м³, или 5–11% по объему [7]. Проведенные нами исследования ОВП и энзимологической активности в торфяных почвах до подстилающих пород [8] показали, что в их профиле формируются микромозаичные анаэробно-аэробные условия, свидетельствующие о наличии в глубоких слоях торфяного профиля кислорода. Активность биохимических и микробиологических процессов подтверждает формирование под сплошным поверхностным слоем влаги зон, содержащих кислород. Данная ситуация объясняется тем, что в процессе формирования торфяного профиля, в нижележащих слоях в процессе трансформации и полимеризации продуктов распада растений образуются трудно проницаемые для молекул воды микроструктуры, в которых при участии биохимических процессов формируются мозаичные окислительные условия.

Кратко рассмотрим вопрос о появлении болот и их эволюции. Формы почвообразования – естественно-исторические категории, эволюция которых представляется как единый генетически связанный процесс последовательного появления на Земле гидроземного, атмосферного и литоземного почвообразования [9]. Болотное почвообразование в истории биосферы выполнило своего рода роль переходного моста, по которому растения вышли из воды на сушу. Болото как раз и представляет ту благоприятную среду, которую можно рассматривать и как водоем, где вода связана с органическим веществом, и как сушу, содержащую 80–90% воды и 20–10% сухого вещества. При таком двуединстве болота экологический контраст между водной средой и сушей в болоте являлся наименьшим. Это делало болота благоприятным субстратом в период адаптации растений к

воздушной среде, а затем и к литосферной оболочке суши. Таким образом, выход растений из океана на сушу способствовали болота. Каждая вновь возникшая форма почвообразования не исчезала, а появлялась в лоне предыдущей и продолжала развиваться. К самым древним относятся подводные почвы (3 млрд лет), далее следуют болотные (400 млн лет) и литоземные почвы (60–70 млн лет). Поэтому в настоящее время вместе с литоземными почвами, на Земном шаре располагаются и подводные и болотные почвы. Важно отметить, что распространение последних в настоящее время прогрессирует.

Остановимся на некоторых особенностях методов изучения торфяных почв. В теории торфообразовательного процесса ведущее место должно отводиться вопросам превращения растений-торфообразователей в торф, происхождению органической и минеральной частей в торфах и их трансформации, процессам накопления, превращения и передвижения веществ в торфяном профиле, раскрытию форм их миграции и аккумуляции. Под ботаническим составом торфа подразумевается совокупное сочетание всех ископаемых тканей, на основе которого можно установить исходный фитоценоз и выявить его генезис. Все выявленные торфообразователи перечисляются в процентном отношении, по преобладающему виду дается название. Например, в образце торфа содержится: сфагнума – 70%, пушицы – 20%, древесных остатков – 10%, название торфа – пушицево-сфагновый. Одновременно определяются степень разложения, зольность, так как эти показатели столь же важны, как и ботанический состав. Например, олиготрофный торф – торф, образовавшийся из растительности олиготрофного типа, примесь остатков растительности эвтрофного типа не превышает 5%; эвтрофный торф – торф, образовавшийся из растительности эвтрофного типа, примесь остатков растительности олиготрофного типа не превышает 5%. И при этом четко известен видовой состав растений-торфообразователей каждого вида торфа. Характерные признаки видов торфа хорошо описаны и идентифицируются при определении ботанического состава, и этот процесс может быть компьютеризирован [10]. Подробно это описывая, мы подчеркиваем важность этого показателя для работы с торфяными почвами, так как разный ботанический состав определяет их разный химический состав и, соответственно, все другие свойства. Так, экспериментальное определение предполагает повторные измерения в пункте («точке») через определенные интервалы времени. И здесь возникают существенные трудности в связи с невозможностью повторения отбора пробы в прежней «точке». Суть проводимой работы – чтобы отбор проводился в слоях, идентичных по ботаническому составу. Очень важно, когда имеешь дело с торфяными почвами, соблюдать «попадание» при отборе образцов именно в одинаковые по ботаническому составу слои торфяного профиля. В ином случае сравнивать свойства торфов, их биохимическую и микробиологическую активности как в торфяном профиле, так и по территории будет невозможно. Заметим, что торфяной профиль имеет разный стратиграфический профиль, ботанический состав которого к тому же формируется в зависимости и от рельефа территории.

По поводу рельефа территории. В последнее время большое внимание уделяется изучению процессов трансформации ОВ торфов и болотных растений, помещаемых в болотную почву в мешочках-капсулах. Сам по себе метод недо-

статочно точный. Но очень важно учитывать уровни болотных вод при развитом микрорельефе на территории болота. Это связано с типично болотными условиями – малых глубин уровней болотных вод, при которых небольшие различия в средних значениях существенны для экологии растений, их микробного сообщества, и, соответственно, процессов трансформации ОВ. В ином случае – результаты и выводы будут неверными. Имеется специальная литература по методам изучения торфяных почв, некоторые источники приводим [11–14].

Литература

1. Докучаев В.В. Разбор главнейших почвенных классификаций // Избранные сочинения (1846–1903). М.: Изд-во с-х литературы, 1954. С. 209–217.
2. Герасимов Д.А. О принципах классификации, разведки и картирования торфяных месторождений // Почвоведение. 1937. № 10. С. 643–646.
3. Ефимов В.Н. Торфяные почвы и их плодородие. Л.: Агропромиздат, 1986. 264 с.
4. Бахнов В.К. Биохимические аспекты болотообразовательного процесса. Новосибирск: Наука, 1986. 193 с.
5. Inisheva, L.I. Peat soils: Genesis and classification // Eurasian Soil Science. 2006. № 39 (7). P. 699–704.
6. Инишева Л.И., Юдина Н.В., Инишев Н.Г., Головченко А.В. Распределение органических веществ в системе геохимически сопряженных болотных ландшафтов // Геохимия. 2005. № 2. С. 1–9.
7. Смагин А.В. Почвенно-гидрофизическое обеспечение исследований газовой функции западносибирских болот в связи с проблемой парникового эффекта // Экологический вестник Северного Кавказа. 2007. Т. 3, № 3. С. 46–48.
8. Инишева Л.И., Шайдак Л., Сергеева М.А. Динамика биохимических процессов и окислительно-восстановительных условий в геохимически сопряженных ландшафтах олиготрофных болот. Почвоведение. 2016. № 4. С. 505–513.
9. Бахнов В.К. Почвообразование (взгляд в прошлое и настоящее). Новосибирск: Наука, 2000. 114 с.
10. Справочник по торфу. М.: Недра, 1982. 760 с.
11. Базин Е.Т., Копенкин В.Д., Косов В.И. Технический анализ торфа. М.: Недра, 1992. 431 с.
12. Раковский В.Е., Пигулевская Л.В. Химия и генезис торфа. М.: Недра, 1978. 231 с.
13. Маслов Б.С. Гидрология торфяных болот. М.: Россельхозакадемия, 2009. 266 с.
14. Базин Е.Т., Косов В.И. Физика и химия торфа // Водно-физические и структурно-механические свойства торфа и торфяных залежей. Калинин, 1982. 104 с.

Peat soils, genesis and approaches to their study

L.I. Inisheva, K.I. Kobak, L. Szajdak, N.V. Yudina

This paper considers three topical problems – the definition of peat soils as natural-historical formations and the estimation of their profile thickness, the analysis of the genesis of organic soils. Based on the experimental data of long-term studies, it was concluded that peat soils may include the whole peat layer and the upper horizons of the surface mineral soil. The organic and mineral parts of the natural structures were found to be a genetically homogeneous soil profile, which has the same history of development. The upper layer of the peat soils should be considered as the horizon reflecting the contemporary stage of the soil formation. Methods of research of peat soils are given.

Эколого-генетические особенности и диагностика аллювиально-луговых почв сухой субтропической зоны поймы р. Кура Азербайджана

Б.Н. Исмаилов, В.Г. Гасанов, Р.Г. Асланова

*Институт почвоведения и агрохимии Национальной академии наук Азербайджана,
г. Баку, ibahadur@bk.ru*

Работа посвящена изучению экологических условий формирования морфогенетического профиля и усовершенствованию номенклатуры аллювиально-луговых почв поймы р. Куры. Выявлены генетические особенности основных диагностических показателей примитивных, слоистых и темных омергеленных вариантов аллювиально-луговых почв, формирующихся в сухостепной субтропической зоне. Исследованы групповой и фракционный состав гумуса, которые отличаются высокой подвижностью гуминовых кислот. Валовой химический состав показал, что распределение оксидов SiO_2 и R_2O_3 в профиле аллювиально-луговых слоистых почв обусловлено литологией аллювиальных наносов, и в аллювиально-луговых темных омергеленных почвах в условиях щелочного гидролиза значительно уменьшается SiO_2 (41,9–48,7%), а карбонатные формы CaO (16,5–22,8%) наоборот, увеличиваются.

Ключевые слова: диагностика почв, карбонаты, почвенный профиль, пойменные почвы, фракционный состав гумуса, грунтовые воды, аллювиальные наносы.

Почвенный покров речных пойм отличается исключительной пестротой в пространстве, динамичностью во времени. В поймах имеются как наиболее молодые, только что образовавшиеся участки (прибрежные отмели, заросшие водоемы), едва затронутые процессом почвообразования, так и участки относительно большого возраста, уже вышедшие из сферы ежегодной поемности, с отчетливо выраженными признаками зональных черт почвообразования [1].

Река Кура – крупная артерия восточного Закавказья, ширина поймы колеблется от 0,5 до 5,6 км и относительно хорошо разделена на генетические зоны, особенно резко отличаются притеррасные и приустьевно-центральные части поймы. В полевых почвенных работах (2015–2017 гг.) использованы методы «ключевых площадок», и в объекте исследований выделены два характерных участка площадью 12–15 га, в каждом из которых заложено более 10 почвенных разрезов на глубину 1,0–1,5 м и составлены почвенные карты в масштабе 1:2 000. По условиям залегания, характера почвообразовательного процесса и по степени развития генетического профиля аллювиально-луговые почвы поймы р. Куры подразделяются на три подтипа:

1. Аллювиально-луговые примитивные.
2. Аллювиально-луговые слоистые.
3. Аллювиально-луговые темные омергеленные [2, 3].

В качестве основного документа для почвенной картографии, оценки почв, информативной базы в настоящее время используются «Классификация и диагностика почв СССР» [4], Мировая реферативная база (WRB) [5], «Классификация почв России» [6].

Аллювиально-луговые примитивные почвы в основном распространены в прирусловой части поймы р. Кура. В почвах слабогумусированный горизонт (АУ) рыхлый, слоистый и мощность его не превышает 15–20 см. Содержание гумуса в верхних горизонтах не превышает 1,9–2,3%. Для описываемых почв характерен весьма легкий, суглинисто-супесчаный, гранулометрический состав. Содержание физической глины (<0,01 мм) в верхних горизонтах составляет 25,4–32,0%, в средних и нижних горизонтах ее количество уменьшается до 4,5–16,2% (таблица). Почвы эти отличаются слабой карбонатностью ($\text{CaCO}_3 = 5,5\text{--}7,2\%$) и пониженной величиной емкости поглощения (16,2–20,5 ммоль.экв/100 г). Для этих почв характерны следующие слабо развитые генетические горизонты: АУv–АУ–Сl–СD.

Аллювиально-луговые слоистые почвы в основном распространены в центральной части поймы и развиваются в условиях периодического поверхностного (паводкового) и грунтового увлажнения под относительно хорошо развитой лугово-травянистой растительностью. Заметная слоистость и частые явления погребения гумусированных горизонтов ($\text{AU}^h_g = 0,8\text{--}1,2$ м) являются характерным морфологическим признаком для описываемых почв, которые формируются в результате блуждания русла р. Куры. Верхние полуметровые части почв отличаются глинисто-тяжелосуглинистым гранулометрическим составом (<0,01 мм = 44,1–50,8%, <0,001 мм = 6,6–9,2%). Нижние горизонты характеризуются довольно легким гранулометрическим составом (<0,01 мм = 15,0–21,2%, <0,001 мм = 4,8–5,7%). Содержание гумуса в верхних горизонтах составляет 3,4–3,6% и с глубиной уменьшается до 0,8%, но в погребенных гумусированных горизонтах (0,8–1,2 м) возрастает до 2,5–3,0% (таблица). Количество общего азота в гор. АУ = 0,20–0,23%. Почвы характеризуются карбонатностью ($\text{CaCO}_3 = 11,3\text{--}20,1\%$) всего почвенного профиля, и сумма обменных оснований сравнительно высокая (24,1–27,5 ммоль.экв/100 г). Реакция почвенной среды слабощелочная (рН = 7,5–7,8%). Почва характерно следующее строение почвенного профиля: АУv-АУ-В/Сg-АУ^h-Сg

Основные физико-химические показатели аллювиально-луговых почв

№ разреза	Горизонты и глубина, см	Гумус, %	Азот, %	CaCO ₃ , %	Плотный остаток, %	Поглощенные катионы, ммоль. экв 100 г. почвы			рН, вод.	Гранулометрический состав, %, мм	
						Ca ⁺²	Mg ⁺²	Σ		<0,001	<0,01
Аллювиально-луговые примитивные почвы											
212	АУv 0-5	1,92	0,13	5,2	0,11	16,7	4,4	20,5	7,5	6,6	25,4
	АУ 5-16	1,40	0,10	6,8	0,15	15,0	4,4	19,4	7,5	8,7	29,8
	Сlг 16-45	0,85	0,06	6,9	0,14	13,6	5,1	18,7	7,6	8,5	28,0
	Сlг 45-70	0,54	не опр	5,4	0,17	12,8	3,1	15,9	7,7	6,8	23,8
	СD 70-100	0,25	–	6,1	0,13	10,9	2,5	13,4	7,7	1,6	4,5
210	АУv 0-5	2,29	0,16	6,9	0,15	15,3	3,7	19,0	7,5	9,2	32,0
	АУ 5-20	1,73	0,13	5,7	0,13	14,8	3,1	17,9	7,5	7,8	30,8

№ разреза	Горизонты и глубина, см	Гумус, %	Азот, %	CaCO ₃ , %	Плотный остаток, %	Поглощенные катионы, ммоль экв 100 г. почвы			pH, вод.	Гранулометрический состав, %, мм	
						Ca ⁺²	Mg ⁺²	Σ		<0,001	<0,01
	A/C 20-45	0,85	0,06	6,5	0,15	12,4	3,8	16,2	7,5	8,0	34,3
	Clg 45-78	0,63	не опр	7,2	0,16	11,7	3,6	15,3	7,6	7,5	28,1
	Clg 78-95	0,52	–	7,0	0,14	10,2	4,5	14,7	7,7	4,4	16,2
	C/D 95-120	0,31	–	6,3	0,12	8,1	3,7	11,8	7,8	2,7	8,1
213	Аллювиально-луговые слоистые почвы										
	AUv 0-10	3,60	0,23	12,0	0,12	18,7	6,6	25,3	7,4	17,3	44,1
	AUz 10-32	2,41	0,18	11,6	0,16	16,3	7,8	24,1	7,5	15,2	42,7
	B/C 30-55	1,36	0,09	11,9	0,19	15,1	5,4	20,5	7,8	16,0	39,3
	Clg 55-83	0,82	не опр	12,5	0,17	11,3	4,5	15,8	7,9	4,8	21,2
	AU _g ^h 83-115	2,95	–	10,6	0,13	17,2	6,4	23,6	7,6	17,9	42,5
Clg 115-145	0,63	–	11,8	0,10	10,8	4,6	15,4	7,9	3,7	16,2	
215	Аллювиально-луговые темные омергелованные почвы										
	AUv 0-8	3,38	0,20	13,5	0,15	20,1	7,4	27,5	7,5	21,6	50,8
	AUz 8-30	2,34	0,16	12,4	0,13	18,3	6,9	25,2	7,6	17,5	39,3
	B/C 30-58	1,56	0,10	14,0	0,14	16,0	6,1	22,1	7,6	16,3	36,6
	Clg 58-80	0,75	не опр	15,4	0,16	9,3	5,0	14,3	7,8	5,7	15,0
	AU _g ^h 80-110	2,51	–	12,3	0,12	18,2	6,8	25,0	7,5	20,5	46,7
Clg 110-140	0,45	–	8,5	0,08	11,0	4,8	16,4	7,8	7,8	19,5	
224	Аллювиально-луговые темные омергелованные почвы										
	AUv 0-12	6,08	0,30	21,8	0,22	27,2	13,4	40,6	7,8	22,6	58,2
	AUz 12-38	4,92	0,25	23,5	0,34	24,5	12,9	37,4	8,0	23,5	65,6
	A/B 38-62	3,34	0,17	26,4	0,45	21,4	11,3	32,7	8,2	26,9	68,3
	Bg 62-95	2,51	не опр	28,7	0,62	20,0	8,2	28,2	8,5	28,4	72,5
	B/Cg 95-130	1,12	–	30,2	0,54	16,8	7,7	24,5	8,7	20,8	60,7
Cg 130-160	0,81	–	24,8	0,65	13,5	8,3	21,8	8,9	16,9	46,9	
227	Аллювиально-луговые темные омергелованные почвы										
	AUv 0-10	5,20	0,28	18,9	0,18	23,4	14,2	37,6	7,7	24,2	62,5
	AUz 10-35	4,53	0,24	20,3	0,32	21,8	12,7	34,5	7,9	25,6	66,8
	A/B 35-57	3,15	0,16	25,6	0,53	18,0	12,2	30,2	8,2	30,4	70,3
	Bg 57-85	2,18	не опр.	26,7	0,58	16,9	10,9	26,8	8,5	28,3	68,7
	B/Cg 85-118	1,05	–	29,3	0,60	12,7	10,8	23,5	8,6	23,6	59,8
Cg 118-150	0,76	–	32,7	0,56	10,8	8,6	19,4	8,7	19,8	52,6	

Аллювиально-луговые темные омергелованные почвы в основном распространены в комплексе с лугово-болотными почвами и залегают в относительно пониженных элементах рельефа с пышно развитой лугово-травянистой растительностью. В связи с этим перегнойно-аккумулятивные горизонты (AU_v + AU = 40–45 см) описываемых почв характеризуются глинистым гранулометрическим составом (<0,01 мм = 58,2–70,3%) и значительным содержанием перегноя (5,2–6,1%). Мощность гумусированного слоя достигает 70–90 см. Количество общего азота в гор. AU составляет 0,28–0,30%. Почвы характеризуются также довольно

высокой величиной емкости поглощения (37,6–40,6 ммоль.экв/100 г). Исследуемые почвы отличаются весьма высокой карбонатностью, на глубине 80–150 см содержание CaCO_3 достигает 28–33%, что придает омергеленный характер генетическому профилю этих почв. Почвы отличаются слабой степенью засоления, и содержание плотного остатка в нижних слоях составляет 0,53–0,65%. Для них характерна следующая система генетических горизонтов: AUv-AUz-A/Bg-Bmlg-B/Cmlg-Cmlg.

Во фракционно-групповом составе гумуса в аллювиально-луговых слоистых почвах доминирует первая фракция гуминовых кислот (21,4–28,9%) и фульвокислот (16,3–20,2%) и отношение $C_{г.к.}:C_{ф.к.}$ составляет 1,21–1,38. В темных аллювиально-луговых почвах значительно повышается содержание гуминовых кислот (35,3–40,7%) и $C_{г.к.}:C_{ф.к.}$ – 1,54–1,67.

Исследуемые подтипы аллювиально-луговых почв значительно отличаются друг от друга и по валовому химическому составу. Распределение SiO_2 и R_2O_3 в профиле аллювиально-луговых слоистых почв, главным образом, обусловлено литологией аллювиальных наносов и их гумусированностью. Так, в глинистых перегнойно-аккумулятивных (AU = 0–30 см) и погребенных гумусированных горизонтах ($\text{AU}_g^h = 80–115$ см) содержание R_2O_3 составляет 23,9–25,6%, в нижних суглинисто-песчаных горизонтах ($C_g = 90–120$ см) его количество падает до 17,6–19,8%. Противоположный характер имеет распределение содержания кремнезема от поверхности к нижним горизонтам, где количество SiO_2 повышается от 52,3–54,9% до 62,3–65,7%. Анализы аллювиально-луговых темных омергеленных почв указывают на глубокий распад алюмосиликатов в результате щелочного гидролиза в анаэробных условиях, содержание SiO_2 составляет лишь 41,9–48,7%, а карбонатные формы CaO (16,5–22,9%), наоборот, увеличиваются.

Литература

1. Добровольский Г.В. Почвы речных пойм центра Русской равнины. 2-е изд. М.: Изд-во МГУ, 2005. 295 с.
2. Бабаев М.П., Гасанов В.Г., Джафарова Ч.М., Гусейнова С.М. Морфогенетическая диагностика, номенклатура и классификация почв Азербайджана. Баку, 2011. 448 с.
3. Гасанов В.Г. Генетические особенности и диагностика аллювиально-луговых почв речных пойм Азербайджана // Российская сельскохозяйственная наука (Доклад Российской академии с/х наук). М., 2017. № 6. С. 29–34.
4. Классификация и диагностика почв СССР. М.: Колос, 1977. 223 с.
5. World Referents Base for Soil Resource (WRB). Rome, 1998. 91 p.
6. Шишов Л.Л., Тонконогов В.Д., Лебедева И.И., Герасимова М.И. Классификация и диагностика почв России. Смоленск: Ойкумена, 2004. 342 с.

Environmental genetic features and diagnostics alluvial-meadow soils of dry subtropical zone of Kura river floodplain Azerbaijan

B.N. Ismailov, V.H. Hasanov, R.H. Aslanova

In the basis of punctual-field investigations and capacious laboratorial analysis the soil-ecological conditions, genetical features were determined of soil profile and diagnostic index of primitive, schistous, mollic-gleyic, mergelic subtype. Morphoge-

netic and physical chemical properties of soils was described, group and fractional composition of humus was investigated. It was revealed that under the conditions of alkaline hydrolysis of the content of mobile forms of iron and aluminium silicates (41,9-48,7%) are low and carbonate forms CaO (16,5-22,8%) high.

УДК 626.8, 631.47

Геоинформационное картографирование почв и насаждений Главного ботанического сада имени Н.В. Цицина РАН

В.Н. Карминов¹⁻³, О.В. Мартыненко³, П.В. Онтиков⁴, А.Н. Максимова²

¹ Центр по проблемам экологии и продуктивности лесов Российской академии наук,
г. Москва, vnk57@yandex.ru

² Мытищинский филиал Московского государственного технического университета
им. Н.Э. Баумана, г. Мытищи

³ Всероссийский институт повышения квалификации руководящих работников
и специалистов лесного хозяйства, г. Пушкино, martin75@yandex.ru

⁴ Центральный филиал Федерального государственного бюджетного учреждения
«Рослесинфорг», г. Ивanteevka, opr86@mail.ru

В настоящее время ведётся разработка геоинформационной системы Главного ботанического сада РАН им. Н.В. Цицина. В материалах этой статьи освещены вопросы формирования разделов этой ГИС, связанные с почвенным покровом. Рассматриваются вопросы, связанные с выбором программного обеспечения, методиками и технологиями выполненных работ. Созданные разделы ГИС включили в себя архивные материалы, прежде всего, почвенные карты исследований прошлых лет и план лесонасаждений. На основании собранных и оцифрованных архивных материалов была разработана программа почвенного обследования. Вся собранная информация была систематизирована в виде наиболее распространённых электронных форматов представления геоданных и войдёт с единую геоинформационную систему ботанического сада.

Ключевые слова: геоинформационные системы, почвенная картография, почвенная съёмка, почвенное обследование, ГИС РАН.

Главный ботанический сад Российской академии наук им. Н.В. Цицина расположен на северо-востоке Москвы (ГБС РАН). Официальной датой основания ГБС считается 14 апреля 1945 г. Однако, ещё задолго до этого, в рамках общего градостроительного плана развития Москвы существовала программа создания ботанического сада, о чём свидетельствуют архивные документы – эскизные проекты 1940 и 1945 гг., разработанные архитектором И.М. Петровым под руководством академика Н.В. Цицина и академика А.В. Шусева.

Комплексное почвенное обследование территории ГБС РАН было выполнено в рамках совместной работы студентов и преподавателей Мытищинского филиала МГТУ им. Н.Э. Баумана, а также сотрудников ботанического сада.

Подготовительный этап исследования заключался в изучении, систематизации и оцифровке имеющихся архивных материалов, предоставленных сотруд-

никами ГБС РАН. Особый интерес представляли результаты почвенного обследования территории, выполненные в 1947 г. О.А. Вадковской. Разумеется, используемые почвоведомы в те годы классификации отличались от общепринятых в настоящее время, поэтому для адекватного сопоставления результатов обследований прошлых лет и современных работ необходима серьёзная аналитическая работа, которая станет предметом отдельного исследования.

Целью нашей работы была максимальная мобилизация имеющейся информации для оптимального распределения усилий при проведении собственных натуральных исследований. В настоящее время решение подобной задачи наиболее эффективно можно осуществить за счёт привлечения геоинформационных технологий. Активный прогресс в области информатизации науки и производства способствовал серьёзному развитию программного обеспечения и технологий геоинформатики. К сожалению, большинство программных продуктов в этой области относятся к классу проприетарных программ, т.е. требующих оплаты их использования. К сожалению, стоимость лицензии большинства ГИС-программ у лидеров рынка по-прежнему является весьма значительной, что делает их недоступными не только для рядовых пользователей, но и для многих учебных заведений. Однако, в последние несколько лет появилось альтернативное решение в виде программы Quantum GIS, которая разрабатывается под лицензией GNU GPL (универсальная общественная лицензия GNU), является лицензией на свободное программное обеспечение. Особенность Quantum GIS (сокращённо QGIS) в том, что она, обладая интуитивно понятным интерфейсом и стандартным функционалом ГИС, в некоторых аспектах даже превосходит широко распространённые проприетарные аналоги [1].

В настоящее время фокус развития геоинформационных технологий сосредоточен на облачных технологиях и разработках в сфере мобильных приложений. В этом отношении QGIS также находится в рассматриваемом тренде, так как мобильное приложение NextGIS, использованное нами в процессе полевых исследований, разработано на базе технологий и наработок QGIS и полностью с ней совместимо.

Таким образом, указанные моменты оказались решающими в выборе нами связки QGIS/NextGIS в качестве основы для данного исследования.

Нельзя не отметить, что разработка единой геоинформационной системы ГБС РАН была начата нашими коллегами по МФ МГТУ им. Н.Э. Баумана [2–4], и результаты нашей работы будут впоследствии использованы как часть всеобщей базы данных.

В процессе выполнения подготовительного этапа работы в среде QGIS была оцифрована почвенная карта, выполненная от руки. Поскольку, картографическая основа, использованная для составления этой карты, была неидеальна, то процесс геореференцирования отсканированного изображения потребовал кропотливой работы и тщательного изучения особенностей геоморфологии и гидрографии ботанического сада.

Далее был оцифрован и векторизован обзорный план лесонасаждений Главного ботанического сада, составленный в 1988 году. Хотя за прошедший период насаждения претерпели определённые изменения, общий характер рас-

пределения растительности сохранился и мог быть очень полезен для выявления зон первоочередного внимания при полевом обследовании.

По данным архивных материалов, на территории ГБС РАН выделены три основные почвенные разности: дерново-подзолистые почвы, дерново-подзолистые глееватые и дерново-подзолистые глеевые почвы. Помимо дерново-подзолистых почв, которые являются основными почвами сада, на его территории также встречаются перегнойно-глеевые почвы, относящиеся к болотному типу почвообразования, и аллювиально-луговые почвы. По гранулометрическому составу все исследованные почвы относятся преимущественно к средним суглинкам.

Проведённое нами исследование предполагало обследование почвенного покрова, выбор точек опробования для которого осуществлялся по рекомендациям представителей администрации Главного ботанического сада с учётом охвата территории, занимаемой разнообразными растительными формациями.

Таким образом, проведённые исследования были сконцентрированы на участках, отличающихся друг от друга преобладающей древесной породой (дубрава, берёзовое насаждение, сосновое насаждение).

По данным, полученным во время проведённых исследований, было установлено, что преобладающей почвенной разностью Главного ботанического сада являются дерново-подзолистые почвы; в дубравной части ГБС преобладают дерново-слабоподзолистые почвы легко- или среднесуглинистые на морене, в берёзовых насаждениях – дерново-слабоподзолистые среднесуглинистые почвы на морене, а под сосновыми насаждениями встречались две почвенные разности – дерново-слабоподзолистые и дерново-сильноподзолистые среднесуглинистые почвы на морене.

Таким образом, в результате проведённого комплексного обследования геоинформационная система Главного ботанического сада пополнится как архивной информацией, так и новейшими результатами выполненных исследований. Была актуализирована почвенная карта, а результаты исследований почв дополнились информацией об их основных свойствах. Разрабатываемая геоинформационная система позволит осуществлять оперативный мониторинг территории ГБС РАН, а на основе анализа аккумулируемой информации даст возможность производить прогнозирование и стратегическое планирование на длительную перспективу, что особенно актуально в период глобальных климатических изменений и растущей антропогенной нагрузки.

Литература

1. Максимова А.Н., Мартыненко О.В., Карминов В.Н., Онтиков П.В., Минаков Н.М. Возможности ГИС-технологий для рационального использования лесных почв // Вестник Московского государственного университета леса – Лесной вестник. 2016. № 1. С. 112–117.
2. Демидов А.С., Рысин С.Л., Кобяков А.В. Возможности использования ГИС-технологий в работе ботанических садов // Лесохозяйственная информация. 2014. № 4. С. 68–72.
3. Дулина А.А., Кобяков А.В. Принципы создания геоинформационной системы ботанического сада им. Н.В. Цицина // Научно-техническая конференция МФ МГТУ им. Н.Э. Баумана: тезисы докладов. 2017. С. 22–24.

4. Рысин С.Л., Трусов Н.А., Кобяков А.В., Дулина А.А., Гагарин В.А., Кутилин В.А. Опыт разработки современной справочно-информационной системы дендрария на примере ГБС РАН // Тезисы докладов. Институт проблем промышленной экологии Севера КНЦ РАН, Полярно-альпийский ботанический сад-институт КНЦ РАН, Мурманское отделение Русского ботанического общества. 2017. С. 112–114.

Geoinformation mapping of soils and plantations of the Tsytsin Main Botanical Garden of Russian Academy of Sciences

V.N. Karminov, O.V. Martynenko, P.V. Ontikov, A.N. Maximova

At present, the geoinformation system of the Tsytsin Main Botanical Garden of Russian Academy of Sciences. The materials of this article cover the issues of forming sections of this GIS related to soil cover and vegetation. The issues related to the choice of software, methods and technologies of work performed are discussed. Created geoinformation system sections included archival materials, especially the soil map studies of the past and plan forests. On the basis of the collected and digitized archival materials, a program of soil survey. All the collected information has been systematized in the form of the most common electronic formats of geodata representation and will be included with a single geographic information system of the Tsytsin Main Botanical Garden of Russian Academy of Sciences.

УДК 631.417

Соединения железа в агросерых почвах Брянского ополья

И.В. Ковалев, Н.О. Ковалева

МГУ им. М.В. Ломоносова, г. Москва, kovalevmsu@mail.ru, natalia_kovaleva@mail.ru

Состав и характер распределения форм соединений железа в профилях агросерых почв Брянского ополья отражают их полигенетичность. Вторые гумусовые горизонты исследуемых почв отличаются повышенным содержанием всех форм железа, высокими величинами магнитной восприимчивости, высокими значениями отношения железо/ил и величинами удельной поверхности, особенно внутренней, диагностируя дневной характер вторых гумусовых горизонтов в прошлом. Апробирован новый критерий Ван Бодегома, его значения согласуются с величинами критерия Швертманна.

Ключевые слова: валовое, несиликатное, аморфное железо, агросерые почвы, ополье.

Среди почв ополей Русской равнины (Владимирского, Подольско-Коломенского, Пущинского и др.) особняком стоят почвы Брянского ополья, потому что специфический рельеф последнего, самый древний, сформирован еще днепровским оледенением [1]. Именно поэтому он наиболее контрастный, микрозападины и микроповышения не сглажены, как во Владимирском ополье, а гумусовый горизонт превосходит по мощности своих северных аналогов. Различный возраст экспонированных поверхностей наряду с многообразием окислительно-восстановительных обстановок является причиной формирования высокой комплексности почвенного

покрова. Одной из ярких характеристик генезиса почв и развития процессов оксидогенеза в ландшафтах является распределение соединений. Полные сведения о распределении групп и форм соединений железа в агросерых почвах Брянского ополья (куда входит и Трубчевское ополье), сформированных на лёссовых отложениях, до настоящего времени отсутствуют.

Объект исследования – полигенетичные агросерые почвы Трубчевского ополья Брянской области. В катену ($52^{\circ}34'79''$ с.ш., $33^{\circ}38'56''$ в.д.) включены разрезы, сформированные в различных гидрологических условиях: автоморфные агросерые почвы микроповышений водораздела (высота 182 м над уровнем моря); полугидроморфные агросерые почвы со вторым гумусовым горизонтом микрозападин водораздела (высота 175 м над ур. м); гидроморфные агросерые глееватые почвы (по классификации 1977 г. – темно-серая глеевая почва) ложбин стока (высота 142 м над ур. м). Лёссовидные суглинки и лёсс являются материнскими породами наиболее типичных почв Трубчевского ополья [1].

Методы исследования. Измерение валового содержания макроэлементов, в том числе и валового железа, выполнено рентгено-флуоресцентным методом на приборе Tefa-6111. Содержание несиликатного железа (Fed) определено экстракцией дитионит-цитрат-бикарбонатной вытяжкой по методу Мера–Джексона [30], аморфного (Feo) – по методу Тамма оксалатной вытяжкой, железа, связанного с органическим веществом – Feба – пирофосфатным методом (по Баскомбу). Количественное определение всех форм железа выполнено на атомно-абсорбционном спектрофотометре модели 180-80 фирмы «Hitachi» в пламени ацетилен-воздух (предел обнаружения – 0,01 мг/л). Критерий Ван Бодегома: $Fe(II) \text{ биол} = 0.19Feo - 0.028(Fed - Feo)$. Степень оксидогенеза оценивали по удельной магнитной восприимчивости (χ), которую определяли на приборе «Карра Breedg KLY-2».

Результаты и обсуждение. Характерные различия гидрологического режима агросерых почв геохимически сопряженной катены [2] определяют и характер распределения макроэлементов, в том числе содержание и состав соединений железа. Так, из результатов статистической обработки данных по содержанию всех (двенадцати) макроэлементов, определенных в ходе валового анализа, видно, что наибольшее сходство имеют почвы микропонижения и ложбины стока, а по содержанию R_2O_3 – почвы микроповышения и микропонижения водораздельного пространства. Содержание валового железа (таблица) в агросерой почве, находящейся на микроповышении, постепенно убывает с глубиной, что свидетельствует об отсутствии элювиально-иллювиальной дифференциации профиля по общему железу. В агросерой почве со вторым гумусовым горизонтом в микропонижении четко прослеживается уменьшение содержания валового железа во втором гумусовом горизонте. Агросерая глееватая почва отличается уменьшением количества валового железа в два раза в оглеенных минеральных горизонтах по сравнению с верхними гумусированными горизонтами. Таким образом, по результатам содержания валового железа можно диагностировать вторые гумусовые горизонты агросерых почв и оценить влияние оглеения. Другое отличие агросерых почв Трубчевского ополья на микроповышении – отсутствие элювиально-иллювиального типа распределения по профилю не только для аморфного, но для несиликатного железа, а также для железа, связанного с органическим веществом. Характерной особенностью почв Брянского ополья явля-

ется наличие второго гумусового горизонта в агросерых почвах микропонижений. Именно к нему при наименьшем содержании валового железа приурочены наибольшие значения всех форм соединений железа (аморфное, несиликатное, окристаллизованное) и, особенно, железа, связанного с органическим веществом (таблица). Коэффициент корреляции (r) между содержанием Fe_{Ba} и содержанием гумуса в агросерой почве со вторым гумусовым горизонтом составляет 0,90 (при $P = 0,99$). Это обусловлено не только более тяжелым гранулометрическим составом почв (таблица), повышенным содержанием углерода в них [2], но и качественным составом гумуса, в частности его гуматностью, высокой ароматичностью гуминовых кислот, значительным содержанием фенольных соединений и жирных кислот, как показано нами ранее [2]. Профильное распределение величин отношения содержания несиликатного железа к количеству илистой фракции ($Fd / ил$) позволяет высказать гипотезу о природе второго гумусового горизонта (таблица).

Формы соединений железа в агросерых почвах Брянского ополя, %

Горизонт, глубина, см	Fe_2O_3 , (Fe)	Вытяжка Мера-Джексона, (Fe_d)	Вытяжка Гамма, (Fe_o)	По Баскомбу (Fe_{Ba})	Fe_o/Fe_d	Fe(II) биол.	$Fe_d / ил$	$\chi_{обр. ср.} \cdot 10^{-6}$ СГСМ	<0,001 мм, %
Агросерая почва на микроповышении									
Ap, 0–30	2,80	0,51	0,09	0,03	0,18	0,006	0,06	31,5	8,6
Ae, 30–35	3,52	0,59	0,08	0,02	0,13	0,001	0,07	31,5	7,7
Eb, 36–46	3,05	0,52	0,07	0,01	0,13	0,000	0,05	21,1	10,0
B1, 46–85	2,85	0,46	0,06	0,02	0,13	0,000	0,03	19,5	15,9
B2, 85–99	2,62	0,27	0,05	0,04	0,19	0,003	0,03	16,8	10,0
Bc, 99–120	2,37	0,21	0,04	0,04	0,21	0,004	0,03	17,1	6,5
Агросерая почва со вторым гумусовым горизонтом в микропонижении									
Ap, 0–30	2,84	0,47	0,17	0,05	0,36	0,024	0,04	16,1	12,8
Ae, 30–50	2,91	0,48	0,19	0,06	0,39	0,028	0,05	11,3	9,4
A[hh], 50–85	2,50	0,51	0,18	0,09	0,35	0,025	0,03	19,4	19,3
Eb[hh], 85–125	2,53	0,45	0,14	0,05	0,34	0,043	0,45	13,2	1,0
Eb, 12–140	2,71	0,46	0,15	0,03	0,33	0,020	0,09	13,9	5,1
B, 140–175	2,71	0,46	0,11	0,00	0,24	0,011	0,04	8,7	10,4
C, 175–220	2,95	0,51	0,10	0,01	0,20	0,008	0,05	11,0	9,4
Агросерая глееватая почва в ложбине стока									
Ap _g ² , 0–40	2,44	0,58	0,16	0,03	0,28	0,019	0,05	10,5	12,5
A[hh]g ² , 40–60	2,41	0,58	0,16	0,04	0,27	0,018	0,03	10,3	21,1
Aeg ² , 60–80	1,24	0,15	0,05	0,04	0,30	0,006	0,01	3,0	28,1
G, 80–110	1,61	0,24	0,03	0,04	0,14	0,001	0,01	2,7	29,0

Примечание. Fe_o/Fe_d – коэффициент Швертманна; Fe(II) биол. – критерий Ван Бодегома; $\chi_{обр. ср.} \cdot 10^{-6}$ СГСМ – магнитная восприимчивость.

То есть, несмотря на рыхлое сложение вторых гумусовых горизонтов, их максимальную пористость, минимальную плотность [1], минимальные значения соотношения $Fe_d / ил$ позволяют считать вторые гумусовые горизонты водоупорами для вышележащих слоев. Резкое изменение гранулометрического состава почв и конфигурации порового пространства на границе дневного и погребенного гумусовых горизонтов свидетельствует об их различном генезисе и создает эффект жаменовских цепочек.

Именно к этой границе раздела разновозрастных толщ приурочено и резкое уменьшение величин вертикальной водопроницаемости, определенной методом Хануса [1]. По-видимому, позднеголоценовые процессы накопления подвижных форм соединений железа и илистой фракции, приуроченные ко второму гумусовому горизонту, обусловлены их миграцией в гумидные периоды и наложены на ранее сформированный дневной гумусовый горизонт атлантического возраста. Действительно, радиоуглеродный возраст по ^{14}C гумусовых горизонтов агросерых почв Трубчевского ополья в районе исследований, по нашим данным, составил: 2770 ± 120 л. н. для поверхностного гумусового горизонта и 6690 ± 110 л. н. – для второго гумусового горизонта.

Заключение. Состав и характер распределения форм соединений железа в профилях агросерых почв Брянского ополья отражают их полигенетичность, диагностируя дневной характер вторых гумусовых горизонтов в прошлом. Изменение величин магнитной восприимчивости в почвенно-лѣссовых сериях Брянского ополья позволяют отделить этапы педогенеза от этапов экзогенеза. Характер распределения содержания аморфного железа и “окристаллизованного” железа, величин критерия Швертманна по профилю исследуемых почв позволяют диагностировать степень избыточного гидроморфизма в почвах поверхностного типа увлажнения. Однако закономерного для почв южной тайги увеличения их значений в почвах ложбин стока с грунтовым типом увлажнения не наблюдается. Использование критерия Ван Бодегома в целях диагностики степени гидроморфизма почв по содержанию форм соединений железа возможно наряду с критерием Швертманна для почв, развитых на покровных лессовидных суглинках и лѣссах, и предпочтительнее – для оглеенных почв. Установлена корреляция между содержанием илистой фракции и содержанием форм соединений железа, связанных с органическим веществом, в почвах грунтового увлажнения, в автоморфных почвах водораздела – она отсутствует.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФ № 17-14-01120, в рамках госзадания МГУ № 116122810020-6; № 117031410017-4.

Литература

1. Kovaleva N.O., Kovalev I.V. Solid phase characteristics of the greyzemic phaeozems albic as areflection of their polygenesis (bryansk region, russia) // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2019. Vol. 368, № 1 (012025). P. 1–10.

2. Ковалев И.В., Ковалева Н.О. Биохимия лигнина в почвах периодического переувлажнения (на примере агросерых почв ополей Русской равнины // Почвоведение. 2008. № 10. С. 1205–1216.

Iron compounds in agro-gray soils of the Bryansk Opole

I.V. Kovalev, N.O. Kovaleva

The composition and distribution of iron compounds forms in the profiles of agrogray soils (Greyzemic Phaeozems) of the Bryansk opolye reflect their polygenicity. The second humus horizons of the studied soils are characterized by high content of all forms of iron, high values of magnetic susceptibility, high values of the iron/silt ratio, and high values of the specific surface, especially internal, diagnosing the daily nature of the second humus horizons in the past. A new van Bodegom criterion has been tested and its values are consistent with the values of the Schwertmann criterion.

Микробоценозы лесных почв Центральной Якутии

Н.П. Кузьмина, С.В. Ермолаева, А.П. Чевычелов

Институт биологических проблем криолитозоны СО РАН, г. Якутск, erel1982@mail.ru

Впервые изучены количество и состав основных эколого-трофических групп микроорганизмов, их характер распределения по почвенному профилю исследованных мерзлотных почв, сформированных в окрестностях г. Якутск, на территории Якутского ботанического сада под лесной растительностью в условиях криаридного климата. Проведен корреляционный анализ зависимости численности микроорганизмов от гидротермических и химических параметров данных почв.

Ключевые слова: мерзлотные лесные почвы, микроорганизмы, мицелиальные грибы, актиномицеты, эколого-трофические группы микроорганизмов, Центральная Якутия.

Целью настоящего исследования являлось изучение распределения микробной биомассы по профилю мерзлотных лесных почв Якутского ботанического сада Центральной Якутии и выявление корреляции между различными параметрами, характеризующими состояние микробного комплекса.

Площадь исследованной территории Якутского ботанического сада составляет около 100 га. В геоморфологическом отношении данная территория приурочена к II надпойменной террасе р. Лена, в пределах расширенной части долин этой реки, называемой «Туймаада». Здесь абсолютно преобладают луговые и степные ландшафты, чередующиеся по микроповышениям рельефа с разреженными остепненными сосняками, а по микропонижениям – с травяными березняками (чаранами).

Приведем краткие географические и морфологические характеристики исследуемых лесных почв Центральной Якутии. Разрез 1БС-18 заложен в микропонижении – западине, на контуре смешанного сосново-березового леса разнотравно-кустарничкового. Морфологическое строение профиля: $A_0A_1(0-4) - A_1A_2(4-8) - A_2(8-24/29) - B_{1S,Ca}(24/29-42/48) - B_{2Ca}(42/48-66) - BC_{Ca}(66-86) - C_{Ca}(86-102)$ см). Почва: солодь. Разрез 2БС-18 заложен на микроповышениях в смешанном сосново-березово-лиственничном лесу с разреженным мохово-кустарничковым напочвенным покровом. Строение профиля: $A_0(0-4) - A_0A_1(4-12) - A_2(12-16/18) - B_{Fe}(16/18-34/37) - B_{h,Fe}(34/37-52) - BC_{Fe}(52-75)$. Почва: подзол иллювиально-гумусово-железистый. Разрез 5БС-18 заложен на контуре искусственного ельника разнотравно-зеленомошного. Морфологическое строение профиля: $A_0(0-5) - A_0A_1(5-8) - A(8-26) - AB_{Ca}(26-37) - B_{Ca}(37-72) - BC(72-86) - C_{\downarrow}(86-102)$ см). Почва: мерзлотная перегнойно-карбонатная. Разрез 8ВС-18 заложен в неглубоком плоском микропонижении, в березовом кустарничковом злаково-разнотравном лесу. Строение профиля: $A_0(0-3) - A_0A_1(3-8) - A(8-24) - AB(24-40) - B_{Ca}(40-62) - BC(62-100) - C(100-110)$ см). Почва: палевая серая. Разрез 11БС-18 заложен в нижней части склона коренного берега р. Лена в сосняке мертвопокровном. Морфологическое строение профиля: $A_0A_1(0-3) - A_1A_2(3-8) -$

[A1pir](8–11) – A₂(8–28/33) – B_{fe}(28/33–54) – BC_{fe}(54-72) – C(72–102 см). Почва: подзол иллювиально-железистый.

Состав и свойства почв изучались по стандартным методам, принятым в почвоведении [1–3]. Пробы для микробиологических исследований отбирали по стандартной методике. Численность микроорганизмов определяли методом посева на селективные питательные среды [4]. Статистическая обработка материалов проводилась по стандартной программе EXCEL 2000 (пакет программ Windows).

По результатам микробиологического анализа, в исследованных лесных почвах ботанического сада в 2019 г численность микроорганизмов колебалось от 10^3 до 10^6 КОЕ/г почвы. Столь незначительное количество микроорганизмов, по сравнению с данными предыдущих исследований по почвам Якутии [5, 6], можно объяснить тем, что лето 2019 г. оказалось крайне засушливым и жарким. Тем не менее, наиболее богатой микроорганизмами оказалась перегнойно-карбонатная почва разреза 5 БС-18 под ельником (таблица). В микрофлоре данной почвы доминировали мицелиальные микроорганизмы, т.е. грибы ($2,5 \times 10^6$ КОЕ/г) и актиномицеты ($2,4 \times 10^6$ КОЕ/г) в верхнем органогенном горизонте А0А1. Такое скопление мицелиальных микроорганизмов связано с высоким содержанием гумуса (81,3%), N (1,04%) и слабокислым, по сравнению с нижележащими горизонтами, значением рН (6,4). Ведь, как известно, актиномицеты играют ключевую роль в образовании гумуса в почвах. Они, образуя споры, могут развиваться даже при низкой влажности и кислом значении рН [7]. Аэробные свободноживущие азотфиксаторы были обнаружены только в этой перегнойно-карбонатной почве, а целлюлозолитические микроорганизмы были во всех исследованных почвах и максимальное количество отмечено также в данной почве (таблица). Второе место по численности микроорганизмов занимает подзол. В микробоценозе подзола также преобладали мицелиальные грибы. Их наибольшее содержание 1×10^6 КОЕ/г обнаружено в верхнем органогенном горизонте А0А1. Третье место занимает палевая серая почва разреза 8БС-18, также с максимальным содержанием мицелиальных грибов ($9,03 \times 10^5$) в горизонте А1, где значение рН также оказалось слабокислым. В микрофлоре солоды (разрез 1БС-18) преобладали аммонифицирующие бактерии (4×10^5 КОЕ/г) в верхнем горизонте. И на последнем месте микробоценоз подзола иллювиально-железистого (разреза 11БС-18), с максимальным содержанием мицелиальных грибов ($2,1 \times 10^5$) (таблица).

Таким образом, общая численность микроорганизмов лесных почв ботанического сада возрастает в ряду: подзол иллювиально-железистый → солода → палевая серая → подзол иллювиально-гумусово-железистый → перегнойно-карбонатная. В микробном пуле лесных почв преобладали микроскопические мицелиальные микроорганизмы (мицелиальные грибы и актиномицеты). По данным авторов [8], летом максимальна численность грибов, а не бактерий, поздней осенью преобладание грибов над бактериями слабее, весной больше бактерий, чем грибов. Отмечается низкая бактериальная численность во время летних месяцев в течение трех лет наблюдений, что, впрочем, совпадает с низкими значениями влажности почвы [9]. Корреляционный анализ между численностью и гидротермическими показателями, а также химическими свойствами почв показал, что в лесных почвах элювиального ряда (разрезы 1 БС-18 и 2БС-18) наблюдалась высокая зависимость от влажности и гумуса.

**Численность основных эколого-трофических групп микроорганизмов
в лесных почвах ботанического сада, июль, 2019 г. (КОЕ/г)**

Почвенные разрезы	Глубина, см	Темпер. t ⁰ С	Влажность %	Аммонификаторы	Олигонитрофилы	Актиномицеты	Грибы	Целлюлолитики	Азотфиксаторы, %
Р-1БС-18	4–12	16,8	12,1	4,0 × 10 ⁵	4,0 × 10 ⁴	1,9 × 10 ⁵	4,2 × 10 ⁴	7,8 × 10 ³	0
	12–18	12,8	11,5	3,0 × 10 ⁵	1,4 × 10 ⁵	3,2 × 10 ⁵	2,9 × 10 ⁵	2,2 × 10 ³	0
	38–48	10,2	18,6	1,7 × 10 ⁵	1,3 × 10 ⁵	3,9 × 10 ⁵	4,9 × 10 ⁴	8,6 × 10 ²	0
	48–58	6,9	11,6	8,5 × 10 ⁴	6,8 × 10 ⁴	2,5 × 10 ⁵	5,0 × 10 ⁴	–	–
	70–80	3,9	16,0	5,3 × 10 ⁴	–	1,1 × 10 ⁴	–	–	–
	90–100	1,1	18,0	3,0 × 10 ⁴	9,1 × 10 ³	1,5 × 10 ⁴	–	–	–
Р-2БС-18	4–12	13,8	22,0	6,4 × 10 ⁵	4,8 × 10 ⁵	5,5 × 10 ⁵	1,0 × 10 ⁶	1,3 × 10 ²	0
	12–18	9,4	9,3	1,8 × 10 ⁵	4,1 × 10 ⁴	2,2 × 10 ⁵	1,6 × 10 ⁵	4,4 × 10 ²	0
	20–30	8,6	4,9	1,0 × 10 ⁵	–	9,5 × 10 ⁴	3,1 × 10 ⁴	2,1 × 10 ²	0
	48–58	5,2	7,2	1,2 × 10 ⁵	4,1 × 10 ⁴	3,2 × 10 ⁴	5,6 × 10 ⁴	1,0 × 10 ²	0
	80–90	2,5	11,7	5,0 × 10 ⁴	3,3 × 10 ⁴	3,4 × 10 ⁴	2,5 × 10 ⁴	–	–
Р-5БС-18	5–8	10,6	15,3	1,5 × 10 ⁶	1,0 × 10 ⁶	2,4 × 10 ⁶	2,6 × 10 ⁶	8,3 × 10 ³	98,7
	10–20	8,9	17,0	1,3 × 10 ⁵	1,0 × 10 ⁶	1,3 × 10 ⁶	7,4 × 10 ⁵	1,8 × 10 ³	98,0
	26–36	7,4	15,9	1,7 × 10 ⁵	3,6 × 10 ⁵	2,0 × 10 ⁵	6,2 × 10 ⁴	3,0 × 10 ²	2,0
	50–60	5,1	8,9	1,2 × 10 ⁵	1,0 × 10 ⁵	7,7 × 10 ⁴	7,4 × 10 ⁴	–	–
	75–85	2,3	3,4	1,5 × 10 ⁴	4,7 × 10 ⁴	3,9 × 10 ⁴	7,7 × 10 ³	–	–
Р-8БС-18	10–20	9,9	11,2	5,0 × 10 ⁵	4,4 × 10 ⁵	4,7 × 10 ⁵	9,0 × 10 ⁵	1,2 × 10 ³	1,0
	30–40	8,1	18,8	3,9 × 10 ⁵	4,8 × 10 ⁵	4,8 × 10 ⁵	3,6 × 10 ⁵	2,0 × 10 ³	0
	45–55	6,6	14,2	6,1 × 10 ⁴	1,6 × 10 ⁵	1,1 × 10 ⁵	2,6 × 10 ⁴	3,5 × 10 ²	0
	75–85	5,1	15,9	4,5 × 10 ⁴	8,0 × 10 ⁴	9,8 × 10 ⁴	5,3 × 10 ⁴	–	–
	100–110	4,2	14,3	3,5 × 10 ³	2,6 × 10 ⁴	1,7 × 10 ⁴	1,7 × 10 ⁴	–	–
Р-11БС-18	3–8	14,0	5,1	2,0 × 10 ⁵	6,8 × 10 ⁴	1,4 × 10 ⁵	2,1 × 10 ⁵	2,3 × 10 ³	0
	8–33	12,3	1,8	8,1 × 10 ⁴	2,5 × 10 ⁴	6,6 × 10 ⁴	1,2 × 10 ⁵	0	0
	33–54	9,7	2,3	3,5 × 10 ⁴	1,5 × 10 ⁴	2,0 × 10 ⁴	2,0 × 10 ⁴	5,1 × 10	0
	54–72	7,5	2,8	3,6 × 10 ⁴	5,4 × 10 ⁴	1,5 × 10 ⁴	3,0 × 10 ⁴	–	–
	72–102	5,6	9,0	2,4 × 10 ⁴	8,2 × 10 ³	6,6 × 10 ⁴	1,7 × 10 ⁵	–	–

Примечание. «–» – не исследовано; «0» – не обнаружено.

В трёх остальных почвах (разрезы 5БС-18, 8БС-18 и 11БС-18) отмечены высокие показатели зависимости от температуры, гумуса и общего азота. Как известно, в мерзлотных почвах решающее влияние на число микроорганизмов могут оказывать одновременно как температура, так и влажность, поскольку в условиях криолитозоны в течение вегетационного периода они сильно варьируют.

Литература

1. Роде А.А. Система методов исследования в почвоведении. Новосибирск: Наука, 1971. 92 с.
2. Розанов Б.Г. Морфология почв. М.: МГУ, 1983. 320 с.
3. Аринушкина Е.В. Руководство по химическому анализу почв. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1970. 488 с.
4. Методы почвенной микробиологии и биохимии / под ред. Д.Г. Звягинцева. М.: Изд-во МГУ, 1991. 304 с.

5. Иванова Т.И. Структура и динамика активности микробных сообществ мерзлотных почв Центральной и Южной Якутии: автореф. дис. ... канд. биол. наук. Улан-Удэ, 2006.
6. Иванова Т.И., Кузьмина Н.П., Чевычелов А.П. Численность микроорганизмов и уровни микробиологической активности мерзлотных антропогенно-трансформированных палевых почв Якутии // Почвоведение. 2008. № 11. С. 1371–1380.
7. Калакуцкий Л.В., Шарая Л.С. Актиномицеты и растения // Успехи микробиологии. 1990. Т. 25. С. 26–65.
8. Никитина З.И., Антоненко А.М., Барыкова Ю.Н., Напрасникова Е.В. Микробная биомасса в почвах природных экосистем Сибири // Почвоведение. 1982. № 11.
9. Гейдебрехт В.В. Распределение микроорганизмов по профилю почв разных типов: автореф. дис. ... канд. биол. наук. М., 1999.

Microbial coenoses of forest soils of the Central Yakutia

N.P. Kuzmina, S.V. Ermolaeva, A.P. Chevychelov

The number and composition of the main ecological-trophic groups of microorganisms, their distribution pattern along the soil profile of the studied permafrost soils formed in the vicinity of Yakutsk, on the territory of the Yakutsk botanical garden under forest vegetation in a cryoarid climate, were studied for the first time. A correlation analysis was conducted to reveal the dependence of the number of microorganisms on the hydrothermal and chemical parameters of these soils

УДК 631.4

Микротопография контролирует процессы осветления и проградации подтаежных почв в ареалах традиционного землепользования крестьян

С.В. Лойко^{1,2}, Л.И. Герасько¹, Д.М. Кузьмина¹,
Ю.Э. Юркова¹, С.П. Кулижский¹

¹ Национальный исследовательский Томский государственный университет,
г. Томск, s.loyko@yandex.ru

² Томский научно-исследовательский и проектный институт нефти и газа, г. Томск

400-летняя история использования в сельском хозяйстве серых лесных почв Томского подгородного стана, несомненно, оставила отпечаток на морфологическом строении почв и изменило характер элементарных почвенных комбинаций. Однако детали этого влияния до конца не изучены. Для решения этого вопроса нами проведено сравнение микрокомбинаций почв длительно-лесных территорий и смежных крестьянских угодий. Исходная микроструктура почвенного покрова характеризовалась распространением в нагорных ложбинах почв с заметно более темным гумусовым горизонтом, в сравнении с почвами микроводоразделов. Вовлечение этих почв в активное использование крестьянами привело к активизации процессов осветления гумусового профиля в ложбинах и его проградации на микроводоразделах, что привело к конвергенции микрокомбинаций почвенного покрова.

Ключевые слова: серые лесные почвы, подтайга, традиционное крестьянское природопользование.

В ходе исследований предгорной подтайги юго-востока Западной Сибири (юг Томской области) и низкогорной черневой тайги, контактирующей с подтайгой на абсолютных высотах 180–200 м, нами замечен следующий феномен для автономных микрокомбинаций серых лесных почв. В ряде лесов в ложбинах залегают серые и темно-серые почвы, в то время как на прилегающих микроводоразделах встречаются светло-серые или серые почвы. То есть почвы ложбин темнее, чем почвы микроводоразделов. Речь идёт о верховьях ложбин, в условиях отсутствия воздействия грунтовых вод, а также быстрого оттока весенних вод. Это нагорные ложбины высоких междуречных увалов. Вместе с тем вне этих лесов, в таких же самых лито-геоморфологических условиях, распространены более схожие пары почв в автономных микрокомбинациях. Леса, в которых обнаружены такие контрастные комбинации, это (1) старовозрастные припоселковые кедровники, (2) леса с доминированием крупных осин и видами высокотравной эколого-ценотической группы в травяном ярусе на границах крестьянских дач, административных районов и бывших волостей, а также (3) низкогорная черневая тайга. То есть это всё леса, в которых не было сплошного сведения или сильного изреживания древостоя в результате выпаса, распашки, сенокосения. Такие старовозрастные леса распространены среди пашен и молодых залежей и березово-сосновых разнотравно-злаковых подтаежных лесов, ранее являвшихся пахотными угодьями крестьян, либо парковыми лесами для выпаса и сенокосения.

Анализ литературных источников [1, 2] по Европейской России показывает, что постагrogenных лесах почвенные микрокомбинации также малоконтрастны. Обычно на микроводоразделе и в ложбине залегают один и тот же тип почв, различаются они мощностью гумусового и гумусово-элювиальных горизонтов. Но, конечно же, бывают и исключения, например, почвенный покров современных агроландшафтов Владимирского ополья [3].

В старовозрастных лесах Калужских Засек была встречена ситуация, аналогичная подтайге Западной Сибири, – дерново-подзолистые почвы контактировали с темногумусовыми [4]. Всё это побудило нас проверить гипотезу о том, что ходе традиционного крестьянского землепользования на юге Томской области цветовые свойства почв разных форм микрорельефа сближаются. То есть если исходно на микроводоразделе была дерново-подзолистая почва, а в ложбине темно-серая слабogleеватая, то после нескольких сотен лет сформируется микрокомбинация светло-серой и серой почвы, либо ещё более однородная комбинация двух серых почв с дважды более мощной осветленной толщей в ложбине.

Данная гипотеза была проверена на примере двух землепользований неподалеку от Томска (деревня Большое Протопопово и урочище Конево на месте бывшей деревни на севере Кемеровской области). Общим является наличие припоселкового кедровника, внутри которого распашки были локальными, возможно с подсечно-огневой расчисткой, скорее всего в начале XVIII в. Судя по определению возраста самых старых кедров и имеющимся картам на начало XIX в., кедровники существуют более 200 лет.

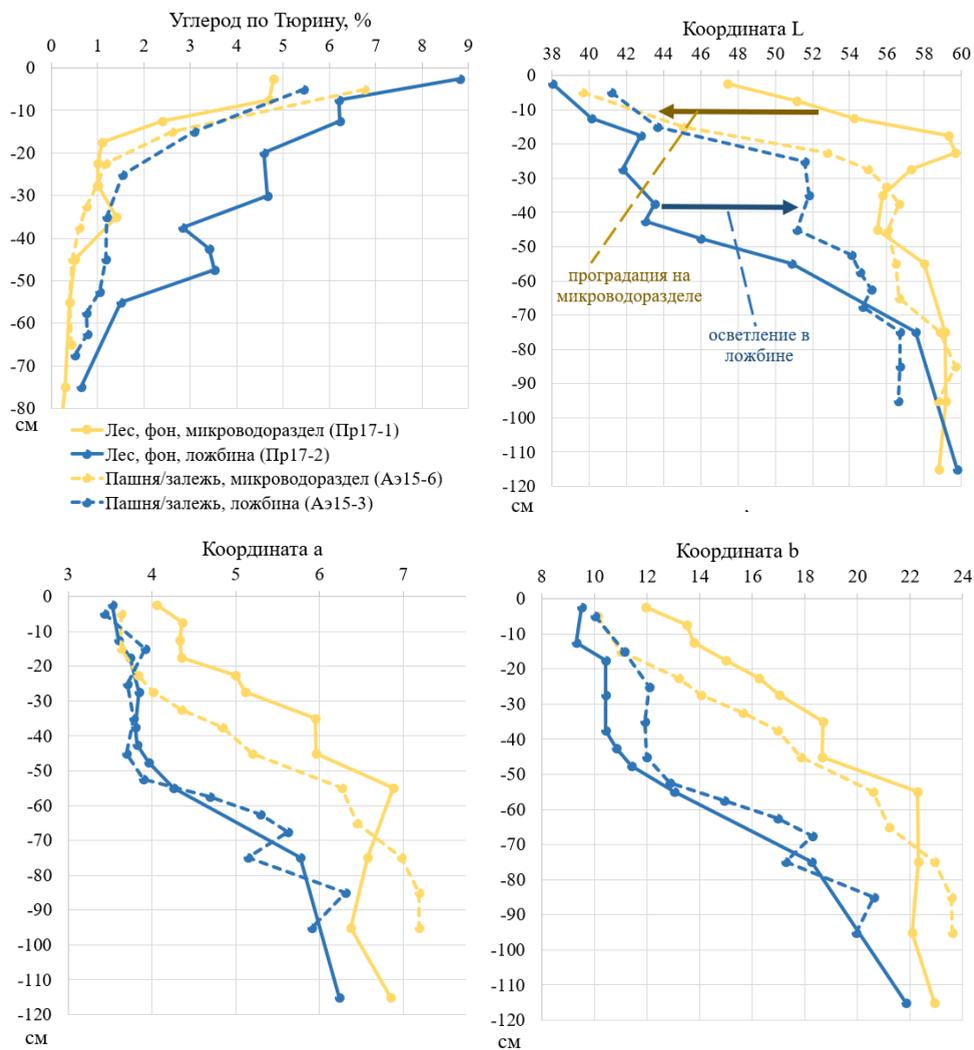


Рис. 1. Содержание углерода органических соединений по методу И.В. Тюрина и параметры цветности профиля в координатах CIE lab в почвах у д. Протопопово

И хотя, в силу характера использования этих лесов, в них мало осины, индикатора длительно-лесного статуса территории, эти леса и их почвы являются наименее измененными автономными экосистемами в густонаселённых подтаежных лесах. В припоселковых кедровниках Большого Протопопово и Конево было заложено две пары разрезов. Один разрез в паре был приурочен к узкому микроводоразделу, второй к верховью ложбины. Этим фоновым почвам были подобраны пары почв вне припоселковых кедровников. В Конево была выбрана 20-летняя залежь, которая в советское время была пашней, а в царское время использовалась то в качестве пашни, то сенокоса. Вблизи Большого Протопопово выбран постагрогенный 110–120-летний парковый березово-сосновый с примесью лиственницы лес, выросший на

сенокосном лугу. Данная территория ранее интенсивно использовалась в хозяйстве, особенно сильно в XVIII в., будучи наиболее близким полем к деревне.

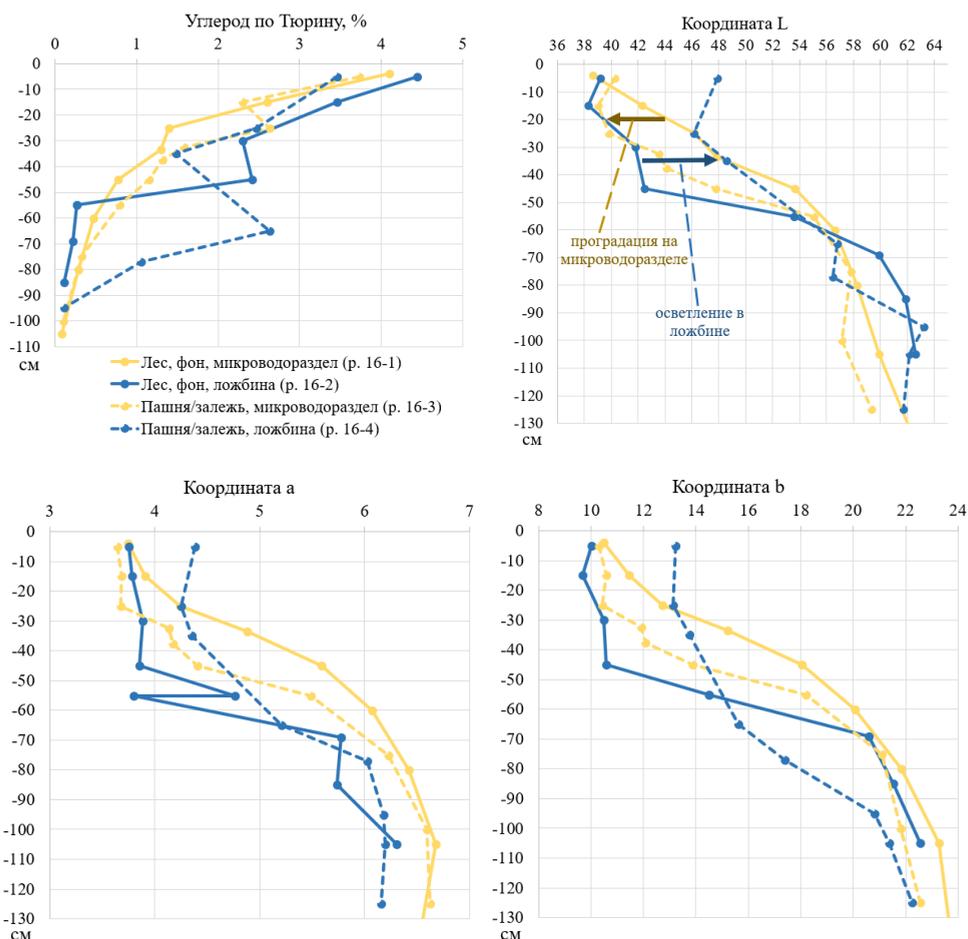


Рис. 2. Содержание углерода органических соединений по методу И.В. Тюрин и параметры цветности профиля в координатах CIE lab в почвах вблизи бывш. Д. Конево

Отметим, что со второй половины XIX в. подгородный Томский стан перестает быть сельскохозяйственным анклавом, население переспециализируется с производства хлеба на промыслы, отчего вблизи города возникает много залежей. Микропогографические позиции разрезов были аналогичны фоновым участкам.

Заложенные пары разрезов сравнивались по содержанию углерода и профильному распределению цветовых координат CIE lab. Результаты выполненных анализов приведены на рис. 1, 2. Видно, что общим для почв микродоразделов является небольшое увеличение содержания углерода после преобразования коренного леса. Более заметна проградация по уменьшению показателя светлоты L, т.е. почвы темнеют. Иная картина складывается в почвах ложбин, в которых по-

сле ввода ареала почв в эксплуатацию, содержание углерода падает, а окраска светлеет, интенсифицируется оподзоливание.

Вслед за изменением содержания и качественного состава органического вещества меняются и координаты а и b, связанные с несилкатными формами железа. Нижние части исследованных профилей остаются наиболее стабильными, а наиболее подвержены изменениям средние части профилей.

Отмеченные изменения могут быть объяснены следующим образом. Запашки крестьян существовали обычно несколько лет, после чего на десятилетия могли переходить в состояние покосов, дровяного леса, либо места для выпаса. Сохранялся лесолуговой облик ландшафта, а в ложбинах скорее всего не пахали. Поэтому в подтаежном угодье на микроводоразделах возрастала корневая биомасса, а почвы «темнели». Ложбины в таких условиях сильнее переувлажнялись, так как покосы, распашка, общее снижение эвапотранспирации микросопряжения способствуют более быстрому скатыванию воды в ложбину, более длительному застаиванию верховодок, сезонному оглеению и, как следствие, деградации темного гумуса.

Отмеченные процессы способствовали осветлению исходно более темных почв ложбин и потемнению исходно более светлых почв микроводоразделов, а значит их цветовой конвергенции. Полученные результаты подтверждают исходную гипотезу. Отметим, что такие закономерности не характерны для индустриального сельского хозяйства, так как быстрые эрозионно-аккумулятивные процессы не дают проявиться описанным медленным внутрипочвенным процессам.

Исследование выполнено при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект № 18-34-20129-мол_а_вед).

Литература

1. Шершукова Г.А., Павлова Т.И. Элементарные структуры почвенного покрова целинных дерново-подзолистых почв Смоленско-Московской и Вологодской возвышенностей // Бюл. Почв. ин та им. В.В. Докучаева. 1975. Вып. VIII. С. 17–47.
2. Почвенный покров Нечерноземья и его рациональное использование / Л.П. Ильина, М.С. Симакова, Р.П. Михайлова и др.; отв. ред. В.М. Фридрих, Р.П. Михайлова. М.: Агропромиздат, 1986. 244 с.
3. Минаев Н.В. Цифровая модель почвенно-ландшафтных связей Владимирского ополья: автореф. дис. ... канд. биол. наук. М., 2020. 23 с.
4. Бобровский М.В., Лойко С.В. Возраст и особенности генезиса темногогумусовых почв «Калужских Засек» // Вестник Московского университета. 2019. Серия 5. География. № 5. С. 108–117.

The influence of traditional peasant land use on the accumulation of soil carbon in the subtaiga of Western Siberia is controlled by microtopography S.V. Loiko, L.I. Gerasko, D.M. Kusmina, J. E. Yurkova, S.P. Kulizhsky

The 400-year history of peasant agriculture near Tomsk had a strong influence on the morphology of the Albic and Greyzemic Phaeozems. The microtopographic features of soil distribution also changed noticeably. The details of the influence of peasants on soils remain poorly studied for the south of Siberia. To resolve this issue, we compared the soils of long-term forest areas and adjacent peasant lands. Under the old-growth forests in the relief depressions, the mollic horizons had a

lower lightness than the mollic horizons at microtopographic elevations. The transformation of forests into peasant lands led to an increase in the lightness of the mollic horizons in the microtopographic depressions Greyzemic Phaeozems passed into Albic Phaeozems or Albic Luvisols). At microtopographic elevations, the lightness of the mollic horizons decreased.

УДК 631.4

Черноземные почвы степных низкогорий (на примере кластера «Оглахты», заповедника «Хакасский»)

Т.А. Марон, А.В. Родикова

Национальный исследовательский Томский государственный университет, г. Томск

Рассмотрены особенности формирования черноземных почв низкогорного массива Оглахты Минусинской межгорной котловины. Охарактеризованы основные свойства распространенных в пределах изучаемого заповеданного участка выщелоченных и обыкновенных черноземов, а также лугово-черноземных почв, как правило высокогумусных среднемоющих и карбонатных.

Ключевые слова: *почвы степей, черноземные почвы.*

Термин «черноземные почвы» не относится к классификационным выделам и применяется в литературе для наименования группы почвенных типов, схожих с черноземами. В пределах изучаемого участка «Оглахты», относящегося в орографическом плане к Минусинской впадине, это объединение собственно черноземов и лугово-черноземных почв, сформированных в условиях степного низкогорья с элементами экспозиционной лесостепи (рис. 1).

Почвы описываемой территории, ввиду их особого расположения, в целом промерзают на меньшую глубину, чем почвы степи центральной части Минусинской впадины, так как в рассматриваемом районе определенным отепляющим эффектом оказывает близость реки Енисей. Однако, следует учитывать, что большая часть описываемых в данной работе объектов исследования приурочена к склонам, обращенным на север и северо-восток, что в совокупности с наличием древесной растительности и пологими склонами, обуславливает своеобразные, более низкие значения радиационного баланса и несколько иные почвенные режимы: температурный и водный. Соответственно, данные факторы в весенне-летний период способствуют длительной сохранности сезонной мерзлоты.

Медленное оттаивание деятельного слоя в пределах глубинных горизонтов способствует накоплению влаги в почвенном профиле и ее частичному внутрпочвенным стоку вниз по склону. В морфологии это проявляется в виде слабой глееватости нижних надмерзлотных горизонтов, некоторой выщелоченности от карбонатов и появления их миграционных форм. Отмеченное еще К.П. Горшениным [2] позднее прогревание почв весной, особенно на затененных склонах, обуславливает

запоздалое пробуждение микробиологической деятельности и задержку в развитии растений. В связи с этим минерализация гумусовых веществ протекает менее интенсивно, чем в степной зоне, и формируется более грубый гумус.

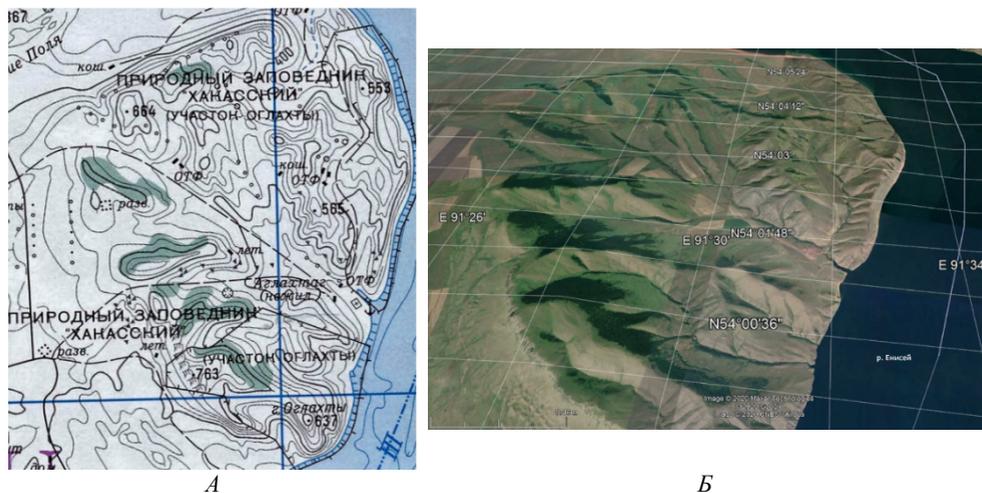


Рис. 1. Участок «Оглахты» природного заповедника «Хакасский»:

А – фрагмент топографической карты [1]; Б – фрагмент спутникового снимка Google Earth

При неоднородности рельефа почвы весьма разнообразны по свойствам: количеству гумуса, мощности гумусового горизонта, структуре и другим.

В верхних частях относительно пологих склонов, где возникают условия для накопления переувлажненного снега и мелкозема, формируются черноземы выщелоченные. Они занимают верхние и средние части склонов возвышенностей (600–700 м) – залесенные вершины, местами – ложбины, составляя компонент сочетаний с обыкновенными черноземами, луговато-черноземными и дерново-подзолистыми почвами. На крутых склонах почвы данного подтипа характеризуются маломощностью, защебненностью, выраженной иллювиальностью. Из-за малой мощности профиля и близкого залегания карбонатных почвообразующих пород граница вскипания может быть несколько завышена (с 10–20 см), при этом в иллювиальных горизонтах содержание CO_2 может достигать 9%. На пологих склонах почвы отличаются наибольшим количеством гумуса, количество которого в среднем составляет 8–10% и постепенно убывает от горизонта А к горизонту В. По мощности гумусового горизонта они отнесены к среднемощным видам. Среди поглощенных оснований преобладает кальций (до 52,4 мг-экв/100 г почвы в гумусовых горизонтах), количество обменного магния незначительно, максимальные значения составляют 10,6 мг-экв/100 г почвы в горизонте Вск. Уменьшение емкости поглощения более постепенное, чем гумуса. Это свидетельствует о возрастании в глубоких горизонтах доли катионов минеральных коллоидов.

Обыкновенные черноземы встречаются как на склонах в транзитных позициях, так и на выровненных поверхностях. Как правило, они формируются под

луговыми степями на высоте 350–600 м, в составе которых кроме луговых встречается много степных видов. Почвы отличаются однородным строением профиля, изредка – засоленностью [3]. Содержание гумуса около 7–8%, что позволило отнести эти почвы к малогумусным и среднегумусным видам, а по мощности – к маломощным и среднемощным. Соли угольной кислоты распространены в массе почвы тотально, и, кроме того, встречаются в форме псевдомицелия. Вскипание может наблюдаться с поверхности, хотя, как правило, карбонаты залегают вблизи нижней границы гумусового горизонта. Максимум их приурочен к иллювиальному горизонту и в исследуемых объектах он достигает величины 6,45% CO_2 .

Луговато-черноземные почвы являются полугидроморфными аналогами черноземов и формируются в условиях повышенного увлажнения за счет местных временных скоплений влаги поверхностного стока, преимущественно при снеготаянии. По морфологии и свойствам рассматриваемые почвы очень близки к выщелоченным черноземам, генетическая сущность которых заключается в протекании интенсивного дернового процесса, однако, основные отличия обнаруживаются в нижней части профиля в виде признаков глубинного неустойчивого переувлажнения, иногда – небольшого засоления. Приурочены они к пологим склонам, ложбинам, подсклоновым депрессиям, наибольшим западинам на водоразделах и формируются под осветленными березовыми лесами с хорошо развитым злаково-разнотравным травяным покровом. Также встречаются они в прибровочных понижениях под кустарниковыми лугово-лесными растительными ассоциациями. Исследуемые почвы развиваются под мелколиственным древесным растительным покровом с преобладанием среди травянистого яруса пырея, клевера, вероники, полыни, земляники, колокольчиков и др. Морфологически о переменном режиме увлажнения нижней части профиля почв свидетельствуют новообразования окисных соединений железа в виде ржаво-охристых прожилок, вкраплений и пятен. Отличительной чертой является повышенная гумусность (до 18,64% в гумусовом горизонте), карбонаты представлены миграционными формами, преимущественно псевдомицелием и пропиткой, наиболее высокое их содержание характерно для срединных горизонтов (до 16,84% CO_2). Уменьшение крутизны склона обуславливает лучшую влагообеспеченность, а значит, создаются условия для более интенсивного протекания процессов почвообразования и выветривания. Для почв трансэлювиально-аккумулятивных позиций характерны очень высокие значения суммы обменных оснований в гумусово-аккумулятивных горизонтах (до 70 мг-экв/100 г почвы). Внутрипрофильное распределение – по убывающему типу. Биогенное накопление магния (до 12 мг-экв/100 г почвы) нивелируется его относительно высоким содержанием в почвообразующей породе.

В целом, говоря о черноземных почвах описываемой территории, нужно отметить их своеобразие, связанное с уникальными условиями формирования, обусловленными с одной стороны – смягчением континентальности климата Енисеем, а с другой – длительным мерзлотным периодом на северных склонах. Выраженный рельеф низкогорного массива Оглахты способствует геохимическому перераспределению потоков вещества и влаги, сопряжению почв. Изучаемые природные биокосные системы представлены, в основном, высокогумусными среднемощными карбонатными вариантами.

Литература

1. Топографическая карта Богградского района республики Хакасия // Подробные топографические карты республики Хакасия. URL: khakasiya-map.ru/map1420016_1_2.htm, доступ свободный.
2. Горшенин К.П. Почвы южной Сибири (от Урала до Байкала) / отв. ред. И.В. Тюрин. М.: АН СССР, 1955. 597 с.
3. Танзыбаев М.Г. Почвы Хакасии. Новосибирск: Наука, 1993. 256 с.

**Chernozem soils of steppe low mountains
(for example, the cluster of the "Oglahty", nature reserve "Khakassky»)
Т.А. Maron, А. V. Rodikova**

Features of formation of chernozem soils of the low-mountain massif Oglahty of the Minusinsk intermountain basin are considered. The main properties of leached and ordinary chernozems, as well as meadow-chernozem soils, which are usually high-humus, medium thickness and carbonate, are characterized within the study reserved area.

УДК 631.4

Особенности диагностики и классификации солончаков (на примере степных приозерных солончаков Южно-Минусинской котловины)

А.В. Родикова¹, С.П. Кулижский¹, С.В. Попова²

¹ Национальный исследовательский Томский государственный университет, г. Томск

² Станция агрохимической службы «Томская», г. Томск

В работе рассмотрены основные диагностические критерии выделения солончаков в действующих на территории РФ классификациях почв, а также в Международной системе почвенной классификации (WRB). Отмечены особенности для каждой из обозначенных систем. Проанализированы некоторые предлагаемые понятия и признаки с точки зрения полевой диагностики. Выявлены особенности приозерных солончаков как объектов классификации.

Ключевые слова: солончаки, почвы степей, диагностика и классификация солончаков.

Несмотря на достаточно четко описанные диагностические признаки, в отдельных случаях идентификация солончаков сопряжена с некоторыми затруднениями, особенно если это связано с необходимостью совмещения в работе нескольких почвенных классификаций.

По общепринятому в РФ определению, солончаками называют почвы, содержащие в поверхностном горизонте легкорастворимые (токсичные) соли, определяемые по данным водной вытяжки [1, 2]. Однако, это понятие не учитывает возможность формирования так называемых «подпочвенных» солончаков, как их называл В.А. Ковда [3], который выделял образования, характеризующиеся пресными верх-

ними горизонтами и накоплением солей на определенных глубинах, приуроченных к поднятию капиллярной каймы. Интересно, что при отсутствии таких почв среди различных групп в действующих российских классификациях, подобные природные системы все же фигурируют в Мировой реферативной базе почвенных ресурсов (WRB) под названием «глубинные» [4] или «глубокопрофильные» [5], выделенные наравне с «поверхностными». Сам термин «солончаки» в WRB также более «осторожно» определяет эти природные системы как «почвы, с высокой концентрацией легкорастворимых солей в некоторый период в годовом цикле» [5. С. 184], что позволяет при их полевой диагностике учитывать возможную сезонную динамичность глубины залегания солевого горизонта, ориентируясь на дополнительные признаки (например, галофитную растительность).

Интересно, что классификации почв, используемые на территории РФ, а также широко распространяемая в последнее время WRB, по-разному определяют понятие «поверхностный горизонт». Например, в опубликованной версии классификации почв России для галоморфных образований указана диагностическая глубина 20 см [2], а в ее актуализированной Интернет-версии обозначена уже цифра 10 см [6]. В руководстве по работе с засоленными почвами, опубликованном в 2017 г. ФАО, рекомендовано обращать внимание на первые 15 см [7]. В классификации 1977 г. маркерных цифровых величин для поверхностного горизонта не приведено. Такие неоднозначные указания приводят к выводу, что при отборе образцов в верхней части почвенного профиля следует ориентироваться не только на почвенные горизонты, но и обращать особое внимание на глубины 0–20 см (до 50 см, в случае необходимости привлечения WRB), поскольку отсутствие на поверхности солевых выделений может быть связано с текущими погодными (или сезонными) условиями. Вероятно, отбор образцов лучше производить с поверхности сплошной колонкой каждые 5(10) см, что позволит впоследствии избежать неясности при учете диагностических критериев и отнесении этих почвенных систем к определенным таксонам.

Еще одна особенность идентификации солончаков выявляется при использовании Интернет-версии российской классификации [6], и появляется она еще на этапе определения стволовой принадлежности этих почв, поскольку отдел галоморфные включен в ствол постлитогенных почв, в которых по определению почвообразование происходит на уже сформированной материнской породе и существенно не нарушается отложением свежего материала. Однако существуют почвенные системы, формирование которых напрямую связано с динамикой природных поверхностных вод, и по сути они ближе к синлитогенным образованиям. Солончаки при этом на уровне типа выделены в стволе первичного почвообразования, допускающего формирование почв на слоистом аллювиальном материале. Подобные почвы широко распространены, к примеру, на территории островных степей Сибири (Чулымо-Енисейская или Южно-Минусинская котловины), характеризующихся сильно расчлененным рельефом, где засоленные почвы развиты, зачастую, в днищах замкнутых котловин, вокруг минерализованных озер. Временная динамика площадей акваторий (рис. 1, *а*, *б*) обуславливает периодический привнос-вынос вещества и соответственно формирует характерную слоистость почвенных профилей и их постоянное омоложение (рис. 2).



Рис. 1. Динамика акватории оз. Курилка (Южно-Минусинская котловина) на фрагменте топографической карты, XX в (а) и на спутниковом снимке Google 2020 г., XXI в (б) [8]

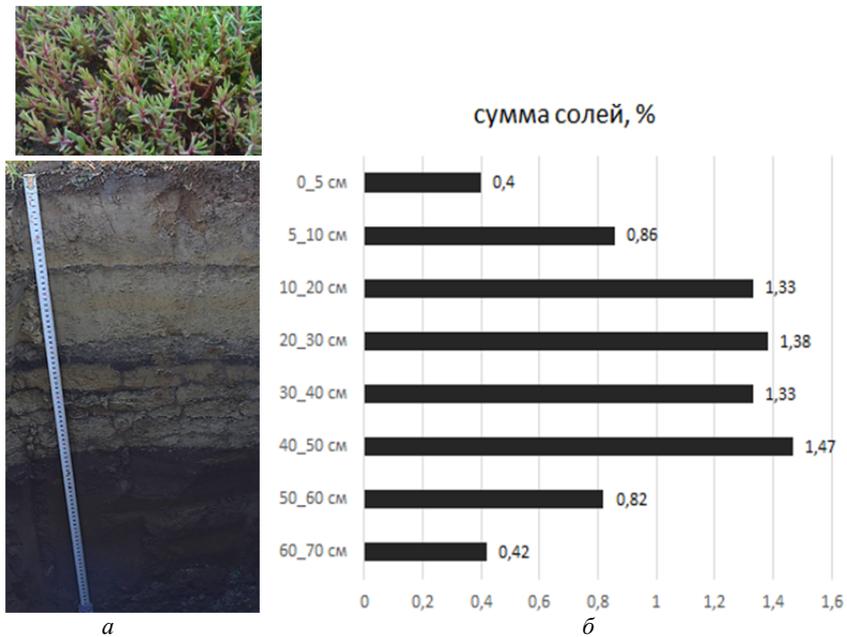


Рис. 2. Почвенный профиль солончака (а) и содержание легкорастворимых солей по глубинам (б), оз. Курилка (фото С.В. Поповой)

Примерно такая же картина вариативности площадей водного зеркала лимнических систем характерна и для юга Западной Сибири, где описаны подобные объекты [9, 10].

Таким образом, при диагностике таких почв как солончаки, для которых, казалось бы, достаточно ясно обозначены маркерные признаки, все же могут возни-

кать определенные вопросы, связанные с особенностями их генезиса и динамики свойств. При этом, необходимость использования различных систем классификации этих объектов с вариативными указаниями иногда приводит к сложностям однозначного их отнесения к определенным таксономическим группам.

Литература

1. Классификация и диагностика почв СССР / В.В. Егоров [и др.]. М.: Колос, 1977. 221 с.
2. Классификация и диагностика почв России / Л.Л. Шишов [и др.]. Смоленск: Ойкумена, 2004. 342 с.
3. Ковда В.А. Солончаки и солонцы. М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1937. 237 с.
4. Мировая коррелятивная база почвенных ресурсов: основа для международной классификации и корреляции почв. М.: Товарищество научных изданий КМК, 2007. 278 с.
5. Мировая коррелятивная база почвенных ресурсов 2014. Международная система почвенной классификации для диагностики почв и создания легенд почвенных карт. Испр. и дополнен. верс. 2015. М., 2017. 204 с.
6. Классификация и диагностика почв России. М.: Почвенный ин-т им. В.В. Докучаева, 2006–2018. URL: <http://soils.narod.ru/index.html>
7. Руководство по управлению засоленными почвами. План реализации Евразийского почвенного партнерства / под ред. Р. Варгаса и др. Рим. ФАО, 2017. 153 с. Доступ с официального сайта ФАО.
8. Подробные топографические карты республики Хакасия. Доступ с сайта подробных топографических карт республики Хакасии. URL: <http://khakasiya-map.ru/1419982.html> (дата обращения: 09.02.2020).
9. Зольников И.Д. [и др.] Индикация динамики природно-территориальных комплексов юга Западной Сибири в связи с изменением климата // География и природные ресурсы. 2011. Вып. 2. С. 155–160. URL: <http://elibrary.ru/> (дата обращения: 09.12.2019).
10. Смоленцева Е.Н. Почвообразование на постаквальных территориях в степном биоме Западной Сибири // Сборник материалов V Международной научной конференции, посвященной 85-летию кафедры почвоведения и экологии почв ТГУ 07–11 сентября 2015 г. Томск, 2015. С. 104–108.

Features of diagnosis and classification of solonchaks (on the example of the steppe lakeside salt marshes of the South Minusinsk depression)

A.V. Rodikova, S.P. Kulizhskiy, S.V. Popova

The main diagnostic criteria for the allocation of solonchaks in the soil classifications operating in the territory of the Russian Federation, as well as in the World Reference Base For Soil Resources (WRB), are considered. The features for each of the indicated systems are noted. Some proposed concepts and signs are analyzed from the point of view of field diagnostics. The features of lacustrine salt marshes as objects of classification are revealed.

Титановый модуль как критерий диагностики условий формирования почв в высотных геосистемах Среднего Урала

И.А. Самофалова

Пермский государственный аграрно-технологический университет, г. Пермь, samofalovairaida@mail.ru

Диагностика почв по титановому модулю выявила причины неоднородности их состава в зависимости от высотных условий. Определен высотный рубеж, выше и ниже которого причины неоднородности профиля различаются. Установлена эволюционно-генетическая особенность распределения титанового модуля в почвах, выражающаяся в подтверждении развития почв в разных направлениях: вверх за счет аэриального приноса мелкозема; вниз за счет преобразования щебня и элювия пород в ходе выветривания и почвообразования в мелкозем; совместное проявление и сочетание этих направлений в развитии профиля.

Ключевые слова: полиморфизм, полигенетичность, почвообразование, геохимический коэффициент, зависимость, распределение, неоднородность профиля, приноса материала.

Геохимическая характеристика почв и почвенного покрова – начальное звено биогеохимических цепей на любой территории, и особенно в горных условиях. Важным показателем развития почвенного покрова является профильное и пространственное изменение содержания химических элементов. Классические модели почвообразования встречаются редко, чаще профили почв являются полигенетическими [1], и проявляются суммарные свойства (сочетание наследуемых и современных признаков).

Геохимические коэффициенты, характеризующие особенности выветривания и почвообразования, помогают изучить и понять геохимию валового состава горных почв, дают дополнительную информацию о почвообразовательных процессах, позволяют диагностировать почвы в соответствии с современными подходами в классификации почв [1, 2].

Изменение высотных условий сопровождается перераспределением и сменной соотношений элементов в профилях почв и диагностирует физическое выветривание и почвообразовательные процессы. В почвенно-генетических исследованиях в последнее время чаще применяют литохимические индексы и геохимические индикаторы [3–9]. Коэффициент TiO_2/Al_2O_3 (титановый модуль=ТМ) позволяет оценить однородность почвообразующих пород и определить наличие приноса вторичного материала [9–11]. Ненарушенные горные почвы в своих свойствах сохраняют информацию об изменениях климата и эволюции ландшафтов, поэтому их можно использовать как региональный архив палеоклиматической информации для прогнозирования климатических изменений в будущем. Резкое изменение данного показателя указывает на периоды возрастания эрозионной активности и привноса эрозионного материала.

Цель исследования – определить эволюционно-генетические особенности в горных почвах с помощью титанового модуля. Исследования проводили на горе Северный Басег, которая является частью хребта Басеги, включенного в состав заповедника «Басеги» на западном склоне Уральской горной страны. В административном отношении заповедник находится в Пермском крае: в междуречье р. Усьвы и Вильвы (58°45'–59°00' с.ш., 58°15'–58°38' в.д.) в пределах Волжско-Камского бассейна. Хребет Басеги приурочен к полосе устойчивых к выветриванию кварцито-песчаников осянкой свиты – самых древних пород на территории заповедника, относится к низкогорной области Среднего Урала и представляет собой цепь из трех гор (в меридиональном направлении): Северный Басег (951,9 м), Средний Басег (994,7 м), Южный Басег (850 м). Вершины разделены седловинами с абсолютными высотами около 650 м. Климат типично горный, обуславливающий вертикальную зональность растительности и почвенного покрова, которая часто нарушается вследствие различий в крутизне и экспозиции склонов, формирующих разный водный и тепловой режимы. Хорошо выражены горно-лесной, подгольцовый (субальпийский), горно-тундровый (альпийский) пояса и три подпояса подгольцового (субальпийского) пояса (парковое редколесье, криволесье, субальпийские луга).

Объект исследования – почвенный покров заповедника. Исследования проводили на ключевом участке в бассейне реки Малый Басег. В наиболее типичных биогеоценозах (12 площадок) заложены почвенные разрезы с 930 м (гольцовый пояс) до 315 м (горно-лесной пояс) на горе Северный Басег. Использовали субстантивно-профильную классификацию почв [12]. Валовый анализ проведен в лаборатории физико-химии почв в институте почвоведения им. В.В. Докучаева (г. Москва) рентгенофлуоресцентным методом на приборе Респект с помощью атомно-эмиссионной спектроскопии на приборе AgilentAES-4100. Статистическая обработка проведена в программе «Анализ данных» в Microsoft Excel и программе STATISTICA 6,0; уровень значимости оценки результатов достоверен при $P = 0,95$.

В пределах ключевого участка по морфологическому описанию выделены почвы отделов: альфегумусовые, структурно-метаморфические, органо-аккумулятивные, литоземы, глеевые. Исследуемые почвы условно объединены: группа 1 (разрезы 18, 28, 29, 30, 31, 32) – гольцово-подгольцовый пояс (криволесье, субальпийские луга); группа 2 (разрезы 15, 17, 19, 24, 26, 27) – горно-лесной пояс и парковое редколесье); 3 – без разделения на пояса-подпояса (все почвы). Изложение проведено в пределах выделенных групп.

Коэффициенты TiO_2/Al_2O_3 в почвах варьируют в широких пределах в верхних (0,086–0,229) и нижних (0,079–0,176) горизонтах. В почвах 1 группы отношения в верхних горизонтах шире, чем в почво-элювии, что указывает на принос вторичного материала. Установлена линейная зависимость между отношениями элементов в горизонтах в верхней и нижней частях профиля ($r = 0,82$) и отрицательная связь между модулем и высотой местности для верхних горизонтов ($r = -0,48$) и почво-элювия ($r = -0,86$). Таким образом, неоднородность химического состава почво-элювия и его изменения связаны с высотными условиями. В почвах 2 группы отношения TiO_2/Al_2O_3 в верхних горизонтах, напротив,

несколько уже, чем в почво-элювии, и более-менее близки. Связь между TiO_2/Al_2O_3 в верхних и нижних горизонтах профиля отсутствует, что может указывать на литологическую неоднородность горизонтов профиля. В поясе паркового редколесья и горно-лесном поясе связь между коэффициентом TiO_2/Al_2O_3 и высотой местности является положительной и средней как для верхних горизонтов, так и для почво-элювия ($r = 0,45-0,46$).

Распределение значений модуля по профилю почв различно. Почвы 1 группы имеют равномерно-аккумулятивный тип распределения. Таким образом, почвы пояса отличаются литологической неоднородностью почво-элювия и горизонтов профиля за счет приноса вторичного материала и его вовлечения в процессы выветривания и почвообразования. Почвы 2 группы имеют аккумулятивно-элювиально-иллювиальный тип распределения. Это указывает на литологическую неоднородность не только породы и почвы, но и неоднородность минерального материала горизонтов в профиле. Причины неоднородности профиля почв связаны с изменением условий формирования почв, миграцией, лессиважем, партлювацией, боковым внутрпочвенным стоком, ветровальными явлениями, то есть за счет налагающихся горизонтообразующих процессов, которые проявляются в виде генетических признаков почв, диагностирующих полиморфизм и полигенетичность почв в парковом редколесье и в горно-лесном поясе, разновозрастность горизонтов.

Диагностика почв по титановому модулю выявила причины неоднородности их состава в зависимости от высотных условий. Определен высотный рубеж, выше и ниже которого причины неоднородности профиля различаются. Эволюционно-генетическая особенность распределения ТМ подтверждает развитие почв в разных направлениях: вверх за счет аэрального приноса мелкозема, денудации на склоне; вниз за счет преобразования щебня и элювия пород в ходе выветривания и первичного почвообразования в мелкозем в минеральных горизонтах почв; совместное проявление и сочетание этих направлений в развитии профиля.

Литература

1. Кулижский С.П., Родикова А.В. Геохимическая дифференциация почв котловины озера Шира // Вестник Томского госуд. ун-та. Биология. 2009. № 3 (7). С. 103–108.
2. Самофалова И.А. Изучение неоднородности почвенного покрова в заповеднике «Басеги» (Средний Урал) // Прошлое и современное состояние, прогноз развития географических систем: материалы Всеросс. научн. конф. с межд. участием / сост. А.М. Прокашев. Киров: Изд-во ВятГГУ, 2014. С. 159–163. URL: www.vggu.ru
3. Рябогина Н.Е., Борисов А.В., Иванов С.Н., Занина О.Г., Савицкий Н.М. Природные условия на юге Среднерусской возвышенности в хазарское время (IX–X вв.) // Вестник археологии, антропологии и этнографии. 2013. № 3 (22). С. 182–194.
4. Калинин П.И. Применение геохимических коэффициентов для исследования подкурганых палеопочв // Материалы Всерос. науч. конф. по археологическому почвоведению. Пушино, 2014. С. 120–123.
5. Самофалова И.А., Лузянина О.А., Кондратьева М.А., Мамонтова Н.В. Элементный состав почв в ненарушенных экосистемах на Среднем Урале // Вестник Алтайского ГАУ. 2014. № 5 (115). С. 67–74. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=21572989>
6. Самофалова И.А., Рогова О.Б., Лузянина О.А., Савичев А.Т. Геохимические особенности распределения макроэлементов в почвах ненарушенных ландшафтов Среднего Урала (на при-

мере заповедника «Басеги») // Бюллетень Почв-го института им. В.В. Докучаева. 2016. № 85. С. 56–76. URL:<https://elibrary.ru/item.asp?id=26507268>

7. Лисецкий Ф.Н., Маринина О.А. Хроноряды почв и структура Красной книги почв Крыма // Красная книга почв и ее значение для охраны почвенного покрова: материалы Всероссийской научной конференции, октябрь 2015 / отв. ред. И.В. Костенко; Никитский ботанический сад – Национальный научный центр. Симферополь, 2015. С. 110–114.

8. Масленникова А.В., Дерягин В.В. Геохимические индикаторы условий голоценового седиментогенеза на Урале. URL: <http://lib.znate.ru/docs/index-261809.html> (дата обращения: 23.12.2016).

9. Калинин П.И., Алексеев А.О., Кудреватых И.Ю., Вагапов И.М. Количественные климатические реконструкции плейстоцена на основе изучения лёссово-почвенного комплекса «Семибалки-2» (Приазовье) // Вестник ВГУ: серия Геология. 2016. № 2. С. 22–30.

10. Senol H., Tunçay T., Dengiz O. Geochemical mass balance applied to the study of weathering and evolution of soils // Indian Journal of Geo Marine Sciences. 2018. Vol. 47 (09). P. 1851–1865.

11. Алексеев А.О., Алексеева Т.В. Оксидогенез железа в почвах степной зоны. М.: ГЕОС, 2012. 204 с.

12. Полевой определитель почв. М.: Почвенный институт им. В.В. Докучаева, 2008. 182 с.

Titanium module as a criterion for diagnosing soil formation conditions in high-altitude geosystems of the Middle Urals

I.A. Samofalova

Diagnostics of soils by the titanium module revealed the causes of heterogeneity of their composition, depending on altitude conditions. A height line has been determined, above and below which, the causes of profile heterogeneity differ. An evolutionary genetic feature of the distribution of the titanium module in soils is established, which is expressed in confirmation of the development of soils in different directions: upward due to aerial delivery of fine earth; down due to the transformation of crushed stone and eluvium of rocks during weathering and soil formation into fine earth; joint manifestation and combination of these directions in the development of the profile.

УДК 631.445.41

Черноземы Западной Сибири: региональные и зонально-провинциальные особенности

Е.Н. Смоленцева

Институт почвоведения и агрохимии СО РАН, г. Новосибирск, smolentseva@issa.nsc.ru

Показаны сходство и различия черноземов Западной Сибири и европейской части России по морфологии, особенностям гумусового и карбонатного профилей, гранулометрическому составу (ГС). Установлено, что карбонатный профиль отражает провинциальные особенности западно-сибирских чернозёмов, зональные отличия проявляются в его количественных характеристиках. По ГС чернозёмы образуют совокупности, отражающие провинциальные отличия, которые внутри каждой зоны значительнее, чем между зонами.

Ключевые слова: Чернозём, гумусовый профиль, карбонатный профиль, гранулометрический состав, Западная Сибирь, классификация почв.

Черноземы – автоморфный тип почв лесостепной и степной зон Западной Сибири (ЗС). Они составляют основу пахотного фонда и являются лучшими почвами региона для производства зерна. Весьма интересны чернозёмы ЗС и в научном отношении, так как имеют сложный генезис со своеобразной «наложенно-наследственной» эволюцией [1]. Геолого-геоморфологические условия и литогенная неоднородность ареала чернозёмов ЗС обусловили деление его не только на лесостепную и степную почвенные зоны, но и на провинции: Западно-Сибирскую и Предалтайскую [2, 3]. Ранее на территории ЗС выделялись все подтипы черноземов: оподзоленные, выщелоченные, типичные, обыкновенные, южные [4]. Подтипы отличались между собой по степени развития гумусового профиля и глубине выщелачивания карбонатов [5]. Сейчас для характеристики черноземов и их связей с современным климатом используют гумусовый и карбонатный профили [6]. В большинстве публикаций последнего десятилетия эти признаки рассматривались преимущественно на материале европейского ареала чернозёмной области России. Западно-сибирские чернозёмы с позиций диагностических критериев субстантивно-генетической классификации [7, 8] слабо изучены. Например, отсутствует информация о региональных особенностях типодиагностических горизонтов западно-сибирских черноземов и их карбонатных профилей. Слабо изучены эти признаки черноземов в зонально-провинциальном аспекте. Цель работы – показать результаты сравнительно-географического анализа некоторых свойств чернозёмов, в том числе, диагностически значимых для их таксономического положения, в степной и лесостепной зонах и соответствующих почвенных провинциях ЗС.

Объекты и методы. В работе были использованы 22 разреза, расположенные в пределах различных геоморфоструктур ЗС, в том числе 12 эталонных разрезов, заложенных нами в 2010–2019 гг. под естественной растительностью. Ещё для 10 разрезов использовались литературные данные. Рассматривались следующие признаки: морфология типодиагностических горизонтов, формы карбонатных новообразований, гумусовый профиль (содержание гумуса и его распределение по профилю), карбонатный профиль (содержание карбонатов и их распределение) и гранулометрический состав. Зонально-провинциальное районирование чернозёмной области ЗС взято из [3].

Результаты и их обсуждение. В настоящее время в основу диагностики типов чернозёмов положен горизонт АU (тёмногумусовый) и его сочетание с срединными горизонтами такими как: глинисто-иллювиальный (ВI), аккумулятивно-карбонатный (ВСА) и текстурно-карбонатный (САТ) [7, 8]. Цвет и структура горизонта АU целинных западно-сибирских чернозёмов имеет значительное сходство с европейскими аналогами [9]. Горизонт АU чернозёмов ЗС отличается от европейских меньшей мощностью (таблица), что обусловлено региональной спецификой гидротермического режима их ареала. Режим влияет на количественные параметры гумусово-аккумулятивного процесса и профильное распределения гумуса и его запасов [1]. Чернозёмы Предалтайской провинции (ПАП) лесостеп-

ной и степной зон по сравнению с таковыми в Западно-Сибирской провинции (ЗСП) имеют большую мощность горизонта АУ (таблица). Укороченная мощность гумусового профиля считается региональным признаком западно-сибирских чернозёмов [1]. Особенно это проявляется в чернозёмах ЗСП степной зоны. Только чернозёмы предгорий и низкогорий Алтая, по мощности АУ (АУ+АВ) приближаются к европейским аналогам [1].

Некоторые морфометрические показатели чернозёмов Западной Сибири и европейской территории России (ЕТР)

Показатель (от-до), см	Лесостепная зона		Степная зона		ЕТР
	ЗСП*	ПАП**	ЗСП*	ПАП**	
Мощность АУ	28–32	25–34	25–30	55	80
АУ+АВ	30–44	44–55	32–40	38–75	90
Мощность бескарбонатной зоны	21–28	31–80	23–30	2–20	0–15
Глубина вскипания	58–65	75–135	55–70	40–55	60–105

Примечание. Почвенные провинции: *ЗСП – Западно-Сибирская, **ПАП – Предалтайская.

В пределах чернозёмной области ЗС нами выделены глинисто-иллювиальные черноземы, собственно чернозёмы и чернозёмы текстурно-карбонатные. Морфологические свойства глинисто-иллювиального горизонта в чернозёмах ЗС соответствуют диагностическим критериям. Для чернозёмов типодиагностическим горизонтом является аккумулятивно-карбонатный горизонт ВСА. По форме педогенных карбонатов горизонта ВСА мы диагностировали следующие его модификации: мицеллярно-карбонатный ВСА_{мс}, дисперсно-карбонатный ВСА_{дс} и сегрегационно-карбонатный ВСА_{нс}. В отличие от европейской территории России (ЕТР), где карбонаты в чернозёмах расположены в нижней части гумусового горизонта, в западно-сибирских чернозёмах, особенно в лесостепи, между гумусовым и карбонатным горизонтами присутствует бескарбонатная зона мощностью до 80 см. Тёмногумусовый горизонт чаще всего не содержит карбонатов, а гумусово-аккумулятивная и карбонатная зоны в профиле ЗС чернозёмов разобщены. У чернозёмов ЕТР гумусовая и карбонатная зоны профиле перекрываются или расположены близко [6].

По диагностическим признакам бескарбонатная толща во всех чернозёмах ЗС является структурно-метаморфическим горизонтом ВМ [7, 8]. В чернозёмах ЗС ВМ имеет признаки элювиирования (ВМ_{ел}) или осолодения в виде пылеватых скелетан в его верхней части и иллювиирования глины (ВМ_и) – в нижней. Встречается также ВМ с признаками солонцеватости (ВМ_{сн}). Эти признаки являются диагностически значимыми для выделения соответствующих подтипов чернозёмов. Таким образом, бескарбонатная зона в профиле чернозёмов ЗС является их региональной особенностью. Наличие её не влияет на типовую принадлежность почв, однако дополнительные признаки, которые она несёт, играют роль для подтиповой диагностики. По WRB [10], допускается разрыв между гумусовой и карбонатной зонами в чернозёмах (Chernozems) до 50 см. То есть, безгумусовая бескарбонатная зона встречается в профиле чернозёмов различных регионов мира.

Несколько слов о номенклатуре чернозёмов. Название подтипа «криогенно-мицеллярный», на наш взгляд, не слишком удачное. С одной стороны – в чернозёмах ЗС отсутствует сезонная льдистая мерзлота [2], которая обуславливает формирование этого подтипа. С другой стороны, нет достоверных признаков, отличающих криогенный карбонатный псевдомицелий от миграционного. Поэтому мы предлагаем выделять просто мицеллярный подтип чернозёмов, по преобладающему типу карбонатных новообразований в горизонте ВСА, аналогично с дисперсно- или сегрегационно-карбонатным.

Карбонатный профиль чернозёмов имеет черты сходства как в зональном, так и в провинциальном ряду. В степной зоне чернозёмы имеют более растянутую миграционную часть карбонатного профиля, чем в лесостепной. В обеих зонах чернозёмы ПАП имеют два максимума в пределах аккумулятивной зоны, где количество карбонатов составляет 8,5–12%. Карбонатный профиль чернозёмов ЗСП характеризуется слабовыраженной миграционной зоной и чётко выраженным аккумулятивно-карбонатным горизонтом. Есть отличия между чернозёмами лесостепной и степной зон ЗС по глубине вскипания и расположению карбонатного максимума, что связано с условиями климатического увлажнения.

Литологические условия чернозёмной области в ЗС значительно сложнее, чем в ЕТР. Чернозёмы ЕТР формируются преимущественно на лессовидных суглинках и глинах, особенности гранулометрического состава (ГС) которых определяются соотношением крупно-пылевой и илистой фракций [11]. Чернозёмообразование в ЗС помимо лёссов происходит на озёрно-аллювиальных отложениях, что обуславливает гетерогенность почв по ГС. Оценка гетерогенности ГС зонально-провинциальных групп чернозёмов Западной Сибири выявила определённые пространственные закономерности. В ГС чернозёмов ПАП также, как в восточно-европейских, преобладают крупно-пылеватая и илистая фракции, однако значительно варьирует содержание фракции мелкого песка. В ЗСП особенно ГС определяются долей фракции мелкого песка, которая преобладает в составе твёрдой фазы [2]. Лесостепная зона характеризуется относительно однородной структурой ГС чернозёмов на территории ПАП. Чернозёмы ЗСП более гетерогенны, что обусловлено варьированием доли мелкого песка, который всегда преобладает. В степной зоне в ГС почв ПАП также преобладает фракция крупной пыли (35–50%), содержание мелкого песка 1–30%, однако есть признаки влияния внутри провинциальных дифференцирующих факторов.

Заключение. В пределах чернозёмной области ЗС выделены все типы чернозёмов: чернозёмы глинисто-иллювиальные, собственно чернозёмы и чернозёмы текстурно-карбонатные. В типе чернозёмов были диагностированы подтипы криогенно-мицеллярные, миграционно-мицеллярные, сегрегационно-мицеллярные, дисперсно-карбонатные. Региональной особенностью чернозёмов ЗС, преимущественно лесостепных, является бескарбонатная зона между гумусовой толщей и аккумулятивно-карбонатным горизонтом, которая по диагностическим признакам является структурно-метаморфическим горизонтом ВМ. Также региональным признаком западно-сибирских чернозёмов считается укороченная, по сравнению с европейскими аналогами, мощность гумусового профиля и регрессивно-

аккумулятивный тип распределения гумуса. Карбонатный профиль в большей степени отражает провинциальные особенности западно-сибирских чернозёмов, зональные отличия проявляются в его количественных характеристиках. По ГС чернозёмы образуют совокупности, отражающие, прежде всего, провинциальные отличия, которые внутри каждой зоны значительнее, чем между зонами. Чернозёмы ЗСП характеризуются большей пространственной гетерогенностью по ГС, Предалтайской провинции – более гомогенны.

Работа выполнена по государственному заданию ИПА СО РАН.

Литература

1. Хмелёв В.А. Лёссовые чернозёмы Западной Сибири. Новосибирск: Наука, 1989. 201 с.
2. Агрофизическая характеристика почв Западной Сибири. Новосибирск: Наука, 1976. 541 с.
3. Карта почвенно-экологического районирования Российской Федерации. Масштаб 1:2500000 / науч. ред.: Г.В. Добровольский, И.С. Урусевская. М.: Талка+, 2013. 16 л.
4. Чернозёмы: свойства и особенности орошения. Новосибирск: Наука, 1988. 256 с.
5. Классификация и диагностика почв СССР. М.: Колос, 1977. 221 с.
6. Лебедева И.И. Гумусовые и карбонатные аккумуляции как диагностические критерии в чернозёмах Восточной Европы // Бюлл. Почв. Ин-та им. В.В. Докучаева. 2011. Вып. 68. С. 3.
7. Классификация и диагностика почв России. Смоленск: Ойкумена, 2004. 342 с.
8. Полевой определитель почв России. М.: Почв. ин-т им. В.В. Докучаева, 2008. 182 с.
9. Смоленцева Е.Н. Генетические особенности чернозёмов Западной Сибири в свете новой классификации почв России // Современное состояние черноземов: материалы междунар. научн. конф-ции. Ростов н/Д: Изд-во Южн. федер. ун-та, 2013. С. 278–280.
10. IUSS Working Group WRB. 2006. World reference base for soil resources 2006. 2nd edition. World Soil Resources Reports No. 103. FAO. Rome. 114 p.
11. Лебедева И.И. Гранулометрический профиль чернозёмов Восточной Европы и его дифференциация // Почвоведение. 1996. № 7. С. 821–829.

Chernozems of Western Siberia: regional and zonal-provincial features

E.N. Smolentseva

The similarities and differences of chernozems of Western Siberia and the European part of Russia are shown by morphology, features of humus and carbonate profiles, and granulometric composition (GC). It was established that the carbonate profile reflects the provincial features of the West Siberian chernozems, zonal differences are manifested in its quantitative characteristics. By GC, chernozems form groups reflecting provincial differences, which are more significant inside each zone than between zones.

Почвы дендрологической территории Сибирского ботанического сада

В.З. Спирина, Д.И. Тарасюк, Л.В. Хоцкова

*Национальный исследовательский Томский государственный университет, г. Томск,
Spirinapochva@mail.ru*

Рассматриваются особенности территории Сибирского ботанического сада, сложность рельефа и почвенного покрова. Показаны различия в строении и свойствах почв в зависимости от интенсивности дернового и подзолистого процессов почвообразования. В условиях пониженных элементов рельефа основные почвообразовательные процессы сочетаются с глеевым процессом. Установлены снижение содержания гумуса, илестых частиц в верхних горизонтах почв, вынос карбонатов из всего почвенного профиля, низкая обеспеченность фосфором.

Ключевые слова: дендрологическая территория, почва, рельеф, ил, гумус, карбонаты.

Сибирский ботанический сад является одним из крупных научно-исследовательских учреждений в Сибири. Дендрологический участок ботанического сада расположен на окраине юго-восточной части города Томска. На данной территории сформированы дендрологические экспозиции, где в настоящее время сосредоточены основные коллекционные фонды деревьев и кустарников. Формирование ландшафта проводилось с учетом особенностей рельефа водораздельной равнины с восточным уклоном террас рек Томи и Ушайки. Наиболее высокие точки достигают 140 м над уровнем моря, низкие – опускаются до 80 м [1]. Небольшая площадь участка (около 100 га) характеризуется сложным рельефом, что отражается на условиях почвообразования разных его частей.

В целом почвенный покров территории чрезвычайно разнообразный, что обусловлено строением поверхности участка. По данным К.А. Кузнецова, Т.П. Славниной [1], микрорельеф в пределах каждого геоморфологического элемента очень сложный. Естественная растительность культурного ландшафта была уничтожена практически полностью, это отразилось на гидрологических условиях отдельных участков, которые изменились в разных направлениях [1]. Поэтому, в зависимости от микрорельефных, гидрологических особенностей, разнообразия пород складываются неодинаковые условия для произрастания растений и проявления того или иного процесса почвообразования.

Объектом исследования послужили широко распространенные на территории Ботанического сада автоморфные серые лесные оподзоленные почвы среднемошных и мощных видов, разных разновидностей. Они залегают на вершинах плоских увалов и пологих наиболее дренированных склонах северных и южных экспозиций. Наряду с серыми лесными почвами присутствуют полугидроморфные и гидроморфные почвы, формирующиеся на слабодренированных участках и в понижениях, которые также являются объектами настоящих исследований. Для определения свойств почв использовались общепринятые в почвоведении методы исследования.

Аutomорфные серые лесные обычные мощная (разрез 1) и среднеспособная (разрез 2) среднесуглинистые почвы занимают соответственно вершину и склон пологого склона. На слабодренированных элементах рельефа развиты серые лесные грунтово-глееватые мощные легкосуглинистые почвы (разрез 3). В понижениях, где грунтовые воды залегают неглубоко, формируются гидроморфные луговые влажнолуговые маломощные укороченные среднесуглинистые почвы (разрез 4).

Мощность гумусового горизонта у серой лесной среднеспособной почвы составляет 27 см, и интенсивность подзолистого процесса выражена ярко, что проявляется в наличии кремнеземистой присыпки по всему почвенному профилю. В серой лесной мощной гумусовой горизонте достигает 40 см оподзоливание слабое, наличие кремнезема в иллювиальном горизонте уже не отмечается. Серая лесная грунтово-глееватая почва имеет большую мощность гумусового горизонта (65-см), наличие кремнеземистой присыпки слабо выражено. У влажнолуговой почвы гумусовый горизонт составляет 14 см. Карбонаты отсутствуют у всех почвенных профилей, что является результатом сильной выщелоченности почв. Почвообразующие породы разные по гранулометрическому составу, однако все сохраняют лессовидный облик. Генетические особенности почв определяются дерновым и подзолистым процессом, которые в определенных условиях рельефа, где господствуют влаголюбивые формы растений, сочетаются с глеевым.

Аutomорфные серые лесные почвы имеют среднесуглинистый крупнопылевато-мелкопесчаный гранулометрический состав, который в нижних частях почвенных профилей переходит в супесчаный. Преобладающими частицами является крупная пыль и мелкий песок. Ила в гумусовом горизонте содержится значительно меньше (4,8–10,1%), по сравнению с ранее полученными К.А. Кузнецовым, Т.П. Славниной [1] данными по серым лесным почвам этой территории. В иллювиальной части почвенных профилей количество илестых частиц увеличивается до 14,8–23,2%, что свидетельствует о наличии элювиально-иллювиальной дифференциации профилей.

Серая лесная грунтово-глееватая почва имеет легкосуглинистый состав, сменяющийся в средней части профиля среднесуглинистым, а с горизонта $BC_{fе,g}$ приобретает супесчаный характер. Элювиально-иллювиальная дифференциация профиля выражена слабо. Влажнолуговая почва имеет среднесуглинистый состав, который сменяется тяжелым суглинком в нижней части профиля, где количество ила увеличивается до 36,7%. В грунтово-глееватой и влажнолуговой почве по всему профилю преобладает крупная пыль и песок, однако в нижних горизонтах наблюдается заметное увеличение ила.

Содержание гумуса в серых лесных почвах колеблется в пределах 4,2–5,3%, и с глубиной его величина резко уменьшается, что характерно для данных почв. Влажнолуговая почва более гумусирована, по сравнению с серыми лесными почвами, и содержит 6,4% гумуса. Сумма поглощенных катионов у всех почв максимальна в гумусовых горизонтах (22,4–27,6 мг-экв/100 г почвы), что обусловлено органическим веществом, с глубиной снижается до 16,4–18,6 мг-экв/100 г почвы. В составе ППК преобладает кальций (20,4–24,6 мг-экв/100 г почвы), в глееватых горизонтах по причине гидроморфизма несколько возрастает количество магния (5,8 мг-экв/100 г поч-

вы). Почвы имеют слабокислую среду (рН 5,6–5,9) и близкую к нейтральной. Гидролитическая кислотность изменяется от 3,1 до 4,5 мг-экв/100 г почвы.

Оптимальная величина плотности сложения гумусовых горизонтов является показателем благоприятных условий произрастания растений. Наименьшей плотностью сложения отличаются дерновые горизонты, где содержится наибольшее количество гумуса и корней растений. Плотность сложения гумусовых горизонтов в р-1 и р-2 оптимальна для среднесуглинистого состава – 1,25–1,28 г/см³. Гумусовый горизонт в р-3 сильно уплотненный (1,56 г/см³), что затрудняет проникновение воздуха, влаги и развитие корневых систем.

Основными агрохимическими показателями, способствующими нормальному развитию растений, являются содержание азота и фосфора. Основная масса азотистых соединений почвы недоступна для растений и непосредственно используются для питания только некоторые его формы. В работах Т.П. Славниной, Г.П. Гамзикова [2–3] отмечается, что переход азота в доступное для растений состояние связан не только с общим количеством органического вещества, но и обусловлен целым рядом факторов (температурой, влажностью и др.), от которых зависит ход аммонификации и нитрификации. Легкогидролизуемый азот среди гидролизуемых форм является наиболее подвижным и обычно используется в качестве показателя обеспеченности почв доступным для растений элементом питания. В исследуемых почвах максимальное содержание азота характерно для гумусовых горизонтов и составляет 6,7–10,1 мг/100 г почвы, вниз по профилю его величина снижается. Наименьшее количество азота содержится в серой лесной грунтово-глеевой почве (6,7 мг/100 г почвы), что связано с небольшим накоплением гумуса и низкой нитрификационной способностью. Максимальная величина легкогидролизуемого азота характерна для наиболее гумусированной влажнолуговой почвы (10,1 мг/100 г почвы). Фосфор, как и азот, выполняет определенные физиологические функции в растениях, поэтому также является необходимым элементом питания. Фосфатный режим почв определяется многообразием форм почвенных фосфатов, зависящих от многих факторов (рН, состава ППК и др.). Потенциально доступными фосфатами почв являются минеральные, органические и органоминеральные комплексы, которые под влиянием различных почвенных процессов способствуют обогащению почв легкоусвояемыми формами фосфора [3]. Величина содержания подвижного фосфора в гумусовых горизонтах серых лесных почв находится в пределах 5,6–7,5 мг/100 г почвы, с глубиной возрастает до 10,4 мг/100 г почвы. В грунтово-глеевой почве количество фосфора изменяется от 4,5 до 15,8 мг/100 г почвы. Наиболее обеспечена подвижным фосфором влажнолуговая почва (11,8–17,4 мг/100 г почвы).

Таким образом, в почвах дендрологического участка за 50-летний период снизилось содержание гумуса в верхних горизонтах. В гранулометрическом составе уменьшилось количество тонкодисперсных фракций, преобладает крупная пыль и мелкий песок, карбонаты вынесены из почвенной толщи. Обеспеченность почв азотом оценивается как средняя, фосфором – низкая, что указывает на необходимость внесения как органических, так и минеральных удобрений

Литература

1. Кузнецов К.А., Славнина Т.П. Почвы Сибирского ботанического сада // Бюллетень Сибирского ботанического сада. Томск: Изд-во ТГУ, 1971. Вып. 8. С. 99–126.
2. Гамзиков Г.П. Азот в земледелии Западной Сибири. М.: Наука, 1981. 239 с.
3. Славнина Т.Л. Азот, фосфор и калий в лесостепных оподзоленных почвах Томской области. Томск: Изд-во ТГУ, 1949. 196 с.

Soils of the dendrological territory of the Siberian botanical garden

V.Z. Spirina, D.I. Tarasyuk, L.V. Khotskova

The structural features of the garden, the complexity of the relief and soil cover are considered. Differences in the structure and properties of soils are shown, depending on the intensity of sod and podzolic soil formation processes. In conditions of lowered relief elements, the main soil-forming processes are combined with a glue process. A decrease in humus and silt particles in the upper horizons of soils and the removal of carbonates from the entire soil profile have been established. All soils are not provided with phosphorus.

УДК 631.48

Мерзлотные почвы Центральной Якутии: география, генезис и разнообразие

А.П. Чевычелов

Институт биологических проблем криолитозоны СО РАН, г. Якутск, chev.soil@list.ru

Изучены географические особенности распространения, генезиса, а также свойств и состава основных типов мерзлотных почв Центральной Якутии. Отмечено, что в составленном систематическом списке данных почв представлено 9 зональных, 2 азональных и 7 интразональных типов почв, что указывает на высокое генетическое разнообразие почв исследуемой территории. Показано, что генетическая сущность данных почв обусловлена формирующими их элементарными почвенными процессами, протекающими на фоне криогенеза.

Ключевые слова: *криолитозона, мерзлотные почвы, генетическое разнообразие.*

Все изученные почвы (табл. 1, 2) формируются в пределах Центрально-Якутской равнины, в основном на рыхлых аллювиальных отложениях, в условиях сплошного распространения многолетней мерзлоты, под таежной и лугово-степной растительностью. Климат исследуемой территории, по данным метеостанции г. Якутска, характеризуется как резко континентальный и засушливый с длительной крайне морозной и малоснежной зимой, коротким относительно жарким и засушливым летом. При этом среднемесячная температура июля составляет 18,7°C, января – (–43,2°C), среднегодовая t – (–10,3°C), среднегодовое количество осадков – 234 мм, количество осадков за вегетационный период – 158 мм, испаряемость – 502 мм, коэффициент увлажнения – 0,3, коэффициент континентальности – 302 и сумма активных температур –1 565°C [1].

Таблица 1

Систематический список типов мерзлотных почв Центральной Якутии

Зональные почвы	Азональные почвы	Интразональные почвы
1. Подзолы 2. Солоди 3. Палево-бурые 4. Палевые 5. Черноземы 6. Лугово-черноземные 7. Черноземно-луговые 8. Дерново-луговые 9. Лугово-болотные	1. Дерново-карбонатные 2. Перегнойно-карбонатные	1. Аллювиальные слоистые 2. Аллювиальные серогумусовые 3. Аллювиальные темногумусовые 4. Болотные низинные 5. Сапропели 6. Солончаки 7. Солонцы

При проведении исследований использовали общепринятые почвенные методы: сравнительно-географический, профилльно-генетический и сравнительно-аналитический [2, 3], при этом химический состав, а также свойства почв определяли по стандартным методикам, принятым в почвоведении [4].

Таблица 2

Физико-химические свойства основных типов мерзлотных почв Центральной Якутии

Горизонт	Глубина, см	pH _{H2O}	Гумус, %	Обменные катионы, (смоль)экв/кг почвы				Сумма частиц, %		СО ₂ карбонатов, %
				Ca ⁺²	Mg ⁺²	Na ⁺	H ⁺	<0,001 мм	<0,01 мм	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Лесные почвы										
Подзол иллювиально-гумусово-железистый, разрез 2БС-18										
A0	0–4	5,7	88,7*	–	–	–	–	–	–	–
A0A1	4–12	5,1	46,4*	23,1	10,9	–	2,8	–	–	–
A2	12–18	4,7	3,4	3,8	1,2	–	2,6	4,8	12,5	–
Bfe	20–30	5,6	0,8	2,2	1,7	–	0,2	3,2	5,3	–
Bfe,h	38–48	6,0	1,6	8,7	1,7	–	0,7	5,7	19,3	–
BCfe	48–58	6,3	0,3	3,5	1,6	–	0,2	4,0	7,7	–
Солодь, разрез 1БС-18										
A0A1	0–4	5,6	86,3*	47,7	12,2	–	–	–	–	–
A1A2	4–8	4,9	33,2*	45,0	11,8	0,3	–	–	–	–
A2	14–24	5,2	4,7	15,3	7,2	0,2	–	11,5	35,6	Н.о.
B1s,ca	28–38	8,5	4,4	19,3	6,4	0,7	–	25,7	47,9	5,1
B2ca	44–54	8,9	2,9	13,3	7,1	0,6	–	14,7	34,3	4,4
BCca	70–80	8,7	1,6	10,2	6,1	1,5	–	16,9	33,0	4,5
Cca	90–100	8,8	0,8	12,2	5,1	–	–	18,0	40,0	4,4
Палево-бурая оподзоленная, разрез 3ЧТ-03										
A0A1	0–4	5,7	40,6*	36,2	14,3	2,5	Н.о.	–	–	–
A1A2	4–9	4,1	6,4	5,1	3,0	0,9	0,8	10,7	18,5	–
A2B	10–20	4,8	1,4	1,9	1,7	0,4	1,1	8,7	24,2	–
B	30–40	4,8	0,7	5,7	3,0	0,6	1,0	18,5	36,0	–
BC	60–70	5,0	0,1	2,1	1,5	0,3	0,1	4,6	17,6	–
C	120–130	6,4	–	–	–	–	–	3,3	5,0	–

Продолжение табл. 2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Палевая серая, разрез 8БС-18										
A0A1	3–8	6,1	51,6*	52,4	22,4	–	–	–	–	Н.о.
A1	10–20	5,9	13,9	15,8	7,9	–	–	11,7	25,5	–/–
ABca	25–35	8,9	1,1	11,2	8,1	–	–	18,0	40,0	4,3
Bca	45–55	9,0	0,5	9,1	6,1	–	–	16,3	34,7	4,2
BC	75–85	8,6	0,3	11,4	8,1	–	–	13,3	26,4	–/–
C	100–110	9,2	0,2	4,0	1,7	–	–	3,3	6,4	–/–
Перегнойно-карбонатная, разрез 5БС-18										
A0	0–5	6,0	91,0*	68,2	39,6	–	–	–	–	Н.о.
A0A1	5–8	6,4	81,3*	60,0	34,1	–	–	–	–	–/–
A	10–20	8,0	6,9	15,7	13,6	1,1	–	8,5	20,7	–/–
ABca	26–36	8,6	6,5	12,3	11,3	1,0	–	10,5	22,4	2,3
Bca	50–60	9,1	0,9	9,1	3,0	0,7	–	12,8	24,6	5,3
BC	75–85	8,8	0,2	7,1	3,0	0,4	–	8,2	14,9	–/–
Cca	90–100	9,1	0,1	5,0	2,0	0,1	–	4,6	5,6	2,5
Лугово-степные почвы										
Чернозем, разрез 2БС-09										
Ap	8–18	7,9	4,2	9,1	4,6	1,8	–	6,7	15,6	Н.о.
AB	30–40	8,0	3,7	9,1	4,1	2,1	–	7,1	15,2	–/–
B	55–65	8,7	1,7	6,6	4,6	2,0	–	10,8	20,7	–/–
BCca	80–90	8,7	1,3	8,7	5,1	2,3	–	10,1	25,0	5,3
Cca	110–120	8,9	–	–	–	–	–	7,5	15,1	3,2
Лугово-черноземная, разрез 10БС-18										
A	5–15	7,5	7,4	22,5	8,2	0,3	–	8,7	28,1	Н.о.
AB	17–27	8,7	5,2	12,3	10,3	0,2	–	21,9	44,8	–/–
Bca	35–45	9,1	1,5	11,7	8,1	0,1	–	20,5	41,0	5,6
BCca	70–80	9,7	0,6	7,1	6,0	0,1	–	10,7	22,9	3,2
C	92–102	9,4	0,4	6,0	5,0	0,1	–	10,4	21,5	–/–
Черноземно-луговая, разрез 3БС-18										
Ad	0–3	8,0	29,0*	58,1	33,2	–	–	7,9	17,0	Н.о.
A	10–20	8,1	9,2	21,5	17,2	4,2	–	10,2	24,8	–/–
AB	40–50	8,5	3,7	9,5	10,5	2,3	–	13,7	29,1	–/–
BC	60–70	8,6	1,2	7,9	9,9	1,4	–	17,5	37,2	–/–
C	80–90	8,4	1,9	7,3	9,4	1,1	–	17,3	36,1	–/–
Дерново-луговая, разрез 1Д-03										
Ad	0–4	6,2	13,7	29,3	20,2	1,1	–	6,2	17,6	Н.о.
ABca	4–13	6,7	6,1	46,9	22,4	1,2	–	12,3	29,9	1,6
B	20–30	7,8	2,8	27,6	22,8	1,0	–	13,6	25,4	0,7
BC	50–60	7,8	1,5	–	–	–	–	11,9	25,0	0,7
Солончак солонцеватый, разрез 7БС-18										
Aca,s	0–5	9,3	8,5	7,2	21,6	31,2	–	19,7	38,7	2,7
Aca,s	5–15	9,3	5,9	10,3	11,4	16,8	–	23,7	44,4	3,7
Bca	23–33	9,2	3,4	8,1	7,1	1,2	–	18,1	41,3	6,6
BCca	45–55	9,5	0,6	3,0	2,8	0,8	–	7,0	13,3	3,2
C	80–90	9,1	0,6	5,0	4,9	0,7	–	7,2	12,8	Н.о.

* Приведено значение потери при прокаливании. Н.о. – не обнаружено; «–» – не определено.

Диагностику исследуемых почв проводили в Изученные типы почв были в разное время описаны на территории Центральной Якутии [1, 5–10 и др.], а при анализе их географии и генезиса почти все исследователи указывали на специфичность их свойств и состава (табл. 2), которые обусловлены оригинальным сочетанием ландшафтно-климатических факторов почвообразования в условиях сплошного распространения многолетней мерзлоты. Последнее подтверждается, прежде всего, составом почвенного покрова (ПП) изучаемого региона, где наряду с почвами элювиального ряда (подзолами, солодями и палево-бурыми оподзоленными), развитыми под таежно-лесной растительностью, также выделяются почвы дернового типа почвообразования (черноземы, лугово-черноземные, черноземно-луговые и дерново-луговые), которые формируются под лугово-степной растительностью. Необходимо особо отметить, что в условиях криолитозоны Центральной Якутии с криоаридным климатом, даже при незначительном изменении влияния факторов-почвообразователей, происходит резкая смена направлений и темпов почвообразовательных процессов, приводящая к максимальной контрастности состава ПП и генетическому разнообразию почв исследуемой территории.

Литература

1. Чевычелов А.П., Скрыбыкина В.П., Васильева Т.И. Географо-генетические особенности формирования свойств и состава мерзлотных почв Центральной Якутии // Почвоведение. 2009. № 6. С. 648–657.
2. Роде А.А. Система методов исследования в почвоведении. Новосибирск: Наука, 1971. 92 с.
3. Розанов Б.Г. Морфология почв. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1983. 320 с.
4. Аринушкина Е.В. Руководство по химическому анализу почв. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1970. 487 с.
5. Еловская Л.Г. Классификация и диагностика мерзлотных почв Якутии. Якутск: ЯФ СО АН СССР, 1987. 172 с.
6. Зольников В.Г. Почвы восточной половины Центральной Якутии и их использование // Материалы о природных условиях и сельском хозяйстве Центральной Якутии. М.: Изд-во АН СССР, 1954. С. 55–221.
7. Еловская Л.Г., Коноровский А.К., Саввинов Д.Д. Мерзлотные засоленные почвы Центральной Якутии. М.: Наука, 1966. 274 с.
8. Еловская Л.Г., Коноровский А.К. Районирование и мелиорация мерзлотных почв Якутии. Новосибирск: Наука, 1978. 175 с.
9. Саввинов Д.Д. Физика мерзлотных почв: Избранные труды. Новосибирск: Наука, 2013. 504 с.
10. Скрыбыкина В.П. Подзолы Центральной Якутии // Наука и образование. 2017. № 2. С. 83–90.

Permafrost soils of Central Yakutia: geography, genesis and diversity

A.P. Chevychelov

Geographical features of distribution, genesis, as well as properties and composition of the main types of permafrost soils of Central Yakutia are studied. It is noted that the compiled systematic list of soil data contains 9 zonal, 2 azonal and 7 intrazonal soil types, which indicates a high genetic diversity of the soils of the studied territory. It is shown that the genetic essence of these soils is due to the elementary soil processes that form them, taking place against the background of cryogenesis.

Современное состояние, перспективы и актуальные вызовы в физике почв

Е.В. Шеин^{1, 2}

¹ МГУ им. М.В. Ломоносова, г. Москва

² Почвенный институт им. В.В. Докучаева, г. Москва, evgeny.shein@gmail.com

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

В разделе новых методов и приборов явно намечается направление использования цифровых приборов и методов. Это и лабораторные приборы по определению фундаментальных свойств почв (гранулометрический, микроагрегатный составы, структура порового пространства – томография, удельная поверхность, контактный угол смачивания, реологические свойства и др.).

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

В третьем направлении развития физики почв, – современные требования практики, практические приложения, – основные надежды наша наука, безусловно, связывает с развитием цифровых технологий, позволяющих в режиме реального времени следить за гидрологией, элементами деградации почвенных условий, наличием загрязняющих веществ, токсикантов. Появившиеся цифровые датчики (влажности почвы, давления влаги, температуры) позволяют в разных режимах вести цифровой мониторинг.

Безусловно, такого рода мониторинг, включающий анализ цифровой информации о динамических свойствах почв, должен позволить перевести на иной качественный уровень мелиоративные разработки, слежение за работой систем орошения и полива разного масштаба, оптимизацией почвенно-ландшафтного обустройства и функционирования мелиоративных систем.

СЕКЦИЯ 2 ПРОСТРАНСТВЕННЫЕ И ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ СВЯЗИ ПОЧВ С ГЕОСФЕРАМИ

SECTION 2 SPATIAL AND FUNCTIONAL RELATIONSHIPS OF SOILS WITH GEOSPHERES

УДК 631.48

Микробиом первичных почв Антарктиды в районе станции «Прогресс»

Е.В. Абакумов, В.И. Поляков, А.О. Зверев, А.К. Кимеклис,
Е.А. Евдокимова, Е.А. Иванова, Г.В. Гладков
Санкт-Петербургский государственный университет, г. Санкт-Петербург,
e_abakimov@mail.ru

Исследован микробиом почв восточной Антарктиды в районе станции Прогресс. Почвенный покров здесь представлен как ненарушенными естественными почвами и почвоподобными телами, так и антропогенно-преобразованным покровом. Состав микробиомов естественных и антропогенных почв имеют значимые различия в альфа и бэта разнообразии. По полученным данным первичные почвы на каменных мостовых отличаются высоким разнообразием, в составе микробиома преобладают представители Proteobacteria. В орнитогенных почвах, формирующихся в районах птичьих базаров, отмечен средний уровень разнообразия и преобладание Cyanobacteria в составе. В антропогенно-нарушенных почвах отмечено крайне низкое разнообразие и доминирование Bacteroidetes.

Ключевые слова: метагеном, Антарктида, многолетнемерзлые породы, первичное почвообразование.

Изучение процесса почвообразования является актуальной задачей как с точки зрения эволюции почв, так и в плане разработки методов возобновления почвенных ресурсов (рекультивации). Педогенез является комплексным процессом взаимодействия абиотических и биотических факторов, при этом вклад последних является более существенным и зависит от функционирования почвенного микробиома. Микробиом является мощнейшим средообразующим факто-

ром в почвенных экосистемах как в количественном (количество бактерий в почве может достигать 109–1010 клеток на грамм), так и в качественном отношении (микроорганизмам принадлежит ключевая роль в обеспечении циклов основных биогенных элементов, процессах деструкции органического вещества, а также формировании почвенного органического вещества). Новые возможности для исследования процесса почвообразования открывает использование метагеномных подходов, позволяющих анализировать разнообразие в том числе и некультивируемых форм микроорганизмов, которые, согласно последним научным данным, доминируют в составе природных сообществ микроорганизмов. Однако использование метагеномных подходов сопряжено с рядом методологических и смысловых проблем, главной из которых является корректная обработка и биологическая интерпретация больших массивов метагеномных данных. Эта проблема усугубляется при анализе почвенных микробиомов, поскольку почва сама по себе является комплексной, крайне гетерогенной системой, испытывающей воздействие множества трудно-учитываемых факторов. Поэтому принципиально при анализе почвы как биологического объекта использовать простые модельные системы, в которых можно максимально дискретно выявить последовательные стадии почвообразования и связанные с ними изменения в составе микробиома.

Выделение ДНК из почв, исследуемых на данном этапе, проводили с использованием набора реактивов «PowerSoil DNA Isolation kit» (MoBio, США). Очищенные препараты ДНК были использованы для создания ампликонных библиотек, согласно инструкции к протоколу секвенирования, поставляемой фирмой ILLUMINA. Для амплификации фрагмента гена 16S рРНК использовали универсальные праймеры к его вариабельному участку V4:F515 (GTGCCAGCMGCCGCGTAA) и R806 (GGACTACVSGGGTATCTAAT) [1]. Секвенирование и первичную обработку данных осуществляли на приборе ILLUMINA MiSeq.

Обработку секвенированных последовательностей гена 16S рРНК производили с использованием пакетов ПО «Trimmomatic» и «QIIME-2» [2]. Было произведено удаление из библиотек всех служебных последовательностей, осуществлена сборка парноконцевых прочтений, проведена проверка качества нуклеотидных последовательностей. Из библиотек исключали все небактериальные и химерные последовательности, производили нормализацию данных. В результате всех проведенных процедур отобрали 14 312 последовательностей. После проведения процедуры нормализации данных число последовательностей в каждой библиотеке составило 4700. Последовательности с долей сходства, превышающей 97%, объединяли в флотипы, или операционные таксономические единицы – operational taxonomic units (OTU) с использованием алгоритма closed reference и базы данных «Silva». Из каждой OTU выбирали одну последовательность для составления набора репрезентативов. На следующем этапе проводили классификацию репрезентативных последовательностей с использованием программы RDP naïve Bayesian rRNA Classifier и выравнивание по алгоритму PyNast [2]. Выровненные последовательности использовали для построения матрицы дистанций и филогенетического древа.

Для оценки биоразнообразия и проведения сравнительного анализа сообществ рассчитывали параметры α - и β -разнообразия. α -разнообразие оценивали с

использованием индексов видового богатства (число OTU в образце, индекс Cha-оI, показатель филогенетического разнообразия Фейта) и индекса Шеннона. Достоверность различий по индексам α -разнообразия среди микробиомов оценивали с использованием t-теста. Для оценки β -разнообразия использовали метод «Weighted unifrac», позволяющий оценить процент сходств/различий между всеми парами сравниваемых микробиомов. Для представления результатов анализа использовали методы многомерной статистики (анализ главных координат) в программе Emperor.

Для оценки достоверности различий в представленности отдельных таксонов в анализируемых образцах, в дополнение к ПО «QIIME-2» был использован скрипт с на языке программирования «Python», динамически выбирающий в качестве критерия G-тест либо точный критерий Фишера.

Был проведен сравнительный анализ структуры и разнообразия прокариотного сообщества антропогенно загрязненных и контрольных почв в районе станции «Прогресс» (рис. 1) с целью выявления влияния антропогенного фактора на формирование почвенной микробиоты в районах с экстремальными климатическими условиями в условиях и хозяйственного использования (на предыдущем этапе данный анализ проводили с использованием методов классической микробиологии в сочетании с анализом разнообразия комплекса почвенных грибов молекулярно-биологическими методами).

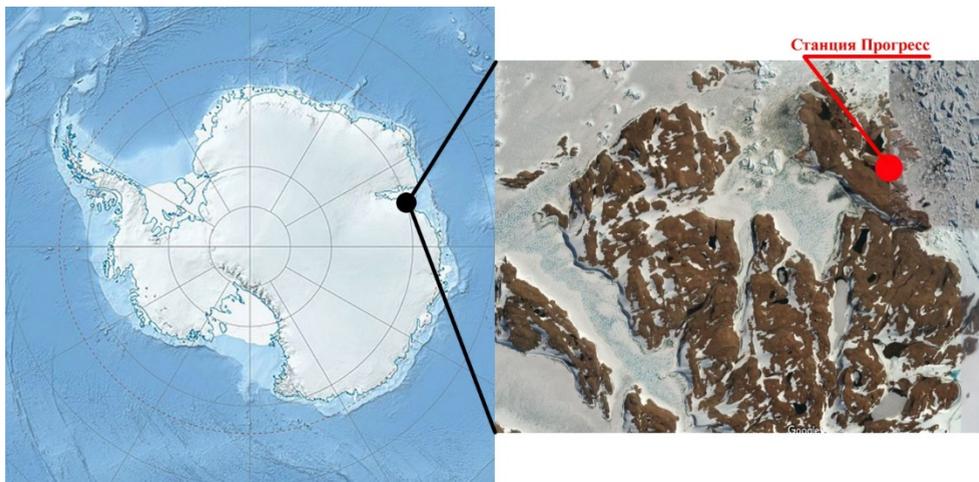


Рис. 1. Область исследования. Станция «Прогресс»

Характеристика образцов представлена в таблице.

По данным анализа бета-разнообразия, образцы 1 и 2, отобранные с поверхности каменной мостовой, объединяются в один кластер (рис. 2). Тем не менее, по данным альфа-разнообразия, сообщества образца 2 отличаются очень высоким разнообразием (рис. 3, 4). Вероятно, это связано с антропогенными нарушениями естественного бактериального сообщества. Отмечены существенные

отличия в таксономическом составе данных образцов. В образце 2 преобладают представители *Proteobacteria*, в то время как в образце 1 присутствуют бактерии пор. *Gemmatimonadales*, и несколько увеличивается количество представителей фило *Verrucomicrobia*.

Описание образцов почв в районе российской антарктической станции Прогресс

Индекс	Описание точки отбора образца
Antarctica.1	Холмы Ларсеманн, окрестности станции Прогресс, материал на поверхности – каменная мостовая
Antarctica.2	Окрестности станции Прогресс-1, каменная мостовая на поверхности
Antarctica.3	Мохово-лишайниково-водорослевый слой; влажный; переход заметный по изменению окраски
Antarctica.4	Водорослевый поверхностный горизонт Холмы Ларсеманн, влажная долина, орнитогенная почва
Antarctica.5	Антропогенно-нарушенная почва
Antarctica.6	Холмы Ларсеманн, поверхностный горизонт под каменной мостовой, грубый материал
Antarctica.7	Холмы Ларсеманн. Охристо-железистый; влажный; песчаный, включение каменистого материала
Antarctica.8	Холмы Ларсеманн, срединный оглеенный горизонт, признаки ожелезнения

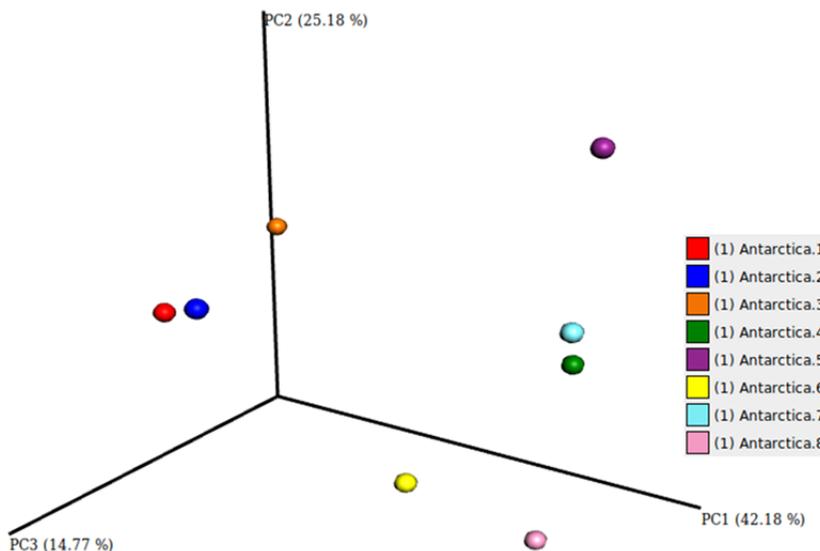


Рис. 2. Бета-разнообразие (взвешенный Unifrac)

Образец 3 занимает обособленное положение по данным бета-разнообразия и обладает средним среди рассмотренных образцов уровнем альфа-разнообразия. Интересно отметить высокую долю *Chloroflexi* и *Verrucomicrobia* в сообществе.

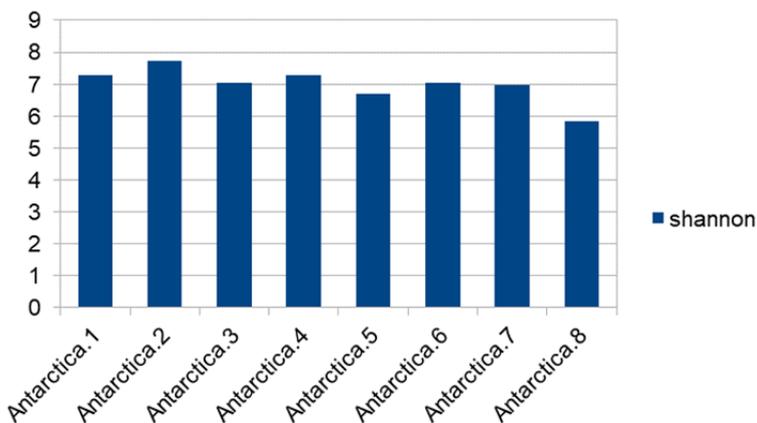


Рис. 3. Индекс Шеннона

Образец 4 отличается очень высокой (33%) долей представителей *Cyanobacteria*. Также для этого образца характерны представители *Proteobacteria* и *Bacteroidetes* – их доля составляет 22 и 21% соответственно. Индексы альфа-разнообразия, тем не менее, свидетельствуют о сравнительно среднем уровне разнообразия.

Образец 5 обладает крайне низкими значениями альфа-разнообразия. Таксономически большая часть сообщества представлено *Proteobacteria* (31%), *Bacteroidetes* (34%), а также *Cyanobacteria* (16%), отсутствуют представители *Acidobacteria*.

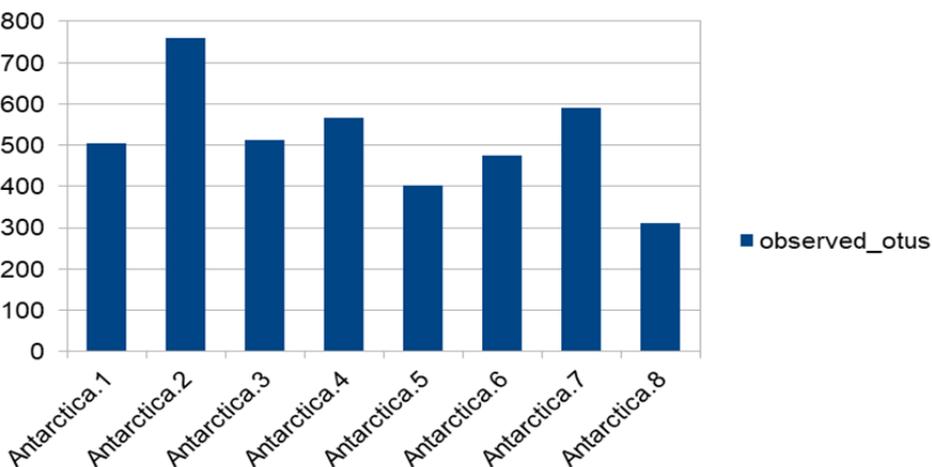


Рис. 4. Количество операционных таксономических единиц (OTU)

Образцы 6, 7 и 8 оказываются схожи по таксономическому составу. Большая часть прочтений относятся к представителям фил *Cyanobacteria*, *Bacteroidetes*

tes, *Proteobacteria* и *Acidobacteria*, причем последняя характерна, главным образом, для образца 6. Цианобактерии занимают существенную долю в составе всех сообществ, доходя до 61% в образце 8. Именно это, по-видимому, снижает значения индексов альфа-разнообразия для образца 8. По данным бета-разнообразия, образцы не формируют одного кластера, хотя и находятся в одной части оси при проведении PCoA. Таксономически и по данным бета-разнообразия, они сходны с образцом 4.

Микробиом исследованных почв можно условно разделить на три группы, относящиеся к различным почвам, имеющим различный уровень разнообразия. Естественные ненарушенные почвы, формирующиеся на каменных мостовых, отличаются наибольшим уровнем разнообразия с доминированием в составе *Proteobacteria*. В орнитогенных почвах на местах гнездования птиц формируется сообщество со средним уровнем разнообразия и преобладанием *Cyanobacteria*, в то время как в антропогенно-нарушенных почвах формируется микробиом с низким уровнем разнообразия и преобладанием рода *Bacteroidetes*. Увеличение доли антропогенно-нарушенных земель может привести к сокращению разнообразия фил в микробиоме и увеличить долю *Bacteroidetes* в его составе.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ № 19-54-18003, 19-05-50107, 18-04-00900.

Литература

1. Bates S.T., Berg-Lyons D., Caporaso J.G., Walters W.A., Knight R., Fierer N. Examining the global distribution of dominant archaeal populations in soil // ISME J. 2010. № 5. P. 908–917.
2. Caporaso J.G. QIIME 2: Reproducible, interactive, scalable, and extensible microbiome data science // PeerJ Preprints. 2018. № 6. P. e27295v2.

Microbiome of primary soils of Antarctica on example of Progress station

E.V. Abakumov, V.I. Polyakov, A.O. Zverev, A.K. Kimeklis,
E.A. Evdokimova, E.A. Ivanova, G.V. Gladkov

*The soil microbiome was studied in eastern Antarctica on the Progress station. The soil cover is represented by natural soils and soil-like bodies, as well as anthropogenic soil. The composition of the microbiomes of natural and anthropogenic soils have significant differences in alpha and beta diversity. According to the obtained data, primary soils on stone pavements are highly diverse; representatives of *Proteobacteria* predominate in the microbiome. In the ornithogenic soils forming in the areas of bird nests, an average level of diversity and prevalence of *Cyanobacteria* in the composition was noted. In anthropogenic soils, extremely low diversity and dominance of *Bacteroidetes* is noted.*

Ландшафтная индикация почвенного покрова среднетаежной зоны Западной Сибири

Л.Ю. Дитц

*Новосибирский государственный университет экономики и управления, г. Новосибирск,
l.ditz@mail.ru*

В статье рассмотрены основные подходы ландшафтной индикации при тематическом картографировании почвенного покрова на примере ключевого участка Пякопур-Пуровского водораздела. Преобразование спектрального изображения и дешифрирование почвенно-растительного покрова проводилось с использованием ERDAS IMAGINE, MapInfo и векторной ArcView GIS. Дана краткая характеристика компонентов природного ландшафта и особенности их отображения на космических снимках. Дано краткое описание структуры и текстуры ландшафтного рисунка изображения для автоморфных и гидроморфных почв.

Ключевые слова: *ландшафтная индикация, космические снимки, почва, растительность, программное обеспечение, ландшафтный рисунок, картографирование.*

Современные компьютерные подходы являются естественным развитием традиционного сравнительно-географического метода картографирования почв.

Почва, являясь одним из основных компонентов ландшафта, не всегда находит прямое отображение на космических снимках. Основой для распознавания почв является установление ландшафтно-индикационной роли каждого компонента ландшафта (рельеф, растительность, уровень грунтовых вод и т.д.) в формировании фотоизображения.

Наиболее устойчивым дешифровочным признаком является ландшафтный рисунок изображения, геометрические особенности которого представляют объективную информацию о пространственных взаимоотношениях природных объектов [1].

При почвенно-индикационных исследованиях с ландшафтных позиций в качестве индикаторов могут быть использованы закономерные сочетания растительности и рельефа, обладающие высокой физиономичностью при дешифрировании.

Работы по тематическому картографированию проводились с использованием ERDAS IMAGINE, MapInfo и векторной ArcView GIS. В качестве картографической основы послужила цифровая модель рельефа. Для дешифрирования почвенно-растительного покрова исследуемого участка использовались цветные многозональные космические снимки Landsat с 30-метровым разрешением.

Объектом исследования послужила территория Пякопур-Пуровского водораздела, для которой характерна высокая степень распространения болотных экосистем.

Почвенный покров представлен набором почв, характерным для среднетаежной зоны, Элювиальную позицию в ландшафте занимают подзолы иллювиально-железистые под сосняками зеленомошно-лишайниковыми. Транс-

элювиальное положение характерно для подзола иллювиально-гумусово-железистого грунтово-глеевого под сосняком лишайниковым. Трансаккумулятивная позиция занята торфяно-подзолом иллювиально-гумусово-железистым, выступающим как промежуточное звено в общей схеме заболачивания. Замыкающим звеном почвенно-геоморфологического профиля является олиготрофное болото (мощность торфяной залежи составляет более 2 метров), характеризующееся наличием мерзлотного слоя на глубине 30 и более см. Выделенный ряд почв характеризуется постепенным нарастанием гидроморфности, что дает возможность проследить последовательные стадии заболачивания. В зависимости от направления ландшафтнообразующих процессов развитие почв идет в сторону усиления болотообразования.

Почвообразующими породами выступают флювиогляциальные отложения.

Почвенная информация была оцифрована и трансформирована в единую географическую систему координат при помощи программных средств ГИС и дальнейшей корректировкой с использованием данных дистанционного зондирования [2].

В условиях рассматриваемой территории по материалам дистанционного зондирования индикатором экологического состояния почвенного покрова выступает растительность, как наиболее чувствительный и дешифрируемый компонент региональных экосистем.

На исследуемой территории проведена тематическая обработка космических снимков (классификация), которая заключается в преобразовании спектрального изображения и автоматизированное разбиение снимка на однородные области, отражающие определенные спектральные характеристики природных объектов. Получающееся при этом изображение напоминает тематическую карту (рис. 1).

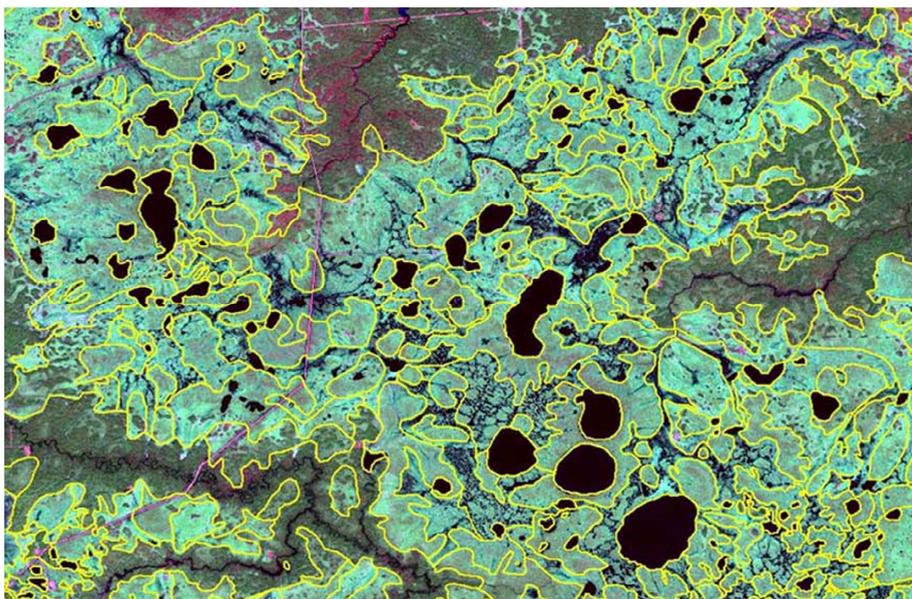


Рис. 1. Дешифрирования космического изображения

Для увеличения контрастности разнородных контуров использовался синтез спектральных каналов в ERDAS IMAGINE. Полученные результаты визуального дешифрирования корректировались по тематическим картам почв, рельефа, растительности. Поэтому классифицирование снимков по спектральным каналам можно рассматривать как процедуру автоматизированного дешифрирования ДДЗ [3].

К прямому дешифровочному признаку почвенно-растительного покрова относится структура и текстура фотоизображения.

На повышенных элементах рельефа, примыкающих к болотному комплексу, получили распространение иллювиально-железистые и иллювиально-гумусовые почвы, различающиеся по степени гидроморфизма. Здесь почвы развиваются под сосняками лишайниковыми, зеленомошными и кустарничково-зеленомошными и образуют сплошные однородные контуры. Они дешифрируются по хорошо выраженному мелкозернистому рисунку и довольно четко разделяются по степени насыщенности зеленого цвета. Леса не имеют определенной геометрической формы, так как приурочены к естественным элементам рельефа.

Значительная часть территории имеет плоскоравнинный рельеф, что значительно затрудняет выявление форм мезо- и микрорельефа местности, которые являются основными факторами дифференциации почвенного покрова по степени гидроморфизма.

При постепенном увеличении гидроморфизма уменьшается контрастность ландшафтов. Большую часть исследуемого участка составляют грядово-мочажинные комплексы, которые дешифрируются по извилисто-полосчатому рисунку. Концентрическое расположение полос на снимке указывает на выпуклость поверхности болотного массива.

Надежным индикатором экологического состояния почвенного покрова выступает растительность. Характер растительности формирует текстурные особенности изображения.

Таким образом, при ландшафтно-индикационных исследованиях почвенного покрова в качестве индикаторов могут быть использованы закономерные сочетания растительности и рельефа, обладающие высокой физиономичностью при дешифрировании.

Литература

1. Дитц Л.Ю. Изучение пространственно-временной динамики почвенного покрова на основе ГИС-технологий и космических снимков // Эколого-географические исследования восточной части Сибирских Увалов. Нижневартовск: Изд-во Нижневарт. гуманит. ун-та, 2009. Вып. 4. С. 4–15.
2. Дитц Л.Ю. Разработка информационной базы данных ГИС экосистем // Сборник докладов Междунар. науч.-практ. конференции «I Открытый российский статистический конгресс». Новосибирск, 2016. С. 303–310.
3. Шалькевич Ф.Е., Давидович Ю.С. Спектрометрическая съемка и ее возможности при изучении природных объектов // 76-я научная конференция студентов и аспирантов Белорусского государственного университета: материалы конференции: в 3 ч. 2019. С. 30–33.

Landscape indication of the soil cover of the middle taiga zone of Western Siberia according to remote sensing data

L.Yu. Ditz

The article discusses the main approaches of landscape indication in thematic mapping of the soil cover by the example of a key section of the Pyakopur-Purovsky watershed. The conversion of the spectral image and interpretation of the land cover was carried out using ERDAS IMAGINE, MapInfo and vector ArcView GIS. A brief description of the components of the natural landscape and the features of their display in satellite images are given. A brief description of the structure and texture of the landscape image is given for automorphic and hydromorphic soils.

УДК 631.48

Почвенно-факторные сопряжения в Субарктике Средней Сибири

Ю.И. Ершов

Институт леса им. В.Н. Сукачева СО РАН, г. Красноярск, solum@ksc.krasn.ru

Установлены и сформулированы основные факторные закономерности, управляющие географическим распределением и генетическим разнообразием почв. Приведена региональная модель почвенно-факторных связей. По различиям меридиональных вариантов сочетаний условий увлажненности и континентальности климата выделены три региональных почвенно-климатических сектора. Внутрисекторное обособление почв контролируется геоморфологическими и геофизиологическими условиями и гранулометрическим составом почвообразующих пород.

Ключевые слова: *модель почвенно-факторных связей, почвенно-климатические сектора, география и факторная диагностика почв.*

Территория исследований охватывает восточную приенисейскую часть Субарктики в пределах северо-запада Среднесибирского плоскогорья (координаты: 62–7°N, 88–105°E). Цель работы – установить и сформулировать основные факторные закономерности, управляющие генетическим разнообразием и географией почв. Объектом исследования послужили некриогенные мезоморфные почвы – подбуры, грануземы, палевые (льдистая многолетнемерзлая толща (ММТ) расположена глубже почвенного профиля и существенного влияния на формирование этих почв не оказывает) и криогенные надмерзлотно-гидроморфные (криоземы глееватые) и надмерзлотно-полугидроморфные (криоземы, криоземы сорбировано-гумусовые, криоземы серогумусовые) почвы. Профиль последних на глубине до 1 м подпирается льдистой ММТ. Регион расположена в области многолетней криолитозоны (мерзлая зона литосферы с сезонно-протаивающей почвой), отличается многообразием, специфичностью и резкой территориальной неоднородностью факторов почвообразования. Факторы почвообразования – это комплекс взаимосвязанных и взаимозависимых природных и

антропогенных явлений, под одновременным и интегрированным воздействием которых формируются разнообразные и сложно организованные почвенные тела, и почвенные покровы. Региональные почвенно-факторные сопряжения представлены уравнением функциональной зависимости почв от факторов среды во времени (формула (1))

$$S = f(K, LV, GP, R, M, A \dots) T, \quad (1)$$

где S – почвы (функция, следствие), круглые скобки указывают на определенную связь факторов (аргументы, причина); K – климат (холодный, континентальный-резко-континентальный, слабогумидно-семигумидный); LV – лесные фитоценозы (притундровые и северотаежные редкостойные лиственничные леса); GP – горные (почвообразующие) породы – продуктах выветривания (дериваты) основных пород трапповой формации (базальты, долериты и др.); R – рельеф (горно-котловинный), или геоморфологический фактор; M – геокриологические (многолетняя мерзлота) условия, или льдистая ММТ; А – антропогенный фактор (добыча и технологическая переработка полезных ископаемых); T – время, или возраст почв (голоцен). K, LV, GP, R, T – обязательные (повсеместные) факторы почвообразования, контролирующие формирование некриогенных почв.

Помимо обязательных факторов добавляются факультативные (дополнительные, необязательные) – M, A, оказывающие весьма существенное влияние на почвообразование. Особое место в этой в этой схеме занимают геокриологический фактор, с которым связано образование генетической общности криогенных почв. Записанное уравнение – это самая общая региональная символическая модель почвенно-факторная связей, отражающая взаимозависимость факторов и их влияние на генетическое разнообразие и географическое распространение почв. Каждый из факторов оказывает специфическое воздействие на почвообразование, но не всегда и не везде каждый фактор одинаково влияет на педогенез. Один фактор (или факторы) являются ведущими (основными, фоновыми), определяющими главные закономерности географии почв (в данном случае климат), другие – сопутствующими (проявляются на фоне ведущего фактора), обуславливающими генетическое разнообразие почв (это может быть комбинация факторов, один фактор (или его отдельные характеристик). Эти факторы могут приводить к пространственной дивергенции – расхождение в процессе развития признаков почв, вызываемое фактором (факторами) педогенеза или конвергенции – приобретение в ходе развития почв сходного строения вследствие их почв имеет свой географический ареал и свою комбинацию факторов – эколого-географическую (факторную) нишу (часть пространства, занятая определенной почвой). Например, подбуры – это функция взаимодействия обязательных факторов: холодного континентального гумидного климата, лиственничных фитоценозов, каменисто-суглинистых дериватов траппов, горного рельефа, интенсивного техногенного пресса (Норильский промышленной район). Криоземы серогумусовые – следствие совокупного воздействия обязательных и факультативного факторов: хладного резко-континентального семигумидного климата, лиственничных фитоценозов, тиксотропных суглинисто-глинистых пород, различных форм макро- и микрорельефа (межгорные котловины, бугорково-западинный). Специфическое региональное единство почв и факторов выражается поясно-зонально-

провинциальной (фациальной) концепцией закономерностей. Здесь ярко выражена вертикальная почвенная зональность (поясность). Горизонтальная зональность почв редуцирована субдолготной ориентировкой горных сооружений и связанных с ней изменением факторов увлажнённости и континентальности климата с запада на восток. По различиям меридиональных вариантов сочетаний условий увлажнённости и континентальности климата выделены три почвенно-климатических сектора, каждому из секторов соответствует своя группа почв, или свой почвенный покров, состоящий из принципиально разных по генезису, почв: 1) западный гумидный (влажный) континентальный (границы: 88–98°E); почвы – подбуры, грануземы, криоземы глееватые; 2) переходный слабогумидно-семигумидный (границы: 98–102°E), почвы – палево-подбуры, палево-грануземы, криоземы; 3) восточный семигумидный (полуувлажный, засушливый) резко-континентальный сектор (границы: 102–105°E), почвы – палевые, криоземы сорбировано-гумусовые, криоземы серогумусовые. В соответствии с климатическими секторами формируются три типа структур вертикальной поясности почв – гумидный, слабогумидно-семигумидный и семигумидный (климатогенная дивергенция). Независимо от долготно-климатического изменения, в каждом секторе обособляются близкие по генезису криогенные почвы – криоземы (геокриологическая конвергенция). Внутрисекторное генетическое разнообразие и распространение почв контролируется литолого-геоморфологическими, экспозиционно-криогидротермическими и криологическими факторами. Так, в гумидном секторе (при прочих равных условиях) на каменисто-суглинистых породах формируются подбуры, а на суглинисто-глинистых – грануземы (литогенная дивергенция). На северных склонах развиваются криоземы глееватые, на склонах южных румбов – подбуры (экспозиционно-геокриологическая дивергенция). В слабогумидно-семигумидном секторе на склонах северных направлений образуются криоземы (экспозиционно-геокриологическое обособление), на южных склонах – палево-подбуры (экспозиционная дивергенция); на суглинисто-глинистых отложениях (флювиогляциальные террасы) формируются палево-грануземы (геоморфологическое и гранулометрическое обособление). В семигумидном секторе (при прочих равных условиях) на некаменистых тиксотропных суглинисто-глинистых породах возникают криоземы серогумусовые, а на каменисто-суглинистых породах – криоземы сорбировано-гумусовые (гранулометрическая дивергенция). Различия по глубине залегания льдистой ММТ приводят к формированию палевых почв и криоземов (геокриологическая дивергенция). Таким образом, основным (ведущим) фактором в общерегиональном плане является климат (увлажнённость и континентальность), обуславливающим географию почв, сопутствующими факторами – геоморфологические и геокриологические условия и гранулометрический состав почвообразующих пород, определяющие генетическое разнообразие почв.

Тесная связь почв и лесных фитоценозов не прослеживается, поскольку лесные фитоценозы представлены монодоминантными низкорослыми листовыми редколесьями с олиготрофным кустарничковым моховым, лишайниковым и сфагновым напочвенным покровом, дающим близкие величины годичного прироста и опада биомассы. Наиболее существенная связь наблюдается

между криоземами серогумусовыми и листовничниками кустарничково-мохово-лишайниковыми Vб класса бонитета. Деревья расположены на криогенных нано-бугорках, обычно наклонены («пьяный лес», или криволесье). На грануземах произрастают древостой IV–V классов бонитета, на подбурах и палевых почвах – древостой V–Va класса бонитета с кустарничковым лишайниковым и зелено-мошным напочвенным покровом. На криоземах и криоземах глееватых распространены листовничники кустарничково-моховые Va–Vб класса бонитета. Основными индикаторами почв служат следующие факторы: климат (увлажненность и континентальность), геоморфологические (элементы и формы рельефа – горы, склоны, котловины, морфоскульптуры) и геокриологические условия (глубина залегания кровли льдистой ММТ) и гранулометрический состава почвообразующих пород, при их качественно однородном или близком минералогическом составе, который не является диагностическим, поскольку он характерен для всего регионального почвообразования. Эти факторы (или их отдельные качественные характеристики) обуславливают географическое распределение и генетическое разнообразие почв.

Итак, установлены и сформулированы основные факторные закономерности, управляющие географическим распределением и генетическим разнообразием почв. География почв определяется долготными различиями в степени увлажненности и континентальности климата.

Генетическое обособление почв контролируется геоморфологическими и криологическими условиями и гранулометрическим составом почвообразующих пород. Приведенные материалы актуальны для почвенного картирования и районирования.

Soil and factor conjugations in the Subarctic of Central Siberia

Yu.I. Yershov

The aspects of regional soil and factor relations have been considered in the paper. The main factor patterns, which govern the genetic isolation and geographical distribution of soils, have been established and formulated. The soil and factor conjugations are represented by the equation of the functional dependence of soils on environmental factors over time. In the regional plan three meridional soil-climatic sectors have been identified. The geography of soils is determined by longitudinal differences in the degree of moisture and continental climate. The genetic isolation of soils is controlled by the geomorphological and geocryological conditions and by granulometric composition of parent rocks. The given evidences are topical for soil mapping and zoning.

Почва как отражение межгеосферных взаимодействий на примере водородной дегазации Земли

Т.А. Зубкова, Н.И. Суханова, А.В. Кирюшин

МГУ им. М.В. Ломоносова, г. Москва, *dusy.taz@mail.ru*

Установлено уменьшение содержания гумуса и его осветление, а также снижение механической прочности агрегатов с 0,03–0,09 Н (контроль) до 0,01–0,04 Н в агросерых легкосуглинистых почвах Липецкой области в условиях повышенных водородных потоков из литосферы в атмосферу (0,68% H₂). Причем, в агрегатной фракции 3–5 мм разница заметнее, чем во фракции 2–3 мм, что связано с деструкцией органического вещества почвы под действием эндогенного водорода.

Ключевые слова: агросерые почвы, эндогенный водород, механическая прочность агрегатов, межгеосферные взаимодействия.

Согласно представлениям о нашей планете как системе геосфер (литосфера, гидросфера, кора выветривания, биосфера, атмосфера), существует непрерывное взаимодействие их друг с другом, при котором геосферы обмениваются энергией, импульсом и массой [1]. На границе литосфера-атмосфера самые значительные потоки массы и энергии. В геосферных взаимодействиях значительную роль играют разломно-блоковые структуры земной коры, которые служат проводниками флюидов и глубинных газов в период своего активного существования [2]. Карта пространственного размещения тектонических узлов на территории Севера Русской плиты показывает [1], что узлов достаточно много, и их свойства отражаются в атмосферных процессах. В этих районах формируются озоновые аномалии в результате дегазации H₂ из глубинных зон планеты [3], изменяются атмосферное давление, температура воздуха, количество осадков, химический состав газов, электромагнитные свойства атмосферы и др.. Эндогенные геофизические факторы влияют и на растительность. Так, изменяются морфометрические показатели ценозообразующих видов деревьев Центрального Кавказа [4]; брусники [5] и жимолости голубой [6]. Установлено влияние H₂ на структурные изменения в листьях растений (увеличение хлоропластов и др.) и их оптические свойства [7]. В тектонических зонах разлома отмечается повышение психоневрологических заболеваний человека [8]. Таким образом, в зонах активных взаимодействий геосфер, где происходит струйная миграция глубинных газов и флюидов, обнаруживаются изменения не только климатических и геофизических характеристик приземного слоя атмосферы, но и в структуре растений и биогеоценозов. Показана активная роль педосферы в формировании биосферы и гидросферы [9]. Однако совсем мало данных о роли педосферы в межгеосферных взаимодействиях в системе «литосфера-педосфера-атмосфера». Выступает ли почва в качестве инертной материи или играет роль активного пропускного канала в миграции глубинных газов из литосферы в атмосферу? Среди эндогенных газов, выделяющихся в атмосферу, основную долю составляет водород (более 90%). В условиях повышенных потоков H₂ изменяется цветность и качество ор-

ганического вещества почвы [10–12], агрегаты теряют прочность и рассыпаются [13]. Актуальность изучения влияния эндогенного H_2 на почву обусловлена увеличивающимися масштабами водородной дегазации Земли во всем мире [14, 3]. Существенная площадь таких территорий в России приходится на черноземные пахотные почвы [10–13]. Поэтому влияние глубинного водорода на почву важно для оценки, как хозяйственной деятельности человека, так и плодородия, а также санитарных функций почвы.

Представленная работа посвящена оценке физических свойств почвы на территориях с повышенной водородной дегазацией Земли. В задачи исследования входило определение механической прочности агрегатов, как индикаторов внутрипедных связей и степени межчастичного контактирования в почве [15] и содержания гумуса.

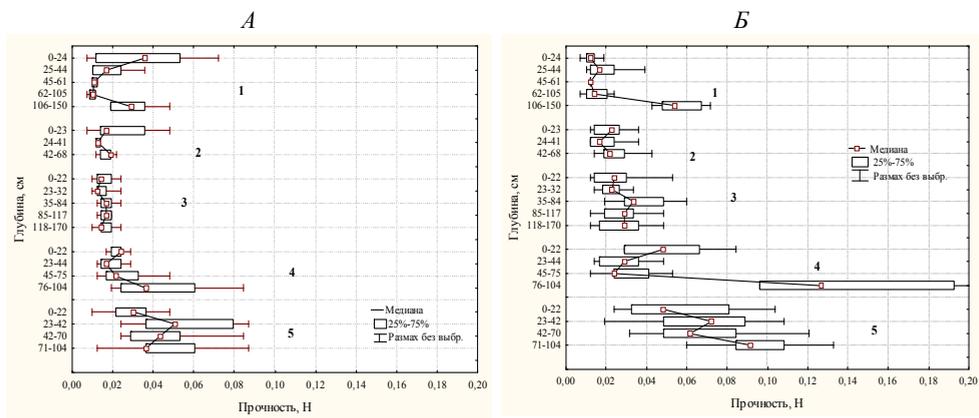


Рис. 1. Диаграмма размаха механической прочности агрегатов 2–3 мм (А) и 3–5 мм (Б):
1, 2 – склон западины; 3 – граница западины; 4 – центр западины;
5 – фоновая агросерая почва за пределами западины

Агросерые легкосуглинистые почвы Липецкой области на разных элементах западины (разрезы 1–4), где концентрация H_2 составляла в среднем 0,65%, что в несколько раз превышает обычные концентрации в почвенном воздухе. Вне западины (разрез 5) концентрация H_2 была обычной, несколько ppm. Поток молекулярного водорода измеряли переносным газоанализатором водорода ВГ-3В. Состояние агрегатов оценивали по их механической прочности. Прочность агрегатов определяли методом прямого механического раздавливания на приборе МП-2С в 35-кратной повторности и выражали в единицах силы ньютонах. Статистическую обработку результатов проводили в программе Statistica-6.0. Исследовали две агрегатные фракции: со средним диаметром 2–3 мм и 3–5 мм. Общее содержание Сорг определяли по Тюрину.

Почвы склонов и границы западин, в местах повышенных потоков H_2 , характеризуются низким содержанием гумуса: Сорг от 0,98% в пахотном горизонте до 0,13% на глубине 100 см. В центре западины и в фоновой почве гумуса больше – 1,99–2,36% Сорг. Осветление почв, обеднение гумусом и его деструкция

отмечались и в черноземах обыкновенных Воронежской и Волгоградской областей [10–13]. Агрегаты теряли прочность и с легкостью рассыпались [12, 13]. В агросерых почвах Липецкой области в условиях повышенной эксгаляции H_2 агрегаты также непрочные, сила их раздавливания в 2–5 раз меньше значений прочности фоновой почвы (рис. 1). Причем для крупных агрегатов эта разница заметнее (рис. 1, Б). Гумусовые «связки» играют существенную роль в формировании крупных агрегатов по сравнению с мелкими [16], поэтому установленные различия прочностных свойств агрегатов более выражены во фракции 3–5 мм, чем 2–3 мм. Изменение механической прочности агрегатов по профилю почвы показывает их упрочнение с глубиной и однотипность кривых для фракции 2–3 и 3–5 мм с вероятностью 75%.

Таким образом, отвечая на вопрос о роли почвы в межгеосферных взаимодействиях на примере струйной дегазации водорода из глубинных зон планеты, можно заключить, что почва не инертный пропускной канал в системе «литосфера-атмосфера»: в ней происходят изменения не только на молекулярном уровне организации вещества, но и на более высоком структурном уровне – агрегатном. В условиях водородных потоков возможна деструкция гумуса и его осветление, агрегаты размером 2–5 мм теряют механическую прочность. Вероятно, именно трансформация гумусовых веществ, как органических «клеев», приводит к ослаблению внутривидовых связей и снижению механической прочности агрегатов.

Литература

1. Кутинов Ю., Чистова З., Беляев В., Неверов Н. Земля как система оболочек, объединённых каналами глубинной дегазации 2018. URL: <https://regnum.ru/news/innovatio/2428428.html>
2. Кутинов Ю.Г., Чистова З.Б. Комплексная модель процессов межгеосферного взаимодействия в тектонических узлах Севера Русской плиты // Электронное научное издание Альманах Пространство и Время. 2012. Т. 1, вып. 1. URL: <http://www.j-spacetime.com>
3. Сывороткин В.Л. Глубинная дегазация Земли и глобальные катастрофы. М.: Геоинформцентр, 2002. 250 с.
4. Шиманская Е.И., Вардуни Т.В., Вьюхина А.А., Чохели В.А. Разработка метода биотестирования недифференцированных факторов среды для территорий, приуроченных к зонам активных тектонических разломов, на основе анализа разределения морфологических изменений у ценообразующих видов деревьев // Журнал Фундаментальные исследования. 2013. Вып. № 6-5. С. 1178–1183.
5. Беляев В.В., Кутинов Ю.Г., Левачев А.В., Чистова З.Б. Влияние геоэкологических факторов среды на агроклиматические условия роста лесных и сельскохозяйственных культур в Архангельской области // Вестник Северного (Арктического) федерального университета. Серия: Естественные науки. 2007. С. 4–12.
6. Боярских И.Г., Шитов А.В. Особенности внутривидовой изменчивости плодов *Lonicera Caerulea* L. в связи с активными геологическими процессами горного Алтая // Вестник Томского государственного университета. 2011. № 348.
7. Тимченко Е.В., Тимченко П.В., Селезнева Е.А. Экспериментальные исследования влияния водорода на оптические характеристики растений // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2014. Т. 16, вып. № 1-1.
8. Белашев Б.З. Психотропные эффекты земных недр. Модели и механизмы // Пространство и Время. 2016. Т. 11, вып. 1. URL: <http://www.j-spacetime.com>
9. Добровольский Г.В., Карпачевский Л.О., Криксунов Е.А. Геосферы и педосфера. М.: ГЕОС, 2010. 192 с.

10. Суханова Н.И., Трофимов С.Я., Полянская Л.М., Ларин Н.В., Ларин В.Н.. Изменение гумусного состояния и структуры микробной биомассы в местах водородной эксгаляции // Почвоведение. Eurasian Soil Science. 2013. № 2. С. 152–162.

11. Суханова Н.И., Кирюшин А.В. Влияние потока глубинного водорода на химические свойства и гумусное состояние почв // Система «Планета Земля» 200 лет священноймю союзу 1815–2015. М., 2015. С. 201–246.

12. Sukhanova N.I., Zubkova T.A. State of organic matter and particularities of physicochemical properties of soils in the endogenous hydrogen seepage zones // Open Journal of Soil Science. 2018. № 8. P. 186–196.

13. Зубкова Т.А., Суханова Н.И. Особенности почвенных агрегатов в условиях выделения эндогенного водорода // Пространство и время. 2018. № 1-2 (31-32). С. 181–192.

14. Ларин В.Н. Наша Земля (происхождение, состав, строение и развитие изначально гидридной Земли). М.: Агар, 2005. 248 с.

15. Зубкова Т.А., Карпачевский Л.О. Матричная организация почв. М.: РУСАКИ, 2001. 296 с.

16. Зубкова Т.А., Котлярова В.В., Белоусов В.М., Мартынова Н.А. Особенности агрегатного состава дерново-карбонатных почв на лессах и лессовидных суглинках Восточного Забайкалья // Почва как связующее звено функционирования природных и антропогенно-преобразованных экосистем: материалы II междунар. научно-практ. конф. Иркутск, 2006.

Soil as a reflection of intergeospheric interactions on the example of hydrogen degassing of the Earth

T.A. Zubkova, N.I. Sukhanova, A.V. Kiryushin

A decrease in the humus content and its clarification, as well as a decrease in the mechanical strength of the aggregates from 0,03–0,09 N (control) to 0,01–0,04 N in agro-gray loamy soils of the Lipetsk region under conditions of increased hydrogen fluxes from the lithosphere to the atmosphere (0,68% H₂). Moreover, in the aggregate fraction of 3–5 mm the difference is more noticeable than in the fraction of 2–3 mm, which is associated with the destruction of soil organic matter under the action of endogenous hydrogen.

УДК 631.412

Особенности формирования почв Обь-Шегарского междуречья с высокой границей карбонатного пояса

В.Д. Иванова¹, А.Н. Никифоров^{1,2}

¹ Национальный исследовательский Томский государственный университет, г. Томск

² Институт мониторинга климатических и экологических систем СО РАН,
г. Томск, a.nik-n@mail.ru

В статье рассматриваются особенности формирования почв Обь-Шегарского междуречья с нетипичными признаками. Слабая дренированность территории способствует формированию почв в условиях повышенного гидроморфизма. Морфологические и физико-химические свойства исследуемых почв указывают на древнее почвообразование.

Ключевые слова: Обь-Шегарское междуречье, солоды и осолоделые почвы, высокая граница карбонатного пояса.

Специфика почвообразования Западно–Сибирского региона, не может быть объяснена только цикличностью климата. Важными факторами формирования почв выступают растительный покров и геолого-геоморфологические условия местности, определяющие физико–географическую обстановку в целом.

Ярким примером динамичности педогенеза является неоднородность и пестрота почвенного покрова в пределах Обь–Шегарского междуречья. Сравнительно небольшой участок подтаежной и южно-таежной подзон в пределах Томской области характеризуется разнообразием почв зонального спектра, спектра заболачивания, и сочетающимися с ними азональными и интрозональными почвами.

В качестве объектов исследования послужили почвы, с контрастными морфологическим и физико-химическими характеристиками: P479 – Дерново-солодь гидрометаморфизованная, P527 – Солодь темногумусовая типичная, P528 – Дерново-солодь типичная. Несмотря на большой массив накопленного материала, посвященного изучению почв этой территории [1, 2, 4, 6, 7], исследователям так и не удалось прийти к общему мнению в генетико-классификационном отношении. В наших работах [5], уже оценивались некоторое физические и физико-химические свойства почв исследуемой территории и проводилась попытка их классифицировать, относя к отделу [3] текстурно-дифференцированных, типам дерново-солодей и солодей темногумусовых.

Наибольшая контрастность свойств и признаков проявляется в дерново-солодях, для которых свойственно формирование в верхней части профиля светлых кислых элювиальных горизонтов, постепенно переходящих в аккумулятивно-карбонатные. Другими словами, в пределах первого метра можно наблюдать, протекающий в верхней части профиля – элювиальный процесс, на фоне окарбонативания средней и нижней его частей. Эти же особенности подтверждаются аналитически. Так, значения показателя pH водной вытяжки характеризуются контрастными изменениями значений в пределах почвенного профиля, и характеризуются слабокислой (рис. 1) в верхней части профиля, переходящей к среднешелочной в нижней.

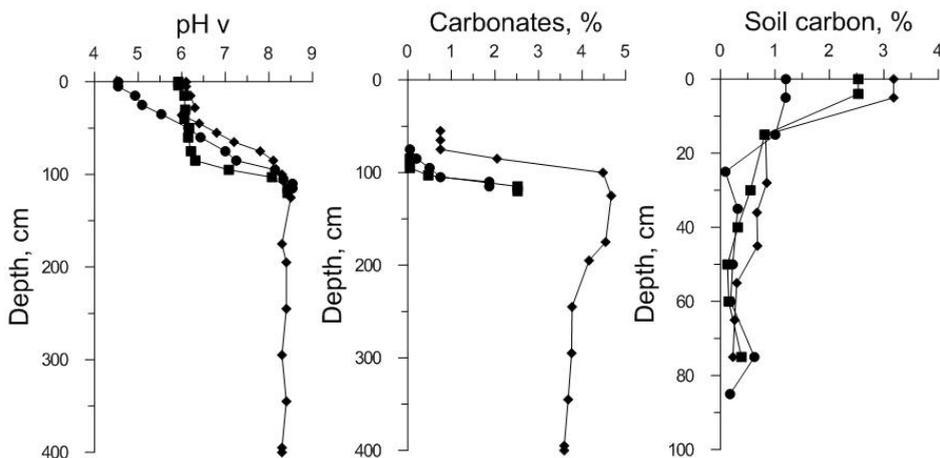


Рис. 1. Профильное распределение некоторых физико-химических показателей исследуемых почв

Граница интенсивного вскипания карбонатов приурочена, как правило, к глубине 90–110 см, где выделяется аккумулятивно-карбонатный горизонт, содержащий конкреционные формы карбонатов. Однако, карбонатный пояс смещен на 10–20 см выше за счет периодического, сезонно-циклического влияния обогащенных растворенными карбонатами почвенно-грунтовых вод.

Почвы исследуемой территории характеризуются средними значениями содержания почвенного органического углерода, варьирующими от 1,7 до 5,6% в верхних гумусоаккумулятивных горизонтах. Содержание гумуса постепенно возрастает в сторону олуговения. Профильное же распределение характеризуется довольно резким убыванием почвенного органического вещества (рис. 1) вниз по профилю, и, как правило, на глубине 10–20 см не превышает 1%. В некоторых случаях, в солодах темногумусовых, морфологически, а иногда и химически можно выявить горизонты остаточного гумусирования, залегающие в пределах верхнего полуметра.

Резкое уменьшение доли органического углерода почв можно связать с несколькими факторами: выщелачиванием наиболее мобильных компонентов из верхней части почвенного профиля автохтонными потоками и формированием светлого кислого элювиального горизонта; высокой границей карбонатного пояса, выступающего в качестве геохимического барьера на пути миграции водорастворимого гумуса.

Исследование гранулометрического состава показало общую тенденцию развития элювиально-иллювиальной дифференциации почвенных профилей, рассматриваемых в одном масштабе. Профиль дерново-солоди гидрометаморфизованной (P479 рис. 2) отражает характеристику гранулометрического состава почвообразующих пород, и указывает на преобладание в ее составе иловатой и лесовой фракций.

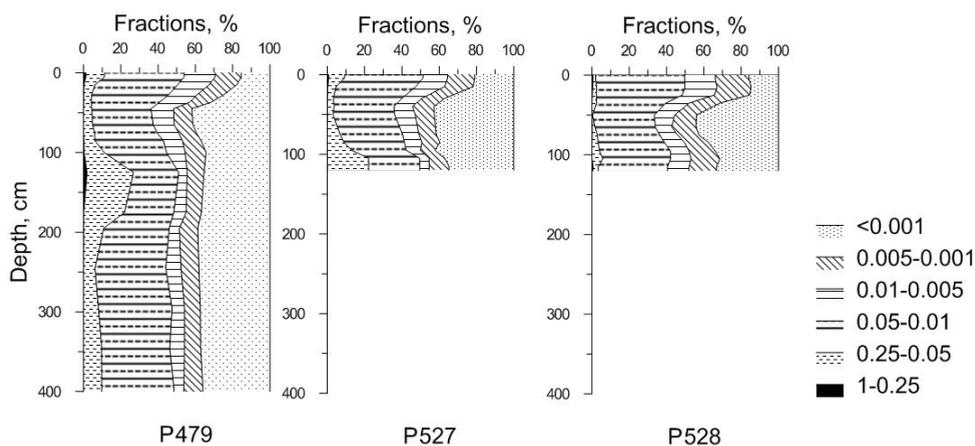


Рис. 2. Профильное распределение гранулометрических фракций в исследуемых почвах

Во всех рассматриваемых случаях на глубине 100–120 см наблюдается заметное увеличение доли фракции тонкого песка. Это может быть связано с раз-

витиём почв на древне-аллювиальной равнине, характеризующейся сравнительно недолгим периодом осадконакопления, и последующей довольно резкой сменой условий ландшафтогенеза.

Таким образом, исследованные почвы характеризуются уникальностью своего формирования, обусловленной особенностями генезиса и эволюцией, спецификой микроклиматических характеристик, а также низкой антропогенной нагрузкой на территорию.

Контрастность и сохранность почвенных профилей связана как с влиянием отдельных факторов почвообразования, так и наложением ряда почвообразовательных макро- и микропроцессов.

Литература

1. Гаджиев И.М. Генезис, эволюция и география почв Западной Сибири. Новосибирск: Наука, 1988. 224 с.
2. Ильин Р.С. Природа Нарымского края. Рельеф, география, ландшафты и почвы // Материалы по изучению Сибири. Томск, 1930. 344 с.
3. Классификация и диагностика почв России / Л.Л. Шишов [и др.]. М.: Ойкумена, 2004. 342 с.
4. Непряхин Е.М. Почвы Томской области. Томск: Изд-во Том. ун-та, 1977. 437 с.
5. Никифоров А.Н., Дюкарев А.Г. Осолоделые почвы в почвенном покрове Обь-Шегарского междуречья // Почва в биосфере: сборник / отв. ред. А.И. Сысо. Новосибирск, 2018. С. 70–73.
6. Уфимцева К.А. Почвы южно-таежной подзоны Западно-Сибирской низменности // Почвоведение. 1970. № 4. С. 13–24.
7. Уфимцева К.А. Почвы южной части таежной зоны Западной Сибири. М.: Колос, 1974. 202 с.

Features of soil formation in the Ob-Shegarsk interfluve with a high carbonate belt boundary

V.D. Ivanova, A.N. Nikiforov

The territory of the Ob-Shegar interfluve is characterized by a wide range of soils of zonal, azonal and introzonal series, against the background of an increasing level of waterlogging. The peculiarity of their formation is associated with the position in the relief and the complex structure of the landscape. Of greatest interest in the study are soils with a contrasting profile, which combine eluvial and accumulative-carbonate processes. Some features of these soils indicate relict stages of soil formation.

Влияние почвенно-литологических условий на состав миграционных потоков Западной Сибири

И.В. Крицков, Л.И. Герасько

Национальный исследовательский Томский государственный университет, г. Томск, krickov_ivan@mail.ru

Выполнено исследование влияния ландшафтных характеристик водосборов на формирование состава миграционных потоков Западной Сибири (ЗС). Установлено, что состав различных фракций речных вод, а также их процентное соотношение теснейшим образом связано с сезоном года, размером реки, а также направленностью процессов почвообразования. Выявлено, что широкое распространение органогенных почв способствует усиленной миграции органических веществ и элементов, образующих комплексы с органическими веществами.

Ключевые слова: *миграционные потоки, эрозия, фракционирование, многолетне-мерзлые породы.*

Почвенный покров и гидросфера находятся в теснейшем взаимодействии, при этом гидросфера воздействует на рельеф поверхности, преобразуя его посредством линейной и плоскостной эрозии, а почвенный покров (ПП) в свою очередь является одним из основных источников выноса веществ, так как почвы в первую очередь подвергается воздействию природных вод [1]. Влияние ПП на состав поверхностных водотоков довольно разнообразно, так взвешенные формы миграции, представлены преимущественно эрозионным материалом, сформированным при экстремальных выпадениях осадков, интенсивном снеготаянии, а также паводковых и русловых процессах [2]. Растворенная и коллоидная составляющая миграционных потоков обогащается продуктами процессов почвообразования, поставляемых посредством внутрпочвенной радиальной и латеральной миграции.

Для выявления закономерностей формирования состава стока рек ЗС нами были отобраны образцы воды с широтного профиля от таежной до тундровой зоны. Отбор производился по основным гидрологическим фазам: весеннее половодье, летняя межень и осенняя межень. Выбор объектов производился, согласно охвату широкого спектра размерностей рек, от малых водотоков до крупных рек. Фракционное разделение речных вод проводилось посредством ультрацентрифужной фильтрации, что позволило выделить несколько фракций: истинно-растворенная (<3 kDa), среднемоллекулярная (3–30 kDa), крупномоллекулярная (<30 kDa).

Природные факторы оценивались с использованием данных дистанционного зондирования, подкрепленных многолетними полевыми исследованиями на ключевых участках, располагающихся в каждой исследуемой подзоне.

Как уже упоминалось выше, обогащение речных вод растворенными и коллоидными формами миграции происходит в основном посредством внутрпочвенного стока и последующего поступления продуктов миграции в грунтовые

и поверхностные воды. Поэтому максимальное проявление влияния соотношения автоморфных и гидроморфных почв проявлялось в периоды летней и осенней межени (рис. 1), когда достигается полное освобождение почвенных профилей от сезонной мерзлоты в немерзлотной зоне и максимальное протаивание почв сформированных в условиях распространения мерзлоты.

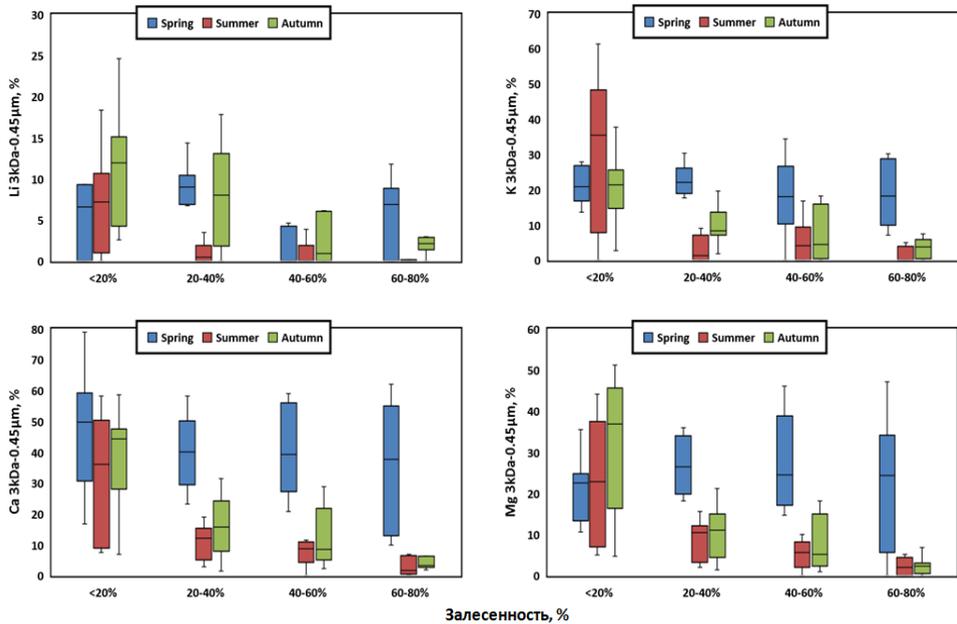


Рис. 1. Содержание элементов в коллоидной фракции речных вод Западной Сибири в зависимости от распространенности автоморфных почв

Согласно результатам нашего исследования, меженные периоды коллоидная составляющая щелочных (Li, Na, K, Rb), щелочноземельных (Mg, Ca, Sr, Ba) элементов, а также Co, Ni, As, и Mo уменьшалась с увеличением доли автоморфных почв на водосборе. Осенью этот эффект также был очевиден для Al, P, Ti, Th, это, вероятно, связано с интенсивностью выноса мигрантов в ионной и истинно-растворенной форме, при явном сокращении относительного содержания коллоидов. В зоне распространения многолетнемерзлых пород (ММП) влияние лесных массивов выражено сильнее, так как под лесом оттаивание почвы происходит гораздо быстрее, нежели на торфяных массивах, изолирующих мерзлоту, поэтому поступление компонентов почвенных вод в реки происходит более интенсивно.

Одним из важнейших факторов, оказывающих действие на формирование миграционных потоков, является наличие глубокого промерзания, свойственного даже территории южнотаежной подзоны. Так в южной тайге ЗС слабая проницаемость почвообразующих пород при глубоком длительном промерзании влагонасыщенных горизонтов образуется особый водоупорный горизонт, отличающийся

нулевой проницаемостью [3]. Это явление способствует интенсификации элювиально-глеевых процессов и сопутствующему выносу элементов из почвенного профиля и их дальнейшему надмерзлотному стоку в истинно-растворенной и низкомолекулярных формах.

Также в летний и осенний периоды по мере оттаивания ММП происходит вовлечение в гидрологический и внутрпочвенный сток глубоких минеральных горизонтов почв, где может происходить мобилизация гидролизатов, поступающих в речные системы. Влияние распространенности автоморфных почв на коллоидную составляющую трех- и четырехвалентных гидролизатов проявляется в большей степени осенью, при максимальном деятельном слое и минимальном питании рек поверхностным стоком. Подобное наблюдение воздействия оттаивания вечной мерзлоты и деятельного слоя, сопровождающееся перемещением соединений органического углерода в минеральные горизонты почв, описано для зоны прерывистой мерзлоты [4].

Степень заболоченности водосборов, вопреки нашим предположениям слабо влияет на состав коллоидной и истинно-растворенной форм миграции органического углерода (ОУ), так в содержании коллоидных форм органического углерода слабо увеличивалось в период половодья, однако летом и осенью этот эффект был не выражен. Однако содержание взвешенных форм ОУ устойчиво возрастает по мере увеличения степени заболоченности водоразделов в течение всех исследуемых гидрологических фаз, что, по-видимому, связано с высокой ролью абразии торфяных залежей, подрезаемых водотоками. Период поверхностного стока в болотных массивах криолитозоны ЗС сильно ограничен во времени и наблюдается в основном только в период весеннего половодья, основной сток, протекающий во время теплого периода, относится к полуповерхностному и фильтрационному стоку [5].

В распределении щелочных и щелочноземельных элементов зависимость их коллоидной составляющей от степени заболоченности водосборов была выражена в летний и осенний период, проявляясь в увеличении коллоидных форм с ростом процента болотных массивов. Это очевидно связано с усилением гидрологической связи между болотными массивами и речными системами по мере протаивания деятельного слоя.

Таким образом, особенностью коллоидного переноса реками ЗС является преобладание фракции 3–30 кДа в миграции ОУ и большинства металлов в период весеннего половодья. Со сменой сезона, когда в миграцию в большей степени вовлечен почвенный покров, происходит обогащение истинно-растворенной фракции (<3 кДа) и фракции крупных коллоидов 30 кДа–0,45 мкм.

Влияние размера реки на миграцию коллоидной фракции проявляется в большей мере в криолитозоне, при этом в реках с площадью водосбора более 100 км² заметно уменьшается содержание коллоидных форм ОУ, Al, Fe, P, Ca, Mg, U. Соотношение заболоченности и залесенности водосборов оказывает значимое влияние на коллоидный перенос многих элементов. Влияние этих факторов в большей мере опосредованное и по большей части зависит от факторов и процессов почвообразования. Так, под лесом формируются альфегумусовые почвы, обогащающие сток ионными и растворенными формами элементов. Напро-

тив, заболоченные ландшафты с высоким распространением органогенных почв, способствуют увеличению коллоидных форм миграции.

Работа выполнена в рамках проекта РФФИ, № 20-05-00729 А.

Литература

1. Добровольский Г.В., Карпачевский Л.О., Криксунов Е.А. Геосферы и педосфера. М.: ГЕОС, 2010. 190 с.
2. Krickov I.V. и др. Riverine particulate C and N generated at the permafrost thaw front: case study of western Siberian rivers across a 1700 km latitudinal transect // Biogeosciences. 2018. Т. 15, № 22. P. 6867–6884.
3. Каретин Л.Н. Почвы Тюменской области. Новосибирск, 1990. 286 с.
4. Loiko S.V. Abrupt permafrost collapse enhances organic carbon, CO₂, nutrient and metal release into surface waters // Chemical Geology. 2017. Vol. 471. P. 153–165.
5. Новиков С.М. Гидрология заболоченных территорий зоны многолетней мерзлоты Западной Сибири. 2009. 536 с.

The influence of soil and lithological conditions on the composition of migration flows in Western Siberia

I.V. Kritskov, L.I. Gerasko

The predominant form of transfer of most metals in the spring, among the dissolved and colloidal fractions of river waters, is the fraction of medium molecular colloids. In summer and autumn, the role of the truly dissolved and high molecular colloidal fraction increases. Soil cover is one of the primary factors in the formation of the composition of migration flows. The high degree of spread of bog soils promotes the migration of substances in colloidal form. The wide distribution of automorphic soils facilitates the migration of petrogenic elements in dissolved form.

УДК 631.48

Запасы почвенного углерода и растворенный органический углерод в хвойно-широколиственных лесах Брянского полесья

А.И. Кузнецова, Н.В. Лукина, А.В. Горнов,
М.В. Горнова, Д.Н. Тебенькова

Центр по проблемам экологии и продуктивности лесов РАН, г. Москва

Данная работа направлена на оценку запасов почвенного углерода и выноса растворенного органического углерода (РОУ) с почвенными водами в хвойно-широколиственных лесах Брянского полесья. Показано, что величина потоков РОУ из подстилки хвойно-широколиственных лесов может быть связана с ее запасами, в то время как вынос РОУ за пределы почвенного профиля обусловлен активностью его поглощения из почвы растительностью.

Ключевые слова: *растворенный органический углерод, лесные почвы, почвенные воды, запасы углерода.*

Растворенное органическое вещество (РОУ) в почвах играет важную роль в биогеохимических циклах углерода и в педогенезе [1]. Вынос РОУ с почвенными водами необходимо учитывать для оценки бюджета углерода в наземных экосистемах [2]. Перемещение РОУ из верхних горизонтов почв в более глубокие может приводить к стабилизации и, следовательно, к значительному увеличению депонирования С в почве [3].

Целью данной работы стала оценка уровня аккумуляции почвенного углерода и годового выноса РОУ в составе почвенных вод хвойно-широколиственных лесов Брянской области.

Исследования проводили в юго-восточной части Брянского полесья в пределах заповедника «Брянский лес». Среднегодовое количество осадков составляет 644 мм. Среднегодовая температура 5,9°C [4]. В качестве объектов исследования выбран сукцессионный ряд формирования полидоминантных широколиственных лесов с елью на вершинах грив задровых местностей заповедника «Брянский лес», где начальная стадия – сосняк кустарничково-зеленомошный, наиболее продвинутая – дубо-липняк (с елью) зеленчуково-волосистоосоковый. Кроме того, выбран объект со смешанными лесами: сосняк сложный волосистоосоково-разнотравный. В почвенном покрове преобладают дерново-подзолы иллювиально-железистые [5] (Albic Podzols (Arenic) по WRB [6]) на флювиогляциальных отложениях. Почвообразующая порода характеризуется песчаным гранулометрическим составом: содержание физической глины в почвообразующих породах в сосняках кустарничково-зеленомошных и полидоминантных широколиственных лесах варьирует от 0,5 до 2%, в то время как почвообразующие породы смешанного леса отличаются повышенным содержанием физической глины – от 1,5 до 5% и валового содержания К, Са, Al и Fe [7]. В почвах сосновых лесов отмечены высокие значения кислотности, как органогенных (рН 4,2–4,5), так и минеральных горизонтов почв (рН 3,9–4,7). Подгоризонты подстилки лесов с высокой долей широколиственных деревьев характеризуются близкой к нейтральной или слабокислой реакцией среды (рН 5,5–6,1), рН минеральных горизонтов варьирует в среднем от 4,3 до 5,1.

Для оценки запасов почвенного углерода в каждом типе леса заложено по 3 постоянных пробных площади размером 0,25 га, всего 9 пробных площадей. На каждой пробной площади закладывался опорный разрез, а также в трехкратной повторности с помощью почвенного бура отбирались смешанные образцы из почвенных горизонтов. Во всех образцах определяли рН водной вытяжки потенциметрически, содержание углерода, азота проводилось на CHN анализаторе (EA 1110 (CHNS-O)). При расчете запасов углерода пользовались методическими указаниями по количественному определению объема поглощения парниковых газов [8].

Для оценки объема и состава атмосферных и почвенных вод в каждом типе леса установлено по 6 осадкоприемников и по 3 гравитационных лизиметра в соответствии с генетическими горизонтами дерново-подзолов (под горизонтом FH,

под горизонтом АУ/Е, ВНФ, под горизонтом ВС/С). Учет объема атмосферных и почвенных вод производили ежемесячно, начиная с октября 2016 г., сразу после отбора воды в поле. Оценка содержания общего углерода проводилась на анализаторе общего углерода/азота ТОС-VCPN. Для данного исследования образцы атмосферных и почвенных вод пропускали через мембранные фильтры MF-Millipore с диаметром пор 0,45 мкм для оценки растворенного органического углерода (РОУ). Статистическая обработка результатов проводилась в пакете STATISTICA.

Запасы углерода подстилки в сосняках кустарничково-зеленомошных составляли 11 т/га, в сосняках сложных – 6 т/га и 8 т/га в полидоминантных широколиственных (дубово-липовых с елью) [9]. Запасы углерода в слое 0–30 см в разных типах леса были сопоставимы и в среднем составляли 31 т/га. Сравнение запасов углерода в этих почвах с учетом подстилки и фиксированного слоя минерального профиля мощностью 0–100 см демонстрирует, что меньше всего почвенного углерода (46 т/га) аккумулировано в сосняках сложных, тогда как в сосняках кустарничково-зеленомошных и полидоминантных широколиственных лесах с елью запасы существенно не различались, составляя соответственно 60 и 65 т/га. При этом запасы углерода в слое 50–100 см значительно выше в полидоминантных широколиственных лесах, что связано с большой мощностью почвенного профиля и развитостью элювиальных и иллювиальных горизонтов почв.

Поступление соединений органического углерода с атмосферными выпадениями в сосновых, смешанных и полидоминантных широколиственных лесах значимо отличается в июне ($p < 0,05$) и августе ($p < 0,03$). При этом в июне под кронами сосняков сложных поступает в 1,5–2 раза больше С, чем в сосняках кустарничково-зеленомошных и дубово-липовых (с елью), что связано с большим перехватом атмосферных выпадений более плотным пологом, сложенным древесными растениями разных видов, и их более существенным обогащением органическими соединениями. Поступление углерода с атмосферными выпадениями за вегетационный период (с 05.2017 по 09.2017) в хвойно-широколиственных лесах Брянской области во всех типах леса оказалось сопоставимо.

Вынос органического углерода с водами из органогенных горизонтов почв в сосняках кустарничково-зеленомошных выше, чем в сосняках сложных и дубово-липовых лесах (с елью), за счет как более высокого содержания С, так и объемов воды. Высокое содержание С в водах сосняков кустарничково-зеленомошных может быть обусловлено развитой подстилкой. Аналогичные закономерности о связи запасов подстилки и потока РОУ были отмечены и раньше [10]. При этом в июне под пологом старовозрастных сосняков сложных при большем поступлении отмечается в 3,5 раза менее интенсивный вынос, что можно объяснить активным поглощением воды древесными растениями. Для дубово-липовых (с елью) лесов характерны наименее интенсивные потоки С.

Случаи выноса органического углерода из нижних минеральных горизонтов оказались единичными, что указывает на активное поглощение воды из почвы растительностью широколиственных лесов. Эти случаи зафиксированы только в сосняках кустарничково-зеленомошных. Таким образом, с появлением широколиственных видов деревьев характер промывания почвенного профиля ме-

няется и размеры выноса резко уменьшаются. Подобные различия выявлялись нами ранее и объяснялись как разной интенсивностью перехвата осадков и дальнейшим испарением, так и уровнем транспирации хвойных и широколиственных древесных растений [11].

Годовой вынос углерода (с 09.2016 по 09.2017) с подстилочными водами варьировал в пределах порядка и оказался самым высоким в сосняках кустарничково-зеленомошных. Вынос из минеральных горизонтов почв в сосняках кустарничково-зеленомошных был на два порядка выше, чем в смешанных лесах, и на порядок выше, чем в полидоминантных широколиственных лесах с елью.

Таким образом, интенсивность выноса углерода с почвенными водами значительно отличается в лесах разных типов. Величина потоков РОУ из подстилки связана с ее запасами. Более интенсивный вынос РОУ за пределы почвенного профиля происходит в сосновых лесах, которые, согласно существующим представлениям, соответствуют ранним стадиям сукцессии. Высокая промываемость почвенного профиля может обуславливать низкие запасы С в нижних минеральных горизонтах. С развитием лесных экосистем вынос углерода снижается, что, вероятно, обусловлено тем, что осадки более интенсивно перехватываются пологом, и вода активно поглощается из почвы растительностью.

Работа выполнена в рамках проекта FP7 ERA – Net Sumforest-POLYFORES при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования РФ (уникальный идентификатор проекта RFMEFI61618X0101).

Литература

1. Gmach M.R., Cherubin M.R., Kaiser K., Cerri C.E.P. Processes that influence dissolved organic matter in the soil: a review // *Scientia Agricola*. 2020. V. 77, № 3. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/1678-992X-2018-0164>
2. Gielen B., Neiryneck J., Luysaert S., Janssens I.A. The importance of dissolved organic carbon fluxes for the carbon balance of a temperate Scots pine forest // *Agricultural and Forest Meteorology*. 2011. V. 151, № 3. P. 270–278. <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2010.10.012>
3. Kalbitz K., Kaiser K., Contribution of dissolved organic matter to carbon storage in forest mineral soils // *J. Plant Nutr. Soil Sci.* 2008. V. 171. P. 52–60. <https://doi.org/10.1002/jpln.200700043>
4. Климат России: Научно-прикладной справочник. URL: <http://meteo.ru/pogodaiklimat/197-nauchno-prikladnoj-spravochnik-klimatrossii> (дата обращения: 24.03.2020).
5. Классификация и диагностика почв России / под. ред. Л.Л. Шишова. Смоленск: Ойкумена, 2004. 342 с.
6. World Reference Base for Soil Resources 2014. International soil classification system for naming soils and creating legends for soil maps. World Soil Resources Reports / IUSS Working Group. Rome: FAO, 2015. 203 p.
7. Горнов А.В., Горнова М.В., Тихонова Е.В., Шевченко Н.Е., Казакова А.И. Оценка сукцессионного статуса хвойно-широколиственных лесов европейской части России на основе популяционного подхода // *Лесоведение*. 2018. № 6. С. 16–30. DOI: 10.1134/S0024114818040083
8. Распоряжение Министерства природных ресурсов и экологии РФ от 30 июня 2017 г. № 20-р «О методических указаниях по количественному определению объема поглощения парниковых газов». URL: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/71612096/> (дата обращения: 01.07.2018).
9. Кузнецова А.И., Лукина Н.В., Тихонова Е.В., Горнов А.В., Горнова М.В., Смирнов В.Э., Гераськина А.П., Шевченко Н.Е., Тебенёва Д.Н., Чумаченко С.И. Аккумуляция углерода в

песчаных и суглинистых почвах равнинных хвойно-широколиственных лесов в ходе восстановительных сукцессий // Почвоведение. 2019. № 7. С. 803–816. DOI: 10.1134/S0032180X19070086

10. Fröberg M., Hansson K., Kleja D.B., Alavi Gh. Dissolved organic carbon and nitrogen leaching from Scots pine, Norway spruce and silver birch stands in southern Sweden // Forest ecology and management. 2011. V. 262, № 9. P. 1742–1747. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2011.07.033>

11. Аккумуляция углерода в лесных почвах и сукцессионный статус лесов / под ред. Н.В. Лукиной. М.: Тов-во научн. изданий КМК, 2018. 232 с.

Estimation of carbon stocks and carbon fluxes in soils of coniferous-deciduous forests of Bryansk woodland

A.I. Kuznetsova, N.V. Lukina, A.V. Gornov, M.V. Goryunova, D.N. Tebenkova

Assessing the soil carbon stock and dissolved organic carbon (DOC) amount was conducted in coniferous broadleaved forests of the Bryansk woodland. The amount of DOC in waters from the organic horizon was related to the horizon mass. In waters from mineral profile the DOC amount variation was explained by the uptake by plants.

УДК 631.438.1

Распределение Ra-226 и Th-232 в дерново-подзолистых и дерново-подзолисто-глеевых почвах на различных почвообразующих породах

Д.Н. Липатов, Д.В. Манахов

Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, г. Москва,
dlip@soil.msu.ru, dman@soil.msu.ru

Уровни удельной активности Ra-226 и Th-232 в исследованных профилях дерново-подзолистых и дерново-подзолисто-глеевых почв Солнечногорского района Московской области унаследованы от почвообразующей и подстилающей породы. В верхних горизонтах почв распределение этих радионуклидов связано с различной выраженностью элювиально-иллювиальных процессов. Увеличение удельных активностей естественных радионуклидов в нижних горизонтах профилей характерно для дерново-подзолистых почв на покровных суглинках, подстилаемых моренными суглинками, а уменьшение – для подстилаемых песчаными флювиогляциальными отложениями.

Ключевые слова: почвенный профиль, тяжелые естественные радионуклиды, покровные суглинки, моренные суглинки, флювиогляциальные отложения.

Радиационная обстановка в геосистемах в значительной степени определяется излучением естественных радионуклидов (ЕРН), рассеянных в горных породах, почвах и других природных средах [1, 2]. В результате пространственных и функциональных связей с геосферой в почвах формируются региональные уровни удельных активностей ЕРН, обусловленные концентрацией этих элементов в почвообразующих породах. Важной задачей является определение диапазонов варьирования удельных активностей тяжелых естественных радионуклидов Ra-

226 и Th-232 в почвенных профилях с различным составом почвообразующих и подстилающих пород.

Исследования проводились в 2018 году на территории Учебно-опытного почвенно-экологического центра МГУ имени М.В. Ломоносова «Чашниково» в Солнечногорском районе Московской области. В качестве объектов выступили почвенные разрезы, заложенные в лесных экосистемах. На основе морфологического описания профилей определено их строение и присвоены таксономические названия (табл.1). В почвенных разрезах проводился пробоотбор по 10–20-сантиметровым слоям в пределах генетических горизонтов. Измерения удельной активности Ra-226 и Th-232 в пробах выполнялись на сцинтилляционном гамма-спектрометре с детектором NaI(Tl) 63 × 63 «Мультирад».

Распределение Ra-226 и Th-232 в профиле дерново-подзолистой почвы на покровном суглинке, подстилаемом мореной, имеет слабо дифференцированный характер (табл.1). Зафиксированное уменьшение удельных активностей ЕРН в горизонте ЕL сформировано в результате элювиальных процессов, приводящих к выносу подвижных соединений Ra-226 и Th-232 в нижележащие горизонты ВТ1 и ВСt. Увеличение удельных активностей Ra-226 и Th-232 в горизонте ВСt и их уменьшение в нижележащем горизонте D сопряжено с профильным изменением гранулометрического и минералогического состава почвообразующей породы и подстилающих моренных суглинков.

Распределение Ra-226 и Th-232 в дерново-подзолистой почве на покровном суглинке, подстилаемом флювиогляциальными отложениями, характеризуется значительной неоднородностью по всему профилю (таблица) В верхних горизонтах АУ, АЕL и ЕL распределение Ra-226 имеет равномерный характер с уровнем удельной активности 26–28 Бк/кг. В горизонте ЕL этой почвы зафиксировано увеличение удельной активности Th-232. В средней части профиля в горизонте ВЕL отмечается резкое почти двукратное уменьшение удельных активностей обоих ЕРН. Такой значительный градиент обусловлен переходом к песчаной флювиогляциальной подстилающей породе, ее минералогический состав кардинально отличается от покровных и моренных суглинков. В глубоких слоях почвы значения продолжают уменьшаться, постепенно доходя в горизонте D до минимальных значений: Ra-226 – 8 Бк/кг, Th-232 – 7 Бк/кг. Эти значения удельных активностей ЕРН значительно ниже среднемировых уровней, равных Ra-226 – 30 Бк/кг, Th-232 – 35 Бк/кг [2].

Распределение Ra-226 и Th-232 в дерново-подзолисто-глеевой конкреционной почве относится к элювиально-иллювиальному типу. Вынос подвижных форм этих элементов из подзолисто-элювиального горизонта сопровождается их аккумуляцией в иллювиально-глеевом и глеевом горизонтах. В подзолисто-элювиальном горизонте ЕL_{np} зафиксированы наименьшие значения удельных активностей ЕРН. В вышележащем горизонте АЕL удельная активность ЕРН немного выше, но их аккумуляция в горизонте АУ не отмечена. В иллювиально-глеевом горизонте ВТg наблюдается резкое увеличение удельных активностей. В нижележащем глеевом горизонте G продолжается их плавное увеличение, соответствующее переходу к почвообразующей породе.

Удельная активность Ra-226 и Th-232 в профилях исследованных почв

Горизонт [4]	Глубина, см	Удельная активность, Бк/кг	
		Ra-226	Th-232
Разрез № 1 Дерново-подзолистая легкосуглинистая почва на покровном суглинке, подстилаемом мореной			
AУ	0–12	24.2	35.4
AEL	12–25	25.5	38.0
EL	25–36	23.7	35.7
BEL	36–50	25.4	38.4
BT1	50–70	24.7	42.1
BCt	70–100	29.8	49.1
D	100–115	21.7	38.0
Разрез № 2 Дерново-подзолистая легкосуглинистая почва на покровном суглинке, подстилаемом флювиогляциальными отложениями			
AУ	0–12	26.2	27.2
AEL1	12–28	26.7	30.1
AEL2	28–45	27.7	31.0
EL	45–60	27.1	33.1
BEL	60–84	12.7	17.2
BF	84–110	8.8	10.2
D	110–130	8.1	6.6
Разрез № 3 Дерново-подзолисто-глеевая конкреционная легкосуглинистая почва на покровном суглинке			
AУ	0–9	24.6	27.8
AEL	9–22	27.3	28.0
ELnn	22–36	18.1	24.7
BEL	36–46	21.7	28.9
BTg	46–60	27.2	38.8
G	60–100	28.9	40.7

Важным фактором, определяющим уровни тяжелых ЕРН в исследованных почвах, является район залегания, обуславливающий различия в составе почвообразующих и подстилающих пород. В радиационных исследованиях почв и грунтов Московской области отмечались сходные с нашими результатами и еще более низкие уровни удельных активностей ЕРН: Ra-226 – 15–19 Бк/кг, Th-232 – 18–21 Бк/кг [3], что позволяет считать их региональной особенностью.

Средние удельные активности Ra-226, отмеченные в исследованных дерново-подзолистых почвах Солнечногорского района Московской области, были ниже среднемирового уровня. Средняя удельная активность Th-232 для этих почв близка к среднемировому значению. Неоднородность распределения удельных активностей ЕРН, выявленную в пределах отдельных почвенных профилей, необходимо учитывать при планировании пробоотбора в радиационных и геохимических исследованиях.

Таким образом, для исследованных в Солнечногорском районе Московской области дерново-подзолистых и дерново-подзолисто-глеевых почв наибольшие значения удельных активностей Ra-226 и Th-232 выявлены в горизонтах BTg, G, BCt, имеющих средне- и тяжелосуглинистый гранулометрический

состав и залегающих на покровных и моренных суглинках, а наименьшие – в горизонте D, сформированном песчаной флювиогляциальной подстилающей породой.

Работа частично выполнена при поддержке РФФИ (грант № 18-04-00584 А).

Литература

1. Титаева Н.А. Ядерная геохимия. 2-е изд. М.: Изд-во МГУ, 2000. 336 с.
2. Sources and effects of ionizing radiation. Vol. 1: Sources. United Nations scientific committee on the effects of atomic radiation (UNSCEAR). New York, USA: United Nations Publication, 2000. 654 p.
3. Радиационная обстановка на территории России и сопредельных государств в 2017 году. Ежегодник. Обнинск, 2018. 360 с.
4. Классификация и диагностика почв России. Смоленск: Ойкумена, 2004. 342 с.

Distribution of Ra-226 and Th-232 in soddy podzolic and soddy podzolic gley soils on various soil-forming rocks

D.N. Lipatov, D.V. Manakhov

The levels of specific activity of Ra-226 and Th-232 in the studied profiles of soddy podzolic and soddy podzolic gley soils of the Solnechnogorsky district of the Moscow region were inherited from the soil-forming and underlying rock. In the upper soil horizons, the distribution of these radionuclides is associated with different severity of eluvial-illuvial processes. In the lower horizons of the profiles, an increase in the specific activity of natural radionuclides is typical for soddy podzolic soils on cover loams underlain by morainic loams, and a decrease – for sandy fluvio-glacial deposits.

УДК 631.4

Разнообразие высокопродуктивных экосистем Ямало-Ненецкого автономного округа

С.В. Лойко^{1,2}, С.П. Кулижский¹, А.Г. Лим¹, Д.М. Кузьмина¹,
И.В. Крицков¹, Г.И. Истигечев¹

¹ *Национальный исследовательский Томский государственный университет, г. Томск, s.loiko@yandex.ru*

² *Томский научно-исследовательский и проектный институт нефти и газа, г. Томск*

Потепление климата сказывается на продуктивности экосистем Субарктики, как напрямую, влияя на рост растений, так и косвенно, через активизацию биогенного круговорота. Ландшафты Ямало-Ненецкого автономного округа (ЯНАО) в полной мере подвержены этим процессам. Для оценки потенциала продуктивности в Субарктике необходимо изучение уже существующих экосистем с повышенной продуктивностью. Нами проведена типизация таких экосистем. Выявлено, что наибольшие площади приходятся на рипариан зоны временных и постоянных водотоков, поймы и котловины оренчированных озёр (хасыреи). Дальнейшее изучение таких экосистем даст необходи-

мую информацию для принятия решений в области управления природными процессами, протекающими на территории ЯНАО.

Ключевые слова: *продуктивность, плодородие почв, Субарктика, Ямало-Ненецкий автономный округ.*

Современные изменения климата севера Западной Сибири заключаются в росте среднегодовых температур и количества осадков. Особенно выражено потепление в зимний период, так, например, зимой 2019–2020 гг. эпицентр зимней положительной температурной аномалии приходился на ЯНАО и смежные районы. Потепление ведёт к удлинению вегетационного периода и изменению биогеохимических процессов, что приводит к увеличению первичной продуктивности экосистем Севера. Этот эффект известен как «позеленение» растительного покрова и хорошо фиксируется по данным дистанционного зондирования. Позеленение крайне неравномерно в пространстве. Так только 18% всей территории северной части Западной Сибири имеют статистически значимые изменения продуктивности, при этом в пределах 8,4% территории произошло увеличение продуктивности (позеленение), а 9,6% территории характеризовались её уменьшением (побурение) [1]. Процессы «позеленения» и «побурения» экосистем в пределах Субарктики России разобщены в пространстве, поэтому необходимо проведение наземных исследований, с целью полного учёта экосистем, испытывающих значимый рост продуктивности. Ниже рассмотрим такие экосистемы, что были выявлены в ходе наших экспедиционных работ в северной тайге и низкоарктической тундре Западно-Сибирской равнины.

При потеплении климата растут среднегодовые температуры многолетнемерзлых пород, увеличивается мощность активного слоя [2]. Многолетнемерзлые породы на территории ЯНАО реагируют на это ростом частоты возникновения геокриологических событий [3], связанных с термокарстом, например, растёт число случаев полного или частичного дренажа термокарстовых озёр [4]. Последние явления являются одним из самых ярких примеров проявления термокарста. Рост частоты спуска термокарстовых озёр отмечен и в других районах Арктики [5].

В зоне сплошного распространения многолетнемерзлых пород осушение озёр, вызванное потеплением климата, происходит из-за оттаивания многолетней мерзлоты в ложбинах, через которые из озера стекает вода. Оттаявший грунт размывается ручьём, что приводит к снижению уровня воды озера. В зоне прерывистого и островного распространения мерзлоты, когда под прибрежной зоной ручья, дренирующего озеро, существует талик, большую роль играет динамика сезонно-мерзлого слоя. Весной, после тёплых зим, весенний сток быстро растапливает сезонную мерзлоту и сброс паводковых вод проходит по талой почве, что благоприятствует её активному размыву и снижению уровня воды в озере. Нашей группой проведены исследования на территории полуострова Ямал, в районе пос. Сё-Яха, в Тазовской тундре на Пур-Газовском междуречье и в пределах плоских заозёрных междуречий верхней части бассейна Пура (Ханымейское плоскогорье). На этих территориях отмечена активизация дренажа озёр в последние 30 лет. Особенно выражено этот процесс протекал в последние 15 лет в Тазовской тундре и Ханымейском плоскогорье.

В результате дренажа озера и снижения уровня воды обнажаются фертильные озерные седименты, обогащенные доступными формами элементов минерального питания растений. На них поселяются пионерные виды растений и начинается первичная сукцессия растительности и почв. Измерения в Тазовской тундре показали, что годовая чистая первичная продуктивность растительности первых стадий постдренажной сукцессии колебалась от 1134 до 660 г/м²·год, что в 2–9 раз выше, чем в окружающей тундре. В Ханымейском плоскоместье продуктивность постдренажных сообществ не всегда выше окружающих болот. В более низких частях котловины, где седимент с поверхности сложен переотложенным торфом и гиттией, формируются продуктивные сообщества. На повышениях ряби волнения дна, сложенной среднезернистыми отмытыми песками, формируются сообщества с разреженным травянистым покровом, поселяются ивы и березы. Постдренажная растительность в хасырях Сеяхинской тундры сходна с той, что описана в хасырях Тазовской тундры [4], только в силу более суровых климатических условий происходит существенно более быстрое внедрение сфагновых мхов в сообщества. Основными движущими факторами постдренажной сукцессии растительности в хасырях являются накопление торфа и агрегация многолетней мерзлоты, одновременно с чем наблюдается снижение запасов питательных веществ в почвах.

Хасыреи являются местом суперпозиции двух основных факторов «позеленения» Арктики. Потепление климата активизирует как процессы их образования и дренажа, так и увеличивает приток нутриентов с водосборов. После дренажа озёр на богатых питательными веществами отложениях развиваются очень продуктивные растительные сообщества. Это сообщества демонстрируют потенциал биологической продуктивности экосистем на высоких широтах, который может быть достигнут в условиях эдафического оптимума.

Другими широко распространенными высокопродуктивными экосистемами ЯНАО являются поймы рек, рипариан зоны ручьев и тундровые ложбины. Во всех случаях продуктивность растительных сообществ в них выше, это относится даже к мельчайшим тундровым ложбинам (ватер треки) и проточным топям полигональных и бугристых болот. Выше и фертильность почвенных вод данных объектов, за исключением проточных топей. Однако в последних, в силу на порядок большей скорости инфильтрации, растения имеют больше возможностей к поглощению нутриентов, в силу более активного подтока веществ. По поймам рек далеко на север заходят многие виды, широко распространенные в более южных регионах, например виды высокотравной эколого-ценотической группы. Так, например, в пойме Вэсакояхи (вблизи Тазовского) встречена *Cacalia hastata* L., а *Veratrum lobelianum* Bernh. распространена в ложбинах Тазовской и Сеяхинской тундр.

В ЯНАО встречаются и другие высокопродуктивные экосистемы. Среди естественных автономных экосистем это ольховники, площади которых активно расширяются последние десятилетия [6], что связано как с потеплением климата, так и снижением антропогенной нагрузки (заготовка на дрова оленеводами). Ивовые кусты на склонах [7], норы животных (песцовые и др.). Среди автономных антропогенных – газоны и заросли кустарников северных городов [8], насы-

пи дорог, брошенные буровые, зарастающие части свалок поселений. Гетерономные высокопродуктивные экосистемы встречены в конусах выноса оврагов, на зарастающих осыпях берегов, по кромкам берегов осушенных озёр, в понижениях микрорельефа заброшенных карьеров. К гетерономным антропогенным можно отнести: шламовые амбары, подтопленные дороги, зоны вдоль трубопроводов. Во всех перечисленных случаях важным фактором роста первичной продуктивности является разрушение подстилок, торфяных горизонтов и мохово-лишайникового покрова, а также замена фоновой растительности на травянистые эксплеренты, кустарники, либо граминоиды, произрастанию которых способствует возросшее плодородие почв и снятие конкуренции со стороны мхов и лишайников.

Дальнейшее развитие территории Ямало-Ненецкого автономного округа, создание программ арктического земледелия и животноводства, озеленение городов и природоохранная деятельность потребует представлений о почвенном разнообразии, а также роли почв в регулировании продукционного процесса растительности и её видового состава. Данный проект призван получить систематическую информацию в первом приближении не только о разнообразии, генезисе и классификации почв, но и об их плодородии, а также устойчивости во времени.

Исследование выполнено при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект № 19-44-890013-р_а) и Департамента внешних связей Ямало-Ненецкого автономного округа.

Литература

1. Miles V.V., Esau I. Spatial heterogeneity of greening and browning between and within bioclimatic zones in northern West Siberia // Environ. Res. Lett. 2016. Vol. 11, № 11. P. 115002.
2. Biskaborn B.K. et al. Permafrost is warming at a global scale // Nature Communications. 2019. Vol. 10, № 1. P. 264.
3. Babkina E.A. et al. Activation of cryogenic processes in central yamal as a result of regional and local change in climate and thermal state of permafrost // Russian Meteorology and Hydrology. Springer, 2019. Vol. 44, № 4. P. 283–290.
4. Loiko S. et al. Lake Drainage in Permafrost Regions Produces Variable Plant Communities of High Biomass and Productivity: 7 // Plants. Multidisciplinary Digital Publishing Institute. 2020. Vol. 9, № 7. P. 867.
5. Nitze I. et al. The catastrophic thermokarst lake drainage events of 2018 in northwestern Alaska: Fast-forward into the future // The Cryosphere Discussions. 2020. P. 1–33.
6. Frost G.V. et al. Patterned-ground facilitates shrub expansion in Low Arctic tundra // Environmental Research Letters. IOP Publishing. 2013. Vol. 8, № 1. P. 015035.
7. Ukraintseva N. et al. Study of Plant-Soil-Permafrost System on Landslide-Affected Slopes Using Geochemical Methods on Yamal, Russia // Landslide Science for a Safer Geoenvironment / ed. K. Sassa, P. Canuti, Y. Yin. Cham: Springer International Publishing, 2014. P. 523–528.
8. Esau I. et al. Trends in normalized difference vegetation index (NDVI) associated with urban development in northern West Siberia // Atmospheric Chemistry and Physics. 2016. Vol. 16, № 15. P. 9563–9577.

Diversity of high productivity ecosystems in the Yamalo-Nenets Autonomous District

S.V. Loiko, S.P. Kulizhsky, A.G. Lim, D.M. Kuzmina, I.V. Kritskov, G.I. Istigichev

Warming of the climate of the Subarctic improves plant growth by increasing temperatures and the availability of nutrients. The Yamal-Nenets District is locat-

ed in the north of Western Siberia. Greening of the vegetation cover associated with warming is observed in many parts of the district. The study of highly productive ecosystems will allow assessing the maximum level of the greening process. We searched for such ecosystems within the district and typed them. It has been established that the largest areas of highly productive ecosystems are located in the riparian zone of streams, river floodplains and depressions of drained thermokarst lakes. Further research on highly productive ecosystems is needed to provide information to experts in natural resource management technologies.

УДК 631.4

Почвенно-продукционный потенциал и эколого-функциональные особенности фосфоритных геосферно-биосферных экосистем Байкальской рифтовой зоны

Н.А. Мартынова

Иркутский государственный университет, г. Иркутск, natamart-irk@yandex.ru

Рассмотрены экология, функциональные особенности и почвенно-продукционный потенциал уникальных фосфоритоносных геосферно-биосферных экосистем юго-западного Прихубсугулья горной Монголии в аспекте сохранения естественно-исторической биосферы и оптимизации стратегии рационального природопользования в бассейне озера Хубсугул Байкальской рифтовой зоны (БРЗ). Показано, что на сегодня в исследуемых геосистемах с аномальным содержанием фосфора заметных качественных и количественных отклонений в растительном ярусе не обнаружено. Предотвращение зафосфачивания вод озера и роста ареала рассеивания фосфатных дисперсий, несмотря на сильный боковой сток веществ обеспечивается как карбонатным геохимический барьером вокруг месторождения, так и биогеохимическим барьером – благодаря высокой биологической активности, плодородию и продуктивности биогеоценозов фосфатоносных ландшафтов.

Ключевые слова: *экология почв, фосфоритные ландшафты, биоразнообразие, Хубсугул.*

Северо-западный горный район Монголии (Прихубсугулье) расположен на стыке бореально-таежного и бореально-степного планетарных типов среды Азии. Необходимость оценки экологического состояния геосистем Байкало-Хубсугульского бассейна (БРЗ), как территорий международного наследия, выявления возможных факторов выведения их из состояния природного равновесия при неумеренном антропогенном вмешательстве – заставляют определять функциональные особенности, почвенно-продукционный потенциал, выявлять пределы экологической устойчивости эталонных типов природной среды и экстраполировать их на другие ландшафты. Особый интерес в аспекте сохранения естественного состояния ландшафтов Хубсугульского национального парка и не «зафосфачивания» вод озера Хубсугул при возможности открытой разработки ме-

сторождения – вызывает изучение почв и ценозов, развитых на коренных выходах на дневную поверхность фосфатно-карбонатных пород Хубсугульского бассейна фосфоритов. Экспозиционно-высотная поясность, незамкнутый круговорот веществ, стратиграфическая изменчивость и пространственная неоднородность фосфоритных доломитизированных отложений Хубсугульского фосфоритоносного бассейна Монголии венд-кембрийского возраста, простирающегося на 50 км через все высотные пояса (тундровый, лесной, степной), способствуют реализации на исследуемой территории модели «климатогенной зональности» почвообразования, осложненной литогенной матричностью. В пределах юго-западного Прихубсугулья, где расположено более 30 проявлений Хубсугульского фосфоритоносного бассейна (общей площадью 30 000 км²), формируется литогенный спектр почв разной степени карбонатности и фосфатности на рыхлых и дресвяно-щебнистых покровах: карболитоземов перегнойных, криоаридных, буроземов и (темно-) серых метаморфических (элювиированных), черноземов, перегнойно-темногумусовых и др. Процессы экзогенно-динамического выветривания и почвообразования в экосистемах выходов фосфоритных пластов на дневную поверхность приводят к интенсивному выщелачиванию карбонатов и фосфатов, трансформации силикатов, накоплению глинистого материала гидрослюдисто-хлорит-иллитового состава, высвобождению Fe из решеток минералов. Высокая биологическая активность, накопление гумуса в виде слабоподвижных фульватно-гуматных и гуматно-фульватных солей и их комплексов с глинистыми минералами способствуют закреплению в профиле почв алюмо- и железофосфатов в виде аморфных форм и их комплексов с гумусовыми и органо-минеральными компонентами почв.

Флора Прихубсугулья включает более 800 видов и состоит из 3 основных комплексов видов: высокогорного (24%), лесного (22%), и лугово-степного (22%). На фосфатопроявлениях в различных высотных поясах развиваются фитоценозы с исключительно богатым травянистым ярусом из злаков и бобовых. Высокогорная растительность Прихубсугулья занимает подгольцовый пояс в пределах 1800-2800 м н.у.м. и образована различными тундрами, луго- и лесотундрами сухой континентальной группы типов. Специфика структуры тундровых фитоценозов фосфоритоносных ландшафтов проявляется в преобладании мезоксерофитной растительности на фоне небольшой доли мхов, локальном развитии злаковой растительности степного габитуса. На плоских водораздельных пространствах развиваются щебнисто-дриадовые, ленско-овсяницево-дриадовые и кобрезиево-дриадовые тундры с довольно однородным по сложению, но неравномерным по высоте травостоем пятнистого характера из лишайника (*Cladonia sylvatica*) и дриады (*Dryas oxydonta*) со значительным участием злаков (*Festuca ovina*, *F. lenensis*, *Poa attenuata*, *Helictotrichon mongolicum*, *Ptylagrostis mongolica*, *Koeleria cristata*), осоковых (*Cobresia bellardii*, *C. sibirica*, *Carex stenocarpa*), присутствием мха (*Rhytidium rugosum*) и разнообразных представителей разнотравья (*Oxytropis oxyphylla*, *Astragalus dasyanthus*, *Campanula turczaninowii*, *C. dasyantha*, *Polygonum viviparum* и др.). Продуктивность кобрезиево-дриадовой тундры варьирует в пределах от 185 до 263 (в среднем – 224) г/м² сухой фитомассы. Для

щебнистой овсяницево-дриадовой тундры эти показатели несколько ниже: от 148 до 170 (в среднем – 156) г/м².

Таежный пояс в районе месторождения фосфоритов, верхняя граница которого находится несколько выше (2 500 м н.у.м.), представлен преимущественно по склонам северо-восточной экспозиции невысоким фауным (100%) древостоем разновозрастных (170–220 лет) лиственничников (*Larix sibirica*) V класса бонитета с единичными включениями *Betula microphylla* и *Salix sajanensis*, с изреженным кустарничковым ярусом (*Vaccinium vitis-idaea*, *Arctous alpina*), но однородным злаково-разнотравно-бобовым травостоем (22 вида растений) с невыраженной ярусностью, включая злаковые (*Trisetum sibirica*, *Poa sibirica*, *Festuca brachyphylla*), бобовые (*Vicia multicaulis*), осоковые (*Carex globularis*, *Kobresia sibirica*, *K. Bellardii*), разнотравье (*Anemone sylvestris*, *A. sibirica*, *Aegopodium alpestre* и др.), лианы, эпифиты, водоросли, Моховой покров (до 80% площади) представлен *Rhytidium rugosum* с пятнами лишайника *Cladonia sylvatica*. Продуктивность фитомассы лесной эталонной площадки составила 1152 г/м² воздушно сухой массы, в том числе: 530,0 г/м² (46%) – разложившийся опад; 249,6 г/м² (21,6%) – веточный опад; 50,0 г/м² (4,3%) – зеленая фитомасса; 283,4 г/м² (24,5%) – мхи и лишайники; 40,4 г/м² (3,5%) – ветошь.

В верхних частях юго-западных склонов территории проявления фосфоритов распространены полидоминантные мелкодерновинные злаковые степи с разнотравьем, на выравненных участках – ковыльные. Среди злаков доминируют *Festuca linensis*, *Poa attenuate*, *Koeleria cristata*, встречаются *Helictotrichon schellianum*, *Agropyron cristatus*, *Festuca sibirica*. Большой процент составляют полыни (*Artemisia borealis*, *A. frigida*, *A. gmelinii*, *A. Mongolica*). Отмечено значительное участие бобовых (*Astragalus membranaceus*, *A. mongolicus*, *Oxytropis filiformis*, *Vicia multicaulis*). Встречается *Carex pediformis*. Из разнотравья – наиболее обильны: *Euphorbia discolor*, *Gypsophila patrinii*, *Thymus serpyllum*, *Joungia tenuifolia*, *Chamaerhodos erecta* и др. Общее количество видов – 64, в том числе: злаковых – 10, осоковых – 5, бобовых – 3, разнотравья – 46. Продуктивность степных фитоценозов варьирует по рельефу (6,8–11,5 ц/га), достигая на приводораздельных участках выхода фосфоритов на дневную поверхность – максимума. Основной вклад в повышение продуктивности вносят, по-видимому, бобовые, которые, являясь кальцефилами, выделяя фосфорную кислоту через корневую систему, могут растворять фосфатно-карбонатные минералы (штаффелит), обогащая почву, таким образом, доступной формой фосфора.

Луговые ландшафты изучаемой территории Прихубсугуля также характеризуются большим биоразнообразием (более 50 видов различных растений) и представлены тремя основными формациями: 1) ячменно-короткоостистой (*Hordeum brevisubulatum*) с присутствием *Aconitum barbatum*, *Thalictrum petaloideum*, *Oxytropis strobilacea*, *Festuca rubra*, и др; 2) мечелистно-осоковой – с доминированием *Carex ensifolia*, *Cobresia sibirica* и *Polygonum viviparum*, включением *Juncus triceps*, *Thalictrum alpina*, *Angelica tenuifolia* и др.; 3) белларди-кобрезиевой (*Cobresia beliardii* с *Ptylagrostis mongolica*, *Vicia cracca* и др.).

Нами было определено 8 элементов (Mg, Al, Si, P, S, Ca, Fe, Mn) в золе укосов и основных видов растений эталонных участков биоценозов всех высотных поясов фосфатоносных ландшафтов (рис. 1). В ходе исследования никаких заметных изменений в структуре типоморфных элементов геосистем с аномальным содержанием фосфора не выявлено.

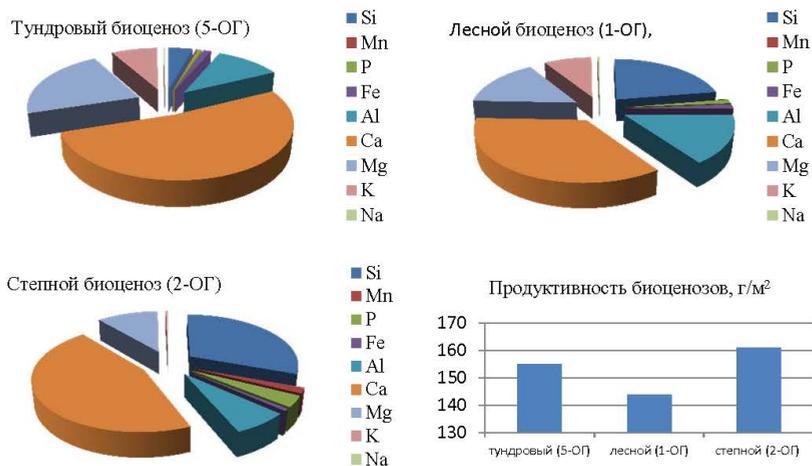


Рис. 1. Химический состав элементов (% на сухое вещество) и продуктивность ($\text{г}/\text{м}^2$) укосов травянистого яруса биоценозов на фосфоритах Прихубсугуля Монголии

Анализ вариационных кривых показал наличие некоторых положительных аномальных концентраций S, P, Mn, Ca и Fe для ценозов локального характера. Биогенная составляющая экосистем КЛГС является мощным биосферным барьером для многих химических элементов. Предотвращению роста ареала рассеивания фосфатных дисперсий, как основного фактора, лимитирующего экосистему оз. Хубсугул, несмотря на сильный боковой сток веществ, способствует как формирование мощного биогеохимического барьера в результате взаимодействия биологического круговорота и почвообразования, так и наличие карбонатного и других геохимических барьеров вокруг месторождения (окислительно-восстановительного, сорбционного и др.). Но при разработке месторождения увеличение количества и дисперсности привноса фосфатных дисперсий в озеро вызовет увеличение продуктивности фито- и зоопланктона, образование вторичных ареалов рассеивания фосфора и частичное «зафосфачивание» озера Хубсугул.

Soil-production potential and ecological-functional features of phosphorite-bearing geosphere-biosphere systems of Baikal rift zone

N. A. Martynova

The ecology, functional features, and soil-production potential of unique geospheric-biosphere ecosystems formed at the phosphorites' Deposit rocks outcrops to

the earth's surface of the south-western territories of depression of lake Hovsgol of Baikal rift zone are considered in aspect of preserving of the natural-historical biosphere and optimizing of the strategies of rational nature management at the lake basin. It is shown that no noticeable qualitative or quantitative deviations at vegetation cover have been found in the studied geosystems with abnormal phosphorus content. The prevention of phosphatization of lake Hovsgol' waters and of growth of the areal of phosphorite' dispersions is provided both by the presence of carbonate and other geochemical barriers around the Deposit, and by the formation of a biogeochemical barrier due to high biological activity, productivity of biogeocenoses and soil fertility of the landscapes, formed on the outputs rocks of phosphorites despite of the strong lateral flow down of substances at mountain conditions.

УДК 631.4

Формирование засоленных техногенных почв в зоне влияния калийных предприятий

Н.В. Митракова, Е.А. Хайрулина

*Естественнонаучный институт Пермского государственного национального
исследовательского университета, г. Пермь, Mitrakovanatalya@mail.ru*

Исследование проводилось на территории Верхнекамского калийного месторождения в долине реки Лёнвы. Верхнекамское калийное производство привело к накоплению большого количества отходов, представленных в основном рассолами, глинисто-солевыми шламами и твердыми галитовыми отходами. Образованные дренажные воды Na-Cl состава загрязняли грунтовые воды. В результате засоления грунтовых вод произошла существенная трансформация почв вокруг области добычи калийных солей и в долинах рек.

Ключевые слова: *подземные и поверхностные воды, засоление, шламохранилище, аллювиальная солончакковая почва, микроэлементы*

Разработка калийного месторождения вызывает накопление большого количества отходов, которые оказывают негативное воздействие на окружающую среду. На территории Верхнекамского месторождения калийно-магниевых солей накоплено более 270 млн т галитовых отходов в солеотвалах и более 30 млн м³ глинисто-солевых шламов в шламохранилищах [1]. Отходы шламохранилищ состоят из нерастворимого остатка в виде глинисто-солевого шлама и избыточных рассолов. Глинисто-солевые шламы на 35–40% состоят из водорастворимых солей. Рассолы имеют Na-Cl состав с минерализацией свыше 300 г/л. В связи с этим формируются дренажные воды с хлоридно-натриевым составом шламохранилищах [1]. Последствиями поступления дренажных вод в окружающую среду является повышение содержания хлоридов, натрия и калия в грунтовых водах, минерализация подземных вод выросла в несколько десятков раз. В результате подработки шахтного пространства произошло повышение уровня грунтовых

вод. Долговременное влияние высокоминерализованных подземных вод привело к засолению почв долин малых рек.

Цель исследования – оценка влияния засоленных подземных вод на аллювиальные почвы долины р. Ленва. Исследования проводили на территории Верхнекамского месторождения калийных солей в долине реки Ленва. Два калийных предприятия с солеотвалами и шламохранилищами формируют зону засоления подземных вод. Разгружающиеся на поверхность подземные воды в виде родников характеризуются хлоридно-натриевым составом с минерализацией более 20 г/л. Минерализация вод р. Лёнва на территории исследования (ниже 1 км от шламохранилища) составляет от 5,3 до 21,8 г/л, со средним значением 12,8 г/л. В результате многолетнего воздействия засоленных подземных вод на почвенный покров в долине реки Ленва аллювиальные гумусовые глеевые глинистые почвы были преобразованы в аллювиальные гумусовые глеевые солончаковые глинистые почвы (Fluvisols Gleyic salic) [2].

В местах выхода на поверхность подземных вод или их близкого расположения от поверхности в долине р. Ленва в 2016 (образец 1) и 2019 гг. (образец 2) были взяты образцы почв; глубина прикопки зависела от появления просачивающейся со стенок разреза воды и накопления ее в разрезе, в 2016 г. глубина исследуемого почвенного профиля составляла 105 см, в 2019 г. – 60 см.

Почвенные исследования включали морфологическое описание и физико-химический анализ свойств почв. Диагностика почв проводилась согласно классификации почв России (2004) [3]. Физико-химический анализ почв включал определение органического вещества, рНвод и рНсол, гидролитической кислотности и суммы обменных катионов, ЕКО. Количество и качество растворимых солей определяли в водной вытяжке: Na^+ и K^+ – на пламенном фотометре; Cl^- – титрованием с азотнокислым серебром; Ca^{2+} , Mg^{2+} – трилометрическим методом; количество сульфат-ионов рассчитывали по разности сумм катионов и анионов (2016 г.), методом осаждения сульфата бария с фотометрическим окончанием (2019 г.) (Минеев, 2001); сумма токсичных солей расчетным методом (Аринушкина), содержание карбонатов по Молодцову. Данные были проанализированы с использованием статистической программы STATISTICA применением корреляционного анализа и t-теста.

Морфологические признаки почвы, исследованной в 2016 и 2019 гг., не отличались. По профилю выделились три генетических горизонта. Серогумусовый горизонт (AYs) серо-бурого цвета, до глубины 10–17 см густо переплетен корнями, имел комковатую структуру. С глубины около 20 см появлялись признаки оглеения, представляющие собой сизые и ржавые пятна. Оглеенная почвообразующая порода Сg серого цвета, присутствовали ржавые примазки, отмечалось наличие железо-марганцевых примазок. С глубины 70 см залегала аллювиальная глеевая порода (CG) сизого цвета с ржавыми примазками.

Исследуемые почвы характеризовались хлоридным типом засоления, имели хлоридный натриево-кальциевый химизм. Содержание водорастворимых ионов в верхнем слое (5–15 см) аллювиальной солончаковой почвы (образец 1) составляло (мг/100 г): Cl^- – 330,1; HCO_3^- – 11,6; K^+ – 7,8; Na^+ – 39,1; Ca^{2+} – 76; Mg^{2+} – 20,4, сульфаты не обнаружены по всей глубине прикопки. До 50 см харак-

терна незначительная вариация содержания водорастворимых ионов по глубине профиля, с глубины 50 см происходит увеличение количества ионов (мг/100 г): Cl^- – 379,8; HCO_3^- – 51,9; K^+ – 7,8; Na^+ – 50,6; Ca^{2+} – 96; Mg^{2+} – 30; которое продолжается вниз по профилю. Для слоя глубины 70–80 см характерно увеличение содержания всех ионов в 2–2,5 раза по сравнению с 50–60 см. Сумма токсичных солей увеличилась с 0,4% в слое 5–15 см до 1,3% на глубине 70–80 см. Карбонаты и гипс не обнаружены. Аллювиальная солончаковая почва (образец 2) характеризовалась большим содержанием натрия и хлорид ионов, что может быть связано с высоким уровнем грунтовых вод во время взятия образцов. Так в слое 2–12 см содержание ионов было следующим (мг/100 г): Cl^- – 481; HCO_3^- – 5,49; K^+ – 10,14; Na^+ – 174,8; Ca^{2+} – 60; Mg^{2+} – 16,2. Сульфаты в слое 2–12 не обнаружены, однако в слое 12–16 см их содержание составляло 12 мг/100 г, к глубине 29–60 см – 43,2 мг/100 г. Для образца 2 характерно увеличение содержания некоторых ионов в несколько раз с глубиной, так содержание хлорид ионов в слое 29–60 см увеличилось до 1778,5 мг/100 г, натрия – 699,2 мг/100 г, кальция – 272 мг/100 г, для калия и магния характерно незначительное изменение по сравнению с верхним слоем. Сумма токсичных солей изменялась с 0,7% в слое 2–12 см до 1,4% в слое 29–60 см. содержание карбонатов в верхнем слое 91 мг-экв/100 г, к глубине 60 см содержание карбонатов снижается до 47 мг-экв/100 г. Гипс не был обнаружен.

Исследуемые образцы почв характеризовались высоким содержанием органического углерода, в верхнем слое образца 1 содержание органического углерода составляло 5,42%, в образце 2–8,8%, высокое содержание прежде всего обусловлено природными особенностями аллювиальных почв, также играет роль травянистая растительность, представленная разнообразными злаковыми. Реакция почвенного раствора в образце 1 изменялась от резко до сильноокислой с глубиной ($\text{pH}_{\text{вод}}$ – 4,16–5,18), в образце 2 кислотность с глубиной менялась от резкокислой (4,15) до нейтральной (6,58). Высокая величина гидролитической кислотности в верхнем слое (13,3; 13,5 мг-экв/100г) также свидетельствует о повышенной кислотности почв в верхних слоях. Отмечается смещение кислой реакции фоновых почв к нейтральной, что связано с воздействием засоленных грунтовых вод. Емкость катионного обмена указывает о высоком уровне поглотительной активности в верхних слоях почв (82,7 и 37,8 мг-экв/100 г).

Статистический анализ показал отсутствие различий в содержании водорастворимых ионов в образце 1 и 2, кроме ионов натрия, содержание которого различается в несколько раз. Содержание ионов в исследуемых почвах показывает стабильный характер засоления, повышенное содержание натрия можно объяснить временным внесением его с поверхностными и подземными водами, так как в 2019 году Ленва длительный период времени не могла войти в берега из-за частых осадков и весеннего половодья.

В аллювиальной солончаковой почве (образец 2) было найдено содержание следующих микроэлементов (среднее содержание, мг/кг): Li (10,91), Be (0,47), V (25,4), Cr (14,02), Mn (131,23), Co (5,49), Ni (11,22), Cu (14,58), Zn (24,82), Rb (16,87), Sr (135,53), Zr (20,80), Mo (0,16), Ag (0,22), Cd (0,11), Sn (1,51), Sb (13,75), Ba (246,81). Содержание таких тяжелых металлов, как кадмия, меди, никеля, свинца и цинка не превышает предельно допустимые значения для

кислых почв. Высокое содержание Mn, Sr и Ba в почве, судя по всему, связано с увеличением их подвижности в кислой среде. Коэффициент вариации для Mo, Ag, Cd, Sn, Sb, Ba больше 100%, что указывает на их неравномерное распределение по содержанию.

Таким образом, вследствие долговременного засоления аллювиальные почвы долины р. Лена преобразовались в аллювиальные солончаковые. Солончаковость почв проявляется в условиях киллой среды и промывного водного режима, что указывает на техногенный характер засоления. Отмечено повышенное содержание некоторых микроэлементов.

Работа выполнена при финансовой поддержке Минобрнауки РФ, проект № 2019-0858.

Литература

1. Khayrulina E, Maksimovich N Influence of Drainage with High Levels of Water-Soluble Salts on the Environment in the Verkhnekamskoe Potash Deposit, Russia // Mine Water and the Environment. 2018. № 37 (3). P. 595–603.

2. Еремченко О.З., Митракова Н.В., Шестаков И.Е. Природно-техногенная организация почвенного покрова территории воздействия солеотвалов и шламохранилищ в Соликамско-Березниковском экономическом районе // Вестник Пермского университета. Серия Биология. 2017. Вып. 3. С. 311–320.

3. Классификация и диагностика почв России. Смоленск: Ойкумена, 2004. 341 с.

Formation of saline technogenic soils in the zone of influence of potash enterprises

N. Mitrakova, E. Khayrulina

The study was conducted on the territory of the Verkhnekamskoe potash deposit in the valley of the Lena River. Verkhnekamsk potash production led to the accumulation of a large amount of waste. These wastes are mainly presented by brines, clay-saline sludge and solid halite waste. Na-Cl drainage water contaminates groundwater. As a result of salinization of groundwater, a significant transformation of soils has occurred around the area of extraction of potash salts and in river valleys.

Функциональные связи почвенных особенностей с погодно-климатическими условиями летнего периода в Северном Казахстане

Т.Р. Рыспеков

*Казахский национальный аграрный университет, г. Алматы, Республика Казахстан,
rispekov_t@mail.ru*

Естественные почвы имеют генетические признаки – трещины, которые пропускают влагу и другие вещества по трещинам вглубь почвы. Трещины также способствуют иссушению глубьлежащих слоев. В статье показано, что глубина и ширина трещин создавали иной тип впитывания, просачивания, инфильтрации выпавших осадков, а также и испарение почвенной влаги из различных глубин. Автор предлагает, что следует учитывать роль функции трещин во взаимосвязи с осадками. Изменения функционирования от атмосферных осадков происходят посуточно или на не большой срок.

Ключевые слова: *особенности строения, атмосферные осадки, водопроницаемость, сток, впитывание, связи трещины.*

Как известно, черноземы (целинные), каштановые почвы обладают непромывным водным режимом. На европейской территории при распашке черноземов, в связи со сменой ксерофильной растительности мезофильными сельскохозяйственными культурами, ежегодно недоиспользуется некоторое количество влаги по сравнению с целиной. Это приводит к возникновению периодически промывного водного режима. Однако в Северном Казахстане более континентальные условия и почвенные особенности отложили свой отпечаток на накопленные влаги в почве и водный режим.

На черноземе южном нормальном тяжелосуглинистом карбонатном легкоглинистом трещины, под посевами пшеницы к фазе восковой спелости, достигали ширины 3,5 см. Когда опыты по определению водопроницаемости попадали на трещину, водопроницаемость достигала 400–600 мм за первый час [1, 2]. Об этом пишут и в работах по каштановым почвам [3, 4].

Цель работы – создание групп данных по значительным осадкам, отражающих и влияющих на функционирование почвы и способных обеспечивать точное прогнозы величины водопроницаемости в почвах региона. Для достижения этой цели нами поставлены следующие задачи:

- показать особенности строения почв изучаемого региона;
- показать анализ и систематизацию статистических данных атмосферных осадков за длительный ряд наблюдений в летний период;
- показать взаимосвязи групп данных с функционированием трещиноватой почвы в летний период.

Материалы и методы. В природных условиях степной зоны нами заложены почвенные разрезы на различных подтипах почв. Мы обработали статистические данные Казгидромет по атмосферным осадкам за 1986–2006 гг.

В полевых условиях провели эксперименты на впитывание и просачивание влаги на почвах методом «дождевания». Применение воды производили с использованием металлической рамы квадратной формы (1 м²), углубленной на 5 см в почву.

Результаты исследования. Почвы от суглинистого и до легкого глинистого гранулометрического состава на исследуемых территориях все с генетическими трещинами. Глубина и ширина трещин варьируют по почвенным подтипам, гранулометрическому составу. Здесь, в первую очередь, и происходят взаимосвязи передвижения влаги, температуры с процессами весеннего оттаивания почвы, накопления и испарения выпавших летних осадков, осеннего сохранения запасов влаги почвы.

Эти процессы не линейные, как на обычных равнинных территориях других провинций, а более усложнены из-за функций трещин, которые (функции) меняются в различные периоды, по-разному влияя на свойства почвы и почвенные процессы. «Разовые» осадки, стекая с повышенных участков, при образовании стока в основном быстро инфильтруются в трещины, а через них и в глубинные слои. Часть этих осадков впитываются в почвы межтрещинного пространства (МП). При этом значительная часть влаги попадает в глубокие слои трещинной части почвы, что не всегда учитывается. Это является характерным для летнего водного режима трещиноватых участков черноземов и каштановых почв этого региона.

Рыхлая структура трещины способствует иному состоянию водоудерживающих свойств почвы уже в ранний период вегетации, как только почва прогревается. Процесс оттаивания трещины и межтрещинного пространства должно протекать по-разному. В весенний период, в пахотном горизонте, накопление влаги больше полевой влагоемкости вызывает фильтрацию влаги за пределы пахотного горизонта вглубь почвы.

Очень часто летом трещины на этих территориях раскрываются. Проведенные полевые испытания показали, что по ним происходит быстрая инфильтрация осадков и поверхностного стока в середине лета. Весной и в начале лета до открытия трещин, рыхлый пахотный горизонт более равномерно впитывает влагу. А когда трещины высыхают и раскрываются, то увеличивается скорость испарения влаги из нижних частей.

Наши многолетние полевые наблюдения показали, что строение и функционирование особенностей почв степной зоны следует связывать с погодными условиями. Если осадки выпадают не интенсивно (не ливневые), то они впитываются более равномерно. Так выпадение 5,2 мм осадков показало, что в одном случае влага просочилась только на 5-сантиметровую глубину почвы, а выпадение в виде ливня позволило просочиться этой влаге до 10–15 см глубины, только в области трещины. Удаленная от трещины часть почвы увлажнялась гораздо меньше.

Так, изучение 10 и 11 июля при выпадении 18 мм осадков на освоенных каштановых почвах другого хозяйства показало, что увлажнился почвенный профиль не равномерно. Равномерное увлажнение наблюдается до 23 см глубины (13.07.04). После пахотного горизонта, из-за разного структурного (горизонтального) увлажнения, нижние горизонты стали отличаться по плотности почвы.

Глубже 23 см почва, граничившая с трещиной, становится более рыхлой и влажной, потому что стекавшая по трещине влага стала впитываться в боковом направлении от трещины. Отсюда следует, что роль значительных осадков в этих процессах еще более существенна.

Анализ статистических данных по атмосферным осадкам на территории степной зоны Казахстана в летний период за ряд лет показывает необходимость их учета посуточно. Рассмотрим статистические данные метеорологических станций (МС) разных подзон за один (в 1-м случае) и подряд за несколько дней (во 2-м случае).

Анализ максимального количества атмосферных осадков в день (≥ 20 мм) за период 1986–2006 гг. (по данным МС «Диевская», К₃) показал, что в июньских месяцах выпало 2 раза, в июльских – 6, а в августовские – 3 раза. При этом наибольшее количество (38,3 мм) выпало в июне. «Разовые» осадки, выпадающие подряд за несколько дней (≥ 20 мм), распределились следующим образом: в июньских – 7 раз, в июльских – 8 и в августовских месяцах – 9 раз.

Такой же анализ по данным МС «Кушмурун» (Ч₁) показал в 1 случае, что в июньских месяцах выпало 5 раз, в июльских – 6, а в августовские – 4 раза. При этом наибольшее количество (56,4 мм) выпало в июле. Осадки 2 случая распределились следующим образом: в июньских – 12 раз, в июльских – 13 и в августовских месяцах – 15 раз.

Анализ по данным МС «Комсомолец» (Ч₂) показал в 1 случае: 9, 15, 2 раза, соответственно. При этом наибольшее количество (154,4 мм) выпало 21 июня 2006 г. Осадки 2 случая: в июньских – 18, в июльских – 22 и в августовских месяцах – 8 раз. Даты этих максимальных осадков в июньские месяцы приходятся на сроки 21-е и позже.

Основные затруднения в исследованиях почв Северного Казахстана заключаются в тех процессах, которые связаны с водным режимом. Трещины в профиле почвы создают совершенно иной тип фильтрации разовых осадков, изменяют термодинамические условия в профиле почвы в июле–августе. То есть система трещин сокращает сток из-за быстрого просачивания влаги по ним в глубоко лежащие слои. Это ведет к усложнению оценки функционирования почв в сохранении и перемещении влаги и солей по профилю почвы в отличие от многих других почв.

Таким образом, регион характеризуется атмосферными осадками, влияющие на показатели функционирования почв. Они могут показать направление происходящих почвенных процессов в сторону накопления или потери почвенной влаги от погодных условий. Такие явления связаны с особенностями строения, которые имеет почва.

Литература

1. Южные черноземы Северного Казахстана / под ред. У.У. Успанова. Алматы, 1974. 232 с.
2. Джанпейсов Р. Карбонатные малогумусные черноземы Центрального Казахстана // Труды Института почвоведения. Алматы : АН Каз ССР, 1959. Т. 9. С. 3–57.
3. Науменко А.А. О водопроницаемости темно-каштановых почв Кустанайской области // Известия АН КазССР, серия биологическая. 1975. № 1. С. 58–60.

4. Рыспеков Т.Р. Подходы к оценке водопроницаемости темно-каштановых почв Северного Казахстана в связи с их строением // Международная научно-практическая конференция 9–10.08.2016 года «Земледелие и селекция сельскохозяйственных растений на современном этапе». Астана, 2016. Т. 1. С. 185–191.

**Functional relationships of soil characteristics with the weather
and climatic conditions of the summer period in Northern Kazakhstan**

T.R. Ryspekov

Natural soils have genetic characteristics – cracks that let moisture and other substances pass through cracks deep into the soil. Cracks also contribute to the drying of the deeper layers. The article shows that the depth and width of the cracks created a different type of absorption, seepage, infiltration of precipitation, as well as the evaporation of soil moisture from various depths. The author suggests that the role of the function of cracks in relation to precipitation should be taken into account. Changes in functioning from precipitation occur daily or for a short time.

УДК 631.4

**Цифровое картографирование почв горной лесостепи
(на примере Тигирекского заповедника, Алтайский край)**

М.А. Смирнова, М.В. Бочарников

*Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, г. Москва,
summerija@yandex.ru, maxim-msu-bg@mail.ru*

Работа посвящена развитию подходов крупномасштабного цифрового почвенного картографирования труднодоступных горных территорий. На основе данных дистанционного зондирования Земли и 93 точек полевого опробования почв построена карта почвенных комбинаций на ключевой участок размером 7×4,5 км, приуроченный к Ханкаринскому кластеру и прилегающей охранной зоне Тигирекского заповедника (лесостепной пояс Алтай). На карте выделено 16 почвенных комбинаций, содержащих различные варианты группировки черноземов глинисто-иллювиальных и квазиглеевых, темногумусовых метаморфизованных и глеевых почв, литоземов и стратоземов. Показано, что в составе почвенного покрова преобладают комбинации с переувлажненными и слабообразованными почвами.

Ключевые слова: Драгунское плато, межкомпонентные связи, структура почвенного покрова.

Работа направлена на развитие подходов крупномасштабного цифрового почвенного картографирования труднодоступных горных территорий, слабообеспеченных данными полевого почвенного опробования. В основу работы положены представления о пространственных и функциональных связях между факторами почвообразования и почвами, выраженными в форме числовых моделей почвенно-ландшафтных связей. Цель работы – цифровое картографирование почвенного покрова лесостепи Тигирекского заповедника (Ханкаринский участок и прилегающая охранный зона).

Район исследований (размер участка 7×4,5 км) расположен в пределах лесостепного пояса Алтая на территории Драгунского плато. Средняя температура июня составляет +17°С, января –15°С. Количество выпадающих осадков неравномерно как по сезонам, так и по годам и, в среднем, составляет 600 мм/год [1]. Рельеф представлен сопками, перевальными седловинами, террасовидными слабонаклонными площадками и плакорами, долинами малых рек (рис. 1). Почвообразующие породы, как правило, карбонатны; встречается щебнистый элювий коренных пород, выходы известняков, делювиальные отложения и делювиально-пролювиальные шлейфы, лессы. На исследуемом участке преобладают злаково-разнотравные сообщества и остепненные луга с участием кустарников, разреженные березовые, березово-лиственничные леса, лишайниковые группировки на выходах коренных пород [2].

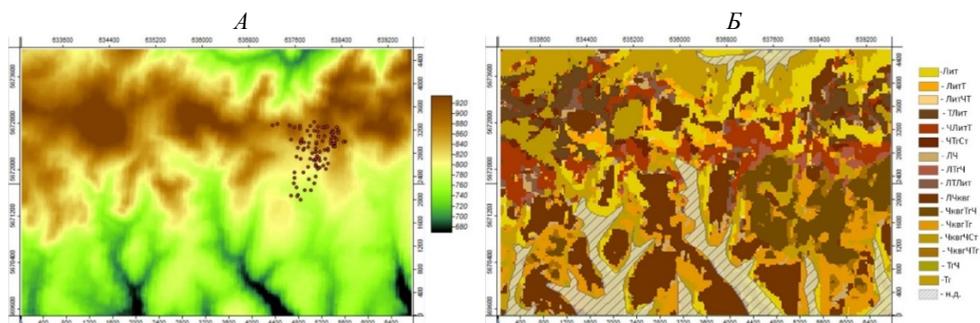


Рис. 1. Цифровая модель рельефа с указанием точек полевого опробования почв (А) и цифровая карта почвенных комбинаций (Б). Расшифровки аббревиатур почв даны в тексте, области с нерепрезентативными данными показаны штриховкой

Работа основана на данных полевого почвенного опробования (93 точек), цифровой модели рельефа SRTM и материалах многозональных снимков системы Landsat-8 (с датами съемки 15.06.2014, 11.08.2014 и 10.02.2015) и Landsat-5 (дата съемки 13.10.2011). Обработка данных проводилась в программах SAGA GIS, Multispec 3.6, Q GIS и Statistica. Согласно [3], исследованные почвы представлены семью почвенными таксонами: черноземами глинисто-иллювиальными (Ч, 26 точек), черноземами квазиглеевыми (Чквг, 10 точек), темно-серыми почвами (Л, 6 точек), темногумусовыми метаморфизованными (Т, 12 точек), темногумусовыми глеевыми (Тг, 11 точек), литоземами (Лит, 20 точек) и стратоземами (Ст, 7 точек). Размер пикселя цифровой модели рельефа, многозональных снимков и, соответственно, всех иных используемых для построения и полученных карт приблизительно составляет 30×30 метров. Размер элементарных почвенных ареалов в пределах горной лесостепи существенно меньше, чем 30×30 м [4, 5], поэтому в качестве объекта картографирования были выбраны не отдельные почвенные ареалы, а почвенные комбинации (ПК); т.е. в разной степени генетически связанные ареалы различных систематических (классификационных) групп [4].

Составление результирующей карты ПК включало три этапа: (1) поиск факторно-индикационных характеристик (количественных характеристик факторов почвообразования), наиболее полно описывающих пространственную диф-

ференциацию почв; (2) интерполяцию точечных данных, полученных в ходе полевых исследований, на всю исследуемую территорию с определением вероятности встречи той или иной почвы в каждом пикселе; (3) выделение почвенных комбинаций, согласно долевого участию различных почв в составе почвенного покрова. В качестве факторно-индикационных характеристик было использовано более 50 морфометрических параметров рельефа и значений различных спектральных индексов, рассчитанных на основании данных дистанционного зондирования Земли. Методом линейного дискриминантного анализа [6] с пошаговым отбором предикторов были (1) выявлены линейные комбинации факторов, наилучшим образом разделяющих почвы разных таксонов в пространстве факторов почвообразования, и (2) предсказана вероятность встречи почвы того или иного таксона при данных сочетаниях факторов почвообразования в каждой точке пространства исследуемого участка. Были выявлены следующие ведущие факторы пространственной дифференциации почв: угол наклона склона, позиционный индекс (ТPI) с размером окрестности 750 м, превышение над базисом эрозии, значения индекса NDVI и показателя влажности (wetness, TCW), рассчитанные для июньского снимка Landsat-8. Значения индекса ТPI и превышения над базисом эрозии позволяют отделить стратифицированные почвы (Ст) и почвы, испытывающие переувлажнение (Чквг, Тг) от автоморфных почв. Угол наклона склона регулирует появление в составе почвенного покрова слабо развитых маломощных почв (Лит, Т). Значения спектральных индексов позволяют отделить черноземы от темно-серых почв, формирующихся при близких параметрах рельефа, но под разными растительными ассоциациями.

В результате проведения линейного дискриминантного анализа была создана база данных, в которой для каждого пикселя карты была указана информация о вероятности встречи каждого из семи почвенных таксонов. Полученная вероятность была проинтерпретирована как доленое участие почвы в пределах пикселя. С целью визуализации в виде карты полученной цифровой базы данных нами было выделено 16 различных ПК; каждая комбинация содержит от 1 до 3 компонентов, перечисленных в порядке убывания занимаемых площадей (сумма долей компонентов, указанных в названии ПК, превышает 0,65 от площади пикселя).

В таблице приведена информация о выделенных на исследуемом участке ПК, занимаемой ими площади и их доле от всего исследуемого участка.

Почвенные комбинации ключевого участка и занимаемые ими площади

Почва	ПК	Литг	ЛитгТ	ЛитгТТ	ТЛит	ЧЛитгТ	ЛЧ	ЛЛгЧ	ЛТЛитг	ЛЧквг	ЧквгТгЧ	ЧквгТг	ЧквгЧСт	ЧквгЧТг	ТгЧ	Тг
		га	га	га	га	га	га	га	га	га	га	га	га	га	га	га
		690	151	51	271	277	88	167	66	182	941	438	560	126	111	85
		12,9	2,8	1	5,1	5,2	1,7	3,1	1,2	3,4	17,6	8,2	10,5	2,4	2,1	1,6

Полученная пространственная модель организации почвенного покрова (рис. 1) согласуется с литературными данными об особенностях пространственной дифференциации почв горной лесостепи Алтая [2, 6]. Повышенное увлажнение территории обуславливает преобладание ПК с высокой долей переувлажненных почв; горный рельеф способствует широкому развитию слаборазвитых почв в составе ПК – литоземов и темногумусовых. В целом, по направлению от вершин сопок к седловинам наблюдается следующая смена почвенных комбинаций: литоземов и темногумусовых почв на комбинации черноземов, темногумусовых почв и литоземов (на склонах южных экспозиций) или серых почв, темногумусовых, литоземов (на склонах северной экспозиции), сменяемыми ниже по склону ПК с участием темногумусовых глеевых почв, черноземов квазиглеевых и стратоземов.

Авторы выражают благодарность сотрудникам Тигирекского заповедника за помощь в проведении полевых исследований.

Работа выполнена за счет гранта Президента Российской Федерации МК-1133.2020.5.

Литература

1. Давыдов Е.А., Бочкарева Е.Н., Черных Д.В. Краткая характеристика природных условий Тигирекского заповедника // Труды Тигирекского заповедника. 2011. Вып. 4. С. 7–19.
2. Черных Д.В., Золотов Д.В. Ландшафтная структура Ханхаринского, Тигирекского участков и охранной зоны Государственного природного заповедника «Тигирекский» // Известия Алтайского отделения РГО. 2015. № 2 (37). С. 16–28.
3. Классификация и диагностика почв России. Смоленск: Ойкумена, 2004. 342 с.
4. Фридланд В.М. Структура почвенного покрова. М.: Мысль, 1972. 424 с.
5. Почвы Алтайского края. М.: Изд-во АН СССР, 1959. 382 с.
6. Digital soil mapping with limited data / eds A. Hartemink, A. McBratney, L.M. Mendosa-Sanyos. Springer, 2008. 445 p.

Digital mapping of mountainous forest-steppe soils (a case study of Tigirekskiy nature reserve, Altai krai)

M.A. Smirnova, M.V. Bocharnikov

This work is devoted to the large-scale digital soil mapping of hard-to-reach mountain areas. We mapped the soil combinations of the key site (7x4.5 km), located in the Khankarinsky cluster and the adjacent protection zone of the Tigirek Nature Reserve (Altai Mountains). The legend contains 16 soil combinations formed by various associations of Chernozems, Phaeozems, Retisols, Leptosols and Cambisols. It is shown that the soils with stagnic, gleyic features and poorly developed soils are predominant components in soil cover patterns.

Особенности функционирования подстилок зеленых насаждений городских экосистем в зависимости от характера ухода

В.М. Телеснина, О.В. Семенюк, Л.Г. Богатырев
Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова,
г. Москва, vtelesnina@mail.ru

В условиях городского ландшафта наблюдается интенсивный биологический круговорот веществ, о чем свидетельствует преобладание маломощных подстилок деструктивного типа. Применение ухода за насаждениями сопровождается изъятием 50–90% запасов подстилок, что ведет к снижению их запасов и конвергенции свойств подстилок насаждений, образованных деревьями разного вида. Изъятие части запасов подстилки выводит значительное количество органического вещества из экосистем, снижая замкнутость круговорота в городских условиях.

Ключевые слова: городские экосистемы, биологический круговорот, лесные подстилки

В городах большую часть озелененных территорий занимают искусственные посадки, в которых лесные подстилки имеют особенности, связанные с монодоминантным древостоем, специфическими типами режима ухода и особенностями рекреационной нагрузки. В условиях города уход за насаждениями, включающий в себя удаление подроста и подлеска, сбор и вывоз подстилки, кошение травостоя, применяется очень широко, но данных по оценке влияния ухода на экосистемы крайне мало. Недостаток информации о функционировании городских экосистем в условиях ухода за насаждениями определяет актуальность данного исследования, цель которого – изучение основных параметров подстилок городских экосистем с учетом разных способов ухода.

Объектами исследования послужили озелененные территории МГУ им. М.В. Ломоносова, которые формировались при строительстве этого научно-учебного комплекса в 50-х гг. XX в., включая древесные насаждения Ботанического сада и парковые зоны. Почвенный покров сада и парков включает почвы от антропогенно-преобразованных до сконструированных, с высоким уровнем плодородия [1]. Объектами исследования выбраны наиболее распространенные в Москве типы насаждений: кленовые (*Acer platanoides*), березовые (*Betula pendula*) и липовые (*Tilia cordata*). Для каждого типа насаждений рассматривались три варианта, различающиеся по интенсивности применения ухода. Регулярный уход предусматривает удаление подлеска и подроста по мере их появления, уборку подстилки и кошение травостоя, которые применяются несколько раз за вегетационный период. Периодический уход предполагает те же мероприятия, но проводимые раз в несколько лет. В условно эталонных биогеоценозах Ботанического сада уход заключается только в удалении сухостоя. Образцы подстилки отбирали в 5 повторностях с площади 50×50 см, при необходимости на месте разделяя подстилку на горизонты. Определяли мощность подстилки и запасы на абсо-

лютно сухую массу. Горизонт L разбирали на компоненты (листья, плоды, ветки, детрит и др.). Детрит делили на фракции по размеру с помощью сит.

Подстилки изученных насаждений представлены деструктивным и ферментативным типами, причем последние встречались только в условно-эталонных березовых насаждениях. Преобладание подстилок деструктивного типа свидетельствует об интенсивном биологическом круговороте в условиях городских экосистем. Мощность подстилок составляет 0,6–2,8 см – маломощные и очень маломощные [2, 3]. В насаждениях с периодическим уходом мощность подстилки снижается, в насаждениях с регулярным уходом подстилка не формирует сплошной ковер и представлена фрагментарно. Полученные значения мощности исследуемых подстилок соответствуют литературным данным по мощности подстилки лиственных насаждений парковых территорий [4].

Анализ компонентного состава подстилок всех видов насаждений и типов ухода характеризуется преобладанием фракции веток, долевое участие которых составляет 40–70% (рис. 1). В подстилках насаждений Ботанического сада наблюдаются различия состава в зависимости от вида эдификаторов: в подстилках кленовника доля плодов и семян более чем вдвое выше, чем в подстилках других насаждений. В подстилках березы относительно повышено содержание детрита. Максимум фракции листьев отмечено в подстилках липовых насаждений, что обуславливает наибольшие запасы легко разлагаемых компонентов.

Для подстилок насаждений с регулярным уходом отмечена тенденция снижения содержания детрита, а также возрастание доли ветоши и листьев, что определяет увеличение доли легко разлагаемых компонентов. Абсолютный запас легкоразлагаемых фракций имеет минимальные значения в подстилках, соответствующих насаждениям с регулярным уходом. Максимальные же запасы этих фракций выявлены для насаждений липы и клена с периодическим уходом, и эталонных насаждений липы.

Анализ данных по фракционированию детрита показал, что в подстилках разных насаждений ботанического сада характер распределения фракций идентичен: наибольшее долевое участие около 40% у фракций 3–5 мм, 10–15% у фракций 3–2 и 2–1 мм. В условиях применения ухода в фракционном составе детрита липовых и кленовых насаждений наблюдается тенденция к увеличению долевого участия крупных фракций.

Кошение травостоя, механическое измельчение листьев при сборе подстилки, по-видимому, может обеспечивать дополнительное поступление крупных фракций в детрит, что необходимо учитывать при анализе соотношений фракций детрита, которое является индикатором баланса процессов накопления и разложения органического вещества.

В ботаническом саду запасы подстилки варьируют 600 до 450 г/м². Наличие двухслойной ферментативной подстилки в условно-эталонных насаждениях березы сказывается на ее запасах (600 г/м²), что в 1,5 выше, чем в подстилках других насаждений. Запасы подстилок уменьшаются от эталонных насаждений к насаждениям с регулярным уходом. Для подстилок насаждений с регулярным и периодическим уходом наблюдается иное распределение запасов, выявлено увеличение запасов подстилок в кленовых насаждениях.

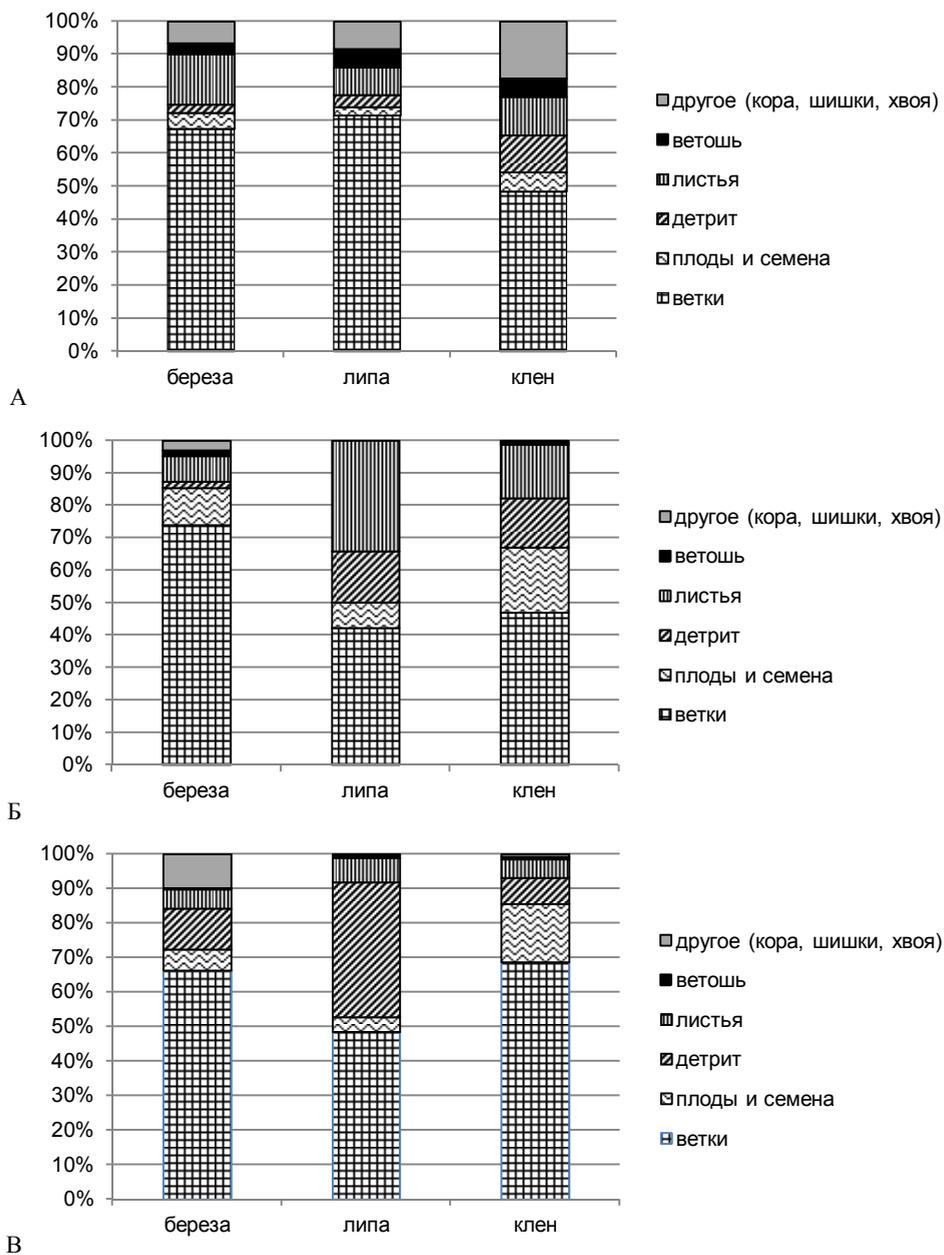


Рис. 1. Компонентный состав лесных подстилок (горизонт L): *А* – регулярный уход; *Б* – периодический уход; *В* – условно-эталонные насаждения

В условиях применения ухода за насаждениями сбор и изъятие подстилок приводит к снижению их запасов. Запасы подстилок при регулярном уходе составляют в березняке, липняке и кленовнике 70 г/м^2 , 80 г/м^2 , 90 г/м^2 . Применение

систем ухода за насаждениями сопровождается изъятием 50–90% запасов подстилок, что ведет к снижению их запасов и конвергенции свойств подстилок насаждений, образованных деревьями разного вида, особенно в режиме регулярного ухода. Изъятие части запасов подстилки выводит значительное количество органического вещества из экосистем, снижая замкнутость круговорота в городских условиях.

Литература

1. Строганова М.Н., Рапопорт А.В. Антропогенные почвы ботанических садов крупных городов южной тайги // Почвоведение. 2005. № 9. С. 1094–1101.
2. Семенюк О.В., Ваганова М.А. Характеристика растительного покрова как важнейшая составляющая комплексных почвенно-экологических исследований исторических парков // Бюллетень Московского общества испытателей природы. 2016. Т. 12, вып. 4. С. 32–42.
3. Богатырев Л.Г. О классификации лесных подстилок // Почвоведение. 1990. № 3. С. 118–127.
4. Семенюк О.В., Богатырев Л.Г., Ваганова М.А. Характеристика подстилок парковых насаждений исторических ландшафтов на примере музея-усадьбы «Архангельское» // Бюллетень Московского общества испытателей природы. 2017. Т. 122, вып. 5. С. 37–49.

Litters features of functioning in urban ecosystem green spaces in relation to care character

V.M. Telesnina , O.V. Semenyuk, L.G. Bogatyrev

In urban landscapes, biological cycle of substances is intensive , it evidenced by the predominance of low-power destructive litters. The application of green spaces care is accompanied by the withdrawal of 50–90% of litter stocks, which leads to a decrease in their stocks and the convergence of the properties of litter stands formed by trees of different types. Removing part of the litter stock removes a significant amount of organic matter from ecosystems, reducing the closed cycle in urban conditions.

УДК 645.01.631

Влияние черного углерода на деградацию ледникового покрова полярных и горных регионов Земли

Р.Х. Темботов¹, Е.В. Абакумов², В.И. Поляков²

¹ Институт экологии горных территорий им. А.К. Темботова РАН,
г. Нальчик, tembotov.rustam@mail.ru

² Санкт-петербургский государственный университет, г. Санкт-Петербург,
e_abakumov@mail.ru

Черный углерод является одним из короткоживущих климатически значимых факторов, который образуется в результате неполного сгорания ископаемого топлива, лесных пожаров, сжигании сельскохозяйственных отходов и извержении вулканов. Черный углерод, выпадая на снежный и ледяной покров, приводит к ее нагреванию, уменьшая альбедо, что в свою очередь приводит к их таянию. В работе представлен

обзор литературы, посвященный влиянию черного углерода на деградацию снежного и ледяного покрова полярных регионов, на примере Антарктиды и горных регионов, на примере Центрального Кавказа.

Ключевые слова: *светопоглощающие аэрозоли, альbedo, снежный покров, Антарктида, Центральный Кавказ.*

Многие авторы считают светопоглощающие аэрозоли наиболее важным фактором, приводящим к быстрому таянию снега и льда [1, 2]. В исследованиях светопоглощающих аэрозолей, чаще всего упоминается черный углерод. Черный углерод образуется в результате неполного сгорания ископаемого топлива, выбросов дизельных двигателей транспортного и промышленного назначения; выбросы в ходе процессов сжигания древесины и угля; выбросы промышленных производственных процессов (металлургия и нефтехимия); выбросы при нефте- и газодобыче, а также лесные пожары и сжигание сельскохозяйственных отходов [3, 4].

По мнению авторов [5, 6], черный углерод является вторым по величине искусственным источником глобального потепления и ускоряет таяние ледников после углекислого газа. Выпадая на снежный и ледяной покров, черный углерод приводит к их нагреву, увеличивая количество поглощенной солнечной энергии, уменьшая ее альbedo, что, в свою очередь, приводит к их таянию [1]. Изменения в поверхностном альbedo из-за черного углерода являются важным фактором в ускорении деградации ледников. Это чрезвычайно важно для полярных и горных районов, поскольку значение альbedo на снежных поверхностях в незагрязненных условиях составляет 98%. При загрязнении отражается только от 90 до 97%. Казалось бы, небольшое изменение, но даже такое увеличение количества поглощенной солнечной энергии работает как ускоритель таяния льда и снега. Наиболее выраженное глобальное потепление, которое сопровождается и сокращением ледникового покрова проявляется в полярных и горных регионах земли. Исходя из этого, основная цель данной работы состояла в определении влияния черного углерода на деградацию льда и снега в полярных регионах на примере Антарктиды и горных регионов, на примере Центрального Кавказа.

Ледниковый покров Антарктиды, является неотъемлемой частью земного шара и играет важную роль для человечества. В настоящее время, поведение ледникового покрова в Антарктиде остается неясным и противоречивым. Ученые до сих пор спорят о том, сокращается или растет его масса. В 1956–1958 гг. активные исследования принесли сведения о режиме Антарктического ледникового покрова, и стало складываться мнение о превышении аккумуляции снега на Антарктическом ледниковом щите над его расходом. Так, на первой карте аккумуляции снега в Антарктике, составленной в 1961 г., было убедительно показано превышение прихода снега над расходом льда [7]. То, что Антарктический ледяной щит увеличивается, утверждали и другие исследователи. Например, в работе [8], было показано, что чистый прирост составлял 112 миллиардов тонн льда в год с 1992 по 2001 г., а с 2003 по 2008 г. чуть замедлился и составил 82 миллиарда тонн. Но эти данные противоречат официальным выводам оценочных докладов Межправительственной группы экспертов по изменению климата при ООН (IPCC), в которой утверждается, что средняя скорость сокращения массы льда Антарктического ледникового покрова увеличилась с 1992–2001 по 2002–2011 гг.

почти в 5 раз. Другие исследователи [9], также не согласны с вышеупомянутой работой и отмечают, что в период с 1992 по 2011 г. ледовые щиты Гренландии, Восточной Антарктиды, Западной Антарктики и Антарктического полуострова изменились по массе на -142 , $+14$, -65 и -20 гигатонн в год⁻¹, соответственно. Таким образом, хотя есть противоречия в вопросе уменьшения или увеличения баланса массы льда в Антарктиде, но все же большинство придерживается мнения, что Антарктида все-таки тает. Но таяние снежного и ледяного покрова происходит не только из-за повышения температуры, но и различных светопоглощающих веществ на их поверхности.

Антарктида традиционно считается самым экологически чистым регионом планеты, но наличие в антарктическом снеге различных органических веществ, в том числе и черного углерода, указывает на то, что альbedo материка снижается. Первичными источниками черного углерода в южном полушарии является сжигание биомассы в Австралии, Южной Америке и Африке [10]. В работе [11] показано, что черный углерод, приносимый в Антарктиду из других частей света, не значительно влияет на таяние ледников. На то, что человеческая деятельность на самой Антарктиде, вносит значительными вклад в загрязнение черным углеродом, указывается в работе проведенной в мае 2015 г. на восьми участках вдоль трансекты длиной 1,7 км от станции Палмер, Антарктида [12]. На антропогенное воздействие при повышении уровня концентрации черного углерода указывают и в работе, проведенной на двух местах Майтри и Ларсеманн Хиллз в Восточной Антарктиде, летом 2008–2009 гг. [13]. В ней показано, что концентрация черного углерода в Ларсеманн Хиллз, где вмешательство человека меньше, в 5 раза меньше чем на станции Майтри.

То, что черный углерод присутствует на льду и снеге в Антарктиде подтверждены в перечисленных выше исследованиях. А о том, что содержание черного углерода на снежных и ледяных поверхностях Антарктиды влияет на изменение альbedo и деградацию ледяного покрова говорится в работе [14]. В ней представлен количественный набор данных отражательной способности снега, измеренного и смоделированного альbedo, а также концентраций черного углерода и микроэлементов от чистого до сильно загрязненного выбросами снега на Антарктиде. Было выявлено, что альbedo варьировалось от 0,85 в нетронutom снеге до 0,62 в загрязненном снегу. Авторы выявили, что светопоглощающие частицы усиливают поглощение поверхности благодаря черному углероду и тем самым происходит интенсивное таяние снежного и ледяного покрова.

Впрочем, черный углерод вредит не только арктическим льдам, но и горным ледникам. Эффект потепления по причине загрязнения снега и льда, проявляется больше в горных областях, таких как Гималаи, Тибет, Кавказ и другие регионы с большой площадью ледников.

Кавказ – единственная горная система России, сведения, о ледниках которой имеются, на конец XIX, начало XX и конец XX в., т.е. практически за столетие. Такие уникальные данные, позволили не только оценить изменение числа, площади, объема и длины ледников, но и проследить особенности деградации как отдельных ледников, так и ледниковой системы в целом. На Кавказе, как и в других горно-ледниковых районах, в последние несколько тысяч лет наблюдает-

ся устойчивая деградация оледенения, в результате чего происходит изменение числа, площади и объема ледников. На Центральном Кавказе расположен самый крупный горно-ледниковый массив России – Эльбрус. Огромное количество информации о сокращении ледников Приэльбрусья имеются за период 1957–2007 гг. За эти 50 лет площадь оледенения Эльбруса сократилась на $12,5 \text{ км}^2$, или в среднем на $0,25 \text{ км}^2$ в год. В общем же за весь период с 1887 по 2007 г., площадь ледников Эльбруса сократилось со $147,5 \text{ км}^2$ до 120 км^2 и составило $27,5 \text{ км}^2$, а интенсивность сокращения в среднем $0,23 \text{ км}^2$ в год. В настоящее время запасы льда и многолетних фирнов, накопленные во второй половине XX в., тают с небывалой прежде скоростью, а на значительной площади в зоне 3 700–4 000 м они почти исчерпаны. Деградацию оледенения Кавказа отмечают за весь период наблюдений, практически все авторы [15, 16].

То, что дегляциация ледников Кавказа идет полным ходом, что было указано выше, и их географическое расположение делает это регион, особенно интересным для исследований их загрязнения различными аэрозолями и в том числе черным углеродом. Для высокогорных ледников Кавказа данные о содержании микрочастиц впервые были опубликованы в 1969 г. [17]. В работе приводились данные полученные из ледников на высоте 4 600 м на горе Казбек. В 1970–1990-х гг. на ледниках Центрального Кавказа и Эльбруса проводились исследования уровня концентрации антропогенных и естественных аэрозолей, химических соединений и микроэлементов. Авторами [18] были исследованы образцы из снежных шурфов и керн, пробуренных на Эльбрусе в 2009, 2012 и 2013 гг., в которых было обнаружено, что в результате переноса минеральных частиц, на ледниках Кавказа формируются загрязненные горизонты. Выявлено, что загрязнения поступили на ледники Эльбруса с Ближнего Востока, Северной Африки, а также из сельскохозяйственных районов в Месопотамии.

Что касается изучения черного углерода на ледниках Центрального Кавказа, то в исследовании [19], была представлена первая работа, посвященная этому вопросу на этой территории. Данные были получены из ледяных кернов, пробуренных на высокогорной (5 115 м над ур. мо.) площадке Эльбруса. В работе представлены данные, показывающие изменения массовых концентраций и размеров черного углерода, охватывающий период с 1825 по 2013 г. Было выявлено, что наибольшее влияние на количество черного углерода, оказали выбросы в Восточной Европе. В работе показано, что в первой половине XX в., антропогенные выбросы из Европы привели к увеличению концентраций черного углерода на Эльбрусе, в 1,5 раза по отношению к его уровню в доиндустриальную эпоху (до 1850 г.). Большая временная изменчивость в их массовых концентрациях наблюдалась как сезонно, так и ежегодно. Исследования показали, что летние концентрации увеличились в 5 раз, а зимние в 3,3 раза в период с 1960 по 1980 г. Затем наступил спад до 2000 г., а затем небольшое увеличение произошло снова после 2000 г. Интересные данные были получены из слоя керн за 2003 г., они показали присутствие максимальной концентрации и более крупных частиц черного углерода в этом году. В свою очередь, другие исследователи [20], также работавшие с этим керном отмечали, что именно в 2003 г. происходило наиболее интенсивное таяние снега. Исходя из этого, можно предположить, что информация о концен-

трациях и размерах частиц может предоставить важную информацию, необходимую для определения таяния льдов и снега на ледниках под воздействием черного углерода.

В заключение хотелось бы отметить, что столь большое внимание, уделяемое исследованию черного углерода указывает, на важнейшую роль, которую он играет в деградации ледников и вообще в климатических изменениях и что его всестороннее изучение крайне необходимо, особенно в полярных и горных регионах Земли.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ № 19-05-50107.

Литература

1. Clarke, A.D., Noone, K.J. 1985. Soot in the Arctic snowpack: a cause for perturbations in radiative transfer. *Atmos. Environ.* 19:2045-2053.
2. Flanner, M., Zender, C., Randerson, J., Rasch, P. 2007. Present-day climate forcing and response from black carbon in snow. *J. Geophys. Res.* 112: D11202.
3. Stier, P., Seinfeld, J.H., Kinne, S., Feichter, J., Ouchterlony, O. B. 2006. Impact of nonabsorbing anthropogenic aerosols on clear-sky atmospheric absorption. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres* 111, D18201.
4. Смирнов Н.С., Коротков В.Н., Романовская А.А. Выбросы черного углерода от природных пожаров на землях лесного фонда Российской Федерации в 2007–2012 гг. // Метеорология и гидрология. 2015. № 7. С. 5–17.
5. Jacobson, M.Z. (2001). Strong radiative heating due to the mixing state of black carbon in atmospheric aerosols. *Nature*. 409:695-697.
6. Bond, T.C., Doherty, S.J., Fahey, D.W., Forster, P.M., Berntsen, T., DeAngelo, B.J., Flanner, M.G., Ghan, S., Kärcher, B., Koch, D., Kinne, S., Kondo, Y., Quinn, P.K., Sarofim, M.C., Schultz, M.G., Schulz, M., Venkataraman, C., Zhang, H., Zhang, S., Bellouin, N., Guttikunda, S.K., Hopke, P.K., Jacobson, M.Z., Kaiser, J.W., Klimont, Z., Lohmann, U., Schwarz, J.P., Shindell, D., Storelvmo, T., Warren, S.G., Zender, C.S. 2013. Bounding the role of black carbon in the climate system: A scientific assessment. *J. Geophys. Res. Atmos.* 118(11):5380-5552.
7. Котляков В.М. Интенсивность питания ледникового покрова Антарктиды // МГИ. Хроника, обсуждение. 1961. Вып.1. С.53–58.
8. Zwally, J.H., Li, J., Robbins, J.W., Saba, J.L., Yi, D., Brenner, A.C. 2015. Mass gains of the Antarctic ice sheet exceeded losses. *Journ. of Glaciology*. 61(230):1019–1036.
9. Shepherd, A., Ivins, E., Rignot, E. 2018. Mass balance of the Antarctic Ice Sheet from 1992 to 2017. *Nature* 558:219–222.
10. Hara, K., Sudo, K., Ohnishi, T., Osada, K., Yabuki, M., Shiobara, M., Yamanouchi, T. 2019. Seasonal features and origins of carbonaceous aerosols at Syowa Station, coastal Antarctica. *Atmos. Chem. Phys.* 19:7817–7837.
11. Khan, A. L., McMeeking, G. R., Schwarz, J. P., Xian, P., Welch, K. A., Berry Lyons, W., & McKnight, D. M. 2018. Near-surface refractory black carbon observations in the atmosphere and snow in the McMurdo Dry Valleys, Antarctica, and potential impacts of foehn winds. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres* 123:2877–2887.
12. Khan, A.L., Klein, A.G., Katich, J.M., Xian, P. 2019. Local Emissions and Regional Wildfires Influence Refractory Black Carbon Observations Near Palmer Station, Antarctica. *Front. Earth Sci.* 7:49.
13. Chaubey, J.P., Moorthy, K.K., Babu, S.S., Nair, V.S., Tiwari, A. 2010. Black carbon aerosols over Antarctica and its scavenging by snow during the southern hemispheric summer. *J. Geophys. Res.* 115, D10210.

14. Casey, K. A., Kaspari, S. D., Skiles, S. M., Kreutz, K., and Handley, M. J. 2017. The spectral and chemical measurement of pollutants on snow near South Pole, Antarctica. *J. Geophys. Res. Atmos.* 122:6592–6610.
15. Ротогаева О.В., Носенко Г.А., Хмелевской И.Ф., Тарасова Л.Н. Балансовое состояние ледника Гарабаша (Эльбрус) в 80-х и 90-х годах XX столетия // МГИ. 2003. Вып. 95. С. 111–121.
16. Золотарёв Е.А., Харьковец Е.Г. Эволюция оледенения Эльбруса после малого ледникового периода // Лёд и Снег. 2012. № 2 (118) стр15-22
17. Davitaya F.F. Dust content as a factor affecting glaciation and climatic change // Ann. Assoc. Amer. Geogr. 1969. V. 59. № 3. P. 552–560.
18. Кутузов С.С., Михаленко В.Н., Шахгеданова М., Жино П, Козачек А.В., Лаврентьев И.И., Кудерина Т.М., Попов Г.В. Пути дальнего переноса пыли на ледники Кавказа и химический состав снега на западном плато Эльбруса // Лед и снег. 2014. № 3(127). С. 5–15.
19. Lim, S., Faïn, X., Ginot, P., Mikhaleiko, V., Kutuzov, S., Paris, J.-D., Kozachek, A., and Laj, P.: Black carbon variability since preindustrial times in the eastern part of Europe reconstructed from Mt. Elbrus, Caucasus, ice cores, *Atmos. Chem. Phys.* 2017. 17. 3489–3505.
20. Kozachek, A., Mikhaleiko, V., Masson-Delmotte, V., Ekaykin, A., Ginot, P., Kutuzov, S., Legrand, M., Lipenkov, V., and Preunkert, S. Large-scale drivers of Caucasus climate variability in meteorological records and Mt Elbrus ice cores, *Clim. Past Discuss.* 2016.

The effect of black carbon on the degradation of the ice sheet of the polar and mountainous regions of the Earth

R.Kh. Tembotov, E.V. Abakumov, V.I. Polyakov

Black carbon is one of the short-lived climatically significant factors. This term refers to climate-forming substances that are located for a short amount of time in the atmosphere – from several days to several years. Black carbon is the product of incomplete combustion of fossil fuels, volcanic eruptions and wildfires. It is a strong light-absorbing component. It is a solid particle, mainly consisting of pure carbon, which absorbs solar radiation at all wavelengths. Black carbon is the most active part of suspended particles, absorbing solar radiation, and the main component of ash, which consists of carbon particles with impurities and contains organic carbon. Black carbon is the second largest artificial contributor to global warming and speed up the melting of glaciers after carbon dioxide. The work presents a review of the literature on the effect of black carbon on the degradation of snow and ice cover of the Polar Regions, on example of Antarctica and mountain regions on Central Caucasus.

СЕКЦИЯ 3 ПОЧВЫ И ПАЛЕОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ РЕКОНСТРУКЦИИ ГОЛОЦЕНА И ПЛЕЙСТОЦЕНА. РОЛЬ ЧЕЛОВЕКА В ФОРМИРОВАНИИ СОВРЕМЕННОГО ОБЛИКА ПЕДОСФЕРЫ

SECTION 3 SOILS AND PALEOECOLOGICAL RECONSTRUCTIONS OF THE HOLOCENE AND PLEISTOCENE. THE ROLE OF MAN IN THE FORMATION OF THE MODERN APPEARANCE OF THE PEDOSPHERE

УДК 631.48:574.42

Ключевые этапы влияния традиционного природопользования на почвы центра Европейской территории России в среднем и позднем голоцене

М.В. Бобровский¹, С.В. Лойко², Д.А. Куприянов³

¹ *Институт физико-химических и биологических проблем почвоведения
Российской академии наук – обособленное подразделение ФИЦ ПНЦБИ РАН, г. Пущино,
maxim.bobrovsky@gmail.com*

² *Национальный исследовательский Томский государственный университет, г. Томск,
s.loyko@yandex.ru*

³ *Институт археологии РАН, Московский государственный университет им.
М.В. Ломоносова, г. Москва, dmitriykipriyanov1994@yandex.ru*

Объекты исследования – дневные почвы и овражно-балочные отложения на территориях лесных массивов в Мордовии, Рязанской, Тульской и Калужской областях. Изучены морфологическое строение профилей дневных почв; стратиграфия, таксономический состав и радиоуглеродный возраст углей в почвах и отложениях. Показана неравномерность сельскохозяйственного освоения и преобразования почв разных районов центра Европейской России в пространстве и времени. Для большинства участков отмечено три основных «волны» выжиганий и расчисток, первая из которых при-

илась на культуры раннего железного века, вторая (наиболее масштабная) – на период славянской колонизации, а третья – на XVIII в. и начало XIX в.

Ключевые слова: историческая экология, древесные угли, морфология почв, радиоуглеродный анализ.

Активное развитие методологии естественнонаучных исследований с начала этого века дает возможность для решения многих вопросов, включая выявление факторов динамики почв и значимых этапов из развития. Значительный вклад в развитие палеоэкологических и палеопочвенных исследований вносят методы изучения древесных углей в почвах (педоантракологии) вместе с новыми методами радиоуглеродного датирования. Анализ углей в почвах конкретных участков и определение их возраста позволяют реконструировать историю этих участков.

Наиболее интенсивные и масштабные воздействия на экосистемы и почвы в их составе были связаны с распространением земледелия. При этом до настоящего времени знания об истории земледелия и о его роли в долговременной динамике экосистем и ландшафтов фрагментарны. Использование пахотных орудий (бороны, рало, соха, плуг) приводит к изменению строения верхнего слоя почвы, а также к интенсификации процессов эрозии. Поэтому анализ строения дневных почв и овражно-балочных отложений позволяет определить наличие таких воздействий. В условиях лесной зоны земледелие было тесно связано с вырубкой и сжиганием деревьев: выжигание было неотъемлемым элементом подсечено-огневой и переложной систем земледелия, а также сопровождало расчистку лесных территорий под постоянные пашни. Древесные угли, перемещенные в минеральные горизонты почв и в отложения, позволяют датировать время воздействий.

Данная работа является частью исследований, посвященных выявлению ключевых этапов влияния традиционного природопользования на динамику экосистем центра Европейской территории России в среднем и позднем голоцене. Объекты исследования – дневные почвы и делювиально-пролювиальные отложения оврагов и балок на модельных участках, расположенные в ландшафтах различных типов и в разных биогеографических регионах. В 2015–2018 гг. проведены комплексные почвенно-морфологические и антракологические исследования на территории музея-заповедника «Куликово поле» (Тульская обл.), заповедника «Калужские засеки» (Калужская обл.), Мордовского заповедника (респ. Мордовия), Клепиковского р-на Рязанской обл. Описано более двух сотен почвенных разрезов, отобрано несколько сотен образцов почвы для определения концентрации углей, дальнейшего определения таксономического состава углей и их датирования. При отборе углей совмещали методы педоантракологии и морфологического анализа профиля. Отбор углей из образцов песчаных почв проводили методом сухого просеивания, из суглинистых почв – методом влажного просеивания; использовали сито с ячейками 2 мм. Определение таксонов проводили с использованием светового микроскопа с отраженным светом (40–400х), атласов анатомии древесины. Для идентификации каждого угля использовали поперечный, радиальный и тангенциальный срезы. Определен возраст

60 образцов углей (ЦКП «Лаборатория радиоуглеродного датирования и электронной микроскопии» Института географии РАН и центра изотопных исследований Университета Джорджии, США; Институт геохимии и геофизики НАН Беларуси).

На исследованных участках в ландшафтах полесского типа на территории Мордовии и Рязанской области во всех профилях описаны следы распашки; в большинстве почв представлены старопашотными горизонтами небольшой мощности со следами бороздящих пахотных орудий. Участки постоянных пашен были приурочены к немногочисленным, но сравнительно обширным пологим элементам рельефа, а участки подсек и перелогов – к небольшим по площади всхолмлениям и грядам между заболоченными участками. Старые пахотные горизонты имеют мощность 6–20 см, пахотные горизонты на участках постоянных пашен последних столетий – 20–25 см. Вертикальное и горизонтальное распределение углей в почвах очень неравномерно. Например, средняя концентрация углей в случайно отобранных образцах на территории Рязанской области составила $1,2 \pm 0,4 \text{ г} \cdot \text{кг}^{-1}$. Концентрация углей в нижней части старопашотных горизонтов достигает $30,92 \text{ г} \cdot \text{кг}^{-1}$, а в корневых каналах, связанных с корчевкой деревьев – $12,44 \pm 3,48 \text{ г} \cdot \text{кг}^{-1}$.

По кривым вероятностей образцы углей из Рязанской области группируются в три кластера: около 2 200, около 900–1 000, и менее 500 кал. л. Для образцов из Мордовского заповедника также можно выделить три кластера: 1 400–1 600, 600–800 и около 200 кал. л.н. Не менее 2/3 образцов углей ассоциировано с признаками выжигания перед распашкой в почвенном профиле; датировки отражают этапы освоения и использования территории в сельском хозяйстве. Максимум дат, связанных с расчистками, пришлись для Рязанской области на X–XI вв., для Мордовии – на XII–XIV вв.

Результаты исследований на территории музея-заповедника «Куликово поле» показали, что прошлым все участки прошли через этап открытого или полуоткрытого ландшафта. Полученные результаты подтверждают гипотезу о масштабном освоении водоразделов левобережья Дона и Непрядвы во время первого этапа славянской колонизации в 12 веке: получены даты 840 ± 80 кал. л.н. для углей из подпахотного горизонта, 720 ± 50 и 980 ± 140 кал. л.н. для углей в делювии лесных балок.

На территории Калужской области для долин сравнительно крупных рек и ландшафтов водно-ледниковых равнин радиоуглеродные даты возраста углей, происхождение которых можно связать с выжиганиями лесов человеком, образуют четыре кластера: около 2000, 1500 кал. л.н. (для этого времени также зафиксировано масштабное перемещение аллювия в пойме р. Вытебеть), 1000–700 и 200 кал. л.н. В течение последних столетий эти почвы активно распахивались, в результате в верхнем горизонте углей почти не сохранилось. Угли обнаруживали в основном в овражных отложениях, при этом нижняя часть отложений обычно была представлена гумусированным бурым песком, верхняя – серо-желтым песком.

Получены первые данные о времени масштабных расчисток и выжиганий широколиственных лесов в районе Калужских засек (в ландшафтах эрозионных

моренных равнин) на основе анализа древесины и углей в пролювиальных отложениях овражно-балочных систем. Определение углей показало принадлежность большинства углей широколиственным деревьям (*Acer*, *Ulmus*, *Fraxinus*, *Quercus*, *Tilia*) и полное отсутствие углей *Pinus*, что характерно для искусственного выжигания леса, но не для пожаров. По возрасту угли формируют два кластера – 850–1100 и 200 кал. л.н. В целом для района Калужских засек данные педоантракологии показывают перерыв в активном хозяйственном использовании территории с 14–15 веков до середины 18 века, что совпадает со временем формирования и существования здесь участка Заокской засечной черты.

Педотурбации являются главным фактором перемещения углей в минеральные горизонты дневных почв. При отсутствии педотурбаций угли, находящиеся после пожара на поверхности почвы, частично переносятся в понижения в ходе эрозии, а большей частью, вероятно, сгорают при последующих пожарах. Вывалы представляют сравнительно редкое и ограниченное по площади воздействие, масштабное перемещение углей в минеральные горизонты было связано с воздействиями на почву бороздящих орудий, следовавшими за выжиганием участка. Полученные нами данные значительно меняют представления о скоростях и характере изменений почвенных профилей в прошлом. С одной стороны, они подтверждают предположения о ключевой роли педотурбаций в формировании профилей почв. С другой стороны, почвы оказываются весьма консервативны в изменении своих свойств между моментами (периодами) педотурбаций.

Результаты исследований показывают неравномерность сельскохозяйственного освоения и преобразования почв на исследованных территориях центра Европейской России в пространстве и времени. Для большинства участков отмечено три основных «волны» выжиганий и расчисток, первая из которых пришлась на культуры раннего железного века, вторая (наиболее масштабная) – на период славянской колонизации, а третья – на 18 век и начало 19 века.

Исследования выполнены при поддержке РФФИ (проект 18-04-01329).

Key stages in traditional land-use impacts on the soils in the center of the European Russia in the middle and late Holocene

M.V. Bobrovsky, S.V. Loyko, D.A., Kupriaynov

Present-day soils and sediments accumulated in ravines and gullies located in forests of the Mordovia Republic, Ryazan, Tver, and Kaluga regions have been investigated. We studied morphological structure of profiles of day soils as well as charcoal stratigraphy, taxonomic composition and radiocarbon dates for soils and deposits. There were sown spatial and temporal unevenness of agricultural development and soil transformation in different regions of the center of European Russia. For the majority of sites, three main “waves” of burning and clearing were noted, the first of which occurred in the early Iron Age, the second (the largest) in the period of Slavic colonization, and the third in the 18th and the early 19th centuries.

Почвенно-седиментационные серии озерных котловин Центрально-азиатского степного биома как индикаторы климатических ритмов голоцена

Д.А. Гаврилов, Е.Н. Смоленцева

Институт почвоведения и агрохимии СО РАН, г. Новосибирск, gavrilov@issa-siberia.ru

На примере озера Большой Баган показаны строение и свойства почвенно-седиментационных серий (ПСС) озерных котловин Центральной Азии. Индикаторно значимыми для климатических реконструкций в этих сериях являются генезис отложений, их гранулометрический состав, содержание карбонатов, солей, а также гумусное состояние погребенных и дневных почв. ПСС отражают динамику факторов среды в степной зоне в голоцене: колебания уровня воды в озерах, смену озерной и эоловой седиментации, чередование осадконакопления и педогенеза.

Ключевые слова: *палеопочвы, палопедология, изменения климата, педолитокомплексы псаммоземы, синлитогенные почвы.*

Для изучения флуктуаций климата в голоцене в XXI в. успешно привлекаются почвенно-седиментационные серии [1–3]. В их составе почвы и почвенные горизонты фиксируют периоды педогенеза, которым соответствует снижение активности экзогенных эрозионно-аккумулятивных процессов. Периоды активизации последних отражаются в формировании седиментационных слоёв. Таким образом, почвенно-седиментационные толщи фиксируют природную ритмичность, когда благоприятные условия соответствуют педогенной фазе развития ландшафта, неблагоприятные – литогенной. Смена этапов почвообразования и седиментации зачастую обусловлена климатическими причинами. Есть мнение, что почвы подчинённых ландшафтов, которые формируются по сложной седиментационно-аккумулятивной модели почвообразования и имеют профиль, состоящий из отложений различного генезиса, периодически прорабатывавшихся почвообразованием, более полно отражают смену условий почвообразования, в том числе и климата [2, 3].

Объекты и методы исследования. Для изучения климатических флуктуаций голоцена на территории центрально-азиатского степного биома нами был выбран слабо изученный в этом аспекте класс объектов – почвенно-седиментационные серии (ПСС) озёрных котловин. Озёра широко распространены на территории биома, особенно в его западно-сибирском кластере, и в них за период голоцена происходили климатически обусловленные колебания уровня воды и соответствующие ритмические изменения в ландшафтах озёрных котловин: затопление и подтопление субаэральных участков в гумидные фазы и обсыхание субкавальных и амфибальных – в аридные [4, 5].

Были изучены ПСС в котловине озера Большой Баган, расположенного в западно-сибирском кластере степной зоны Центральной Азии. Было заложено четыре разреза на озерных береговых валах, сложенных пляжными песками и расположенных на разном расстоянии от озера. Самый удаленный и самый древний озерный вал находится в 900 м от современной береговой линии озера, поверхность его выше уровня воды на 9 метров. Здесь заложен разрез БГ2-19, осталь-

ные разрезы (БГ3-19, БГ4-19, БГ5-19) – на следующих валах в направлении к озеру. Ближе всего к береговой линии расположен разрез БГ5-19. Изучены строение серий, их морфология, а также рН, содержание органического углерода (Сорг), карбонатов, электропроводность (ЕС), гранулометрический состав. Индексы для обозначения горизонтов почв и отложений в составе ПСС, а также типовые характеристики даны в соответствии с [6]. Анализ образцов из почвенных горизонтов и седиментационных слоев проводился по общепринятым в почвоведении методам.

Установлено, что в строении серий принимают участие два типа седиментов: озерные пески береговых фаций (верхние и средние слои) и делювиальные суглинки с признаками реликтового гидромофизма (нижние слои). Для всех ПСС характерен резкий текстурный переход между ними. В верхней части более молодых ПСС (БГ4-19, БГ5-19) присутствуют также эоловые слои (таблица). Общая мощность песчаных отложений увеличивается в направлении к озеру и составляет: 68 см в профиле БГ2-19, 89 см – в профиле В4-19, 146 см – в профиле БГ5-19. Нижние слои имеют тяжелосуглинистый и глинистый грансостав.

Разрезы БГ2-19 и БГ3-19 состоят из 4 почв (одна дневная и три погребенные), разрезы БГ4-19 и БГ5-19 – из 5 почв (одна дневная и 4 погребенные). Верхний слой суглинистых седиментов имеет признаки солонцового типодиагностического горизонта. Соответственно, нижняя почва во всех изученных разрезах – это солонец светлый квазиглеевый. Признаки гидромофного почвообразования в этой почве реликтовые. В настоящее время грунтовые воды расположены глубже 4 метров и не влияют на почвообразование изученных ПСС. Дневные и погребенные почвы песчаной толщи почти во всех разрезах являются псаммоземами гумусовыми. В разрезе БГ2-19 гумусовые горизонты дневной почвы и верхней погребенной характеризуются темной окраской (индекс цвета по шкале Манселла 10YR 3/1) что соответствует темно-гумусовому горизонту АU. Таким образом, эти почвы мы определили как темногумусовые (отдел органо-аккумулятивные).

Слаборазвитые гумусовые горизонты погребенных почв в песчаной толще свидетельствуют о коротких периодах педогенеза, который сменялся активным осадконакоплением, как озерных седиментов, так и эоловых.

Физико-химические и химические свойства почвенных и седиментационных слоев во всех изученных ПСС хорошо коррелируют с гранулометрическим составом. Так, реакция среды в песчаных почвах и седиментах преимущественно нейтральная, в суглинисто-глинистой толще она щелочная (таблица), вследствие повышенного относительно песчаных слоев содержания карбоната кальция. Глинисто-суглинистая толща имеет высокие значения ЕС (таблица), что является индикатором засоления. Гидроморфные признаки, высокое содержание в них карбонатов и водорастворимых солей свидетельствуют о гидрогенной аккумуляции их из грунтовых вод. Это могло происходить в аридных условиях, когда уровень озера был низким, однако выше чем современный. Характерной особенностью изученных ПСС является гетерохронность дневных (поверхностных) почв. Чем ближе к озеру, тем моложе поверхностные почвы. Это проявляется в параметрах гумусового горизонта. Окраска, мощность гумусового горизонта и содержание в нем Сорг характеризуют условия и продолжительность этапа почвообразования. Поверхностная почва в профиле ВГ2-19 имеет наиболее развитый гумусовый горизонт и самое высокое содержание Сорг (таблица).

**Строение и свойства почвенно-седиментационных серий
в озерной котловине озера Большой Баган**

Горизонт	Глубина, от-до, см	Генотип субстрата	pH _{H2O}	Сорг, %	CaCO ₃ , %	ЕС _{1:5} дСм/м	Ил / Физ. глина, %	Физ. песок, %
Разрез БГ2-19								
AU	0–10	Озерный	6,8	3,48	0,8	0,14	3,4 / 9,4	90,6
AC	10–14	Озерный	6,7	1,53	0,5	0,12	1,8 / 2,6	97,4
[AU]	14–24	Озерный	6,8	2,65	0,5	0,10	0,4 / 3,8	96,2
[C]	24–45	Озерный	7,0	0,10	0,3	0,15	3,2 / 4,4	95,6
[AU]	45–57	Озерный	7,2	1,82	1,0	0,14	4,2 / 7,3	92,7
[AC]	57–68	Озерный	7,5	0,21	1,5	0,13	2,1 / 2,4	97,6
[BSNca,s]	68–95	Делювий	7,9	0,23	9,8	0,68	26,5 / 45,2	54,8
[Bca,cs,s]	95–120	Делювий	8,3	0,22	14,8	0,72	24,5 / 32,7	67,3
[CQ]	120–150	Делювий	8,5	0,18	12,2	1,10	23,0 / 31,0	69,0
Разрез БГ3-19								
W	0–9	Озерный	7,0	1,21	2,1	0,12	6,4 / 8,8	91,2
C	9–21	Озерный	7,0	0,43	3,7	0,11	3,2 / 5,6	94,4
[W]	21–28	Озерный	7,3	0,51	0,2	0,12	2,8 / 4,8	95,2
[Wca]	28–33	Озерный	7,3	0,77	2,1	0,12	3,2 / 8,1	91,9
[Wca]	33–40	Озерный	7,6	0,61	2,5	0,13	3,8 / 10,5	89,5
[BSNca,s]	40–58	Делювий	8,5	0,67	10,8	0,62	29,7 / 45,5	50,5
[Bca,cs,s]	58–70	Делювий	8,7	0,33	16,9	0,85	34,8 / 54,6	45,4
[Qs]	70–95	Делювий	8,7	0,27	16,5	1,01	30,6 / 44,1	55,9
[CQ]	95–110	Делювий	8,8	0,25	11,6	1,23	41,5 / 56,2	43,8
Разрез БГ4-19								
W	0–12	Эоловый	7,2	0,96	1,2	0,10	7,0 / 7,9	92,1
C	12–36	Эоловый	7,4	0,16	4,6	0,14	6,6 / 8,0	92,0
[Wca]	36–46	Озерный	7,4	0,44	4,1	0,14	7,0 / 8,0	92,0
[Cca]	46–57	Озерный	7,4	0,24	4,5	0,13	8,8 / 14,6	85,4
[W]	57–60	Озерный	7,3	0,54	4,5	0,16	6,8 / 7,8	92,2
[Cca]	60–72	Озерный	7,6	0,11	3,7	0,11	7,2 / 8,6	91,4
[W]	72–89	Озерный	7,2	0,26	1,8	0,06	8,5 / 11,7	88,3
[BSNca,s]	89–100	Делювий	7,7	0,42	6,3	1,9	32,3 / 49,5	50,5
[Q]	100–120	Делювий	7,9	0,32	12,0	1,9	32,4 / 49,4	50,6
[CQ]	120–140	Делювий	7,9	0,27	13,2	1,8	31,8 / 48,7	51,3
Разрез БГ5-19								
W	0–12	Эоловый	7,2	0,33	2,5	0,15	5,3 / 7,3	92,7
C	12–30	Эоловый	7,3	0,15	3,0	0,08	4,6 / 7,9	92,1
2C	30–47	Эоловый	7,3	0,16	4,1	0,08	6,4 / 8,2	91,8
3C	47–90	Озерный	7,5	0,12	4,3	0,11	5,7 / 7,0	93,0
[Wca]	95–100	Озерный	7,5	0,43	3,8	0,14	5,5 / 7,3	92,7
[Wca]	100–115	Озерный	7,4	0,52	2,5	0,11	5,1 / 7,4	92,6
[Cca]	115–127	Озерный	7,2	0,15	2,1	0,09	5,5 / 7,6	92,4
[W]	127–146	Озерный	7,2	0,19	1,7	0,09	6,4 / 9,1	90,9
[BSNca,s]	146–156	Делювий	7,8	0,41	5,4	0,29	26,9 / 36,3	63,7
[Q]	156–180	Делювий	8,5	0,24	12,7	0,66	37,2 / 46,6	53,4
[CQ]	180–190	Делювий	8,5	0,23	15,3	0,70	25,6 / 35,2	64,8

Строение и свойства изученных ПСС отражают динамичную ландшафтно-климатическую обстановку. Гранулометрический состав показывает резкую смену отложений: субаэраально-делювиальные суглинки с реликтовыми гидроморфными признаками вверх по профилю замещаются озерно-аллювиальными песками. Накопление озерных песков происходило во время трансгрессии озера. Этот процесс осуществлялся этапами, в течение которых сформировалась серия озерных валов. Самый дальний и древний береговой вал фиксирует уровень максимальной трансгрессии озера, остальные – показывают последовательные этапы регрессии озера и колебания уровня воды в нем. Относительно длительные периоды осадконакопления сменялись более короткими периодами педогенеза. Наиболее длительный период педогенеза соответствует поверхностной почве на древнем береговом валу. Накопление органического углерода в этой почве свидетельствует также о благоприятных (в первую очередь более гумидных, чем современные) условиях. Они способствовали развитию высокопродуктивных фитоценозов, гумификации фитомассы и аккумуляции Сорг почвы. Эоловые отложения сформировались в верхней части более молодых валов. Они индицируют аридные условия с высокой ветровой активностью. Мобильность субстрата и климатические условия не благоприятствовали аккумуляции Сорг.

Заключение Почвенно-седиментационные серии в котловине озера Большой Баган представляют собой полигенетичные педолитокомплексы, т.е. состоят из литологических слоев различного генезиса и погребенных почв. Они отражают изменение ландшафтной обстановки и сложное взаимодействие факторов среды в западно-сибирском кластере степной зоны Центральной Азии в голоцене: колебание уровня воды в озерах, чередование эоловой и озерной седиментации, смену периодов осадконакопления и педогенеза. Их строение и свойства являются индикаторами смены аридных холодных условий в начале голоцена на теплые гумидные, а затем теплые аридные. Теплые аридные условия характерны для степной зоны продолжают и в настоящее время. Им соответствует наиболее низкий уровень воды в озере Большой Баган, эоловая активность, процессы засоления почв и седиментов на участках, прилегающих к озеру.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (грант 19-29-05085мк)

Литература

1. Сычева С.А. Морфолитопедогенез в аккумулятивных и трансаккумулятивных ландшафтах как особый механизм почвенной и литогенной памяти // Память почв: Почва как память биосферно-геосферно-антропоферных взаимодействий. М.: ЛКИ, 2008. Гл. 5. С. 128–160.
2. Воробьева Г.А. Почва как летопись природных событий Прибайкалья: проблемы эволюции и классификации почв. Иркутск: Изд-во ИГУ, 2010. 205 с.
3. Голубцов В.А., Рыжов Ю.В., Кобылкин Д.В. Почвообразование и осадконакопление в Селенгинском среднегорье в позднеледниковье и голоцене. Иркутск: Изд-во Ин-та географии им. В.Б. Сочавы СО РАН, 2017. 139 с.
4. Орлова Л.А. Голоцен Барабы (стратиграфия и радиоуглеродная хронология). Новосибирск: Наука, 1990. 128 с.
5. Чупина Д.А., Зольников И.Д., Смоленцева Е.Н., Лашинский Н.Н., Никулина А.В., Картозия А.А. Геоинформационное картографирование территории по реакции к иссушению и

увлажнению (юг Западно-Сибирской равнины) // Известия РАН. Серия географическая. 2018. № 5. С. 81–90.

6. Полевой определитель почв России. М.: Почв. ин-т им. В.В. Докучаева, 2008. 182 с.

Soil-sedimentary sequences of lake depressions in the steppe biome of Central Asian as indicators of Holocene climatic rhythms

D.A. Gavrilov, E.N. Smolentseva

The structure and properties of the soil-sedimentary sequences (SSS) of the lake depressions of Central Asia are shown by the example of Lake Big Bagan. Indicatively significant for climatic reconstructions in these sequences are the genesis of sediments, their particle size distribution, the content of carbonates, salts, as well as the humus state of buried and surface soils. SSS reflect the dynamics of environmental in the steppe zone in the Holocene: fluctuations in the water level in lakes, alteration of lacustrine and aeolian sedimentation, change of sedimentation and pedogenesis.

УДК 631.4

Свойства почв с погребенным гумусовым горизонтом ландшафтных экотонов юга Сибири

К.О. Калицкая, О.Э. Мерзляков

Национальный исследовательский Томский государственный университет, г. Томск

Возникновение ландшафтных экотонов обусловлено общей закономерностью эволюции пространственных систем, что приводит к формированию в нем определенных специфических черт. В результате исследования на территории юга Сибири характерной особенностью изученных почв, сформированных в разных условиях почвообразования, является их нахождение вблизи ландшафтного экотона. Экотонным эффектом в данных почвах служит наличие погребенного гумусового горизонта в профиле, что отражается в специфике их морфологического строения.

Ключевые слова: чернозем, погребенный гумусовый горизонт, ландшафтный экотон, почвенный экотон.

Ландшафтные исследования экотонов представляют собой одно из перспективных направлений современной географии почв и ландшафтоведения. Несмотря на то, что экотонные территории представляют собой устойчивые образования, они наиболее быстро реагируют на изменения, в том числе и антропогенные. Поэтому детальное изучение «сенсорных» систем, даст представление не только о саморегуляции биоты, но и позволит разработать оптимальную стратегию рационального природопользования, которая бы обеспечивала сохранение ценофонда.

История формирования и развития таких экотонов тесно связана с длительной эволюцией ландшафтно-климатических условий в голоцене. На протяжении голоцена в ландшафтном экотоне тайга – степь происходили неоднократ-

ные изменения (флуктуации) границ растительных формаций, одновременно шла существенная перестройка почвенного профиля в сторону лесного или степного типа почвообразования [1].

Цель данной работы – изучить особенности формирования почв экотонов в системе лесостепь-степь юга Сибири, которые представлены почвами с погребенным гумусовым горизонтом. На территории Южной Сибири были изучены почвы разных условий формирования, развивающиеся в пределах лесостепной и степной зон.

Согласно ранее проведенным исследованиям [2], изучались гумусовые профили почв, которые служат «инструментом» для реконструкции палеогеографической среды и могут использоваться для построения моделей поведения почв в будущем.

Наши исследования проводилось с целью определения специфики морфологического строения почвенного профиля, изучения генезиса и основных свойств почв с погребенным гумусовым горизонтом ландшафтных экотонов юга Сибири.

В почвенном покрове исследуемой территории черноземные почвы занимают большие территории и в основном представлены подтипами: выщелоченный, обыкновенный, и южный. Объектами исследования представлены почвы разных условий формирования, различных климатических зон, занимающие разные позиции рельефа и обладающие общей особенностью – погребенный гумусовый горизонт.

Исследуемые почвы, располагаются на территории Чебулинского района Кемеровской области и Широкого, Богградского районов республики Хакасии.

Основными методами исследования являлись полевой и лабораторный. В рамках полевого метода были отобраны образцы почв на проведение физических и физико-химических анализов. В лабораторных условиях с отобранными почвенными образцами проделаны аналитические исследования по общепринятым в почвоведении методикам.

Среди исследованных почв наиболее легким гранулометрическим составом, связанным с более легкими почвообразующими породами, характеризуется чернозем обыкновенный среднemosный супесчаный (P-3) с преобладающими фракциями мелкого песка (0,25–0,05 мм) и крупной пыли (0,05–0,01 мм). Содержание фракции крупной пыли характеризуется неравномерным распределением по профилю (рис. 1, B), максимальное содержание данной фракции наблюдается в горизонте A_d (27,9%), минимальное содержание в горизонте BC_k (10,9%). В связи с преобладанием фракции крупной пыли можно говорить о том, чернозем обыкновенный сформирован на лессовидной почвообразующей породе. Фракция мелкого песка характеризуется более высоким содержанием над фракцией крупной пыли и увеличивается вниз по профилю, за исключением нескольких горизонтов в середине профиля, где происходит ее незначительное уменьшение.

Чернозем обыкновенный, вскрытый разрезом 1, обладает более тяжелым гранулометрическим составом. Верхний горизонт A_d легкосуглинистый, содержание физической глины составляет (28%). С глубиной почвенный профиль утяжеляется до среднего суглинка в горизонтах A_b, A_nB, B_k, затем облегчается до

супеси в слое Ik (рис. 1, А). Преобладающими фракциями являются мелкий песок и крупная пыль, наличие второй обуславливает лессовидность почвообразующей породы.

Чернозем выщелоченный остаточно-карбонатный очень маломощный является легкосуглинистым с преобладанием мелкого песка (41,9%) и крупной пыли (26,6%). Вниз по профилю гранулометрический состав утяжеляется до среднего суглинка, а к материнской породе снова облегчается до легкого суглинка (рис. 1, Б). За счет формирования элювиального горизонта A_hV средней части профиля наблюдается некоторое увеличение количества илистой фракции по сравнению с материнской породой при относительной однородности всего профиля.

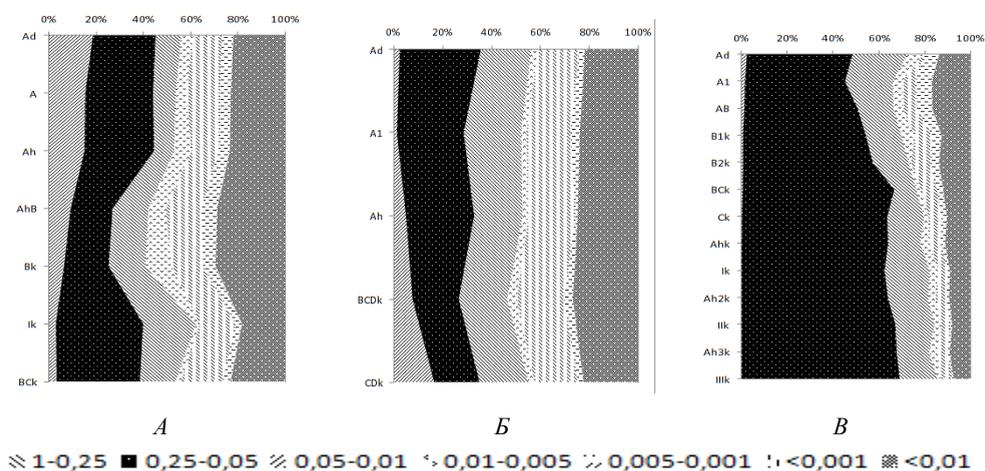


Рис. 1. Гранулометрический состав: А – Чернозем обыкновенный маломощный среднесуглинистый (разрез-1); Б – Чернозем выщелоченный очень маломощный легкосуглинистый (разрез-2); В – Чернозем обыкновенный среднемощный супесчаный (разрез 3)

Таким образом, исследование гранулометрического состава позволило уточнить классификационную принадлежность почв и выявить закономерности распределения фракций. В целом, гранулометрический состав почв разных условий формирования лежит в пределах супесь – средний суглинок.

Общей особенностью данных почв является проявление экотонного эффекта в виде наличия реликтового признака – погребенного гумусового горизонта.

Наиболее гумусированным из изученных почв является чернозем выщелоченный. Хотя, основная масса гумуса сконцентрирована в горизонте A_d и составляет 7,3% за счет богатой травянистой лесостепной растительности позволяет отнести их только к среднегумусному типу. В погребенный гумусовый горизонт граничит с современным, но содержание гумуса в нем в половину меньше и достигает отметки 4,3%. К породе количество гумуса резко снижается до 0,83% (рис. 2, Б).

По системе показателей Л.А. Гришин и Д.С. Орлова, гумусовое состояние обыкновенных черноземов характеризуется средними и низкими запасами [3]. Чернозем обыкновенный, вскрытый разрезом 1 содержит наибольшее количество гумуса в верхнем горизонте и составляет 6,28%, что обусловлено гумификацией большого количества растительных остатков.

Количество органического вещества вниз по профилю заметно уменьшается (рис. 2, А) и в на глубине 160–177 см падает до 0,03%. Погребенный горизонт A_d на глубине 32(39)–55(62) имеет более темную окраску, чем горизонт A_d . Это может быть связано с биоклиматическими условиями и наличием в почвах физико-химических барьеров на пути, мигрирующих сверху и с боковыми потоками обогащенных органическим веществом почвенных растворов.

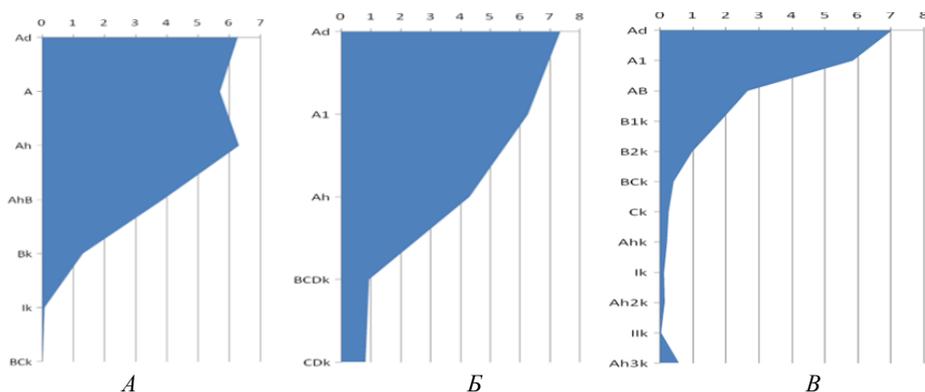


Рис. 2. Содержание гумуса, %: А – Чернозем обыкновенный маломощный среднесуглинистый (разрез-1); Б – Чернозем выщелоченный очень маломощный легкосуглинистый (разрез-2); В – Чернозем обыкновенный среднемощный супесчаный (разрез-3)

Чернозем обыкновенный (Р-3), сформированный под разнотравно-злаковым лугом, так же содержит наибольшее количество гумуса в верхнем горизонте 7,02 %. Содержание его резко падает до аллювиального горизонта Вк, а затем плавно снижается и на глубине 230 см составляет 0.03 %. Такое распределение гумуса в профиле чернозема обыкновенного (рис. 2, В) отражает общую особенность большинства почв степной зоны Хакасии, обусловленную резко континентальным климатом и обеспечением влагой растительности небольшим количеством весенних и летних осадков.

Многочисленными исследователями показано, что гумус отражает генезис почв и природные условия формирования почвенного тела [4].

Содержание карбонатов в почве зависит от почвообразовательных процессов, водного режима почв и от содержания карбонатов в породе. Многие свойства почв, такие как, реакция среды, порозность и плотность, состав почвенных растворов, насыщенность, состав почвенно-поглощающего комплекса, зависят от количества карбонатов в почвенном профиле [5].

Чернозем обыкновенный (P-1) характеризуется отсутствием карбонатов в верхней части профиля. Граница вскипания от HCl обнаруживается на глубине 35 см, а самый максимум скопления карбонатов (15,7%) сосредоточен на глубине 160 см, что может свидетельствовать о карбонатности материнской породы. Карбонаты в профиле встречаются в виде псевдомицелия.

Карбонаты в обыкновенном черноземе, вскрытым разрезом 3, наблюдаются с иллювиального горизонта на глубине 45 см. Такое распределение карбонатов обусловлено особенностями водного и термического режима, динамикой уголекислоты в почвенном воздухе и почвенном растворе, что обуславливает наличие карбонатов немного выше, чем в почвообразующей породе. Наивысшее содержание карбонатов содержится в в горизонтах $B_{2к}$ (13,4%), BC_k (12,7%), C_k (10,9%).

Иная ситуация наблюдается при вскрытии чернозема выщелоченного. Вскипание от HCl происходит на глубине 45 см, где обнаруживается максимум их содержания в количестве 5,8% , которое уменьшается к породе.

По результатам анализов видно, что данные почвы характеризуются щелочной реакцией среды, которая обусловлена наличием растворимых карбонатов.

В черноземе обыкновенном, вскрытым разрезом 1 верхний горизонт содержит 45 мг·экв/100 г суммы оснований. С глубиной идет постепенное снижение до 26 мг·экв/100 г почвы, что связано с невысоким значением содержания гумуса. Содержание кальция значительно превышает содержание магния , что свидетельствует о биогенном накоплении Ca^{2+} . Максимальное значение суммы обменных оснований приурочено к погребенному горизонту A_h .

В черноземе выщелоченном сумма обменных оснований значительно меньше. К верхним горизонтам приурочено самое максимальное значение – 30 мг·экв/100 г почвы. Вниз по профилю наблюдается плавное снижение до 23 мг·экв/100 г почвы. В составе ППК преобладают катионы Ca^{2+} . Распределение его вниз по профилю характеризуется постепенным снижением к середине профиля в горизонте A_h и последующим повышением к материнской породе. В отличие от катиона Ca^{2+} , содержание катиона Mg^{2+} более резко снижается вниз по профилю.

Распределение обменных оснований в черноземе обыкновенном, вскрытым разрезом 3 характеризуется равномерным снижением вниз почвенному профилю от 51 мг·эка 100 г до 28 мг·эка 100 г почвы. В составе обменных катионов преобладает Ca^{2+} , за исключением A_{h3} и $Ш_k$, где катион Mg не значительно преобладает над катионом Ca^{2+} .

Характерной особенностью изученных почв сформированных в разных условиях почвообразования является их нахождение вблизи ландшафтного экотона. Чернозем обыкновенный маломощный среднесуглинистый и чернозем обыкновенный среднемощный супесчаный относящиеся к широтной зональности, сформированы в переходной зоне от остаточной лесостепи к степи под разнотравно-злаковой и луговой растительностью на лессовидных породах. Выщелоченный чернозем относится к переходной таежно-лесной зоне, в пределах вертикальной зональности. Возникновение ландшафтных экотонных обусловлено общей закономерностью эволюции пространственных систем, что приводит к формированию в нем определенных специфических черт. В изученных почвах эко-

тонным эффектом служит наличие погребенного гумусового горизонта в профиле, что является их отличительным признаком.

Изученные почвы характеризуются легким гранулометрическим составом с преобладанием фракций песка и крупной пыли. Илистая фракция характеризуется равномерным распределением за исключением небольшого повышения в гумусовых и погребенных гумусовых горизонтах за счет процесса гумусонакопления. Преобладание фракции крупной пыли в данных почвах является следствием почвообразования на лессовидных суглинках.

Все исследованные почвы являются среднегумусовыми. Максимальное содержание наблюдается в черноземе выщелоченном за счет большего количества выпадающих осадков на территории их формирования, что способствуют процессу гумификации и гумусообразованию. Чернозем обыкновенный, вскрытый разрезом 1, и чернозем обыкновенный, вскрытый разрезом 3, характеризуются более сниженным содержанием гумуса за счет аридизации климата, снижения общей продуктивности биомассы, пониженного количества осадков.

Изученные почвы характеризуются высокой суммой поглощенных оснований с преобладанием катиона Са в почвенно-поглощающем комплексе. Максимальные значения суммы поглощенных оснований приурочена к верхним гумусовым горизонтам, что является характерным для черноземных почв. Минимальные значения наблюдаются в черноземе выщелоченном.

Реакция среды исследуемых почв характеризуется в интервале от слабощелочной до сильнощелочной, что обусловлено разным количественным содержанием карбонатов и бикарбонатов.

Таким образом, на территории экотона лесостепь–степь юга Сибири формируются почвы с разнообразными физико-химическими свойствами, однако, все они имеют непростое строение, что обусловлено наличием второго гумусового горизонта и, как правило, неоднократными изменениями факторов почвообразования на протяжении голоцена и сложной эволюцией почв переходных пространств между различными почвенно-климатическими зонами.

Литература

1. Сымпилова Д.П. Почвы ландшафтного экотона тайга–степь Западного Забайкалья // Природные ресурсы Арктики и Субарктики. 2017. № 2 (86). С. 119–126.
2. Каллас Е.В. Разнообразие гумусовых профилей почв экотона тайга-степь Юго-Восточной части Западной Сибири // Вестник Оренбургского государственного университета. 2017. № 12 (212). С. 7–11.
3. Танзыбаев М.Г. Почвы Хакасии. Новосибирск: Наука, 1993. 256 с.
4. Дергачева М.И. Археологическое почвоведение. Новосибирск: СО РАН, 1997. 228 с.
5. Орлов Д.С. Химия почв. М.: Изд-во МГУ, 1985. 376 с.

Properties of soils with a buried humus horizon of landscape ecotones in southern Siberia

K.O. Kalitskaya, O.E. Merzlyakov

The formation of landscape ecotones is due to the general regularity of the evolution of spatial systems, which leads to the formation of certain specific features in

it. As a result of the study on the territory of southern Siberia, a characteristic feature of the studied soils formed in different soil formation conditions is their location near the landscape ecotone. The ecotonic effect in these soils is the presence of a buried humus horizon in the profile, which is reflected in the specificity of their morphological structure.

УДК 631.4

Почвенный покров гор как архив палеоэкологической информации плейстоцена

Н.О. Ковалева

*Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, г. Москва,
natalia_kovaleva@mail.ru*

Природные архивы палеоэкологической информации горных стран являются более многообразными по сравнению с равнинными. Показано на примере Малого и Большого Кавказа, что уникальным датированным архивом информации о палеоландшафтной и палеоклиматической обстановке стоянок древнего человека служат погребенные почвы, горизонты, почвоподобные тела и отдельные почвенные признаки, «записанные» в тейфро-почвенных, пролювиально- и коллювиально-почвенных, лагунно-морских сериях отложений.

Ключевые слова: *горные почвы, реликтовые признаки, палеоклиматические реконструкции.*

Природные архивы палеоэкологической информации, приуроченные к разноуровневым геобиосистемам горных стран, являются более многообразными по сравнению с равнинными, так как на небольших пространствах сосредотачивают все известные (и неизвестные) типы климатов, природных зон и типов поясности, замкнутые горные долины служат рефугиумами исчезнувших с лица Земли видов и экосистем. В конечном итоге компоненты горных экосистем оказываются более сенсорными к любым воздействиям по сравнению с равнинными аналогами. Значительный информационный ресурсный потенциал горных почв может быть использован в целях палеоэкологических реконструкций, восстановления ландшафтных обстановок геологического прошлого, изучения условий эволюции первобытного человека, расшифровки археологических находок и установления причин динамики этносов в различные исторические эпохи. При этом уникальным датированным архивом информации о палеоландшафтной и палеоклиматической обстановке могут служить погребенные почвы, почвенные горизонты, почвоподобные тела и отдельные почвенные признаки, которые «записаны» в тейфро-почвенных, пролювиально- и коллювиально-почвенных, лагунно-морских сериях отложений.

Объекты исследования расположены на территории Армянского нагорья (Северо-Западная Армения) и изучены в ходе комплексных международных армяно-российских археологических экспедиций Института истории материальной культуры РАН и на Левашино-Акушинской платообразной поверхности Гимрий-

ского хребта Северного Кавказа в ходе комплексных экспедиций Института археологии РАН.

В раскопах стратифицированных археологических стоянок обнаружены и исследованы палеопочвенные летописи, погребенные сериями отложений различного генезиса: тейфро-почвенные и аллювиально-пролювиальные на Лорийском (памятники Куртан, Карахач, Мурадово, Даштадем) и Ширакском (памятник Ени-Ел) плато, лагунно-морские во Внутреннем Дагестане (памятник Мухай). Разрезы Карахач и Куртан расположены на юге Лорийской впадины и являются стратотипическими для выделения двух свит: карахачской и куртанской. Обе свиты залегают на или вложены в базальтовые или андезитово-дацитовые породы (К-Аг возраст – 2,5–2,0 млн л.н. – 2,0–1,85 млн л.н., соответственно). Эпохи накопления этих свит разделяют эпизоды извержений андезитов (1,7 млн л.н. на Карахачском интервале), кислых пемз и пепловых туфов (1,4–1,5 млн л.н. – в основании разреза Куртан). Разрез стоянки Карахач находится в 6,5 км к северо-востоку от с. Арташ на высоте около 1 800 м. Карьером вскрыт мощный (5 м) слой вулканических отложений в виде пачки обратно намагниченного англомератового дацитового туфа с включениями пород, возраст которых около 1,7–1,9 млн л.н. Для всех отложений карьера характерна слабокислая и кислая реакция среды, низкое содержание гумуса, за исключением верхних горизонтов чернозёма, где оно доходит до 7%. Вулканические слои характеризуются минимальным количеством органического углерода (0,1%), максимальным содержанием неорганических форм фосфора и повышенными значениями магнитной восприимчивости, фиксируя период наиболее активного седиментогенеза. Нижележащая нормально намагниченная часть свиты (около 7 м) состоит из чередующихся слоев галечника, погребенных почв и 11 культурных слоёв (КС), а также пласта пепла с SIMS U-Pb датой 1,947±0,045 млн л.н. В силу слабо- и средне-кислой реакции вулканических осадков (pH_{H_2O} : 5,6–5,7; pH_{KCl} : 4,9–5,1). В раскопе Мурадово обнаружен карбонатный горизонт на глубине 40–196 см, маркирующий позднеплейстоценовый-раннеголоценовый этап почвообразования. В раскопе Мурадово процесс формирования более поздней карбонатной почвы наложен на раннеплейстоценовый суглинистый субстрат, о чём говорят находки раннеплейстоценовых ашельских индустрий. По микроморфологическим данным [1], окарбоначивание культурных слоёв стоянки Куртан на Лорийском плато происходило на субстрате, сформировавшемся на раннем этапе педогенеза в гумидном тёплом климате. Большим морфологическим сходством с педогенными слоями раскопа Карахач обладает палеопочва, вскрытая в карьере у д. Агворик (Ени-ёл). Профиль имеет мощность около 1 м. Главным отличием является наличие в ней карбоната кальция в рассеянном виде (слабо вскипает от 5% HCl), говорящее о её слабой карбонатности (в предыдущих разрезах карбонаты представлены журавчиками, псевдомицелием). Данный факт может свидетельствовать о формировании описываемой почвы в более автоморфной позиции ландшафта. Погребенные почвы средней части раскопа Мурадово, отложения раскопа Карахач, включая все культурные слои, а также отложения карьера Ени-ёл относятся к эпохе обратной магнитной полярности Матуяма (2,58–0,78 млн л.н.). Более точно датируются культурные слои раскопа Карахач, залегающие под туфом возрастом 1,75–1,80 млн л.н.

и отнесенные к положительному палеомагнитному экскурсу Олдувей или к интервалу морских изотопных стадий 62–72.

Изотопный состав органического углерода исследованных почвенных горизонтов утяжеляется по сравнению с вулканогенными слоями и колеблется в среднем около значения -25.5% , что говорит о формировании почв в условиях увлажнённого климата под растительным покровом C3 типа фотосинтеза. В пользу гидроморфности ландшафтов свидетельствуют многочисленные признаки оглеения, наличие галечных и песчаных прослоев в изученных сериях. Так как древесная растительность, которая обладает C3 типом фотосинтеза, в таких ландшафтах редка, преобладающим ландшафтом был, вероятно, пойменный луг с широким спектром лугового разнотравья и болотных растений. Облегчение изотопного состава углерода в вулканогенных слоях до $-29\text{--}30\%$, по-видимому, является следствием воздействия вулканических газов. Состав n-алканов указывает на весомый вклад микроорганизмов и мхов в формировании органического вещества и на отсутствие саванных и степных трав.

Отложения, вскрытые многослойной стоянкой Мухкай Па в Дагестане, датированы палеомагнитным методом эпохой отрицательной намагниченности Магуяма (2,60–0,78 млн л.н.) и содержат два эпизода положительной намагниченности Хорамильно и Олдувей. Оба разреза вскрывают редкие для Кавказа плейстоценовые отложения, представленные ритмичным переслаиванием каменистых слоёв известняковой гальки и рыжевато-бурых прослоев тонкого материала преимущественно средне и тяжелосуглинистого гранулометрического состава. Помимо гальки, карбонат кальция в рассеянном виде присутствует во всех горизонтах. Исследуемая толща носит признаки гидроморфизма, что проявляется в наличии обильных Fe-Mn ортштейнов ($d = 0,5\text{--}1\text{см}$), примазок, налётов оксида Mn на поверхности известняковой гальки. В раскопе Мухкай II ниже 2-го костеносного слоя были обнаружены следы роющих животных. pH водной суспензии меняется в небольших пределах от слабощелочных (7,5–7,9) до щелочных значений (8,1). Содержание органического углерода, также, весьма однородно по профилям раскопов и не превышает 0,1%. Анализ водной вытяжки на наличие ионов легкорастворимых солей указывает на слабое засоление хлоридного типа, а также демонстрирует существенное снижение концентрации ионов хлора (в 5 раз) во 2 костеносном слое по сравнению с вытяжкой из вышележащего 3-го культурного слоя, в 2 раза меньше и концентрация ионов SO_4^{2-} и K^+ .

Величины удельной магнитной восприимчивости обнаруживают низкие значения от 11 до 27×10^{-6} СГСМ. Изотопный состав органического углерода изменяется в узких пределах от $-25,1$ до $-26,4\%$, характеризуя преобладание растений с C-3 типом фотосинтеза, которым обладают деревья и большинство луговой разнотравной растительности. Исследуемые отложения испытывали на себе влияние слабо-солёной воды озёрного или морского генезиса. Возможно, исследуемая территория находилась на берегу лагунного озера, которое было периодически связано с бассейном Каспия апшерона – акчагыла, что привело к формированию лагунно-морских серий отложений. Такой сценарий становится вероятен при учёте того, что данная местность в период формирования исследуемых серий находилась не выше 500 м над ур.м. (сейчас высота 1629 м над ур.м.), т.е.

была низкогорным или холмистым слаборасчленённым ландшафтом. Реконструируемые почвы были подобны современным маршевым почвам.

Таким образом, ландшафты стоянок первобытного человека на Кавказе в раннем плейстоцене представляли собой переувлажнённые территории, существовавшие в условиях тёплого гумидного климата и древесной растительности. Палеопочвы можно соотнести с современными лугово-болотными почвами. Стоянки Восточного Дагестана располагались на берегу лагунного озера, которое было периодически связано с бассейном Каспия.

Исследование выполнено при поддержке грантов РФФ, № 17-14-01120 и 20-61-46004.

Литература

1. Khokhlova O.S., Khokhlov A.A., Kuznetsova A.M., Stolpnikova E.M., Kovaleva N.O., Lyubin V.P., Belyaeva E.V. Carbonate features in the uppermost layers of Quaternary deposits, Northern Armenia, and their significance for paleoenvironmental reconstruction // Quaternary International. 2016a. Vol. 418. P. 94–104.

Soil cover of mountains as an archive of Pleistocene paleoecological information N.O. Kovaleva

Natural archives of paleoecological information of mountainous countries are more diverse than plain ones. It is shown by the example of the Caucasus that buried soils, horizons, soil-like bodies, and individual soil features, recorded in tephro-soil, proluvial and colluvial-soil, lagoon-marine series of deposits. The landscapes in the Caucasus in the Early Pleistocene were waterlogged territories that existed in a warm humid climate and woody vegetation. The landscapes of East Dagestan were located on the shore of a lagoon lake, which was periodically connected with the Caspian basin.

УДК 631.417.2

Погребенные горизонты почв западин палеокриогенных ландшафтов Южного Предбайкалья как индикатор реконструкции палеогеографических условий

А.А. Козлова

Иркутский государственный университет, г. Иркутск, allak2008@mail.ru

Территория Южного Предбайкалья представляет собой систему трещин и полигонов, образованной в сартанское время (конец позднего плейстоцена) за счет сильного похолодания и аридизации. В результате вытаивания мерзлоты в голоцене полигоны трансформировались в бугры, а трещины – в западины. Почвенный профиль западин содержит один или несколько погребенных гумусовых горизонтов, резко отличающихся по своим свойствам от современных (дневных). В них представлена наиболее полная «запись» смен фаз почвообразования, эволюции почв, почвенного покрова и в целом природной среды, что может служить дополнительным информационным источником для проведения палеогеографических реконструкций.

Ключевые слова: полигоны и трещины, бугры и западины, сартанское время, палеокриогенные структуры, погребенные гумусовые горизонты, информационная инверсия.

Палеокриогенные явления в виде полигонально-блочного и бугристо-западного микрорельефа широко распространены на территории Южного Предбайкалья, имевшие место в сартанское время (конец позднего плейстоцена) за время существования перигляциальных условий (аридизация климата на фоне резкого похолодания). Произошло полигональное растрескивание поверхности и образование полигонально-жильных льдов, которые при вытаивании в голоцене трансформировались в западины, а на месте полигонов образовались бугры [1–5].

В настоящее время наблюдается посткриогенная стадия развития бугристо-западного микрорельефа, когда все его формы стали реликтами. Развитие почвенного покрова идет по заданной матрице, определяющими частями которой выступает сопряженная пара: блок полигона (бугор) и примыкающая к нему псевдоморфоза по повторно-жильному льду (западина). На буграх (блоках), где почвообразование началось гораздо раньше, информативность почвенных профилей о фазах и стадиях их развития должна быть более полной, чем в западинах. Однако, на самом деле, соотношение информативности хода почвообразования на обоих элементах как раз обратное, наблюдается информационная «инверсия». Полнота «записи» смен фаз почвообразовательных процессов и их длительности значительно больше в пределах западин за счет наличия в них погребенных гумусовых горизонтов. Они являются сигналами смен биоклиматических условий, что позволяет проводить палеогеографические реконструкции [6].

Целью исследования стало установление возраста гумуса, состава и строения гуминовых кислот дневных и погребенных гумусовых горизонтов почв западин палеокриорельефа Южного Предбайкалья.

Объектами исследования стали дневные и погребенные гумусовые горизонты западин серой типичной и чернозема глинисто-иллювиального Южного Предбайкалья. Установление возраста дневных и погребенных гумусовых горизонтов проводилось в лаборатории радиоуглеродного датирования Института географии РАН (г. Москва) по углероду гуминовых кислот [7]. Групповой и фракционный состав гумуса определялся методом И.В. Тюрина в модификации Пономаревой, Плотниковой [8]. Элементный состав гуминовых кислот (ГК) выполнен на элементном анализаторе «CHNS EA-1112 NEOLAB». Выделение гуминовых препаратов осуществлялось по методике, предложенной М.И. Дергачевой [9].

Изучение состава гумуса (дневных) гумусовых горизонтов почв западин показало, что во всех исследуемых почвах наблюдается заметное превалирование гуминовых кислот над фульвокислотами. Во фракционном составе гумуса отмечается примерно равное количество ГК 1-й и 2-й фракции за счет притока свежей органики и резкое снижение с глубиной 1-ой фракции. Повышенное количество нерастворимого остатка, величина которого может превышать 50% от общего содержания гумуса, может быть связано с процессами периодического высушивания и промораживания, а также морозной денатурации [10, 11].

Т а б л и ц а 1

**Результаты радиоуглеродного датирования дневных
и погребенных гумусовых горизонтов почв западин**

Название почвы	Лабораторный № ИГАН*	Горизонт, глубина, см	Глубина взятия образца, см	Радиоуглеродный возраст горизонта, лет назад	Интервал калибровочного возраста
					1σ: Cal BP, лет назад [начало: конец] вероятность
Серая типичная с погребенным гумусовым горизонтом	3214	Ad 3-13	5–10	1960 ± 50	[1867 BP:1952 BP] 0,845366 [1959 BP:1972 BP] 0,095339 [1977 BP:1986 BP] 0,059295
	3215	[A] 37-70	45–55	4260 ± 60	[4650 BP:4671 BP] 0,080919 [4701 BP:4759 BP] 0,30726 [4944 BP:4948 BP] 0,012235
Чернозем глинисто-иллювиальный с погребенным гумусовым горизонтом	3217	Ad 0-13	5–10	2510 ± 40	[2497 BP:2597 BP] 0,627898 [2612 BP:2638 BP] 0,171945 [2687 BP:2720 BP] 0,201056
	3219	A 13-33	20–25	2720 ± 50	[2768 BP:2854 BP] 1
	3220	[A] 33-108	50–55	6030 ± 70	[6759 BP:2597 BP] 0,003546 [6784 BP:6966 BP] 0,996454

* Лабораторный № ИГАН – обозначение номера образца препарата гуминовой кислоты для определения радиоуглеродного датирования, выполненного в лаборатории Института географии Российской академии наук (г. Москва).

Т а б л и ц а 2

**Элементный состав гуминовых кислот современного
и погребенного горизонта почв западин**

Название почвы	Горизонт, глубина, см	Зола, %	Влага гигроскопическая, %	Массовые проценты на сухое, беззольное вещество			
				C	H	O	N
Серая типичная с погребенным гумусовым горизонтом	Ad 3-13	9,4	15,3	57,0	5,8	33,8	3,4
	[A] 37-70	11,0	14,6	62,1	3,7	31,4	2,7
Чернозем глинисто-иллювиальный с погребенным гумусовым горизонтом	Ad 0-13	7,9	15,2	61,7	4,9	30,2	3,2
	A 13-33	7,9	15,6	61,1	4,7	30,7	3,0
	[A] 33-108	7,6	14,7	62,0	4,4	31,1	2,9

В погребенных горизонтах отмечено резкое расширение отношения $S_{гк} : S_{фк}$, которое в исследуемых почвах колеблется от 2 до 5, тип гумуса становится гуматным, что указывает на процессы его старения и конденсации, а также на иные более благоприятные условия его формирования.

Согласно данным радиоуглеродного датирования дневных и погребенных гумусовых горизонтов исследуемых серой почвы и чернозема глинисто-иллювиального, возраст горизонта А соответствует суббореальному периоду, формирование которого шло в биоклиматической обстановке, близкой современной (табл. 1). Возраст погребенного гумусового горизонта относится к бореально-атлантическому времени, характеризующемуся значительным потеплением. Это доказывает, что формирование темноцветных горизонтов полигенетических почв

западин палеокриорельефа шло в иных биоклиматических условиях, отличных от современных, с широким участием мезофильной травянистой растительности.

Изучение элементного состава ГК исследуемых почв показало, что современные гумусовые горизонты серой почвы западины содержат меньше золы и больше гигроскопической влаги, характеризуются повышенным содержанием углерода и водорода, пониженным – кислорода и азота, чем погребенные (табл. 2).

Элементный состав ГК современных и погребенных гумусовых горизонтов чернозема глинисто-иллювиального показал близкие значения. Это говорит о сходных биоклиматических условиях формирования этих горизонтов и позволяет предположить, что их формирование шло в условиях холодной степи, так как у ГК черноземов региона оказалось более высокое содержание углерода и водорода и более низкое – кислорода и азота, по сравнению с черноземом европейской части России [12].

Похожее строение ГК черноземов и погребенного горизонта серой типичной почвы указывает на распространение в Южном Предбайкалье в оптимуме голоцена степных ландшафтов с высокогумусными почвами, содержащими зрелые высококонденсированные гумусовые кислоты.

Литература

1. Кузьмин В.А. Геохимические особенности почв в условиях бугристо-западного рельефа Иркутско-Черемховской равнины // Региональные ландшафтно-геохимические исследования. Иркутск: Изд-во ин-та географии СО АН СССР, 1986. С. 67–81.
2. Воробьева Г.А. Почва как летопись природных событий Прибайкалья: проблемы эволюции и классификации почв. Иркутск: Изд-во Иркут. гос. ун-та, 2010. 205 с.
3. Козлова А.А. Почвы бугристо-западных ландшафтов Южного Предбайкалья. Иркутск: Изд-во Ин-та географии им. В.Б. Сочавы СО РАН, 2011. 124 с.
4. Козлова А.А. Евразия в кайнозое // Стратиграфия, палеоэкология, культуры. 2017. Вып. 6. С. 49–55.
5. Козлова А.А., Кузьмин В.А., Завовская Э.П. Почвы палеокриогенных бугристо-западных ландшафтов Южного Предбайкалья // Почвоведение. 2013. № 10. С. 1181–1192.
6. Величко А.А., Морозова Т.Д., Нечаев В.П., Порожнякова О.М. Палеокриогенез, почвенный покров и земледелие. М.: Наука, 1996. 150 с.
7. Чичагова О.А., Хохлова О.С., Завовская Э.П., Горячкин С.В. Радиоуглеродный анализ и проблемы памяти почв // Память почв. М., 2008. С. 182–200.
8. Агрохимические методы исследования почв / под ред. А.В. Соколова. М.: Наука, 1975. 656 с.
9. Дергачева М.И., Некрасова О.А., Лаврик Н.Л. Гуминовые кислоты современных почв Южного Урала. Новосибирск: Препринт-Д-36, 2002. 24 с.
10. Волковинцер В.И. Степные криоаридные почвы. Новосибирск: Наука, 1978. 208 с.
11. Ивельский П.К. Состав гумуса лесных почв северо-запада Иркутской области // Вопросы почвенного плодородия. Иркутск, 1968. С. 58–68.
12. Орлов Д.С. Гумусовые кислоты почв и общая теория гумификации. М.: Изд-во МГУ, 1990. 325 с.

**Buried horizons of hollow soils of of paleocryogenic landscapes
of the Southern Predbaikalia as an indicator of the reconstruction
of paleogeographic conditions**

A.A. Kozlova

The territory of the Southern Predbaikalia is a system of cracks and polygons formed in Sartan time (late Late Pleistocene) due to severe cooling and aridization. As a result of permafrost thawing in the Holocene, polygons were transformed into mounds, and cracks – into depressions. The soil profile of the depressions contains one or several buried humus horizons, which sharply differ in their properties from the northern (daytime) ones. They provide the most complete “record” of changes in the phases of soil formation, soil evolution, soil cover and the natural environment as a whole, which can serve as an additional information source for paleogeographic reconstructions.

УДК 631.48:903.4:574.42

**Антракологический и морфологический анализ
старопахотных и антропогенных почв ландшафтов
моренно-водноледниковых равнин Верхневолжья
(Пеновский район Тверской области)**

Д.А. Куприянов¹, А.Л. Смирнов², Л.Г. Ханина³, М.В. Бобровский⁴

¹ Институт археологии РАН, Московский государственный университет
им. М.В. Ломоносова, г. Москва, dmitriyukupriyanov1994@yandex.ru

² Институт археологии РАН, г. Москва, ari1828@bk.ru

³ Институт математических проблем биологии РАН – филиал Института прикладной
математики им. М.В. Келдыша, г. Пуцино, khanina.larisa@gmail.com

⁴ Институт физико-химических и биологических проблем почвоведения РАН – обособленное
подразделение ФИЦ ПНЦБИ РАН, г. Пуцино, maxim.bobrovsky@gmail.com

Изучены стратиграфия и таксономический состав углей в профилях почв в связи с их морфологическим строением. Объекты исследования – старопахотные почвы и антропогенные почвы трех городищ РЖВ на территории Пеновского района Тверской области. Почвообразующими породами являются моренные песчаные отложения. Растительность представлена в основном сосновыми и еловыми лесами с участием осины, березы; в напочвенном покрове преобладают бореальные виды. Анализ более 50 разрезов показал преобладание альфегумусовых почв. Почвы городищ относятся к антропоземам или Antrosols, мощность культурного слоя 50–80 см. В старопахотных почвах основная часть углей встречена в верхних 10 см, реже 20 см. В антропоземах угли встречали по всей глубине культурного слоя. Таксономический анализ более 1 100 углей показал присутствие на территории в прошлом 10 родов древесных видов. Наиболее богаты таксонами углей почвы городищ – до 7 родов в одном слое. Анализ радиоуглеродного возраста углей для наиболее исследованного участка позволяет говорить минимум о трех периодах расчисток леса для сельскохозяйственного использования: VI в., конец IX – начало X в. и XIV в.

Ключевые слова: *историческая экология, древесные угли, морфология почв, радиоуглеродный анализ, дьяковская культура, Dark Earth, альфегумуссовые почвы.*

Методы почвоведения давно используются для решения археологических и палеоэкологических задач. Развитие педоантракологии (анализа древесных углей в почвах) позволяет заметно расширить возможности исторических реконструкций. Наиболее интенсивные и масштабные воздействия на экосистемы и ландшафты лесной зоны в прошлом были связаны с системами земледелия. Все эти системы в разной мере предполагали использование огня и пахотных (пашенных) орудий. Выжигание было неотъемлемым элементом подсечно-огневой и переложной систем земледелия, а также сопровождало расчистку лесных территорий под постоянные пашни. В результате в почвах формировался комплекс признаков, связанных с воздействием пахотных орудий и перемещением частиц угля в верхний минеральный горизонт. Анализ этих признаков и датирование времени воздействий по возрасту углей существенно дополняет результаты археологических исследований, позволяя представить особенности природопользования населения в различное время, а также оценить воздействия хозяйственной деятельности на экосистемы. Другим объектом педоантракологических исследований являются антропогенные почвы (антропоземы) – почвы, значительно преобразованные человеком в прошлом, а после этого развивавшиеся под действием природных факторов. В частности, к ним относятся почвы древних поселений.

Данная работа является частью комплексных исследований, посвященных палеоэкологической реконструкции естественной и антропогенной динамики природных комплексов Валдайской возвышенности в позднем голоцене. Цель – функциональный анализ стратиграфии и таксономического состава древесных углей в старопашотных и антропогенных почвах в связи с морфологическим анализом почвенных профилей.

Исследования проводили в Пеновском районе Тверской области. Изучение почв и почвенного покрова осуществляли на восьми участках в ландшафтах моренно-водноледниковых равнин. Выбор участков был определен присутствием археологических памятников первого – первой половины второго тысячелетия н.э. или объектов для палеоэкологических реконструкций. В 2018–2019 гг. Рунским отрядом Института археологии РАН были выявлены и обследованы три городища раннего железного века: Лихуша-Заборовка, Ворошилово и Руна. Первые два можно отнести к дьяковской культуре, принадлежность третьего требует уточнения. Почвообразующими породами являются моренные песчаные отложения, в некоторых случаях с включением валунов. Растительность участков представлена в основном сосновыми и еловыми лесами с участием осины, березы; в напочвенном покрове преобладают бореальные виды. Неморальные виды трав преобладают только на участках городищ.

Описано более 50 почвенных разрезов с использованием морфологических методов анализа почв для реконструкции истории экосистем. Почвы на территории археологических памятников изучали в археологических раскопах, для отбора образцов дополнительно использовали почвенный бур. Во всех случаях опи-

сания сопровождали зарисовками и фотографиями. Отобрано более 200 образцов для определения концентрации углей, дальнейшего определения таксономического состава углей и их датирования. В разрезе обычно отбирали 3 колонки образцов, в каждой колонке – один образец из почвенного горизонта; образцы отбирали случайным образом (без привязки к определенным морфонам); объем образца около 1 куб. дм. При использовании почвенного бура отбирали сплошную колонку с шагом 15 см. Образцы были высушены до воздушно-сухого состояния, взвешены и затем просеяны через сито с размером ячеек 2 мм. Фрагменты древесного угля были извлечены вручную из просеянных образцов, взвешены для расчета концентрации углей (или антракомассы, г древесного угля на кг сухой почвы). Таксономическая идентификация углей выполнена с использованием микроскопа с отраженным светом (40-400х) с использованием атласов анатомии древесины. Для идентификации таксонов использовали поперечный, радиальный и тангентальный срезы древесных углей. Для 26 образцов угля определен радиоуглеродный возраст.

В почвенном покрове исследованной территории абсолютно преобладают почвы отдела Альфегумусовые или Podzols. Наибольшее число описанных профилей относится к дерново-подбурам, довольно часто встречаются дерново-подзолы, намного реже – подзолы и подбуры. В переувлажненных понижениях преобладают торфяно-подзолы глеевые. В большинстве профилей автоморфных почв отмечен старопашотный горизонт, строение и мощность которого значительно варьируют. Преобладающие мощности старопашотного горизонта под лесом 7–10 см. Мощности горизонтов Апах. недавно выведенных из оборота пашен и огородов 24–30 см.

Почвы на территориях городищ относятся к антропогемам или Antrosols. Мощность культурного слоя на городищах Лихаша-Заборовка и Ворошилово составляет 60-80 см, на городище Руна – 50–60 см. В основном он представлен темноокрашенным материалом с включениями археологических артефактов и значительным количеством углей (которые и придают окраску слою). Описанные почвы можно отнести к Dark Earth (или North Dark Earth), которые считают европейским аналогом амазонских Terra Preta. Такие почвы описаны на территориях поселений на большей части Европы, но преобладают на территории Северной Европы, где их иногда называют «балтийскими черноземами». Образование большинства Dark Earth связывают с хозяйством викингов и северных славян в I тысячелетии н.э. Свойства этих почв связывают с долговременным внесением органических отходов, угля и фекалий.

Концентрация углей составила менее до 0,1 г на кг сухой почвы в 25% образцов, от 0,1 г до 1 г – в 39%, от 1 г до 10 г – в 28%, более 10 г – в 8% образцов. В большинстве профилей лесных почв основная часть углей встречена в верхней части минеральной почвы – в ее верхних 10 см, реже 20 см. В антропогемах угли встречали почти равномерно во всем культурном слое, примерно до глубины 75 см.

Таксономический анализ более 1100 углей показал присутствие в прошлом 10 родов древесных видов. На первом месте по частоте встреч угли *Pinus*, на втором – *Picea*, на третьем – *Quercus* и *Corylus*, четвертом – *Betula* и *Populus*.

В большинстве профилей в одном горизонте встречено от 1 до 3 таксонов. Наиболее богатыми в таксономическом отношении оказались почвы городищ: на городище Ворошилово в одном слое встречено до 7 таксонов. Все встречи таких широколиственных видов деревьев, как *Ulmus* и *Acer*, приурочены к городищам и делювию под городищами. Вероятно, это показывает намеренное сжигание древесины этих видов на территории поселений.

Анализ возраста углей для участка Заборовка, наиболее детально исследованного к настоящему времени, позволяет говорить минимум о трех периодах расчисток леса для сельскохозяйственного использования: VI в., конец IX – начало X в. и XIV в. Пока нет результатов, показывающих воздействие на ландшафты в более раннее время, в том числе в раннем железном веке, кроме сжигания на территории поселения значительных объемов древесины.

Исследования поддержаны РФФИ (проект № 18-00-00819).

Anthracological and morphological analysis of ancient arable soils and antrosols in the landscape of moraine-glacial plains of the Upper Volga (Penovo district, Tver region)

D.A. Kupriaynov, A.L. Smirnov, L.G. Khanina, M.V. Bobrovsky

Taxonomic composition of soil charcoal and their stratigraphy in the relation to morphological structure of soil profiles were studied. Ancient arable soils and Antrosols in the Early Iron Age settlements located in the moraine-glacial plains in the Penovo district, Tver region were investigated. Common pine and European spruce dominate in the study area with the occurrence of aspen and birch. Boreal herbs and dwarf shrubs dominated in the ground layer. According to data from more than 50 soil profiles, Alfegumus soils prevail in the region. Antrosols with a thick of cultural layer from 50 to 80 cm were found in the settlements. In ancient arable soils, the main part of charcoals occurred in the upper 10, rarer 20 cm of the profiles. In Antrosols, charcoals were found throughout the depth of the cultural layer. According to results of taxonomic analysis of 1100 charcoal pieces, 10 tree genres occurred in the area in the past. The richest in charcoal taxa were soils of the ancient settlements: there were up to 7 tree genres in the single layer. Radiocarbon dating showed that there were at least three periods of forest clearing for agricultural use in the most studied section: the 6th century, end of the 9th – the early 10th century and the 14th century.

Коллювиальные отложения и погребенные почвы как перспективный источник информации о динамике ландшафтов средней тайги Западной Сибири в голоцене

А.О. Курасова¹, А.О. Константинов², С.П. Кулижский¹

¹ *Национальный исследовательский Томский государственный университет, г. Томск, kurasovalina@gmail.com*

² *Тюменский государственный университет, г. Тюмень*

В настоящей работе представлены результаты исследования почв и основных закономерностей организации почвенного покрова приуральской части среднетаёжной зоны Западной Сибири на примере территории природного парка «Кондинские озера» и района среднего течения реки Большой Юган. Территория исследования представляет собой плоскую заболоченную равнину с отдельными участками хорошо дренированных минеральных островов. В почвенных разрезах под крутыми склонами были обнаружены погребенные почвы или отдельные седименты, обогащенные древесными углями или крупными фрагментами обугленной древесины, представляющие уникальные природные архивы, в которых хранится информация о различных этапах эрозионной активации.

Ключевые слова: *Западная Сибири, средняя тайга, Природный Парк Кондинские озера, Большой Юган, подзолы иллювиально-железистые, седименты, минеральные острова.*

Почвообразование в бореальной области Западной Сибири в значительной степени определяются особенностями рельефа, покровных отложений и гидрологических условий региона. В большинстве работ, посвященных закономерностям организации почвенного покрова и направленности процессов современного почвообразования в таежной зоне Западной Сибири, отмечается высокая степень заболоченности территории, переувлажненность как подчиненных ландшафтов, так и междуречий, относительное однообразие автоморфных почв [1–4]. Подобная картина характерна для большей части обширной территории бореальной зоны региона, и в особенности для его центральных частей: Васюганской низменности, Томского и Широкого Приобья [5–7].

В то же время, для западной, периферийной, части Западносибирской низменности условия почвообразования в таежной зоне может существенно отличаться, поскольку для этих территорий характерна другая история развития, значительно более расчлененный рельеф и большее разнообразие почвообразующих пород. Подобная ситуация наблюдается для приуральских районов Ханты-Мансийского автономного округа, в частности, для севера Кондинской низменности [8]. Для рассматриваемой территории характерно чередование участков заболоченной равнины и останцов с крутыми склонами («минеральных островов»), покрытых сосновыми лесами [9, 10].

В таких условиях значительно лучше выражена дифференциация почвенного покрова: автоморфное и гидроморфное почвообразования четко разграни-

чены между собой без постепенных переходов через ряд полугидроморфных почв, более интенсивно проявляются эрозионные процессы. В автономных позициях на песчаных и реже суглинистых отложениях формируются альфегумусовые почвы, в то время как обширные поймы и заболоченные равнины заняты преимущественно органогенными торфяными почвами. Таким образом, в условиях хорошо дренированных останцов и гряд значительную роль в организации почвенного покрова играет литолого-геоморфологические, а не гидрологические факторы почвообразования.

Для детальных почвенных исследований были выбраны три высоких минеральных острова. Основными методами исследований были почвенно-морфологический и катенарный методы. Аналитические исследования включали определение потери при прокаливании, рН водной и солевой вытяжек потенциалометрическим методом, оксалатные формы железа по Тамму, несиликатные формы по Меру-Джексону с фотометрическим окончанием, определение абсолютного возраста радиоуглеродным методом в лаборатории Института геохимии и геофизики Академии наук Беларуси (г. Минск).

Объектами настоящего исследования послужили почвы подножий крутых склонов минеральных островов, расположенные в северной части Кондинской низменности, на территории природного Парка «Кондинские озера» и в районе реки Большой Юган. Рельеф территории осложнен наличием минеральных островов, возвышающихся над болотными массивами. Климат района исследований континентальный. Среднегодовое количество осадков составляет 530 мм, среднегодовая температура составляет 0,8°C. Почвообразующие породы представлены песками, иногда с прослоями и линзами суглинков. На песчаных субстратах преобладают сосновые лишайниковые, мохово-лишайниковые или мохово-кустарничковые леса [11].

Почвы минеральных островов были условно разделены на 4 группы в зависимости от конкретных литолого-геоморфологических условий. Для вершин минеральных островов характерны подзолы иллювиально-железистые с прослоями и линзами суглинков. Пологие террасированные склоны представлены подзолами иллювиально-железистыми языковатыми. В зоне перехода между минеральными островами и болотами формируются подзолы глеевые иллювиально-железистые. Под высокими минеральными островами были обнаружены подзолы глеевые иллювиально-железистые, формирующиеся на серии погребенных подзолов и отдельных слоев, обогащенных углями. Материл из погребенных горизонтов и прослоев, обогащенных крупными углями, использовался для определения абсолютного возраста.

Соответственно, подзолы глеевые с погребенными подзолами и отложениями, образовавшимися у подножий крутых склонов, являются уникальными природными архивами, в которых хранится информация о различных этапах эрозионной активации. Аналогичная ситуация, связанная с появлением нескольких этапов древней человеческой деятельности, может наблюдаться для археологических памятников прилегающих районов Западной Сибири.

Палеогеографические реконструкции для среднетаежной зоны Западной Сибири также поддерживают идею о тесной взаимосвязи между человеческой

деятельностью и историей пожаров для заболоченных ландшафтов восточной и центральной частей Ханты-Мансийского автономного округа. Дальнейшие исследования, включая радиоуглеродное датирование материала из захоронений, позволят нам более точно установить время эрозионных и пирогенных событий для рассматриваемой территории, а также расширить географию исследований.

Литература

1. Герасько Л.И., Пологова Н.Н. Особенности почвообразования в таежной зоне Томского Приобья // Вопросы почвоведения Сибири. 1975. С. 3–23.
2. Караева Н.А. Заболачивание и эволюция почв. М.: Наука, 1982. 296 с.
3. Гаджиев И.М., Курачев В.М., Шоба В.Н. Генезис, эволюция и география почв Западной Сибири. Новосибирск: Наука, 1988. 224 с.
4. Герасимова М.И. География почв России. М., 2007. 312 с.
5. Avetov N.A., Avetyan S.A., Marechek M.S., Zeits M.A. Analysis of structure and composition of soil cover in the Salym-Irtysh interfluvium based on updated medium-scale soil map // Moscow University Soil Science Bulletin. 2017. Vol. 72. P. 1–6.
6. Гаджиев И.М., Овчинников С.М. Почвы средней тайги Западной Сибири. М.: Наука, 1977. 152 с.
7. Добровольский Г.В., Никитин Е.Д., Афанасьева Т.В. Таежное почвообразование в континентальных условиях. М.: Изд-во МГУ, 1981. С. 161.
8. Новиков И.С. Геоморфология и ландшафты Кондинской низменности (Западная Сибирь) // География и природные ресурсы. 1996. № 2. С. 48–57.
9. Терехин С.А. Городище островное – культовый памятник раннего железного века? // Ханты-Мансийский автономный округ в зеркале прошлого. Томск; ХантыМансийск, 2007.
10. Калинин В.М. и др. Природный парк «Кондинские озера». 2012. 396 с.
11. Lapshina E.D., Korotkikh N.N., Bepalova T.L., Ganasevich G.N. The Moss Flora of the Nature Park «Kondinskie Oзера» // Khanty-Mansi Autonomous District, Western Siberia Arctoa. 2019. Vol. 28, № 1. P. 46–57.

Colluvial sediments and buried soils as a promising source of information on the dynamics of landscapes in the middle taiga of Western Siberia in the Holocene A.O. Kurasova, A.O. Konstantinov, S.P. Kulizhskiy

This paper presents the results of the study of soils and the main regularities of the organization of the soil cover in the Ural part of the middle taiga zone of Western Siberia using the example of the territory of the Kondinskie Lakes Natural Park and the region of the middle reaches of the Bolshoi Yugan River. The study area is a flat swampy plain with some areas of well-drained mineral islands. Buried soils or individual sediments enriched with charcoal or large fragments of charred wood were found in soil sections under steep slopes, representing unique natural archives that store information on various stages of erosional activation.

СЕКЦИЯ 4

ЗЕМЕЛЬНЫЕ РЕСУРСЫ: ПРОБЛЕМЫ ОЦЕНКИ, ИСПОЛЬЗОВАНИЯ И ОХРАНЫ

SECTION 4

LAND RESOURCES: PROBLEMS OF ASSESSMENT, USE AND PROTECTION

УДК 631.48

Микробиомы природных и антропогенно-трансформированных почв Надымского района ЯНАО

Е.В. Абакумов, А.К. Кимеклис, Г.В. Гладков, Е.Е. Андронов,
Е.В. Евдокимова, Е.А. Иванова

Санкт-Петербургский государственный университет, г. Санкт-Петербург,
e_abakumov@mail.ru, e.abakumov@spbu.ru

Восстановление и регенерация почв после интенсивных антропогенных воздействий является ключевой проблемой российской Арктики. В этом контексте микробиомы нарушенных почв Надымского района были изучены с помощью высокопроизводительного метагеномного секвенирования с анализом библиотек 16ыРНК. Было установлено, что растительный покров является ключевым драйвером в формировании микробиома почв. Лесные почвы, покрытые поверхностными мигрирующими песками, представлены следующими филами бактерий: Proteobacteria, Acidobacteria, Verrucomicrobia, Planctomycetes and Bacteroidetes. Одновременно присутствуют Planctomycetes, что свидетельствует об аридности местообитаний. Микробиомы почв карьеров резко отличаются от микробиомов природных почв и представлены филами арктических микроорганизмов.

Ключевые слова: *почвы, микробиом, карьеры, Надым, Ямал.*

Восстановление почвы с включением в рациональный цикл природопользования территорий бывших карьеров особенно актуально для территорий Крайнего Севера, что связано с крайне низкими темпами природной регенерации экосистем. Микробные сообщества являются драйверами всех основных почвенных процессов, развивающихся на начальных стадиях почвообразования. Территории, нарушенные антропогенными воздействиями в пределах Ямало-Ненецкого Автономного округа постоянно, увеличиваются. В связи с этим проведено изучение микробиома природных и антропогенно измененных почв Надымского р-на с

помощью метагеномных методов. Точки проботбора располагались рядом с городом Надым Ямало-Ненецкого автономного округа. Данная территория представлена лиственничным лесом, расположенным на подзоле, постилаемом многолетнемерзлыми породами. Пробы почв были отобраны в серии почвенных разрезов, включающих в себя как контрольные точки, так и точки с различными рекультивационными практиками: N1_R1 – лес с эоловыми песчаными наносами, N2_О – контроль, N3 и N-18 – инициальная точка со дна двух удаленных друг от друга песчаных карьеров.

ДНК выделяли в 4 повторностях для каждого участка с использованием в качестве абразивного материала стеклянных шариков разного диаметра. Почвенные образцы обрабатывали на гомогенизаторе Precellys 24 («Bertin Technologies», Франция). Чистоту и количество ДНК в препарате определяли электрофорезом в 1% агарозе в ½0,5 ТАЕ буфере (средняя концентрация ДНК в пробе – 50 нг/мл). Очищенные препараты ДНК использовали для количественной ПЦР (qPCR) и создания ампликонных библиотек согласно инструкции к протоколу секвенирования («Illumina, Inc.», США). Для выявления в почве трех основных таксономических групп микроорганизмов проводили количественную ПЦР (qPCR) со следующими парами праймеров: к фрагменту 16S рДНК бактерий – EUB338 (5'-ACT-CCTACGGGAGGCAGCAG-3') и EUB518 (5'-ATTACCGCGGCTGCTGG-3') (28, 29), к фрагменту 16S рДНК архей – ARC915f (5'-AGGAATTGGCGGGGAGCAC-3') и ARC1059r (5'-GCCATGCACCWCCTCT-3'), к фрагменту ITS грибов – ITS1f (5'-TCCGTAGGTGAACCTGCGG-3') и 5.8S (5'-CGCTGCGTTCTTCATCG-3') (31). Для приготовления реакционной смеси использовали набор qPCRmix-HS SYBR («Евроген», Россия), согласно инструкции производителя. Стандартами служили серии 10-кратных разведений фрагментов гена 16S рРНК *E. coli* и *H. pilori*, а также фрагмента ITS1 *S. cerevisiae*. Каждая проба смеси для ПЦР, включая стандарты, была выполнена в 3-кратной повторности. Измерения проводили на амплификаторе CFX96 («Bio-Rad», Германия) по следующему протоколу: 3 мин при 95°C; 20 с при 95°C, 20 с при 50°C, 20 с при 72°C (40 циклов). Для повторностей (как самой ПЦР, так и для разных образцов ДНК из одного участка) вычисляли средние значения (*M*) и ошибки среднего (\pm SEM). После пересчета с использованием стандартов результаты выражали как число рибосомальных оперонов на 1 г почвы.

При создании библиотек фрагментов гена 16S рРНК с каждым образцом почвенной ДНК проводили ПЦР с универсальными праймерами к вариабельному участку V4 – F515 (5'-GTGCCAGCMGCCGCGGTAA-3') и R806 (5'-GGACTACVSGGGTATСТААТ-3') на термоциклере T100 («Bio-Rad», Германия) по следующему протоколу: 3 мин при 95°C; 30 с при 95°C, 30 с при 55 С, 30 с при 72°C (35 циклов). Секвенирование и первичную обработку данных осуществляли на приборе Illumina MiSeq («Illumina, Inc.», США) в ЦКП «Геномные технологии и клеточная биология» (ФГБНУ ВНИИСХМ). Секвенированные последовательности гена 16S рРНК обрабатывали с помощью пакетов программ Trimmomatic и QIIME. Из библиотек удаляли все служебные последовательности, осуществляли сборку парноконцевых прочтений, проверяли качество нук-

леотидных последовательностей. Все небактериальные и химерные последовательности исключали, данные нормализовали. Последовательности с долей сходства более 97% объединяли в операционные таксономические единицы (ОТЕ) при помощи алгоритма *de novo*, основанного на методе UCLUST. Из каждой ОТЕ выбирали одну последовательность для составления набора репрезентативных последовательностей. На следующем этапе репрезентативные последовательности классифицировали с помощью программы RDP naïve Bayesian rRNA Classifier, затем выравнивали по алгоритму PyNast (36), используя в качестве матрицы базу данных Greengenes coreset. После выравнивания последовательностей строили матрицы дистанций в QIIME на основе евклидовых расстояний.

Для сравнительного анализа сообществ рассчитывали показатели α - и β -разнообразия. α -Разнообразие оценивали с использованием индексов видового богатства (richness) (число ОТЕ в образце, индекс обилия Chao 1, показатель филогенетического разнообразия Фейта PD) и индекса разнообразия Шеннона H (Shannon index).

Из выделенной почвенной ДНК была проведена количественная ПЦР и получены ампликонные библиотеки (378904 последовательности, объединенные в 4 094 флотипа) по гену 16S рРНК. Анализ индексов альфа-разнообразия показал достоверно более высокие значения (количество флотипов, индексы Шеннона и Фишера) для нижних почвенных горизонтов, чем для верхних горизонтов. Микробиом контрольной точки N2_О характерен для лесной почвы. Несмотря на наличие эоловых песчаных наносов в точке N1_R1, анализ бета-разнообразия показал сходство микробиомов N2_О и N1_R1, однако в последней, согласно данным количественной ПЦР, отмечается общее меньшее количество бактериальных оперонов. Наиболее представленными филами в этих точках являются *Proteobacteria*, *Acidobacteria*, *Verrucomicrobia*, *Planctomycetes*, *Bacteroidetes* и *Chloroflexi*. При этом в точке N1_R1 значительно меньше представителей *Planctomycetes*, что является индикатором засушливости почвы. Микробиомы карьерно-отвалных комплексов сильно отличались от лесных почв, и напоминали микробиомы высокоширотных арктических почв. Было показано наличие в них представителей фил *Proteobacteria*, *Chloroflexi*, *Acidobacteria*, *Cyanobacteria*, *Actinobacteria*, *Verrucomicrobia*, *Bacteroidetes*, *Planctomycetes*, *Gemmatimonadetes* и *Armatimonadetes*. Преобладание фил *Chloroflexi* и *Cyanobacteria* позволяет предположить, что дно карьера со временем покрывается микробным матом, который состоит в основном из автотрофов. Подобные маты – первичные обитатели почв, которые способны выжить при минимальном количестве доступных питательных веществ в обнаженной материнской породе.

Таким образом, впервые создан микробный портрет почв, развивающихся в условиях интенсивного антропогенного воздействия и техногенеза, что в будущем позволит опираться на данные микробиологических анализов при разработке оптимальной технологии рекультивации.

Работа выполнена при поддержке РФФИ (грант № 19-416-890002 «Микробиом залежных почв агроэкосистем Ямало-Ненецкого автономного округа: разнообразие, свойства, таксономия и динамика»).

Microbiomes of natural and antropogenically transformed soil of the Nadym region, YANAO

E.V. Abakumov, A.K. Kimeklis, A.V. Gladkov, E.E. Andronov, E.V. Evdokimova,
E.A. Ivanova

Soil restoration and regeneration after intensive antropogenic effect is a key environmental problem of the Russian Arctic. In this context, the microbiomes from disturbed soils of the Nadym region were studied using analysis of 16S rRNA metagenomic libraries. It was shown that plant cover is a driving force of microbiome composition. Forest soils covered with aeolian dust from migratory sands and from the quarry bottoms a typical forest microbiome with the following dominant bacterial phyla: Proteobacteria, Acidobacteria, Verrucomicrobia, Planctomycetes and Bacteroidetes. However, it contains significantly less Planctomycetes, which indicates greater aridity of the soil. The microbiomes of the overgrown quarries were strikingly differ from the soil microbiome and resemble those of arctic soils.

УДК 332.32

Почвенно-земельные ресурсы Чеченской Республики: эколого-географический анализ

И.А. Байраков

Чеченский государственный университет, г. Грозный, idris-54@mail.ru

Проблема охраны почв возникла в связи с тем, что почва как компонент экосистем, находящийся в динамическом равновесии со всеми другими составляющими биосферы, в результате вмешательства человека (прямого или опосредованного) теряет свое основное природное свойство – плодородие. В общем виде это называется деградацией почв почвенного покрова. Деградация имеет экологически нерациональный характер там, где деятельность человека разрывает природные связи внутри компонентов биосферы, меняет устойчивое на протяжении тысячелетий и даже миллионов лет экологическое равновесие между факторами почвообразования.

Ключевые слова: *Чеченская Республика, земельные ресурсы, почва, эрозия, засоление, эколого-географический анализ, деградация.*

Размещение земельных ресурсов по территории Чеченской Республики неодинаково, что обусловлено неоднородностью рельефа и климата. Среди земельных ресурсов Чеченской Республики важное место и большую часть территории республики, по сравнению с другими земельными ресурсами, сельхоз-угодья. Площадь занимаемая ими составляет 1 003 455 га, из них 597 793 га приходится на пастбища, 341 130 га на пашни, 48 642 га на сенокосы, 15 760 га на многолетние насаждения и 130 га на залежи [1].

К числу крупных районов по сельхоз-угодьям относятся Шелковской район – 235 795 га, из них пастбища – 188 720, пашни – 35 281, сенокосы – 10 517, многолетние насаждения – 1 252 га, залежи – 125; Наурский район – 177 411 га, из них 112 178 га – пастбища, 50 047– пашни, 5 674 – сенокосы, 4 512 – много-

летние насаждения. К ним же еще может быть отнесен Грозненский район с площадью занимаемых сельхоз-угодий 86 393 га и Надтеречный район с площадью 75 861 га сельхоз-угодий (рис. 1).

Следующими на очереди по занимаемой территории находятся земли колхозные и служебные наделы рабочих, служащих и других граждан. Наиболее крупными районами в этом отношении являются Веденский /7336 га/, Урус-Мартановский /5553 га/, Ачхой-Мартановский /4142 га/, Грозненский /4093 га/ районы.

Одной из современных экологических проблем планеты является деградация земель. Под этим понятием собраны все процессы, которые изменяют состояние почвы, ухудшают ее функции, что приводит к утрате плодородия.

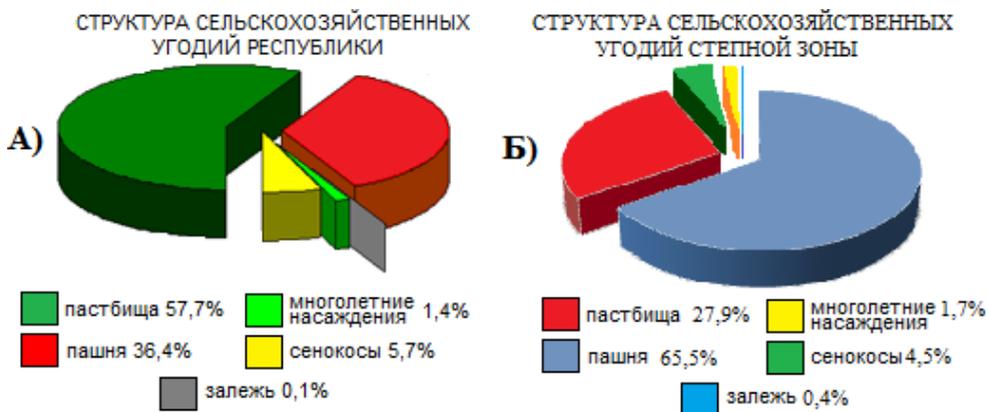


Рис. 1. Экспликация земель в Чеченской Республике и в степной зоне по состоянию на 1 января 2020 года

Причины ухудшения качества земли существует довольно много. К ним относят:

- экстремальные явления природы (засух, наводнения);
- вырубку лесов;
- чрезмерно активная сельскохозяйственная деятельность;
- загрязнение почв промышленными и бытовыми отходами;
- использование агрохимии;
- неправильная технология мелиорации;
- создание захоронений химического, биологического и ядерного оружия;
- лесные пожары.

Хотя качество почвы может быть улучшено путем рекультивации, большинство антропогенных воздействий снижают качество почвы, прямо или косвенно вызывая ее деградацию.

Каждый год определенная часть почв выходит из сельскохозяйственного обращения в силу разных причин. Огромные территории земли страдают от эрозии, выветривания, опустынивания, большого антропогенного влияния, которое со временем только усиливается. Тем самым плодородие почв уменьшается, при-

вода к деградации земель, что может очень сильно сказаться на окружающей среде [2].

Типов деградации на данный момент существует несколько:

- опустынивание;
- засоление;
- эрозия;
- загрязнение;
- заболачивание;
- истощение земли в результате длительного использования.

Одной из причин сокращения площади обрабатываемых земель является интенсивная водная и ветровая эрозия, обусловленная ростом масштабов влияния антропогенного фактора на почвы.

Эрозия почв стала бичом земледелия, несмотря на меры по ее ограничению. В странах Западной Европы эрозией охвачено 50–60% территории, в США до 75% всех земель. Разрушение почвы проявляется в ее смывах и размывах, в образовании ручьев, оврагов, пыльных бурь и в других отрицательных явлениях. Водной эрозии подвержено 31% суши, ветровой – 34%. Ежегодный смыв почвы с поверхности Земли достигает 134 т/км², в Мировой океан смывается до 60 млрд т почвенного покрова.

Таким образом, существует множество антропогенных и природных факторов воздействия на почву, приводящих к ее деградации. Почвы, характеризующиеся преобладающим выносом, долгое время могут противостоять техногенному загрязнению. Могут и самоочищаться. Почвы, аккумулирующие различные вещества, восприимчивы к загрязнению и требуют специальных мероприятий по восстановлению.

В альпийской зоне развиты горно-луговые дерново-подзолистые, иногда дерново-глеевые почвы с содержанием гумуса до 68%. За последние 10 лет состояние этих почв несколько улучшилось за счет резкого сокращения поголовья скота в республике и невозможности использования альпийских лугов в качестве пастбищ из-за военных действий [1, 2].

Эта зона сильного антропогенного воздействия. Использование леса в качестве топлива, стройматериалов, интенсивные бомбардировки и обстрелы горных лесов, должно быть, нанесли непоправимый ущерб почвам горных лесов.

В пределах горных степей развиты мощные карбонатные черноземы и каштановые почвы с содержанием гумуса 6–8%. Этот тип почв легко аккумулирует загрязняющие вещества и с трудом поддается санации. Экологическое состояние земель продолжает оставаться на критическом уровне, состояние земель продолжает ухудшаться во всех районах, где наиболее интенсивно проявляются негативные процессы, вызванные нерациональным антропогенным воздействием на окружающую среду.

Характерным является резкое ухудшение состояния почв пашни и других сельскохозяйственных угодий, состава растительного покрова, сенокосов, пастбищ. Так, снижение плодородия почв достигло критического уровня, что особенно присуще землям сельскохозяйственного назначения.

В качестве ведущих факторов деградации почвенного покрова в работе оценивались: ветровая и водная эрозия, загрязнение и захламливание, военные действия, засоление, опустынивание истощение и отчуждение земель. Наибольшие площади нарушенных земель выявлены в Сунженском районе – 0,3%, Надтеречном – 29,8% и Урус-Мартановском – 18,1% [3].

В равнинных северных районах широко распространена ветровая эрозия почв, а в предгорных и горных – водная эрозия. Свыше 60% пастбищ расположено на склонах крутизной более 15°. Развитию эрозии почв здесь способствуют: массовое сведение лесов, недостаточная культура хозяйственной деятельности, высокая распаханность, невыполнение (на протяжении последних нескольких десятков лет) противоэрозионных мероприятий.

Литература

1. Байраков И.А. Проблемы опустынивания аридных ландшафтов Северо-Чеченской низменности. Грозный: Изд-во ЧГПИ, 2014. 120 с.
2. Байраков И.А., Элипханов М.У. Почвенные ресурсы Чеченской Республики: эколого-географический анализ. Грозный: Изд-во ЧГПИ, 2014. 100 с.
3. Национальный доклад «Глобальный климат и почвенный покров России: опустынивание и деградация земель, институциональные, инфраструктурные, технологические меры адаптации (сельское и лесное хозяйство)» / под ред. Р.С.-Х. Эдельгериева. М.: Изд-во МБА, 2019. Т. 2. 476 с.

Soil and land resources of the Chechen Republic: ecological and geographical analysis I.A. Bayrakov

One of the contemporary environmental problems of the Chechen Republic is land degradation. Under this concept collected all the processes that change the condition of the soil, impair its functions, which leads to the loss of fertility. The ecological state of the land continues to be at a critical level, and the state of the land continues to deteriorate in all areas where the most intense negative processes caused by unsustainable anthropogenic effects on the environment. Characteristic is a sharp deterioration of the soils of arable land and other agricultural land, the composition of vegetation, hay, pastures. Thus, the decline in soil fertility has reached a critical level, which is especially common in agricultural land. The most characteristic negative processes in the areas are soil erosion, desertification, salinization, overgrowth of fodder areas by shrubs and fine-forest, pasture sprofitability, land pollution and cluttering with waste of production and consumption.

Диагностические возможности использования таксономической структуры альгофлоры для определения трофности болот

А.Г. Благодатнова

*Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет (Сибстрин),
Новосибирский государственный педагогический университет, г. Новосибирск,
ablagodatnova@yandex.ru*

На территории Архангельской области выявлено 169 видов (в том числе 9 внутривидовых таксонов) почвенных водорослей. Проанализирована таксономическая структура альгофлоры болот. Дана характеристика альгофлоры ряда болотных экосистем. Выявлены тенденции изменения организации таксономической структуры альгофлоры, которые являются интегрированными характеристиками болот различной степени трофности. Показана приуроченность отдельных видов к определенному типу болота.

Ключевые слова: *альгоиндикация, альгофлора, почвенные водоросли, болотные экосистемы.*

Водоросли – единственное фототрофное звено, поставщики первичной органики, почвообразователи и азотфиксаторы. Низкий уровень организации, высокая скорость генерации этих организмов позволяют использовать их как один из перспективных и экономически выгодных способов оценки земель с точки зрения рационального использования и охраны почвенного покрова.

Исследования проведены в Плесецком районе Архангельской области. В соответствии с ботанико-географическим районированием территория лежит в Валдайско-Онежской и Кольско-Печерской подпровинциях, в подзоне среднетаежных еловых лесов Евразийской таежной области. На данной территории были выделены 4 наиболее характерные болотные экосистемы, которые представлены разными типами: два олиготрофных болота, одно из которых осушенное, два других – мезотрофное и эвтрофное. При проведении исследований были определены ассоциации в пределах типичной растительности, которые отражают особенности почвенно-экологических условий конкретной болотной системы. Отбор проб проводили в рамках выбранных ассоциаций высших растений с учетом всех правил альгологических сборов [1].

Всего в почвах исследованных болотных экосистем обнаружено 160 видов (169 видов и внутривидовых таксона) водорослей. Число крупных таксономических единиц, таких как порядки, в альгофлоре всех четырех болот (эвтрофного, мезотрофного, олиготрофного неосушенного и олиготрофного осушенного) практически одинаково. Общность таксонов высокого ранга свидетельствует о давней исторической близости путей формирования флор на исследованной территории. Флора эвтрофного болота характеризуется максимальным насыщением таксонов различного ранга. Число таксономических единиц меньшего порядка (семейств, родов, видов) различается достаточно. Число семейств водорослей в

пределах неосушенного олиготрофного болота практически в 1,5 раза меньше, чем во флорах других исследованных болот, а родов – меньше почти вдвое.

На видовом уровне различия усиливаются. По уменьшению числа видов выстраивается ряд в соответствии с понижением уровня трофности болота: эвтрофно-мезотрофно-олиготрофное неосушенное. Стоит обратить внимание на положение осушенной олиготрофной экосистемы, число видов в альгофлоре которой значительно выше, чем в олиготрофной неосушенной системе. Это объясняется последствиями осушения, вследствие чего создаются оптимальные условия для развития типично эдафотрофной флоры водорослей (снижение кислотности и влажности почвы по сравнению с ненарушенными болотами).

Представители отдела *Chlorophyta* в альгофлоре исследованных болот составляют более половины спектра (от 65 до 70%), кроме олиготрофного осушенного, где доля зеленых водорослей уменьшается примерно в 1,5 раза. Доминирование *Chlorophyta* типично для болот как неосушенных, так и осушенных. Многочисленные работы содержат данные о том, что желтозеленые водоросли чрезвычайно чувствительны к различного рода загрязнениям и нарушениям почвы [2–4]. По мнению Э.А. Штиной и М.М. Голербаха [1], желтозеленые водоросли можно считать показателями «чистоты и здоровья почвы». Подтверждением данного факта является заметное снижение доли видов *Xanthophyta* в осушенном болоте (около 10%), в то время как в ненарушенных болотах этот показатель достигает 20,8%. Возможно, сохранение ряда специфичных представителей желтозеленых во флоре осушенного олиготрофного болота свидетельствует о потенциале восстановления экосистемы [5, 6].

Увеличение доли видов цианопрокариот во флоре объясняется высокими широтами исследуемого района. В альгофлоре осушенного болота возрастание числа видов, роли этого отдела в формировании флоры обусловлено процессами восстановления данной экосистемы после мелиорации, при которых виды цианобактерий играют первостепенную роль. При осушении болота интенсифицируются процессы аммонификации и, как следствие, увеличивается концентрация аммонийного азота, что также является одной из причин увеличения доли цианопрокариот во флоре осушенного олиготрофного болота. Кроме того, доказано наличие у цианобактерий сигнальных систем (QS-систем), в которых синтез химических факторов приводит к изменению физиологического статуса популяции, что позволяет цианобактериям в более короткие сроки адаптироваться к изменяющимся условиям среды.

Для альгофлор исследованных болот характерна достаточно большая доля одновидовых семейств и родов. Наибольший процент одновидовых семейств приходится на альгофлору олиготрофного неосушенного болота. Водорослевая флора олиготрофных болот (как осушенного, так и неосушенного) характеризуется значительным долевым участием одновидовых родов, по сравнению с флорами эвтрофного и мезотрофного болот. В альгофлоре осушенного олиготрофного болота, этот факт указывает на протекание процессов сингенеза, в ходе формирования флоры, когда занимают свободные экологические ниши, обостряются конкурентные взаимоотношения. Водоросли активно преодолевают экологические барьеры [2, 3, 5, 6]. В пределах эвтрофного болота весомая часть таких

таксонов объясняется начальными этапами формирования экосистемы. Вышеперечисленные характеристики свидетельствуют об аллохтонном характере образования флоры болот и о достаточно молодом ее возрасте.

В зависимости от типа болотной экосистемы несколько меняются позиции лидирующих семейств. Во всех исследованных болотах десять ведущих семейств объединяет от 57 до 75% флоры. Для флоры высших растений Архангельской области этот показатель также стремится к 60% [7]. Представители семейства *Chlamydomonadaceae* занимают первые места во флорах всех болот. В альгофлорах ненарушенных болот (эвтрофном, мезотрофном, олиготрофном неосушенном) далее следует семейство *Desmidiaceae*, которое лишь в олиготрофном осушенном болоте не входит в тройку лидеров, что связано со снижением влажности до 60% (оптимально для развития эдафотрофной флоры). Долевое участие семейства *Chlorococcaceae* составляет от 7,8 в эвтрофном до 8,3% в мезотрофном болоте, лишь в олиготрофном неосушенном на это семейство приходится около 5% всего видового состава. Большинство видов семейства чувствительны к реакции среды, предпочитая почвы с нейтральными показателями pH. В олиготрофном неосушенном болоте первые места по числу видов занимают семейства типичных сфагнофилов кислых болотных почв – *Mesotaeniaceae*, *Closteriaceae*. На осушенном олиготрофном болоте лидируют семейства, виды которых предпочитают открытые пространства, не занятые высшими растениями – *Eunotiaceae*, *Nitzschiaceae*. Долевое участие представителей *Chlorellaceae* высоко во флорах всех болот, что объясняется широкой экологической валентностью большинства представителей этого семейства. Необходимо выделить семейства *Tribonemataceae*, *Ulotrichaceae*, *Heterotrichaceae*, практически всегда встречаемые в болотных почвах. Спектр ведущих семейств альгофлоры осушенного болота образуют такие семейства, как *Radiococcaceae*, *Gloeocapsaceae*, *Microcystidaceae*, долевое участие которых в альгофлорах других болот незначительно или они отсутствуют вовсе. Эти семейства отмечены рядом авторов как тяготеющие к лесным экосистемам [2, 3, 5, 6], что связано с процессами сингенеза на территории болотной экосистемы, окруженной лесом. «Лесная» альгофлора в данном случае является «поставщиком» видового разнообразия.

Таким образом, всего в различных болотных экосистемах выявлено 160 видов водорослей. Основной фон почвенной флоры представлен зелеными водорослями. Гораздо беднее флоры остальных отделов. Большое долевое участие одновидовых семейств и родов является отличительной чертой высокоширотной флоры. Характер альгофлоры – бореальный, формируется аллохтонным путем. Видовым разнообразием отличаются эвтрофное и олиготрофное болота. Наибольшая степень корреляции выявлена между альгофлорами эвтрофного и мезотрофного болот.

Литература

1. Голлербах М. М., Штина Э. А. Почвенные водоросли. Л.: Наука, 1969. 142 с.
2. Пивоварова Ж.Ф., Илюшенко А.Е., Благодатнова А.Г. и др. Почвенные водоросли антропогенно нарушенных экосистем. Новосибирск: Изд-во НГПУ, 2014. 146 с.

3. Пивоварова Ж.Ф., Благодатнова А.Г., Илюшенко А.Е. и др. Фитоценотическая организация группировок почвенных водорослей антропогенно нарушенных экосистем: монография. Новосибирск: Изд-во НГПУ, 2015. 217 с.

4. Бачура Ю.М., Благодатнова А.Г. Почвенные водоросли и цианобактерии городских газонов (на примере г. Гомеля и г. Новосибирска) // Изв. Гомельского гос. ун-та им. Ф. Скорины. 2015. № 3 (90). С. 17–23.

5. Благодатнова А.Г. Использование почвенных водорослей в оценке земель, перспективных для рекультивации // Сиб. вестн. сельскохоз. науки. 2010. № 10. С. 116–118.

6. Пивоварова Ж.Ф., Благодатнова А. Г. Фитоценотическая организация альгогруппировок как возможный показатель трофности болотных экосистем // Экология. 2016. № 2. С. 1–7.

7. Шмидт В.М. Флора Архангельской области. СПб., 2005. 346 с.

Diagnostic possibilities of using the taxonomic structure of algoflora to determine the trophic status of a bog

A.G. Blagodatnova

169 species (including 9 intraspecific taxa) of soil algae have been identified in the Arkhangelsk region. The taxonomic structure of the algoflora of bogs is analyzed. The characteristic of the algoflora of a number of bog ecosystems is given. Trends in the organization of the taxonomic structure of algoflora, which are integrated characteristics of bogs of various trophic levels, are revealed. It is shown that certain species are confined to a particular type of bog.

УДК 631.4

Изменение лесорастительных свойств почв в трансформированных лиственничных лесах Кузнецкого Алатау

Т.О. Валеви́ч, О.Э. Мерзляков

Национальный исследовательский Томский государственный университет, г. Томск, tvalevitch@gmail.com

В настоящей работе представлены исследования изменения лесорастительных свойств горных лесных черноземовидных почв восточного и западного макросклонов Июского хребта Кузнецкого Алатау после сплошных лесных рубок. Согласно полученным данным на нарушенных участках происходит увеличение содержания почвенного органического С и N, уплотнение почвы, улучшение гумусного состояния почвы, обогащение/обеднение $R_{\text{подви}}$ и $K_{\text{доступ}}$. Сукцессионные изменения растительности и смена почвенно-экологических условий после лесных рубок в горных условиях может привести к инверсии или сдвигу высотных поясов.

Ключевые слова: *горные лесные черноземовидные почвы, лесорастительные свойства, лиственничные леса, сплошные лесные рубки, Кузнецкий Алатау, Calcic Phaeozems Hyperhumic.*

Вследствие активного использования природных ресурсов лесных экосистем происходит перестройка компонентов биосферы и ее преобразование, что может привести к необратимым последствиям. Воздействие на почвы и почвенный покров сплошных лесных рубок происходит постепенно. Вырубка приводит

к сукцессионным изменениям растительности, развитию эрозионных процессов, нарушению почвенного покрова. Новые экологические условия иногда приводят к тому, что естественное возобновление леса затруднено и нарушенные участки остаются длительное время необлесенными [1]. Изменение микроклимата на вырубках, бурное развитие травянистого покрова и полное или частичное отсутствие древесного яруса приводит к изменению режимов и свойств почв: изменяется водно-воздушный режим, агрегатный, микроагрегатный состав, водопроницаемость, плотность и т.д.

Цель данной работы – выявить основные лесорастительные свойства почв, которые «рефлексируют» на глобальные и локальные изменения факторов природной среды.

Черноземовидные почвы с типом профиля ABC_k, широко распространенные в Алтае-Саянской горной области, представляют собой яркий пример возможности формирования под хвойно-лесной растительностью не только неоподзоленных почв, но и почв черноземного ряда [2]. Горные лесные черноземовидные почвы широко распространены в поясе светлохвойных лиственных лесов среднегорного пояса Кузнецкого Алатау [3]. Генетической особенностью почв служит интенсивное биогенное накопление оснований вместе с органическим веществом под лиственными лесами с богатым травянистым лесостепным или лугово-лесным травостоем в условиях сухого «антициклонального» климатического режима и при наличии пород, богатых основаниями.

Лесорастительные свойства – это показатели почв, остающиеся в них даже после рубок и пожаров и дающие начало росту нового поколения древостоев [4]. На основании этого, в настоящее время, особенно в слабо исследованных районах, решаются вопросы генезиса почв, развития растительных сообществ, вопросы систематики и классификации почв, почвенно-географического, ботанико-географического и физико-географического районирования. Объектами настоящего исследования выступили горные лесные черноземовидные почвы [5] лиственных лесов восточного и западного макросклонов Юского хребта Кузнецкого Алатау. Согласно международной почвенной классификации WRB исследуемые почвы относятся к Calcic Phaeozems Hyperhumic [6].

Лесные почвы содержат огромное количество почвенного органического вещества (ПОВ), которое главным образом состоит из почвенного органического углерода (С) и азота (N) [7]. Сплошная лесная вырубка, а, следовательно, смена растений эдификаторов и увеличение температурного режима почв, оказали непосредственное влияние на органическое вещество. Содержание Сорг фоновых почв гумусовой толщи колеблется в пределах 7,7–7,9%, однако в почвах под сплошными рубками эти значения выросли до 8,8–12,1%, что объясняется увеличением степени гумификации, связанное с интенсивным развитием дернового процесса на освещенной солнцем территории, сопровождаемое обильным гумусонакоплением. В исследованных почвах содержание Nвал коррелируется с содержанием Сорг. Наибольшее его количество накоплено в верхних гумусированных горизонтах. Усиленная трансформация органического вещества на местах рубок сопровождается обогащением гумусовых веществ азотом – отношение C/N с 7–10 до 8–15.

Тип гумуса черноземовидных почв восточного макросклона Кузнецкого Алатау гуматный, переходящий в фульватно-гуматный и гуматно-фульватный в иллювиально-гумусовом горизонте. Западный макросклон характеризуется фульватно-гуматным типом гумуса, что объясняется более гумидным климатом территории, который тормозит образование гуминовых кислот. Согласно показателям гумусного состояния почв [8], исследованные горные лесные черноземовидные почвы западного и восточного макросклона характеризуются высокой степенью гумификации органического вещества и средним высоким и очень высоким запасом гумуса, который имеет незначительное увеличение на местах рубок – до 218,9 т/га.

Горные лесные черноземовидные почвы характерны высокими показателями содержания подвижного фосфора ($P_{\text{подвиж}}$) и доступного калия ($K_{\text{доступ}}$). Максимальные значения достигаются в верхних гумусовых горизонтах, что объясняется сосредоточением в данном горизонте илистой фракции (<0,001 мм) и органического вещества. Сплошная вырубка лесов освобождает $P_{\text{подвиж}}$ в почву, однако значительное увеличение его содержание краткосрочно. На ненарушенных лесных участках содержание P в почве находится в пределах 23,6–40,8 мг/100 г почвы, постепенно уменьшаясь с глубиной. Интенсивное разложение органической части почвы на местах рубок западного макросклона высвобождает подвижный фосфор, увеличивая его практически вдвое – до 79,1 мг/100 г почвы. В то же время, на восточном склоне происходит обеднение почв $P_{\text{подвиж}}$, что коррелирует и с обеднением илистой фракцией на почвах рубок. Хозяйственная деятельность человека приводит к нарушению баланса калия в естественных циклах, и из природных они превращаются в природно-антропогенные [9]. При этом может происходить как накопление, так и обеднение почв калием. Максимальные значения $K_{\text{доступ}}$ в горных лесных черноземовидных почв в ненарушенной зоне достигаются в гумусовом горизонте – 18,8–34,4 мг/100 г почвы. Интенсивная минерализация органического вещества высвобождает K , превращая в его доступный для растений, а накопление илистой фракции в верхней гумусовой толще на местах рубок приводит обогащению им почв. Аналогичная ситуация снижения содержания K наблюдается на местах рубок восточного склона, где усиленная гумидность климата снижает количество илистой фракции в гумусовой толще.

Почвы под пологом леса и на вырубке существенно различаются по плотности. В почвах на вырубке наблюдается увеличение объемной массы, по видимому, вследствие уменьшения разрыхляющего действия древесных корней и обильного зарастания верхних горизонтов травянистой растительностью в результате рубки, а также заиливания дождевыми водами. В отличии от других физических и физико-химических свойств почв, значения плотность почвы и содержание подвижных форм фосфора могут вернуться в исходное состояние [10].

Несмотря на высокое содержание C и N , высокой обогащенностью P и K , сложно говорить о благоприятных лесорастительных свойствах горных черноземовидных почв Кузнецкого Алатау, так как лесовозобновительный процесс листовенных насаждений после рубок может быть ослаблен по нескольким причинам: высокая инсоляция влияет на всходы, листовенницы которые не успевают окрепнуть и укорениться при наступлении сухой и жаркой погоды; на более по-

логих склонах с более глубокой и влажной почвой возобновлению лиственницы мешает мощный травянистый покров, который слеживаясь осенью толстым сухим войлоком, мешает проникновению семян лиственницы к минеральной толще, в условиях недостаточной влажности для их прорастания. Тем не менее сукцессионные изменения растительности и последующее доминирование степных видов на местах рубок приводит к остепнению лиственничных лесов с последующим сдвигом границ зон и высотных поясов.

Литература

1. Иванов Б.Н. Влияние влажности почвы на вырубках на её плотность // Лесоведение, 1980. № 5. С. 29–36.
2. Ковалев Р.В.Ю Хемелев В.А. Лесные черноземовидные почвы Алтае-Саян как особые почвенные образования // Почвоведение. 1986. № 3. С. 49–52.
3. Ильиных Н.И. Почвы Кузнецкого Алатау. Красноярск, 1970. 159 с.
4. Мерзляков О.Э. Почвы лиственничных лесов Горного Алтая: диссертация на соискание ученой степени кандидата биологических наук. Томск, 2007. 151 с.
5. Классификация и диагностика почв России / Л.Л. Шишов [и др.]. М.: Ойкумена, 2004. 342 с.
6. Мироява коррелятивная база почвенных ресурсов 2014. Международная система почвенной классификации для диагностики почв и создания легенд почвенных карт. Испр. и дополнен. верс. 2014. ФАО. М., 2015. 216 с.
7. Christophel D., Prietzel G., Steffens M. Long-term development of soil organic carbon and nitrogen stocks after shelterwood- and clear-cutting in a mountain forest in the Bavarian Limestone Alps // Eur J Forest Res, 2015. Vol. 134. P. 623–640.
8. Орлов Д.С., Гришина Л.А. Практикум по химии гумуса: учеб. пособие. М., 1981. 272 с.
9. Середина В.П. Калий в автоморфных почва на лессовидных суглинках. Томск: Изд-во Том. ун-та, 1984. 218 с.
10. Allen J.C. Soil responses to forest clearing in the United States and the tropics: geological and biological factors // Biotropica. 1985. Vol. 17. P. 15–27.

Change forest properties of soils in the transformed larch forests of Kuznetsk Alatau

T.O. Valevich, O.E. Merzlyakov

This paper presents a study of changes in the forest vegetation properties of Calcic Phaeozems Hyperhumic on the eastern and western macroslopes of the Iyusky ridge of the Kuznetsk Alatau after forest clear cuttings. According to the obtained data, in disturbed areas there is an increase in the content of carbon (C) and nitrogen (N) soil organic matter, soil compaction, improvement of humus state of soils, enrichment\depletion of the available forms of potassium and phosphorus. Successional changes in vegetation and changes in soil and ecological conditions after forest cutting in mountain conditions can lead to inversion or shift of altitudinal belts.

Morphology and agrochemical properties of umbry-gleyic albeluvisols loamy clay soil, Perm district Perm region

A.A. Vasiliev, S.M. Gorokhova, Ch.D. Shaimukhametova

FSBEI HE Perm SATU, gorohova.s@hotmail.com

The article presents the results of a study of the morphology and agrochemical properties of umbry-gleyic albeluvisols loamy clay soil in the Perm district of the Perm region. The structure of the soil profile was ordinary for type of soil. It has low humus content, very acidic pH, moderately low cation exchange capacity, low base saturation of soils, low content of mobile phosphorus.

Keywords: umbry-gleyic albeluvisols, fallow, gleying, nodules, heavy metals, magnetic susceptibility, Perm region.

Heavy metal pollution of the soil of suburban areas is an urgent problem of the Perm territory [1].

Purpose of study are to characterize morphology, agrochemical properties, heavy metals content of umbry-gleyic albeluvisols loamy clay soil of the Perm district of the Perm region. The main objectives of the study are: characterize soil morphology; study of the content of heavy metals and magnetic parameters of the soil.

Objects and methods of research. Research was conducted in the Perm district of the Perm region. The object of the study was umbry-gleyic albeluvisols loamy clay soil. Soil profile was laid in the Soboli microdistrict on the south of Perm: 250 m west of St. 1st Tazhnaya, 5 and 275 m to the north-north-east of the radio tower. Coordinates of soil profile are 57° 05' 14" N 56° 29' 51" E, 834 m above sea level. The macrorelief is a plain, the microrelief are tussocks of *Deschampsia cespitosa* L. Type of land – fallow (former arable). Vegetation are *Deschampsia cespitosa* L., *Alchemilla vulgaris* L., *Centaurea jacea* L., *Phleum pratense* L., *Festuca pratensis* L.

Methods of research were laying soil sections, a description of the morphological features of the soil, sampling. The agrochemical properties of the soil were determined by standard methods. The magnetic susceptibility of the soil was measured on a Kappametр KT-6. The determination of heavy metals in the soil was carried out by the atomic absorption method on a spectrometer iCE 3500.

The content of heavy metals in the soil was estimated relative clarc. Clark is the average content of a chemical element for the soils of the world according to A.P. Vinogradov [2]:

$$KK_{clarc} = \frac{Me_{soil}}{Me_{clarc}} \quad (1)$$

KK_{clarc} – the coefficient of influence of the chemical element relative to clark soils of the world according to Vinogradov; Me_{soil} – content of chemical element in the soil, mg/kg; Me_{clarc} – clark of chemical element in the soils of the world according to Vinogradov, mg/kg.

Results. Morphological structure of the soil. The umbry-gleyic albeluvisols loamy clay soil was formed on the covering clays deposits. The structure of the soil profile was A₀, 0-5 cm – A₁, 5-15 cm – A_{2g}, 15-30 cm – A_{2B}1, 30-40 cm – B₁, 40-70 cm. Spherical nodules were isolated from horizons A₁ and A_{2g}. In the A₁ horizon, the nodule content was 7,4%, and in the A_{2g} horizon, it was half as much – 4,6% (fig. 1).

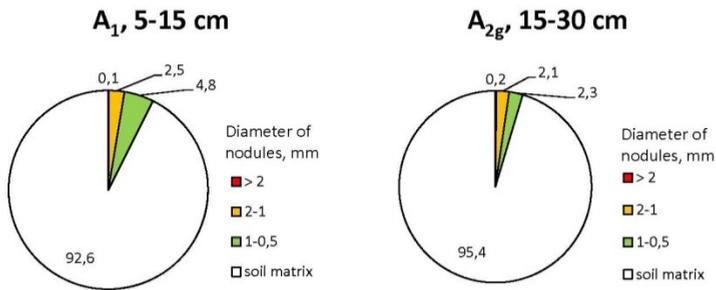


Fig. 1. The content of nodules in the umbry-gleyic albeluvisols soil, %

Agrochemical properties of the soil were low humus content, very acidic pH, moderately low cation-exchange capacity (CEC), low base saturation of soils (V), low content of mobile phosphorus (fig. 2).

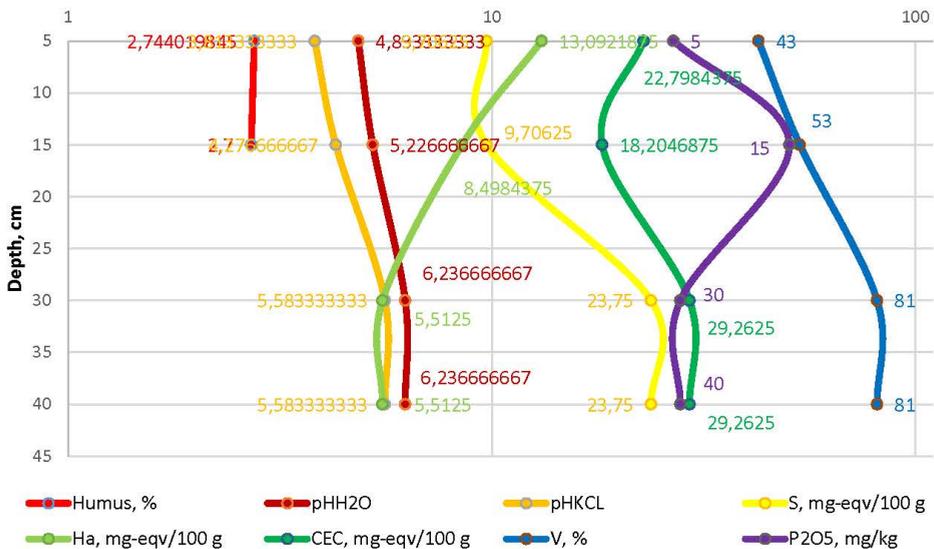


Fig. 2. Agrochemical properties of umbry-gleyic albeluvisols soil

The magnetic susceptibility of horizon A₁ was low 0.2×10^{-3} SI, because the soil is subject to gleying processes that destroy magnetic minerals [3].

Lead in the fine earth of the humus horizon exceeds 1,1 times relative to the clark for the soils of the world according to Vinogradov (table).

**The content of heavy metals (mg/kg) in the fine earth of the humus horizon of
f umbry-gleyic albeluvisols soil and their assessment relative to clark for the soils
of the world according to Vinogradov**

	Cu	Ni	Co	Zn	Mn	Pb
Content, mg/kg	20,1	21,4	11,3	42,1	420,8	18,2
KK_{clarc}	0,4	0,4	0,6	0,5	0,4	1,1

Conclusions. The umbry-gleyic albeluvisols loamy clay soil on cover clay in the vicinity of the village of Soboli in the Perm district has low humus content, very acidic pH, moderately low cation exchange capacity, low base saturation of soils, low content of mobile phosphorus. The magnetic susceptibility of the fine earth was low $0,2 \times 10^{-3}$ SI. Lead in the fine earth of the humus horizon exceeds 1,1 times relative to the clark for the soils of the world according to Vinogradov.

The reported study was funded by RFBR, project number 19-34-90070.

References

1. Vasiliev A.A. Iron and heavy metals in alluvial soils of the Middle Urals. Perm: Prokrost, 2014. 223 p.
2. Vinogradov A.P. Geochemistry of rare and dispersed chemical elements in soils. M.: Publishing House of the Academy of Sciences of the USSR, 1957. 259 p.
3. Sheujen A.Kh., Gutorova O.A. Magnetic profiles of soils of the Kuban for different agricultural uses // Scientific journal KubGAU. 2019. №147 (03). P. 43-52.

УДК 631.452

**Современное состояние и оценка земельных ресурсов
(на примере Глазуновского района Орловской области)**

И.А. Верховец, Л.Е. Тучкова, И.И. Потапова

Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева, г. Орел, iverkhovets@mail.ru

В статье дан анализ состояния земельных ресурсов Отраднинского сельского поселения Глазуновского района Орловской области. В почвенном покрове преобладают темно-серые лесные и черноземы оподзоленные. В пахотных землях отмечается снижение содержания подвижных элементов питания по сравнению с предыдущими годами. В залежных землях отмечается накопление гумуса и увеличение показателя почвенного плодородия и почвенно-экологического индекса. Для залесенных территорий величины показателей снижаются.

Ключевые слова: *удобье, плодородие, почвенно-экологический индекс, пашня, залежь.*

Глазуновский район входит в центральную почвенно-агрландшафтную зону Орловской области. «Земельный фонд Глазуновского района Орловской области составляет 58 090 га. Из всех категорий земель на ее территории преобладают земли сельскохозяйственного назначения – 48 673 га (в том числе пашни

38 353 га). Территория испытывает сильную антропогенную нагрузку. В районе развиты эрозионные процессы. 29,3% земель сельскохозяйственного назначения – это склоновые земли с крутизной более 2°, что может спровоцировать усиленное развитие водной эрозии» [1]. Как и по всей стране, здесь наиболее активным этапом агрогенеза был период 80–90-х годов. Было проведено известкование земель, фосфоритование, внесение азотных и калийных удобрений. По данным Центра химизации и радиологии «Орловский», к 1990 г. половина пахотных земель района имела нейтральную или близкую к нейтральной реакцию среды, 48,2% – высокое содержание подвижного фосфора и 43% – повышенное содержание обменного калия. В 1990-х гг. содержание фосфора в почвах еще увеличилось.

Однако в последние годы в районе наблюдаются негативные процессы: «преобладание выноса питательных веществ из почвы с урожаем над их поступлением, дегумификация и эрозия почв, их переувлажнение, заболачивание и загрязнение» [2]. Эти наметившиеся деградационные процессы могут вызвать существенное снижение биопродуктивности почв и их плодородия. Поэтому важно проводить постоянный мониторинг за состоянием почвенного покрова.

Нами были обследованы 2 361,65 га северо-западной части Отряднинского сельского поселения (между Глазуновкой и Красной Ивановкой). Данные земли имеют среднюю эрозионную расчлененность территории ($K_{эр} = 0,66$), что говорит о напряженном ухудшающемся экологическом состоянии. На данной территории выделены следующие угодья: пашня – 1 353,56 га, из которых обрабатываются 867,03 га, залежная пашня (заросшая кустарником) – 451,58 га, залесенная пашня – 34,95 га; сенокосы и пастбища (залежь) – 464,5 га; старые сады – 543,52 га (табл. 1). Степень антропогенной преобразованности территории средняя (ИАП = 533).

Таблица 1

Распределение почв по видам угодий

Вид угодий		Площадь, га	Почва						
			Овражно-балочных склонов	Серая лесная	Темно-серая лесная	Чернозем выщелоченный	Чернозем влажно-луговой	Чернозем луговой	Чернозем оподзоленный
Пашня	Обрабатываемая	867,03	–	13,86	415,67	–	5,7	–	431,8
	Залежная	451,58	–	–	47,88	165,82	41,73	–	196,15
	Залесенная	34,95	–	4,49	12,45	–	–	–	18,01
Сенокосы и пастбища	Залежь	464,57	153,4	–	–	–	311,17	–	–
Сады	Заброшенный	543,52	–	143,27	346,42	–	–	13,9	39,93
Общая площадь		2361,65	153,4	161,62	822,42	165,82	358,6	13,9	685,89

В почвенном покрове преобладают темно-серые лесные и черноземы оподзоленные (табл. 1).

При мониторинге почв района обследования выявлено, что преобладают слабо-кислые почвы, обрабатываемая пашня содержит повышенное количество подвижных элементов питания растений (табл. 2). Однако по сравнению с 5 туром бонитировки почв, содержание всех элементов питания понизилось.

Во всех почвах залежных земель отмечается накопление гумуса. В темно-серой лесной почве произошло снижение содержания подвижных форм фосфора и накопление обменного калия, а в черноземах содержание подвижных элементов снижается. Подобная закономерность отмечается в работах О.А. Анциферовой [3], и С.А. Анненкова и др. [4].

Т а б л и ц а 2

Показатели плодородия почв

Почва	Площадь поля, га	pH	P ₂ O ₅ , мг/100гр	K ₂ O, мг/100гр	Гумус, %	Кпп	ПЭи
Пашня обрабатываемая							
Темно-серая лесная Тяжелосуглинистая	415,67	5,28	11,88	14,44	4,94	0,64	76,2
Серая лесная Среднесуглинистая	13,86	5,7	11,3	8,1	3,29	0,75	76,8
Чернозем оподзоленный Тяжелосуглинистый	116,26	5,13	14,11	15,69	5,27	0,69	77,5
Чернозем оподзоленный Среднесуглинистый	315,54	5,15	11,86	15,25	5,04	0,65	79,2
Черноземы влажно-луговые Среднесуглинистые	5,7	5,8	18,2	17,2	4,32	0,74	75,9
Пашня залежная							
Темно-серая лесная Тяжелосуглинистая	47,88	5,73	7,34	19,02	5,34	0,67	81,6
Чернозем выщелоченный Среднесуглинистый	165,82	5,1	12,4	15,3	5,34	0,67	83,6
Чернозем оподзоленный Тяжелосуглинистый	196,15	5,21	12,26	14,86	5,28	0,66	77,5
Черноземы влажно-луговые Среднесуглинистые	41,73	5,4	6,8	25,2	6,4	0,76	85,8
Пашня залесенная							
Темно-серая лесная Тяжелосуглинистая	12,45	5,4	4,5	5,8	6,1	0,51	71,9
Серая лесная Среднесуглинистая	4,49	4,3	9	8,8	3,11	0,58	57,7
Чернозем оподзоленный Среднесуглинистый	18,01	5	6,4	19,2	5,17	0,63	73,4
Сенокос залежь							
Черноземы влажно-луговые Среднесуглинистые	248,09	5,29	6,23	9,41	7,8	0,63	81,6
Черноземы влажно-луговые Тяжелосуглинистые	63,08	5	8,1	15	6,6	0,66	75,3
Чернозёмы луговые Тяжелосуглинистые	153,4	5,62	12,26	16,18	4,69	0,67	76,3

Оценка почвенного плодородия проведена по общепринятой методике [5]. Согласно показателю почвенного плодородия Кпп (табл. 2), наибольшей окультуренностью среди пахотных земель обладают серые лесные среднесуглинистые, черноземы оподзоленные тяжелосуглинистые и черноземы влажно-луговые среднесуглинистые.

Заращение пашни лесной растительностью привело к существенной потере почвенного плодородия, Кпп снизился на всех типах почв на 0,1 балла. Это связано с сокращением содержания фосфора и калия почти втрое.

Расчет почвенно-экологического индекса ПЭи проведен без учета дополнительных свойств. Наибольшее влияние на колебание его величины оказало содержание гумуса в почвах. По сравнению с пашней произошло увеличение этого показателя для залежных земель и падение – для залесенных территорий. Наиболее существенным изменением ПЭи стало для серой лесной почвы.

Литература

1. Верховец И.А., Тучкова Л.Е., Шапорова И.А. Анализ динамики плодородия почв Глазуновского района Орловской области // Актуальные проблемы рационального использования земельных ресурсов: материалы Всероссийской научно-практической конференции. 2017. С. 42–45.

2. Материалы по обоснованию схемы территориального планирования. Т. I: Материалы по обоснованию схемы территориального планирования. Кн. I: Природно-ресурсный потенциал и экологическая система. Общая характеристика района. 2011. URL: http://adminglazun.ru/index_sub3_sub1.html (дата обращения: 01.04.2020).

3. Анциферова О.А. Агрэкологическая оценка и мониторинг залежных земель Тамбовской и Калининградской областей // Агрэкологическое состояние и перспективы использования земель России, выбывших из активного сельскохозяйственного оборота: материалы Всероссийской научной конференции. М.: Почвенный ин-т им. В.В. Докучаева Россельхозакадемии, 2008. С. 247–250.

4. Анненков С.А., Белоконь А.Л., Неведров Н.П. Агрехимическая характеристика залежных земель северо-западного (Свапского) района Курской области // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: География. Геоэкология. 2017. № 2. С. 36–39.

5. Об утверждении Методики расчета показателя почвенного плодородия в субъекте Российской Федерации (Зарегистрировано в Минюсте России 31.07.2017 № 47592): Приказ Министерства сельского хозяйства РФ от 6 июля 2017 г. № 325. URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_221625/ (дата обращения: 28.04.2020).

Current state and assessment of land resources (on the example of Glazunovsky district of the Oryol region)

I.A. Verkhovets, L.E. Tuchkova, I.I. Potapova

The article analyzes the state of land resources of Otradninsky rural settlement of Glazunovsky district of the Oryol region. The soil cover is dominated by dark gray forest soils and podzolized chernozems. In arable land, there is a decrease in the content of mobile food elements compared to previous years. In fallow lands, there is an accumulation of humus and an increase in the soil fertility index of the soil-ecological index. For forested areas, the values of indicators are reduced.

Эффективность вермикомпоста на основе пищевых отходов в условиях вегетационного опыта

Н.С. Глибина, Е.В. Каллас, А.С. Бабенко

*Национальный исследовательский Томский государственный университет, г. Томск,
lkallas@sibmail.com*

Изучены свойства вермикомпоста, полученного на основе пищевых отходов. Показаны его обогащенность валовыми и подвижными формами азота и фосфора, высокое содержание гуминовых кислот, а в их составе гуматов кальция, щелочная реакция. Результаты вегетационного опыта свидетельствуют о том, что во всех вариантах вермикомпост оказал ингибирующее действие на стадии прорастания семян рукколы, тогда как на следующих фазах её развития проявил положительный эффект, но только в варианте с минимальной дозой (при добавлении 20% вермикомпоста к агросерой почве).

Ключевые слова: *вермикомпост, свойства вермикомпоста, вегетационный опыт, руккола, продуктивность.*

Вермикомпост – экологически безопасное органическое удобрение, обогащенное гумусовыми веществами и элементами питания растений, оказывающее многостороннее воздействие на растения и почву, улучшая физические и физико-химические свойства последней и увеличивая продуктивность сельскохозяйственных культур. Согласно многочисленным исследованиям, вермикомпосты способствуют восстановлению истощенных почв, причем не только за счет оптимизации их свойств (структуры, водоудерживающей способности, количества элементов питания и т.д.), но и увеличения численности полезных групп микроорганизмов, аммонификаторов, нитрифицирующих бактерий и целлюлозоразрушающих микроорганизмов [1, 2]. Рост популяции почвенных микроорганизмов сопровождается повышением количества фитогормонов, стимулирующих рост и развитие растений [3]. Характеристики вермикомпоста позволяют высоко оценивать это органическое удобрение, однако эффективность его, как показывают многочисленные исследования [2, 4], различна и во многом определяется не только физиологическими особенностями самих растений, технологией получения вермикомпостов, способами их применения, но и дозами внесения в почву.

Цель настоящей работы заключается в оценке эффективности вермикомпоста, полученного на основе пищевых отходов, в условиях вегетационного опыта.

Объекты и методы. Объектами исследования послужили вермикомпост, полученный методом переработки пищевых отходов калифорнийским червем *Eisenia andrei* Bouche, грунт из пахотного горизонта агросерой почвы, в качестве тест-культуры – руккола скороспелого сорта «Чудесница».

Для приготовления вермикомпоста использовалась технология «домашних контейнеров», в качестве пищевых отходов растительного происхождения применяли кожуру бананов, моркови, свеклы, остатки фруктов, кабачков, тыквы, а также чая и кофе. В контейнерах поддерживалась оптимальная температура 20–25°C, влажность среды 85–90%, соблюдались аэробные условия (регулярно проводилось рыхление субстрата для насыщения его кислородом). После 8-месяч-

ного компостирования полученный вермикомпост был освобожден от червей, высушен и пропущен через сито с отверстиями диаметром 3 мм.

С целью характеристики грунта из пахотного горизонта агросерой почвы и вермикомпоста определялись основные их свойства по общепринятым в почвоведении методам и методикам, качественный состав гумуса – по И.В. Тюрину в модификации В.В. Пономаревой и Т.А. Плотниковой.

Вегетационный опыт проводился в пластиковых («рассадных») сосудах ёмкостью 250 мл. Опыт проводился в тепличных условиях при естественном освещении в 3-кратной повторности по следующей схеме:

1. Контроль – 100% почвы (агросерой).
2. Вариант 1 – 80% почвы + 20% вермикомпоста.
3. Вариант 2 – 60% почвы + 40% вермикомпоста.
4. Вариант 3 – 40% почвы + 60% вермикомпоста.

В каждый сосуд было посеяно по 7 семян. На 7-е сутки после появления всходов в каждом сосуде было оставлено по 3 растения, остальные удалены. Полив производился водой без каких-либо добавок по мере необходимости. Календарные сроки опыта – с 11 июня по 10 июля 2019 г. Всхожесть определяли на 3-и, 4-е и 7-е сутки.

В ходе биометрических наблюдений фиксировали следующие морфологические показатели: количество настоящих листьев, высоту растений, параметры листовых пластинок (ширину, длину). Продуктивность оценивалась по массе надземной (зеленой) части растений, а также учитывалась масса корневой системы в день завершения опыта.

Результаты исследования и обсуждение. Использованный в вегетационном опыте грунт из пахотного горизонта агросерой почвы характеризовался среднесуглинистым гранулометрическим составом, высоким содержанием поглощенных катионов, близкой к нейтральной реакцией почвенного раствора (табл.1), содержание гумуса – 6,42%, валового азота – 0,25%, валового фосфора – 0,28%. В составе гумуса доля гуминовых кислот (ГК) составила около 26% от общего органического углерода ($C_{\text{общ}}$), фульвокислот (ФК) – 23%, отношение углерода ГК к углероду ФК ($C_{\text{ГК}}:C_{\text{ФК}}$) – 1,11 (тип гумуса фульватно-гуматный). Характеристики полученного на основе пищевых отходов вермикомпоста свидетельствуют о высоком содержании в нем органического углерода, валовых форм азота и фосфора (табл.1), обогащенности легкогидролизуемыми формами элементов питания, сильно щелочной реакции среды.

Таблица 1

Свойства грунта из пахотного горизонта агросерой почвы и вермикомпоста

Объекты	С, %	Азот		Фосфор		pH _{вод}	Поглощенные катионы, мг-экв/100 г		
		Валов. %	Легкогид. мг/100 г	Валов. %	Подв. мг/100г		Ca ²⁺	Mg ²⁺	Сумма
Грунт из агросерой почвы	3,21	0,25	Не опр.	0,28	Не опр.	6,54	34,0	6,8	40,8
Вермикомпост	23,25	2,13	345	0,63	500	9,18	26,0	8,0	34,0

Фракционно-групповой состав системы гумусовых веществ вермикомпоста отличается от такового в агросерой почве более высокой долей ГК, в 2 раза превышающей долю ФК, что позволяет отнести гумус к гуматному типу ($C_{ГК}:C_{ФК} = 2,29$). Абсолютное содержание гуминовых кислот высокое – 7,8% к вермикомпосту, что составляет более 33% от общего органического углерода. ГК представлены, главным образом, самой ценной с агрономической точки зрения фракцией – гуматами кальция, доля их достигает 28% от $C_{общ}$.

Изучение зависимости динамики прорастания семян рукколы от концентрации вермикомпоста в грунте показало неожиданные результаты: вермикомпост не только не оказал положительного влияния, но и проявил себя как ингибитор. Так, первые всходы появились на 3-и сутки после посева лишь в контроле и варианте 1 с минимальной дозой вермикомпоста, причем в контроле количество всходов было выше – от 1 до 4 штук, тогда как на фоне 20% вермикомпоста всходы были лишь в 2 из 3 повторностей, и количество их не превышало 2 штук в стаканчике. На 4-е сутки в агросерой почве на контроле число всходов увеличилось до 4–6 шт., а в варианте 1 – не превышало 3 шт. На 7-е сутки количество всходов достигло максимума: в контроле 5–6 шт., в варианте 1 во всех повторностях по 3 шт. Это определило выбор числа растений для дальнейших наблюдений – в каждом сосуде по 3, лишние в контроле были удалены. В вариантах 2 и 3 с более высокими дозами вермикомпоста всходы так и не появились. Мы склонны объяснять это сильной щелочностью биоудобрения и высокими его дозами для условий вегетационного опыта с использованием сосудов малого объема. Возможно, в условиях полевого опыта результаты были бы иными.

Дальнейшие исследования проводились на основе только варианта 1 и контроля. Первый настоящий лист появился на 9-е сутки от момента посева в контроле и на 10-е сутки в варианте 1, после чего рост и развитие культуры на фоне вермикомпоста происходило более интенсивно (табл. 2).

Таблица 2

**Биометрические показатели и продуктивность рукколы сорта «Чудесница»
в условиях вегетационного опыта**

Варианты опыта	Высота растений, см	Параметры листовой пластинки, см		Масса, г	
		Длина	Ширина	Надземной части	Подземной части
Контроль	10,87±1,38	5,67±0,76	2,00±0,5	3,46±0,74	0,67±0,12
Вариант 1	13,50±2,78	8,33±2,02	3,57±0,6	6,13±0,49	0,81±0,03
Прирост к контролю, %	24	47	78	77	21

Высота растений при завершении опыта через месяц после посева в контрольных сосудах с агросерой почвой составила в среднем 10,87 см с колебаниями в повторностях от 10,0 до 12,6 см, тогда как на фоне 20%-ной добавки вермикомпоста к почве этот показатель у растений был выше на 24% и составил в среднем 13,5 см. Более развитыми были и листовые пластинки рукколы в этом варианте опыта: длина на 47% больше (8,33 см против 5,67 см на контроле), ши-

рина на 78% больше (3,57 см на почве с вермикомпостом, 2,00 см на контроле). Внесение биоудобрения в почву стимулирует развитие корневой системы, захватывающей больший объем почвы, а, следовательно, поглощающей больше элементов питания и воды, в результате чего активно нарастает и зеленая биомасса растений. Продуктивность надземной биомассы рукколы в варианте с добавлением вермикомпоста показала прирост к контролю на 77%, хотя прибавка корневой массы была меньше – 21%.

Заключение. В условиях вегетационного опыта вермикомпост проявил ингибирующее влияние на стадии прорастания семян тестовой культуры, всходы появились только в варианте опыта с минимальным количеством вермикомпоста. В следующие фазы развития рукколы вермикомпост в дозе 20% оказал в целом положительное влияние, был получен прирост к контролю по параметрам листовых пластинок (78% по ширине, 47% по длине), высоте растений (24%), подземной (21%) и надземной (77%) массе. Высокие концентрации биоудобрений, особенно характеризующихся высокой щелочностью, имеют ингибирующий эффект: снижают активность прорастания семян и задерживают рост и развитие растений. Крайне осторожно нужно использовать вермикомпосты при выращивании растений и рассады в горшочках, в этом случае лучше применять поливы жидкими препаратами (вермичаем, вермигуматами) на основе этих удобрений, подбирая небольшие концентрации.

Литература

1. Терещенко Н.Н., Бубина А.Б., Писаренко С.В. Эффективность торфо-минеральных и органических вермикомпостосодержащих грунтов // Вестник Томского государственного университета. Биология. 2008. № 2 (3). С. 47–60.
2. Бабенко А.С. Безруков Д.В., Мухин Л.Н. Использование вермикомпоста на основе донного ила для выращивания рассады томатов // От биопродуктов к биоэкономике: материалы II межрегиональной научно-практической конференции (с международным участием) (12–13 апреля 2018 г.) / под ред. А.Н. Лукьянова. Барнаул: Изд-во АлтГТУ, 2018. С. 13–14.
3. Бабенко А.С., Ван Дж.Н. Перспективы использования вермикомпоста в защите растений // Вестник Томского государственного университета. Биология. 2010. № 1 (9). С. 105–110.
4. Якименко О.С. Применение гуминовых продуктов в РФ: результаты полевых опытов (обзор литературы) // Живые и биокосные системы. 2016. № 18. URL: <http://www.jbks.ru/archive/issue-18/article-4>

Efficiency of vermicompost based on food waste in the conditions of vegetation experience

N.S. Glibina, E.V. Kallas, A.S. Babenko

The properties of vermicompost obtained from food waste have been studied. Its richness with gross and mobile forms of nitrogen and phosphorus, high content of humic acids, and in their composition of calcium humates, and an alkaline reaction are shown. The results of the vegetation experiment indicate that in all variants, vermicompost had an inhibitory effect at the stage of arugula seed germination, while in the following phases of its development it showed a positive effect, but only in the variant with a minimum dose (when adding 20% of vermicompost to the agrogray soil).

Изучение накопления микроэлементов в почвах зоны распространения вечной мерзлоты

А.Г. Гололобова

Научно-исследовательский институт прикладной экологии Севера им. проф. Д.Д. Саввинова
СВФУ им. М.К. Аммосова, г. Якутск, nita0687@mail.ru

В данной работе рассмотрены особенности распределения и накопления Mn, Zn, Ni, Cu, Cr, Co, Pb, Cd и As в мерзлотных почвах северо-таежных ландшафтов Западной Якутии. По коэффициенту накопления выявлено наличие биогенного и надмерзлотного геохимических барьеров. Наличие льдистой мерзлоты оказывает большое влияние на состояние надмерзлотной части почвенного профиля. Установлены корреляционные связи между концентрацией микроэлементов с основными свойствами почв.

Ключевые слова: мерзлотные почвы, криоземы, льдистая мерзлота, микроэлементы, коэффициент накопления.

Изучение особенностей распределения и аккумуляции микроэлементов, в том числе тяжелых металлов, в почвах техногенных ландшафтов является одной из важнейших проблем геохимической экологии. Данные исследования характеризуются высокой значимостью для территории Республики Саха (Якутия), где сконцентрированы главные промышленные центры добычи и обогащения сырья – алмазов, золота, нефти, газа, угля и других полезных ископаемых, и которые, следовательно, являются основными источниками загрязнения окружающей среды.

При этом процессы загрязнения осложняются слабой устойчивостью северных экосистем к различным формам антропогенной деятельности.

Район исследования расположен в зоне распространения вечной мерзлоты, на территории северо-таежных ландшафтов Западной Якутии в междуречье рр. Накын и Ханья, где находится Накынское кимберлитовое поле, и интенсивно работает Нюрбинский горно-обогатительный комбинат (НГОК).

Доминирующими типами почв водораздельного пространства являются мерзлотные почвы – криоземы. Для определения физико-химических свойств почв использовали общепринятые в почвоведении методики. При изучении микроэлементного состава почв очень важное значение приобретают данные о подвижности химических элементов, т.е. их способности переходить из твердой фазы почвы в жидкую [1, 2]. Подвижные формы микроэлементов извлекали 1 Н HNO₃ на атомно-абсорбционном спектрометре МГА-915 ГК «ЛЮМЭКС» в лаборатории физико-химических методов анализа НИИПЭС СВФУ.

Криоземы территории исследования характеризуются суглинистым гранулометрическим составом, реакция среды преимущественно слабокислая (рН = 5,4), содержание гумуса в среднем составляет 6,8±0,67.

На рис. 1 представлено внутрипрофильное распределение подвижных форм микроэлементов в криоземе Ханья-Накынского междуречья.

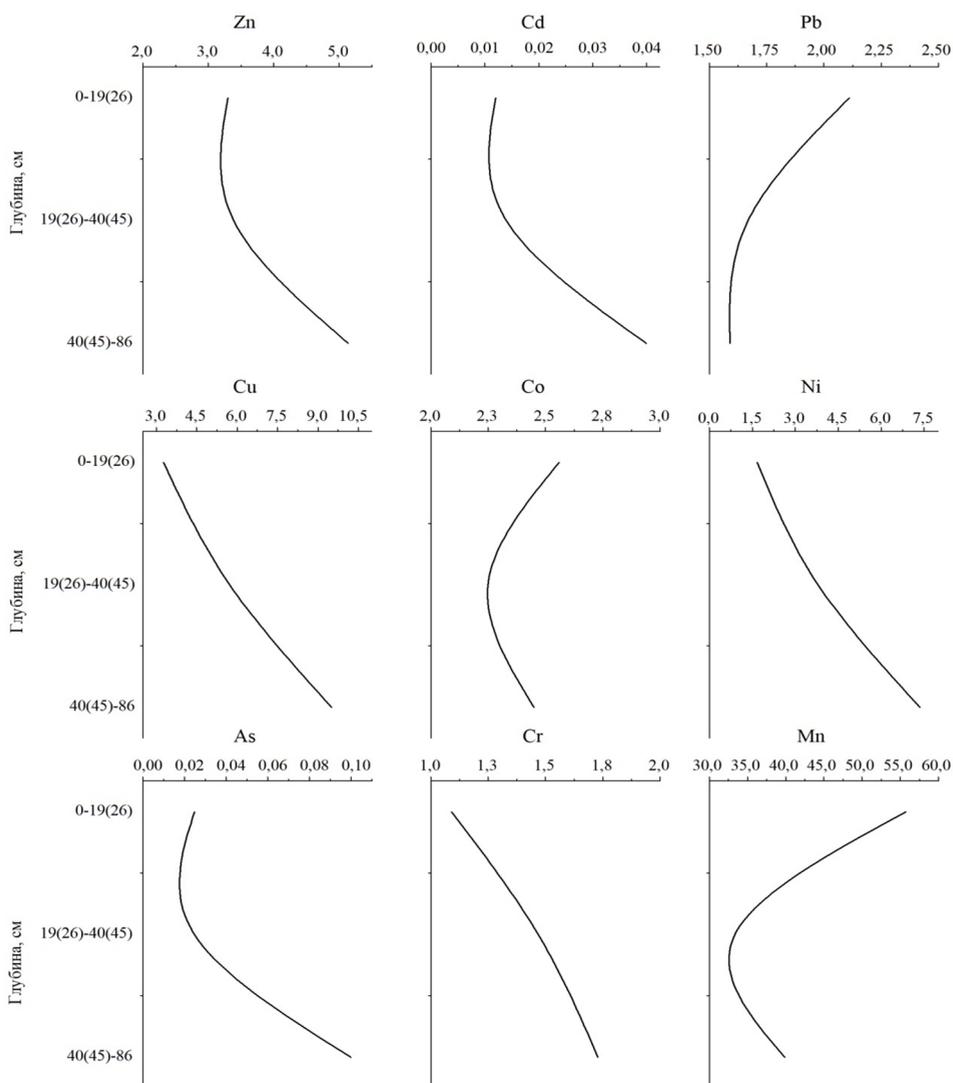


Рис. 1. Внутрипрофильное распределение подвижных форм микроэлементов в криоземе Ханья-Накынского междуречья

В криоземе территории исследования наблюдается накопление Pb, Mn и Co в верхнем органогенном горизонте. Закрепление свинца обусловлено содержанием органического вещества, что подтверждается коэффициентом корреляции ($r = 0,57$), но при антропогенных воздействиях содержание органического вещества увеличивается, что затрудняет выявление доли металла техногенного происхождения [3]. Обычно, естественные содержания свинца в почвах наследуются от материнских пород, однако из-за широкомасштабного загрязнения

среды свинцом большинство почв обогащено этим элементом, особенно их верхние горизонты [4, 5].

Марганец характеризуется достоверной корреляционной зависимостью от содержания органического вещества ($r = 0,5$). В целом криоземы характеризуются преобладанием фульвокислот в составе почвенного органического вещества [6]. В том числе и рассматриваемые криоземы Ханья-Накынского междуречья, в котором содержание Mn в верхнем слое почвы также связано с фульвокислотами.

При рассмотрении кобальта, мы предполагали, что этот элемент скорее связан с содержанием органического вещества в верхнем горизонте, однако, в ходе работы при расчете коэффициентов корреляции связи кобальта с содержанием гумуса не было установлено, но при этом зафиксирована связь с фракциями гранулометрического состава с размерами 0,01–0,005 мм ($r=0,6$). Это возможно объяснить тем, что в ходе взрывных работ происходит накопление техногенной пыли в почвенном покрове, при которой происходит сорбция кобальта в органических горизонтах.

Накопление Ni, Cd, Co, Cr, Zn, Cu и As прослеживается в минеральном и надмерзлотном горизонте. При этом Ni–Co–Cr являются элементами типоморфными кимберлитам. Содержание кадмия, меди и мышьяка связано с присутствием в минеральном горизонте линзы органики ($r = 0,87$, $r = 0,44$ и $r = 0,54$ соответственно), которая является следствием криотурбационных процессов. Накопление цинка связано с количеством мелких фракций почв ($r = 0,59$).

Так, основной геохимической характеристикой криоземов является наличие биогенного и надмерзлотного геохимических барьеров, что подтверждается расчетом коэффициентов накопления от подстилающих пород к почвам и имеет следующую микроэлементную характеристику:

- органогенный горизонт: $Mn_{1,7} \rightarrow Pb_{1,3} \rightarrow As_{1,1} \rightarrow Co_{1,0} (Zn_{1,0})$;
- надмерзлотный горизонт: $Pb_{1,1} \rightarrow Co_{1,0} (Cr_{1,0})$.

Накопление микроэлементов в надмерзлотном горизонте связано с наличием в почвенном профиле льдистой мерзлоты, которая оказывает большое влияние на состояние надмерзлотной части почвенного профиля, формируя надмерзлотный геохимический барьер.

Таким образом, наличие льдистой мерзлоты оказывает влияние на ход процессов перемещения и накопления элементов на поверхности мерзлоты, и, рассматривая мерзлоту как фактор формирования мощного геохимического барьера, выявлен ряд закономерностей накопления и перераспределения микроэлементов в почвенном профиле криоземов. Также на распределение и накопление микроэлементов в почвах влияют содержание органического вещества (Pb, Mn, Cd, As и Cu) и содержание физической глины (Co, Zn).

Литература

1. Ильин В.Б., Сысо А.И. Микроэлементы и тяжелые металлы в почвах и растениях Новосибирской области. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2001. 229 с.
2. Легостаева Я.Б., Сивцева Н.Е., Трофимова Л.Н. Экологическая оценка состояния почв по содержанию подвижных форм микроэлементов (на примере долины Туймаада, Центральная Якутия) // Проблемы региональной экологии. 2009. № 3. С. 12–14.

3. Водяницкий Ю.Н. Роль почвенных компонентов в закреплении техногенных As, Zn и Pb в почвах // Агрехимия. 2008. № 1. С. 83–91.

4. Mmolawa K.B., Likuku A.S., Gaboutloeloe G.K. Assessment of heavy metal pollution in soil along major roadside areas in Botswana // African Journal of environmental Science and Technology. 2011. Vol. 5 (3). P. 186–196.

5. Kabata-Pendias A., Pendias H. Trace Elements in Soils and Plants. 4th Edition, Boca Raton, FL, USA: CRC Press, 2011. P. 548.

Accumulation of trace elements in the soils of the permafrost distribution zone

A.G. Gololobova

The features of the distribution and accumulation of Mn, Zn, Ni, Cu, Cr, Co, Pb, Cd, and As in the frozen soils of the north-taiga landscapes of Western Yakutia are considered in this paper. The presence of biogenic and supra-permafrost geochemical barriers was revealed by the accumulation coefficient. The presence of an icy permafrost has a great influence on the state of the permafrost part of the soil profile. The correlation between the concentration of trace elements with the basic properties of soils is established.

УДК 631.452

Бонитет почв и кадастровая оценка земель сельскохозяйственного назначения Иркутской области

Н.И. Гранина, Е.А. Шипицын

Иркутский государственный университет, г. Иркутск,
granina_n@list.ru, evgenships@mail.ru

В работе представлены результаты расчетов бонитета почв совхозов Кюяда и Захал ОПХ «Элита» Эхирит-Булагатского района Иркутской области, проведенные для обоснования кадастровой стоимости земель сельскохозяйственного назначения. При определении бонитета земель был использован метод, разработанный И.И. Кармановым [1], основанный на расчете итогового почвенно-экологического индекса (ПЭИ), как произведения почвенного, агрохимического и агроклиматического индексов, с учетом коэффициентов, отражающих влияние на уровень плодородия почв тех или иных показателей. Доходность с единицы площади, деленная на величину ПЭИ, позволяет определить стоимость 1 балла, и обосновать кадастровую стоимость сельхоз земель [1]. Основой для расчета ПЭИ послужили данные агрохимического обследования территории, выполненные ФГБУ ЦАС «Иркутский», а также опубликованный материал [2–5]. Кадастровая оценка почв с учетом интегрального показателя их плодородия имеет важное значение в регулировании земельных отношений и управлении земельными ресурсами в целом.

Ключевые слова: кадастровая стоимость, бонитировка почв, почвенно-экологические индексы, земли сельскохозяйственного назначения.

В современных условиях перехода России к рыночной экономике проведение государственной кадастровой оценки земель сельскохозяйственного (с.-х.)

назначения с учетом их плодородия, становится необходимым условием для обоснования их объективной стоимости и управления земельными ресурсами в целом. Таким образом, сегодня вопросы оценки качества почв по их плодородию остаются актуальными.

Исследуемая территория входит в состав Усть-Ордынского Бурятского автономного округа Иркутской области. Для района характерен наиболее высокий уровень с.-х. использования земель. Здесь на долю пашни приходится более 53 % от общей площади с.-х. угодий области [6]. В хозяйстве «Элита» более 15 лет работала своя система земледелия, основным звеном которой служили севообороты, средняя урожайность зерновых составляла 25,3 ц/га. По состоянию на 01.01.2016 г, не смотря на резкое снижение уровня применения органических и минеральных удобрений и сложившийся отрицательный баланс питательных веществ урожайность составляет 17 ц/га [6].

На уровень плодородия почв остепненной зоны округа, в состав которого входит объект исследования, значительное влияние оказывает резко континентальный климат, наличие многолетнемерзлых пород, расчлененность и бугристо-западинные формы рельефа, неоднородность и высокая комплексность почвенного покрова [7, 8].

В расчете балла бонитета почв совхозов Захал и Куяда ОПХ «Элита» было задействовано 43 поля, 14 типов почв с различным гранулометрическим составом, общей площадью 5 416 га (таблица).

Свойства пахотных почв ОПХ «Элита», совхозов Захал, Куяда

Тип почвы (по классиф.2004)	Площадь, га	pH _{H2O}	Гумус, %	P ₂ O ₅ , мг-экв	K ₂ O, мг-экв	ПЭИ
с-з Захал		3449				
Черноземы выщелоченные	781	<u>5,1</u> 5,0–5,3	<u>4,3</u> 3,6–8,6	<u>8,0</u> 10,2–12,1	<u>10,5</u> 2,6–9,1	30,7
Темно-серые лесные	443	<u>5,1</u> 4,8–5,2	<u>4,2</u> 2,9–6,3	<u>10,9</u> 7,5–16,7	<u>14,9</u> 12,1–17,4	27,7
Серые лесные	226	<u>5,3</u> 5,0–5,9	<u>2,3</u> 2,0–3,0	<u>13,4</u> 6,9–18,9	<u>12,8</u> 11,2–17,3	24,4
Дерново-карбонатные, выщелоченные	147	<u>6,1</u> 5,7–6,6	<u>2,8</u> 2,2–3,1	<u>12,3</u> 3,8–16,7	<u>14,1</u> 10,1–18,0	27,6
с-з Куяда		1967				
Пойменные почвы	786	<u>5,3</u> 5,1–5,6	<u>5,9</u> 1,9–8,5	<u>8,8</u> 6,6–11,1	<u>7,8</u> 6,1–9,2	31,5
Черноземы выщелоченные	166	<u>5,3</u> 5,1–5,9	<u>5,2</u> 3,0–7,8	<u>12,3</u> 6,5–17,1	<u>10,4</u> 7,2–12,1	30,7
Темно-серые лесные оподзоленные	1285	<u>5,1</u> 5,1–5,2	<u>5,5</u> 3,6–9,3	<u>9,5</u> 8,6–10,2	<u>11,6</u> 10,3–12,8	25,5
Серые лесные	1182	<u>5,6</u> 6,0–11,9	<u>3,0</u> 3,0–3,1	<u>12,4</u> 11,4–13,3	<u>10,5</u> 8,1–12,9	23,0

В большинстве случаев почвы совхозов имели благоприятную реакцию среды (5,5), повышенную обеспеченность подвижным фосфором (от 66 мг/кг –

до 171 мг/кг) и среднюю обеспеченность калием (61 мг/кг – 217 мг/кг). Агрохимический индекс равен 1,1. Наиболее значительное влияние на итоговые значения ПЭИ, и как следствие, на стоимость угодий, оказывает агроклиматический индекс, равный 3,1. Среднегодовая сумма температур $\Sigma t > 10^{\circ}\text{C}$ – 1598,9 $^{\circ}\text{C}$, температура теплого и холодного месяцев +19,7...–17,1. Среднегодовая сумма осадков – 432,8 мм, КУ – 0,59. Недостаточное увлажнение для биологической активности растений компенсируется влиянием грунтовых вод реки Хал и медленным ранневесенним оттаиванием мерзлоты [2].

Не смотря на высокий уровень с.-х. производства почвы хозяйств относятся к четвертому и второму классу бонитета. Величина ПЭИ равная 31,5 и 30,7 баллам характерна для пойменных и черноземных почвы, 23 балла – для серых лесных почв. В соответствии с классификацией Н.Л. Благовидова угодья относятся к худшим землям. Между тем, удельный показатель кадастровой стоимости (УПКС) заметно выше бонитета почв. Так, в 2011 году УПКС сельхоз угодий Эхирит-Булагатского района составлял 1,3 руб./кв. м, что в 2 раза выше среднего показателя стоимости земель по Иркутской области (0,63 руб./ кв. м), а в 2016 г. – был равен 1,81 руб./кв. м. За 5 лет УПКС повысился почти в 3 раза [8].

Высокие значения кадастровой стоимости обусловлены тем, что расчет проводится на рыночной основе, исходя из величины рентообразующих факторов, доходов и затрат сельхоз производителей, без учета плодородия почв [8–11], поэтому не представляется возможным определение реальной стоимости земель с.-х. назначения.

Таким образом, вопрос определения кадастровой стоимости сельхоз земель с учетом бонитета почв в настоящее время остается дискуссионным. Нет единого подхода в определении бонитета почв, широко используются региональные методы, применяются разные почвенные признаки плодородия почв. Возникают трудности при сравнении сельскохозяйственных земель по субъектам Российской Федерации. Отмечается необходимость пересмотра оценочных показателей расчета ПЭИ и их корректировка по всем административным районам и субъектам Российской Федерации.

Сложности в вопросах стоимостной оценки почв и земельных участков в России остаются и сегодня, особое место в данном вопросе занимают земли сельскохозяйственного назначения.

Литература

1. Шишов Л.Л., Дурманов Д.Н., Карманов И.И., Ефремов В.В. Теоретические основы и пути регулирования плодородия почв. М.: Агропромиздат, 1991. 304 с.
2. Агроклиматические ресурсы Иркутской области / под ред. В.И. Гонтарь. М.: Гидрометеоздат, 1977. 207 с.
3. Отчет о почвах ОПХ «Элита» Эхирит-Булагатского района / К. Комаров, В. Мельников, А. Козец, М. Комарова, Г. Никулина. Иркутск, 1973. 155 с.
4. Отчет № 3800-ГКОЗСХ-2016 об определении кадастровой стоимости земельных участков в составе земель сельскохозяйственного назначения, расположенных на территории Иркутской области. Иркутск, 2016. 110 с.
5. Отчет по определению кадастровой стоимости земельных участков в составе земель с.-х. назначения Иркутской области по состоянию на 01.01.2011 г. Иркутск, 2011. 71 с.

6. Бутырин М.В., Штанцова В.В. Динамика показателей плодородия пахотных почв Иркутской области // Земледелие. 2017. № 4. С. 9–14.

7. Granina N.I., Martynova N.A., Kiseleva N.D. Spatio-temporal heterogeneity of soil cover in Baikal area and its impact on the development of agriculture in the region / IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science. 2019. № 368. 012017 IOP Publishing doi: 10.1088/1755-1315/368/1/012017

8. Гранина Н.И. Современные проблемы государственной кадастровой оценки земель сельскохозяйственного назначения в Иркутской области // Почвы в биосфере: сб. Всерос. науч. конф. Томск: Издательский Дом ТГУ, 2018. Ч. II. С. 371–374.

9. Шпедт А.А., Александрова С.В. Природно-хозяйственная оценка землепользования // Вестник КрасГАУ. 2007. № 1. С. 44–49.

10. Махт В.А., Руди В.А. Основы методики и современные проблемы оценки плодородия почв для кадастровой оценки сельскохозяйственных угодий // Вестник Науки о земле. 2016. № 4 (24). С. 105–112.

11. Рассыпнов В.А., Соврикова Е.М. Бонитировка почв как основа кадастровой оценки земель сельскохозяйственного назначения // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2012. № 11 (97). С. 103–106.

Soil Bonitet and Cadastral Valuation of Agricultural Land in Irkutsk

N.I. Granina, E.A. Shipitsyn

The paper presents the results of calculating the bonitet of soils in the Nukutsk district of the Irkutsk region, carried out on the basis of soil-ecological indices (SEI) to substantiate the cadastral value of agricultural (agricultural) lands. Assessment of the influence of soil fertility on the cadastral value is important in the regulation of land relations and contributes to the optimization of the use of agricultural lands. destination.

УДК 631.417.2

Агрогенная трансформация гумусового состояния чернозёма выщелоченного Новосибирского Приобья

С.Л. Добрянская

Новосибирский государственный аграрный университет, г. Новосибирск, slb85@bk.ru

Показано, что в чернозёме выщелоченном Новосибирского Приобья при длительном сельскохозяйственном использовании происходит уменьшение содержания и запасов гумуса. Длительное орошение сельскохозяйственных культур существенно повлияло на строение почвенного профиля. Изучение гумусового состояния рассматривается как важная часть управления потенциальным плодородием почв агроландшафтов.

Ключевые слова: чернозём выщелоченный, гумус, агроландшафт, орошение, деградация, эрозия.

Агрогенное воздействие на почвы относится к одному из самых сильных факторов, которые существенно изменяют морфологические, физико-химические свойства почвы. Учитывая особую роль органического вещества в

почве, как в формировании почвенного плодородия, так и в устойчивости биосферы, проблеме сохранения и воспроизводства гумуса старопашотных черноземов уделяется большое внимание [1, 2].

Длительное сельскохозяйственное использование почв при дефиците поступления в почву органического вещества с растительными остатками и органическими удобрениями приводит к значительному снижению содержания гумуса. Основными причинами, вызывающими потерю гумуса старопашотных почв являются процессы минерализации при интенсивном механическом воздействии, отчуждение пахотного слоя при проведении сельскохозяйственных мелиораций, развитие эрозии.

Задача настоящего исследования состояла в выявлении и оценке степени деградации гумусового состояния чернозёма выщелоченного при многолетнем использовании под пашней в сравнении с залежью и целиной.

Районом исследования является территория землепользования учебно-опытного хозяйства Новосибирского ГАУ «Практик», расположенного в левобережной части Новосибирского Приобья. Рельеф Приобского плато представляет собой приподнятую равнину, расчлененную логами, балками и оврагами. Расчлененность территории способствует развитию эрозии. Почвенный покров тесно связан с рельефом. Выравненные участки заняты преимущественно чернозёмами выщелоченными, на склонах встречаются их слабосмытые и эрозионно опасные аналоги.

Объектом исследований является чернозём, выщелоченный среднегумусный среднемощный среднесуглинистый иловато-крупнопылеватый.

Для оценки современных тенденций изменения содержания гумуса были заложены почвенные разрезы, из которых отобраны образцы для анализов на следующих вариантах: целина, залежь, пашня – полевой севооборот, пашня – овощной севооборот с орошением.

Гумусное состояние почвы находит отражение в строении ее генетического профиля, оказывая влияние на мощность гумусового горизонта. Изменения степени гумусированности при различной антропогенной нагрузке легко обнаруживаются. У целинного чернозёма хорошо развит гумусовый профиль (горизонт А – 48 см), снижение содержания гумуса по профилю постепенное, переход горизонтов плавный, что характерно для данного типа почв. В залежном варианте при меньшей мощности гумусового горизонта происходит более интенсивное прокрашивание гумусом переходного горизонта АВ. Что касается старопашотного варианта, то профильное распределение гумуса существенно меняется, причем характер трансформации определяется видом антропогенной нагрузки. В полевом севообороте снижение содержания гумуса сопровождается равномерным темно-серым оттенком гумусовой прокраски до глубины 35 см. Переход гумусово-аккумулятивного горизонта в нижележащий заметный, в виде языков и клиньев по трещинам замерзания и усыхания. Длительное орошение овощных культур существенно повлияло на строение почвенного профиля. Основная масса гумуса сосредоточена в верхнем слое (0–30 см), с глубиной происходит резкое его уменьшение. Визуально отмечено слабое прокрашивание гумусом пахотного слоя, цвет поверхности пашни в сухом состоянии становится светло-серый.

Отмеченные морфологические признаки подтверждаются аналитическими данными. Для чернозёма в целинном статусе характерны довольно высокие и стабильные запасы гумуса (в слое 0–50 см до 382 т/га). При распахивании и вовлечении в систематическую обработку уменьшается поступление в почву биомассы возделываемых сельскохозяйственных культур, поскольку большая ее часть отчуждается с урожаем. Происходит преобладание процессов минерализации органического вещества над гумификацией, что приводит к неизбежным потерям гумуса. Количество его в пашне снижается по сравнению с целинным и залежным ее состоянием.

Для более объективной оценки изменения содержания и запасов гумуса старопашотных чернозёмов проанализированы данные за временной промежуток более 30 лет. За основу взяты данные 1974 г. [3]. В процессе длительного сельскохозяйственного использования более существенным изменениям подвергается в основном пахотный слой, где потери гумуса составили 15%. Систематическая обработка и возделывание сельскохозяйственных культур на подпахотный слой, как и на пахотный, оказало негативное, хотя и более слабое воздействие. Уменьшение запасов гумуса в полуметровой толще старопашотной почвы относительно целины составило 185 т/га. Эта разница довольно существенна и объяснить ее можно тем, что при многочисленных обработках в результате повышенной аэрации происходит интенсивная минерализация органического вещества. Более значимые изменения произошли в пашне овощного севооборота, убыль гумуса в пахотном слое составила 37%. Высокие темпы снижения гумуса в условиях орошения происходят при активной его минерализации и в результате активизации эрозийных процессов [4]. Изменение гумусового состояния под влиянием орошения зависит не только от свойств органической и минеральной части почв, но и от сочетания природных и антропогенных факторов – факторов почвообразования, дренированности территории, системы орошения [5]. В сравнении с целиной потери гумуса достигли 200 т/га. Особенно отчетливо негативное влияние орошения на содержание и запасы гумуса проявляется на фоне низких доз органических и минеральных удобрений и преимущественном использовании пашни в овощных и зернопропашных севооборотах [6]. Пребывание почвы в залежном состоянии приводит к постепенному восстановлению содержания гумуса, его запасы превосходят аналогичные показатели старопашотных чернозёмов, но остаются меньше, чем в целинном варианте на 150 т/га. Функционирование гумуса в целинных почвах, где процессы минерализации источников гумуса, гумификация наиболее устойчивых к минерализации компонентов, а также деструкция сформировавшихся продуктов гумификации сбалансированы, находится в состоянии равновесия. Анализ таких количественных показателей как мощность горизонтов А+АВ, содержание и запасы гумуса показывает, что значительное ухудшение гумусного состояния наблюдается для пахотных и залежных почв в независимости от их типовой принадлежности. Таким образом, первостепенным фактором дегумификации почв Новосибирского Приобья является их многолетнее пахотное использование, осуществляемое в настоящее время или имевшее место в прежние годы.

Результаты проведенных исследований показали, что длительное сельскохозяйственное использование чернозёмов, особенно при орошении овощных культур, приводит к агрогенной деградации гумуса. Оставление пашни в залежь способствует постепенному восстановлению гумусового состояния. Полученные данные по содержанию гумуса старопахотных чернозёмов свидетельствуют о необходимости сохранения в агроландшафтах максимально возможной доли растительных остатков, образующихся в севообороте.

Литература

1. Щеглов Д.И. Черноземы центра Русской равнины и их эволюция под влиянием естественных и антропогенных факторов. М.: Наука, 1999. 214 с.
2. Фокин А.Д. О роли органического вещества почв в функционировании природных и сельскохозяйственных экосистем // Почвоведение. 1994. № 4. С. 40–45.
3. Сиухина М.С. Пахотнопригодные почвы учхоза «Тулинское» // Физико-химические свойства почв и вопросы поливного земледелия в НСО: сборник научных трудов. Новосибирск, 1980. Т. 127. С. 28–34.
4. Сиухина М.С., Быкова С.Л., Поплавская С.Л. Свойства чернозема выщелоченного, подверженного эрозионным процессам // Достижения науки и техники АПК. 2011. № 7. С. 15–17.
5. Кленов Б.М. Устойчивость гумуса автоморфных почв Западной Сибири. Новосибирск: Издательство СО РАН, филиал «Гео», 2000. 176 с.
6. Мамонтов В.Г. Орошаемые черноземы и каштановые почвы: состав, свойства, процессы трансформации: монография. М.: Издательство РГАУ-МСХА, 2013. 290 с.

Agrogenic transformation of the humus state of leached chernozem of Novosibirsk Ob S.L. Dobryanskaya

It has been shown that in the leached chernozem of the Novosibirsk Ob region with prolonged agricultural use, the content and reserves of humus decrease. Long-term irrigation of crops significantly affected the structure of the soil profile. The study of the humus state is considered as an important part of managing the potential soil fertility of agrolandscapes.

УДК 631.452

Оценка качественного состояния агропочв Тувы

В.Н. Жуланова

Тувинский государственный университет, г. Кызыл, zhvf@mail.ru

В статье рассматривается плодородие почв сельскохозяйственного использования. Рассмотрена структура почвенного покрова региона, где доля агроземов текстурно-карбонатных составляет 43,7%, агрочерноземов – 43% от всей площади пашни. Определено содержание гумуса в пахотном слое зональных почв. Низкое содержание гумуса имеют агроземы текстурно-карбонатные, а агрочерноземные почвы – среднее. За последние годы в почвах пашни Тувы снижается их плодородие. Установлено, что запасы гумуса в агропочвах региона в основном низкие.

Ключевые слова: агрочерноземы, агроземы, почва, пашня, гумус, запасы гумуса.

Тува – горный регион, поэтому распределение почв на его территории в значительной степени определяется характером рельефа. Степи здесь располагаются по днищам межгорных понижений, т.е. отдельные массивы степей разобщены горными рельефами. Климат на степных территориях резко континентальный. Среднегодовая температура в тувинских степях отрицательная, что существенно отличает их от степей Европейской равнины и Казахстана, но сближает со степями Средней и Восточной Сибири.

Степной почвенный покров во второй половине XX в. подвергался интенсивному сельскохозяйственному использованию, что привело к повышенному проявлению деградационных процессов. Это привело к нарушению сложившегося в почвах естественного равновесия, в результате чего количественно снизилось содержание гумуса. Поэтому получение современных материалов состояния сельскохозяйственных земель является актуальным.

Цель исследований – изучение содержания и запасов гумуса в пахотном слое почв Тувы.

Объекты и методы исследований. Исследования проводились на агрочерноземных и агроземных почвах сельскохозяйственного использования Тувы. По данным содержания гумуса в верхнем слое определили гумусовое состояние пахотных почв [1]. Для достоверности полученных данных выполнена статистическая обработка по программе Statistica.

Результаты исследований и их обсуждение. В Туве пространственное распределение почв подчиняется закономерностям вертикальной поясности и широтной зональности. Наиболее пониженные части республики (600–900 м) заняты каштановыми почвами. По мере нарастания высот и смены опустыненной степной растительности более богатых по видовому составу разнотравно-злаковых и злаково-разнотравных ассоциаций появляются черноземы. Основные массивы пахотнопригодных земель, долинных лугов и пастбищ расположены в межгорных и предгорных равнинах Центрально-Тувинской котловины, низких террасах крупных рек и их притоков.

Основной земельный фонд Республики Тувы составляют агроземы текстурно-карбонатные [2], которые занимают 43,7% от всей площади пашни. Агрочерноземы занимают 43%, из них на долю агрочерноземов дисперсно-карбонатных приходится 1,8%, агрочерноземов текстурно-карбонатных – 41,2%.

Оценивая качество агропочв, мы видим, что содержание гумуса в них подчиняется установленной И.В. Тюриным [3] закономерности. Изученные почвы по содержанию гумуса выстраиваются в следующий убывающий ряд: агрочернозем дисперсно-карбонатный > агрочернозем текстурно-карбонатный > агрозем текстурно-карбонатный. Ошибка средних значений параметра для этих почв находится в пределах 0,10–0,39. Стандартное отклонение в данных содержания гумуса наибольшее в ряду показателей агрочерноземов дисперсно-карбонатных, а наименьшее – в агроземах текстурно-карбонатных.

Содержание гумуса в пахотных почвах по районам республики сильно варьирует от 4,7% в Пий-Хемском районе до 1,3% в Эрзинском районе. Очень низкое содержание гумуса менее 2,0% в агропочвах наблюдается в 5 районах, низкое (2–4%) – в 6 районах и среднее (более 4%) – в 3 районах республики (рис. 1). Это

обусловлено тем, что в районах республики различные условия почвообразования и различное соотношение типов почвенного покрова на землях сельскохозяйственного использования.

В пахотных почвах степных и сухостепных природно-климатических зонах Тувы наблюдается постепенное снижение гумуса по годам мониторинга, и только в лесостепи плодородие сохраняется. Причина снижения гумуса состоит в том, что до 90% пашни подвержено ветровой эрозии, а также не соблюдаются технологии возделывания сельскохозяйственных культур и не вносятся минеральные и органические удобрения.

Наши исследования подтверждаются материалами В.М. Соловьевой, В.В. Хуурак [4], за последний период агрохимического обследования содержание гумуса в пахотных почвах низкое и очень низкое на 72% от общей площади пашни, среднее – 23%, повышенное и высокое – 5%. В черноземе обыкновенном (агрочерноземе дисперсно-карбонатный) среднее содержание гумуса 4,55%, черноземе южном (агрочерноземе текстурно-карбонатный) 3,65%, лугово-черноземной (агрочерноземе гидрометаморфизованный) 3,95%, темно-каштановой (агрочерноземе текстурно-карбонатный) 3,04%, каштановой (агроземе текстурно-карбонатный) 1,72%, лугово-каштановой (агроземе текстурно-карбонатный гидрометаморфизованный) 2,30%, аллювиальной остепненной (агросветлогумусовая аллювиальная) 2,69%.

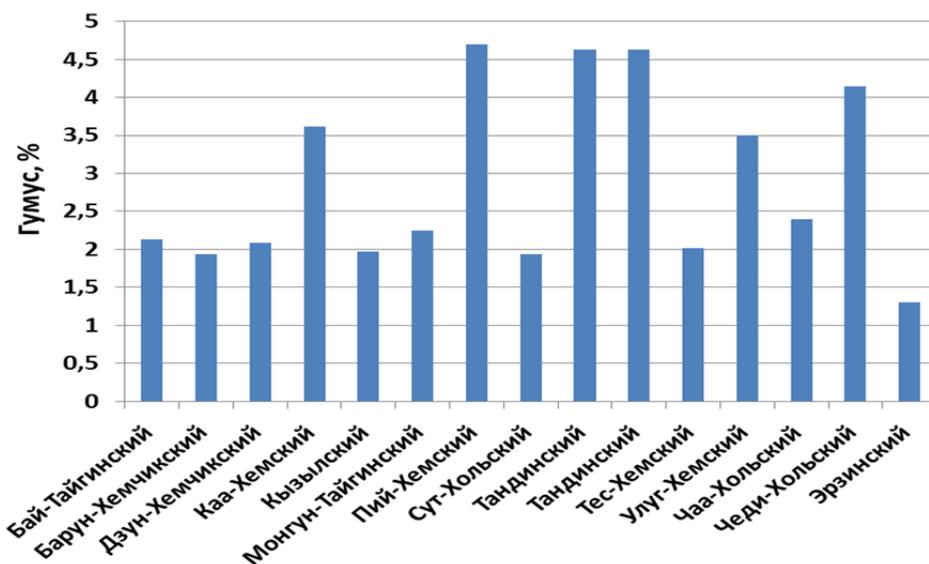


Рис. 1. Содержание гумуса в агропочвах республики

В агропочвах региона запасы гумуса в пахотном слое коррелируют с содержанием гумуса. В агрочерноземе дисперсно-карбонатном запасы гумуса в слое 0–20 см равны 104 т/га, в агрочерноземе текстурно-карбонатном – 90 т/га, в агроземе текстурно-карбонатном – 53 т/га. Запасы гумуса в пахотном слое почв лесостепи выше, чем в степи и сухостепи.

В соответствии с системой показателей гумусового состояния почв [1] отметим, что в лесостепной зоне 94% почв имеют средние запасы гумуса, а 6% – низкие. Все почвы степной и сухостепной зон характеризуются низким и очень низким содержанием органического вещества и запасами гумуса в пахотном слое. Это связано с тем, что на сельскохозяйственной территории в степной и сухостепной зонах преобладают агроземы текстурно-карбонатные легкого гранулометрического состава с низким содержанием гумуса, которые подвержены ветровой эрозии.

Таким образом, наиболее низкие значения содержания и запасов гумуса характерны для ксероморфных почв степи и сухой степи, а средние – для лесостепи Тувы. Современные подходы в ландшафтном земледелии должны базироваться на системе оптимизации питания возделываемых растений и повышении плодородия почв как за счет минеральных, так и за счет органических и зеленых удобрений, что практически мало применяется в регионе.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ № 19-29-05208 мк.

Литература

1. Гришина Л.А., Орлов Д.С. Система показателей гумусного состояния почв // Проблемы почвоведения. М., 1978. С. 42–47.
2. Жуланова В.Н., Лопсан А.С. Оценка плодородия почв сельскохозяйственной территории Центрально-Тувинской котловины // Бюллетень науки и практики. Электрон. журн. 2018. Т. 4, № 1. С. 82–86. URL: <http://www.bulletennauki.com/zhulanova> (дата обращения 15.01.2018). DOI: 10.5281/zenodo.1147011.
3. Тюрин И.В. Органическое вещество и его роль в плодородии. М.: Наука, 1965. 320 с.
4. Соловьева В.М., Хуурак В.В. Агротехническая характеристика почв республики по итогам VI тура // Научное обеспечение АПК аридных территорий Центрально-Азиатского региона: Мат. междунар. конфер. Новосибирск, 2008. С. 277–282.

Assessment of the quality of Tuva agricultural soils

V.N. Zhulanova

The article deals with soil fertility for agricultural use. The structure of the soil cover of the region is considered, where the share of texture-carbonate agroze-misms is 43.7%, and agro-chnozems – 43% of the total area of arable land. The content of humus in the arable layer of zonal soils was determined. Low humus content have texture-carbonate agroze-misms, and agro-chnozems soils – medium. In recent years, the soil of Tuva's arable land has decreased its fertility. It was found that humus reserves in the agro-soils of the region are generally low.

Сравнительный анализ химического состава педогенных новообразований как элемента реконструкции среды прошлого

А.Е. Зеленцова¹, А.Н. Никифоров^{1,2}

¹ *Национальный исследовательский Томский государственный университет, г. Томск*

² *Институт мониторинга климатических и экологических систем СО РАН, г. Томск, a.nik-n@mail.ru*

Полученные данные позволяют охарактеризовать конкреционные формы педогенных новообразований южно-таежной подзоны с позиции эволюции почв и ландшафтов через отдельные показатели. Динамика климата накладывает отпечаток на протекающие процессы, в результате чего могут происходить изменения хода и направленности почвообразования. Сравнительный анализ свойств и состава новообразований, в значительной степени, может выступать в качестве одного из способов реконструкции среды прошлого.

Ключевые слова: *почвенные новообразования, физико-химические свойства, генезис, палеореконструкция.*

Под новообразованиями почв понимают морфологически оформленные выделения и скопления вещества в минеральной массе, отличающиеся от вмещающего их почвенного материала по составу и сложению, и являющиеся следствием почвообразования. По своему пространственному положению они могут быть межпедными и внутripедными [3], и почти всегда выступают неотъемлемым элементом почвенного профиля и его отдельных горизонтов. Особенности их генезиса и морфологии тесно связаны с происхождением, развитием и эволюцией почв, свойствами вмещающих горизонтов, характером почвообразующих пород, степенью гидроморфизма и другими локальными особенностями [1].

Объектами исследования послужили конкреционные карбонатные и железисто-марганцевые почвенные новообразования степной, подтаежной и южно-таежной зон Западной Сибири, рассмотренных на примере Алтайского края и Томской области, в сравнении с почвенными неконкреционными новообразованиями типичных засоленных ландшафтов Казахстана.

Физико-химические свойства почвенных новообразований определяются характером, а также годовой и сезонной динамикой водного режима, типом почвообразующих пород, геоморфологическим положением почвы и некоторыми другими факторами. Наиболее полные представления о генезисе и эволюции почв и отдельных ее морфологических элементов дают результаты аналитических исследований.

В рассматриваемом ключе к наиболее показательной, с точки зрения эволюции, характеристике можно отнести состав водной вытяжки. Другие физико-химические свойства лишь обобщают представления о генезисе конкреций. Так, сравнивая количество карбонатов и показатель рН, между этими величинами не было выявлено четкой взаимосвязи. Из этого следует, что увеличение доли карбонатов не связано с возрастанием значений актуальной кислотности. Все исследова-

дуемые образцы характеризуются варьированием показателя актуальной кислотности в границах от нейтральной, до щелочной. Особый интерес, в этом отношении, вызывают железисто-марганцевые конкреции южно-таежной подзоны, формирующиеся в кислых и кислых глеевых ландшафтах, но имеющие слабощелочные значения рН. Это может быть связано с прохождением почв этой территории стадии степного почвообразования.

По общему относительному содержанию легкорастворимых солей судят о степени засоления [2]. Однако, в настоящей работе применение этого анализа связано с проявлением нетипичных морфологических признаков почв исследуемой территории (высокой границей карбонатного пояса и потечностью гумуса), что, на наш взгляд, может быть связано с остаточной солонцеватостью, а, следовательно, с возможной эволюцией почв подтаежной и южно-таежной подзон через галогенную стадию.

Анализ исследуемых образцов конкреций, в сравнении с почвами типичных засоленных ландшафтов Казахстана показал, что содержание легкорастворимых солей при движении в сторону гумидизации климата практически не меняется, а в некоторых случаях степень засоления даже возрастает. В целом можно отметить более низкую долю участия легкорастворимых солей в железисто-марганцевых новообразованиях подтайги и южной тайги, что обусловлено различием и спецификой условий формирования.

Более детальная характеристика степени засоления показывает, что содержание легкорастворимых солей в анализируемых неконкреционных формах карбонатов Казахстана составляет 1,69% от общей навески, конкреционные формы карбонатов Алтая – 1,57%, окарбоначенные ядра моллюсков южно-таежной зоны Томской области – 1,53%, что, по сути, подтверждает стадию рассоления. Однако есть варианты, выбивающиеся из общей картины, к которым можно отнести карбонатные журавчики южно-таежной и подтаежной подзон Томской области. Крупные конкреции связаны генезисом с почвами, в профиле которых проявляются признаки реликтового педогенеза. Для их профиля характерна четкая ореховато-призматическая плотная структура, с обильными гумусовыми лакировками, собственными горизонтам солонцеватых почв [4].

В отдельных случаях доля легкорастворимых солей в железистых и железисто-марганцевых конкрециях подтайги и южной тайги превышает содержание в сравниваемом образце и составляет 1,86%, что так же может указывать на галогенную стадию эволюции почв исследуемой территории.

Исследуемые новообразования можно разделить по доли участия солей на сильнозасоленные (0,5–1,2%) и осолончакованные (>1,2%), на фоне слабозасоленного или незасоленного почвенного мелкозема.

Ионный состав позволяет оценить химизм засоления (рис. 1), который в исследуемых образцах можно точно определить далеко не во всех случаях. На наш взгляд это связано с большей интенсивностью проявления процессов выщелачивания отдельных, наиболее мобильных ионов, что приводит к затруднению классифицировать образцы с точки зрения засоления. Образцы с четко определяемым химизмом засоления соответствуют хлоридно-содовому его типу, рассекая все почвенно-климатические подзоны.

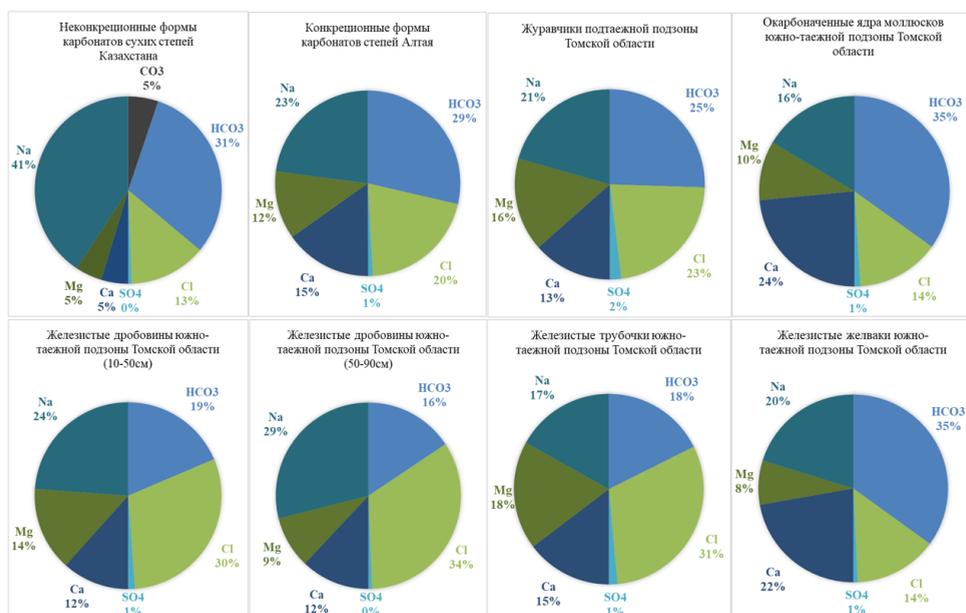


Рис. 1. Анионно-катионный состав исследуемых почвенных новообразований

Отметим, что новообразования, особенно конкреционные их формы, часто депонируют многие элементы, в том числе биофильные. Карбонатные новообразования часто выступают геохимическими барьерами на пути миграции почвенного органического вещества, а следовательно, и других элементов биофилов, большая часть их которых включена в комплексы гумусовых веществ. Железистые и железисто-марганцевые новообразования характеризуются довольно высокой долей биогенных элементов в своем составе. Так, содержание органического углерода в исследуемых образцах варьирует в довольно широком диапазоне от 0,18 до 1,11%, валового азота от 0,01 до 0,44%, валового фосфора от 0,04 до 0,78%, подвижные формы элементов питания характеризуются более низкими значениями.

Таким образом, ландшафтные условия и геохимические особенности оказывают огромное влияние на физико-химические свойства как почв в целом, так и почвенных новообразований. Не смотря на четко выявляемую тенденцию увеличения содержания легкорастворимых солей от умеренно-влажных областей к засушливым, на территории подтайги и южной тайги встречаются конкреционные формы новообразований с довольно высокой долей участия водорастворимых веществ, указывающих на реликтовый галогенез.

Литература

1. Зайдельман Ф.Р. Генезис и экологические основы мелиорации почв и ландшафтов: учебник. М.: КДУ, 2009. 720 с.
2. Зайдельман Ф.Р. Мелиорация почв. М.: Изд-во МГУ, 1987. 304 с.

3. Орлов Д.С., Садовникова Л.К., Суханова Н.И. Химия почв М.: Высшая школа, 2005. 561 с.
4. Уфимцева К.А. Почвы южно-таежной подзоны Западно-Сибирской низменности // Почвоведение. 1970. № 4. С. 13–24.

Comparative analysis of the chemical composition of pedogenic neoplasms as an element of reconstruction of the environment of the past

A.E. Zelencova, A.N. Nikiforov

The study of the properties and composition of soil neoplasms, especially concretions forms, can be attributed to relevant and promising studies. In conditions of modern climatic fluctuations, pedogenic nodules can serve as indicators reflecting the dynamic changes in the natural environment of the past. In this regard, they, along with other components, can be used for paleoreconstruction.

УДК 631.452

Агроэкологические особенности горно-серо-коричневых почв Гусар-Гонагкендского кадастрового района Азербайджана

С.Ш. Исаева

Бакинский государственный университет, г.Баку, seta_13@mail.ru

Горно-серо-коричневые почвы, являющиеся одним из основных типов почв Гусар-Гонагкендского кадастрового района, интенсивно используются в сельском хозяйстве республики. Для определения нынешнего состояния плодородия изучаемых земель были проведены почвенно-полевые исследования в 2014–2016 гг. и взяты 14 почвенных разрезов по подтипам горно-серо-коричневых почв, распространенных на территории кадастрового района. Физико-химический анализ взятых образцов проводился по общепринятым методикам. Согласно полученным результатам, наибольшее плодородие имеют горно-серо-коричневые темные почвы (содержание гумуса – 2,32–4,47%).

Ключевые слова: *горно-серо-коричневые почвы, показатели плодородия, гумус.*

Горные серо-коричневые почвы Гусар-Гонагкендского кадастрового района Азербайджана распространены в низкогорных и предгорных зонах на высоте 200–600 м над уровнем моря и развиты преимущественно под горно-ксерофитной и сухостепной растительностью [1]. Горно-серо-коричневые почвы формируются в основном на осадочных породах, их конгломератах, на продуктах выветривания мелового и третичного периода.

По Г.А. Алиеву [2], горные серо-коричневые почвы Большого Кавказа представлены тремя подтипами: темные, обыкновенные и светлые. На основе составленной почвенной карты территории в Гусар-Гонагкендском кадастровом районе горные серо-коричневые почвы распространены на площади 40 566 га (8,94% от общей площади): из них 6 000 га – горно-серо-коричневые темные, 15 240 га – горно-серо-коричневые обыкновенные, а 9 762 га – горно-серо-коричневые светлые почвы [3].

Горно-серо-коричневые темные почвы. Эти почвы широко распространены в верхних частях сухостепной зоны, ниже горно-лесостепной зоны и характеризуются темным цветом, мощным гумусовым слоем и зернисто-комковатой структурой. Профиль всех горно-серо-коричневых темных почв характеризуется мощным слоем гумуса (30 см), который связан с рельефом местности, а его механический состав и химические свойства зависят, как от общих экологических условий, так и от литологического состава материнских пород.

Количество общего гумуса в горно-серо-коричневых темных почвах исследуемой территории колеблется в пределах 2,32–4,47% в верхних слоях, запас гумуса в 1 м слое составляет 183 т/га. Соответственно, запас валового азота в полуметровом слое почвы составлял 13,55 т/га, а фосфора – 12,26 т/га. Профиль большинства этих почв имеют карбонатную структуру, а на участках, которые в прошлом были под лесами, карбонаты смыты. На склонах северной экспозиции в верхних слоях содержание карбонатов малозначительна, а в нижних слоях его содержание достигает 20–25%. Соответственно, реакция почвенного раствора на северо-восточных склонах – нейтральная, а в карбонатных почвах западных склонов – слабощелочная (7,9). Гранулометрический состав горно-серо-коричневых темных почв в западной части более легкий, слегка глинистый и суглинистый – 30,88%, а в восточной части глинистый – 50,24%, содержание илистых частиц (<0,001 мм) колеблется в пределах 14,35–22,07% соответственно. Малое количество сухого остатка (0,07–0,2%) в верхних слоях указывает на отсутствие признаков засоления в этих почвах [4].

Горно-серо-коричневые обыкновенные почвы. В горной части, на относительно влажных северных склонах Большого Кавказа, развивались серо-коричневые обыкновенные почвы с мощным мелкозернистым профилем. Количество общего гумуса и азота в этих почвах меньше, чем в горно-серо-коричневых темных почвах – в верхнем 0–20 см слое содержание гумуса составляет 2,18–4,01%, общего азота 0,20–0,28%, общего фосфора 0,18–0,25% (таблица). Иллювиально-карбонатный горизонт расположен в нижних слоях почвенного профиля. Количество карбонатов в слое 0–100 см составляет 8,55–15,86%. На довольно крутых, сухих южных склонах сформировались обыкновенные скелетные почвы с относительно узким гумусовым профилем и слегка приподнятым карбонатно-иллювиальным горизонтом.

Толщина гумусового горизонта уменьшается в примитивных горных серо-коричневых почвах крутых склонов; скелетность проявляется с 50–70 см. Количество гумуса и азота постепенно уменьшается по профилю и наблюдается до 50–70 см. Эти земли в основном встречаются в районах Шабрана и Сиязани. Количество поглощенных оснований указывает на то, что горные серо-коричневые обыкновенные почвы обладают высокой поглощательной способностью, среди поглощенных катионов Ca^{+2} составляет 80–90%, Mg^{+2} – 10–15% и Na^{+} – 1–4%.

По результатам анализа водной вытяжки, показатели сухого остатка (0,15–0,22%) указывают на то, что горно-серо-коричневые почвы слабо засолены. В связи с тем, что профиль полностью карбонатный, реакция почвенной среды слабо щелочная – 7,6–8,2. В субтропическом климате наблюдается резкий контраст гидротермических условий с переходом от полувлажного к сухому климату, что

приводит к сильной оглиненности и выветривания почвы (<0,01 мм – 32,48–57,20%), но по сравнению с горно-коричневыми почвами в горно-серо-коричневых почвах этот процесс меньше ощущается, а интенсивность процесса выветривания продуктов почвообразования относительно низкая [5]. Эти почвы обладают хорошими водно-физическими свойствами: количество водостойких агрегатов >0,25 мм составляет – 42–50%, пористость – 48–56%, водопроницаемость – 2–5 мм, гигроскопическая влажность – 4,3–4,8%.

**Показатели плодородия горно-серо-коричневых почв
Гусар-Гонагкендского кадастрового района**

Показатели	Горно-серо-коричневые темные		Горно-серо-коричневые обыкновенные		Горно-серо-коричневые светлые	
	Интервал	М	Интервал	М	Интервал	М
Гранулометрический состав, %, 0–100 см						
<0,01 мм	30,88–50,24	42,80	32,48–57,20	46,58	41,72–65,10	55,36
<0,001 мм	14,35–22,07	18,24	17,96–28,12	21,68	17,14–30,26	23,24
Гумус, %	2,32–4,47	3,71	2,18–4,01	3,06	2,06–3,21	2,58
0–20 см						
0–50 см	2,08–3,17	2,80	1,37–2,58	1,92	1,12–2,00	1,45
0–100 см	1,05–1,90	1,39	0,83–1,41	1,02	0,75–1,44	0,96
Азот, %	0,21–0,31	0,25	0,20–0,28	0,23	0,15–0,21	0,18
0–20 см						
0–50 см	0,18–0,25	0,21	0,16–0,25	0,19	0,12–0,20	0,16
Фосфор, %	0,19–0,25	0,22	0,18–0,25	0,20	0,15–0,20	0,17
0–20 см						
0–50 см	0,16–0,21	0,19	0,13–0,20	0,16	0,10–0,20	0,14
СПО мг-экв на 100 г почвы	25,42–42,36	31,04	25,87–34,23	29,32	19,70–30,58	23,85
0–20 см						
0–50 см	23,88–37,10	29,74	23,50–32,60	27,51	19,18–31,05	23,48
pH, 0–100 см	7,1–7,9	7,5	7,6–8,2	7,9	7,8–8,3	8,1
CaCO ₃ , %	7,85–16,48	10,17	8,55–15,86	12,56	10,70–21,19	15,34
Гигроскоп. влажн., %	4,5–5,4	4,9	4,3–4,8	4,6	4,0–4,7	4,4
Плотный остаток, %	0,07–0,20	0,15	0,15–0,22	0,18	0,15–0,25	0,21

Горно-серые коричневые светлые почвы. Эти почвы широко распространены к востоку от плато Алтиагадж, в районе Сиязани. Горно-серо-коричневые светлые почвы по морфологическим признакам и физико-химическому составу очень похожи на горно-серо-коричневые обыкновенные почвы. Эти почвы характеризуются относительно небольшим количеством органических веществ и малым количеством легкорастворимых солей [6].

Гумусовый слой горно-серо-коричневых светлых почв, распространенных к востоку от реки Гильгильчай, сильно размытые и слабощелочные. Количество гумуса в верхнем слое этих почв составило 2,06–3,21% и постепенно уменьшалось вниз по профилю. Отношение гумуса к азоту в почве (6–7) является характерной чертой серо-коричневых почв.

Эти почвы насыщены основаниями, содержание поглощенных оснований в верхнем слое составило 19,70–30,58 мг-экв, в слое 0–50 см – 19,18–31,05 мг-экв. Высокое содержание Mg^{2+} (20–35%) в составе поглощенных оснований в нижних слоях почв, распространенных в Губа-Гусарском районе указывает на преобладание магниевой засоленности в этих землях, что обусловлено твердостью горно-серо-коричневых светлых почв этой зоны [4]. Все эти почвы карбонатные, не выщелоченные, карбонаты встречаются уже с верхних слоев. Количество $CaCO_3$ в слое 0–100 см составляет 10,70–21,19%. Соответственно, водный раствор светло-горно-серо-коричневых почв является щелочным, а значение pH колеблется в пределах 7,8–8,3. Согласно анализу механического состава, эти почвы являются легко- и среднеглинистыми и становятся более тяжелыми к нижним слоям. По результатам анализа полной водной вытяжки эти почвы слабо засолены – 0,15–0,25%; хотя количество сухого остатка в глубоких слоях этих почв слегка увеличивается, но, учитывая наклон склона, мы не наблюдаем опасности сильного засоления.

По результатам наших полевых и лабораторных исследований можно сказать, что горно-серо-коричневые почвы Гусар-Гонагкендского кадастрового района в основном среднеплодородны. Учитывая, что эти земли широко используются под многолетними насаждениями, зерновыми и овощными культурами, для повышения уровня плодородия горно-серо-коричневых почв необходимо систематическое и правильное применение агротехнических и мелиоративных мероприятий.

Литература

1. Мамедова С.З., Мамедов Г.Ш. Почвы Азербайджана и их рациональное использование // Труды Общества Почвоведов. Баку, 2005. Т. X. С. 72–87.
2. Алиев Г.А. Почвы Большого Кавказа. Ч. 2. Баку: Элм, 1994. 309 с.
3. Исаева С.Ш. Земельный фонд Гусар-Гонагкендского кадастрового района. Юный исследователь // Научно-практический журнал. 2018. Т. IV, № 2. С. 103–108.
4. Бабаев М.П., Джафаров А.М., Джафарова Ч.М. Современный почвенный покров Большого Кавказа. Баку: Элм, 2017. 345 с.
5. Ашыров М.М. Пути восстановления плодородия эродированных почв северо-восточного склона Большого Кавказа: автореф. дис. ... канд. биол. наук. Баку, 2015. 20 с.
6. Мамедов Г.Ш., Гулиев В.А. Оценка почв северо-восточной земледельческой зоны Азербайджана. Баку: Элм, 2002. 60 с.

Agroecological features of mountain-gray-brown soils of the Gusar-Gonagkend cadastral region of Azerbaijan

S.Sh. Isayeva

Mountain-gray-brown soils, which are one of the main types of soils of the Gusar-Gonagkend cadastral region, are intensively used in the agriculture field of the republic. To determine the current state of fertility of the studied soils, soil and field studies were carried out in 2014-2016 and 14 soil samples were taken from subtypes of mountain-gray-brown soils spread over the territory of the cadastral region. Physico-chemical analysis of the samples was conducted by generally accepted methods. According to the results, dark mountain-gray-brown soils (humus content of -2.32-4.47%) have the highest fertility.

Свойства вермикомпоста, полученного на пищевых отходах

Е.В. Каллас, Н.С. Глибина, А.С. Бабенко

*Национальный исследовательский Томский государственный университет,
г. Томск, lkallas@sibmail.com*

Изучены свойства вермикомпоста, полученного на основе пищевых отходов. Показаны обогащенность его органическим веществом (46%), валовыми и подвижными формами азота (2,13% и 345 мг/100 г соответственно) и фосфора (0,63% и 500 мг/100 г), высокая щелочность ($pH = 9,18$). Уровень накопления поглощенных катионов соответствует агропочвам. Состав гумусовых веществ близок к таковому для черноземных почв. Содержание гуминовых кислот более чем в 2 раза превышает долю фульвокислот, тип гумуса гуматный, в составе гуминовых кислот доминируют гуматы кальция.

Ключевые слова: *вермикомпост на пищевых отходах, агрохимические свойства, фракционно-групповой состав гумуса.*

Биоудобрения, полученные путем вермикомпостирования, всё шире применяются в области растениеводства, особенно в странах Европы и Азии, в Америке. Чаще всего вермикультивирование проводят с использованием разных видов навоза, пищевые отходы применяются редко. Однако этот источник для производства биоудобрений является не только экологически выгодным, безопасным для растениеводческой продукции, но и экономически, поскольку позволяет попутно решать еще одну важную проблему – утилизацию органических отходов, в огромных количествах образующихся в процессе жизнедеятельности человека.

Наиболее ценным компонентом органических удобрений, и вермикомпостов в том числе, являются гуминовые кислоты (ГК), оказывающие стимулирующий эффект на рост, развитие и продуктивность растений и обладающие биопротекторными свойствами [1]. Выделяют следующие механизмы и пути влияния гуминовых кислот на живые организмы: активизация синтеза белков в клетках [2], воздействие на скорость электронно-донорно-акцепторных реакций, взаимодействие с мембранами клеток и влияние на биохимические процессы [3], проникновение ГК внутрь клеток и взаимодействие их с внутриклеточными компонентами [4, 5]. В зарубежной литературе имеется обширный ряд работ по оценке влияния гуминовых препаратов, полученных из различного сырья (торфов, вермикомпостов и др.) на рост и продуктивность растений [6–8]. Широко обсуждаются и вопросы по агрохимической характеристике биопрепаратов, полученных путем вермикомпостирования на различных субстратах. Однако материалы по свойствам вермикомпостов на основе пищевых отходов, особенно касающиеся качественного (фракционно-группового) состава их гумусовых веществ, в научной литературе практически не встречаются, указывается лишь общее содержание органического углерода. Отсутствие информации по этому вопросу определяет актуальность данного исследования.

Цель работы – выявить качественный состав системы гумусовых веществ и общие агрохимические свойства вермикомпоста, полученного на основе пищевых отходов.

Материалы и методы. Объектом исследований послужил вермикомпост, полученный методом переработки (в течение 8 месяцев) пищевых отходов калифорнийским червем *Eisenia Andrei Bouche* по технологии «домашних контейнеров». Для приготовления вермикомпоста использовали пищевые отходы растительного происхождения углеродного типа (в отличие от азотного типа разных видов навоза): кожуру бананов, моркови, свеклы, остатки фруктов, кабачков, тыквы, а также чая и кофе. В контейнерах с червями и пищевым субстратом поддерживалась оптимальная температура 20–25°C, влажность среды 85–90%, соблюдались аэробные условия (регулярно проводилось рыхление субстрата для насыщения его кислородом). После 8-месячного компостирования полученный вермикомпост был освобожден от червей, высушен и пропущен через сито с отверстиями диаметром 3 мм.

Для характеристики свойств вермикомпоста определялись следующие показатели:

- рН водной вытяжки – потенциметрически [9];
- содержание органического углерода – по И.В. Тюрину в модификации В.А. Никитина [10];
- содержание валового азота – по Анстетту, легкогидролизуемого азота – по Шконде–Королевой [11];
- содержание валового фосфора – по Гинзбург, Щегловой, Вульфиус [12], подвижного фосфора – по Кирсанову фотоколориметрическим методом [9];
- содержание поглощенных оснований (Ca^{2+} , Mg^{2+}) по методу Каппена–Гильковица [9];
- качественный состав гумуса по И.В. Тюрину в модификации В.В. Пономаревой и Т.А. Плотниковой [13].

Результаты исследования. Анализ вермикомпоста, полученного на основе пищевых отходов показал, что он имеет высокое содержание органического углерода – 23% (в пересчете на гумус 46%), в том числе количество наиболее ценного компонента биоудобрения – гуминовых кислот – достигает 8%. По содержанию органических веществ исследованный вермикомпост сопоставим с вермикомпостами на основе навоза КРС (таблица). Вермикомпосты, как правило обогащены элементами питания растений. Содержание валовых форм азота и фосфора в изученном биоудобрении превышает 2 и 0,6% соответственно, что существенно выше, чем в агропочвах, а также вермикомпостах, полученных при переработке конского навоза, чая и кофе (таблица).

О высокой удобрительной ценности вермикомпоста на основе пищевых отходов свидетельствует узкое отношение С:N, равное 10,91. Из практики агрохимии известно, что чем меньше С:N и выше содержание азота в удобрении, тем сильнее его действие, при этом не возникает азотного голодания растений даже на ранних стадиях развития.

Свойства вермикомпостов, полученных на основе различных органических отходов

Вермикомпосты	С, % Гумус, %	Азот		Фосфор		pH _{вод}	Поглощенные основания, мг-экв/100 г		
		Валов. %	Легкогид. мг/100 г	Валов. %	Подв. мг/100 г		Ca ²⁺	Mg ²⁺	Сумма
На основе пищевых отходов	<u>23,25</u> 46,50	2,13	345,0	0,63	500,0	9,18	26,0	8,0	34,0
На основе конского навоза [14]	Нет данных	0,55	12,2*	0,56	306,0	6,30	Нет данных		
На основе конского навоза [15]	<u>18,50</u> 37,00	1,16	Нет данных	0,45	Не опр.	7,73	Нет данных		
На основе птичьего помёта [14]	Нет данных	0,75	12,5*	0,84	459,0	8,00	Нет данных		
На основе навоза КРС [14]	Нет данных	2,04	263,0*	1,53	837,0	7,60	Нет данных		
На основе навоза КРС [16]	<u>20,70</u> 41,40	3,80	Нет данных		21,3	7,30	14,3	4,3	18,6
На основе навоза КРС [17]	<u>12,20</u> 24,40	0,53	8,7	0,48	72,0	Нет данных			
На основе навоза МРС [17]	<u>17,42</u> 34,84	0,64	10,9	0,76	68,0	Нет данных			
На основе птичьего помета [16]	<u>19,65</u> 39,30	3,50	Нет данных		1,97	7,40	10,6	5,0	15,6
На основе чая и кофе [18]	<u>25,20</u> 50,40	1,21	221,0	0,50	20,0	7,20	35,3	6,17	41,47
На основе смешанных пищевых отходах [18]	<u>11,01</u> 22,02	0,53	Нет данных			7,10	24,9	11,5	36,4

* Содержание N-NO₃.

Велико содержание и подвижных соединений элементов-биофилов: 345 мг/100 г легкогидролизуемого азота и 500 мг/100 г подвижного фосфора. Сопоставление полученных результатов с литературными данными представляет большие трудности, так как используемые разными авторами методы определения неодинаковы и часто не указываются в их работах, а цифровой материал, характеризующий содержание элементов питания в подвижной форме, часто различается в разы даже для вермикомпостов, созданных на основе одного и того же органического субстрата. Так, в биоудобрении на основе навоза КРС содер-

жание подвижного фосфора, по данным Г.А. Соколова, О.Г. Красноберской, Л.Ю. Цивирко [14], составляет 837 мг/100 г, согласно Б.А. Мустафаеву, З.Е. Какежановой, А.Б. Кенжетаевой [17], – 72 мг/100 г, а по А.А. Алтаеву [16] – 21,3 мг/100 г. Анализ большого материала, имеющегося в научной литературе по агрохимической характеристике вермикомпостов на разных субстратах, свидетельствует о высоком содержании подвижных, легкодоступных форм азота и фосфора в полученном на основе пищевых отходов вермикомпосте, которое часто превышает таковое в биоудобрениях, созданных при вермикультивировании на других органических субстратах.

Важной агрохимической характеристикой является содержание поглощенных оснований. Уровень накопления Ca^{2+} и Mg^{2+} в вермикомпосте на пищевых отходах сопоставим с таковым для минеральных почв, в последних эти величины могут быть и выше. В сумме эти катионы в исследованном биоудобрении составляют 34 мг-экв/100 г. Материалы по количеству поглощенных оснований в вермикомпостах в научной литературе встречаются единично. Сопоставление полученных нами результатов с аналогичными данными О.В. Сенкевич с соавторами [18] для вермикомпоста на основе смешанных пищевых отходов показывает близкую картину: и в том, и в другом случае доля поглощенного кальция составляет 25–26 мг-экв/100 г, магния – 8–11 мг-экв/100 г, сумма их 34–36 мг-экв/100 г. Более высокое количество кальция содержится в вермикомпосте, полученном этими же авторами при переработке чая и кофе (таблица). Материалы А.А. Алатаева [16] свидетельствуют о значительно более низких (практически в 2 раза) величинах содержания поглощенных оснований в вермикомпостах на основе навоза КРС и птичьего помёта.

Лимитирующим свойством с точки зрения плодородия является высокая щелочность полученного вермикомпоста, величина рН водной вытяжки составила более 9 единиц, что требует тщательного подбора дозы этого удобрения при выращивании растений, особенно рассады в горшочках.

В полученном на основе пищевых отходов вермикомпосте определялся качественный состав системы гумусовых веществ, важнейшего компонента органических удобрений, определяющих их ценность как стимуляторов роста и развития растений, биопротекторов, регуляторов функционирования почвенной биоты. В научной литературе практически отсутствует информация о фракционно-групповом составе гуминовых и фульвокислот (ФК) вермикомпостов, полученных не только на основе пищевых отходов, но и на других органических субстратах.

Наши исследования показали, что состав гумусовых веществ в вермикомпосте на пищевых отходах во многом близок к составу самых плодородных почв – черноземов. Среди гидролизуемых форм гумуса значительно доминируют ГК, их доля превышает 33% от $S_{\text{общ}}$ и более чем в 2 раза превосходит долю ФК (14,66% от $S_{\text{общ}}$), отношение углерода ГК к углероду ФК равно 2,29 единиц, что позволяет отнести гумус к типу гуматного.

Во фракционном составе ГК устойчиво доминируют наиболее ценные гуматы кальция – 27,7% от $S_{\text{общ}}$, что составляет более 80% всех форм ГК. Доли

свободных бурых ГК (фракция 1) и связанных с минеральными компонентами ГК (фракция 3) невелики – 1,76% и 4,09% от $C_{\text{общ}}$ соответственно.

Среди ФК также доминирует фракция 2 – ФК, связанные с черными гуминовыми кислотами, их доля около 10% от $C_{\text{общ}}$. Относительное содержание остальных фракций низкое – 1,1–2,7% от общего органического углерода.

Заключение. Вермикомпост, полученный на пищевых отходах по технологии «домашних контейнеров», характеризуется высокой обогащенностью органическим веществом, валовыми и подвижными формами элементов питания растений, средним уровнем накопления обменных оснований. Анализ фракционно-группового состава гумусовых веществ свидетельствует о ценных качествах этого удобрения, что связано с высокой долей ГК, а в их составе гуматов кальция, играющих важнейшую роль не только в пищевом режиме, но и в создании благоприятных водно-физических свойств почв, благодаря структурообразующему эффекту. Однако вермикомпост обладает высокой щелочностью, что требует осторожного применения этого удобрения с использованием небольших доз, особенно при выращивании рассады в небольших сосудах и комнатных растений в горшочках, где объем субстрата ограничен. Вероятно, высокий эффект при использовании этого органического удобрения можно ожидать на кислых почвах.

Литература

1. Якименко О.С. Применение гуминовых продуктов в РФ: результаты полевых опытов (обзор литературы) // Живые и биокосные системы. 2016. № 18. URL: <http://www.jbks.ru/archive/issue-18/article-4>
2. Trevisan. S., Francioso O., Quaggiotti S., Nardi S. Humic substances biological activity at the plant-soil interface: From environmental aspects to molecular factors // Plant Signal. Behav. 2010. V. 5. № 6. P. 635–643. DOI: 10.4161/psb.5.6.1121.
3. Vaccaro S., Ertani A., Nebbioso A., Muscolo A., Quaggiotti S., Piccolo A., Nardi S. Humic substances stimulate maize nitrogen assimilation and amino acid metabolism at physiological and molecular level // Abstr. Chem. Biol. Technol. Agricult. 2015. V. 2, № 5. P. 1–12. DOI: 10.1186/s40538-015-0033-5.
4. Schiavon M., Pizzeghello D., Muscolo A., Vaccaro S., Francioso O., Nardi S. High molecular size humic substances enhance phenylpropanoid metabolism in maize (*Zea mays* L.) // J. Chem. Ecol. 2010. V. 36. P. 662–669. DOI: 10.1007/s10886-010-9790-6.
5. Воронина Л.П., Якименко О.С., Терехова В.А. Оценка биологической активности промышленных гуминовых препаратов // Агрехимия. 2012. № 6. С. 50–57.
6. Calvo P., Nelson L., Kloepper J.W. Agricultural uses of plant biostimulants // Plant and Soil. 2014. V. 383 (1). P. 3–41.
7. Rose M.T., Patti A.F., Little K.R., Brown A.L., Jackson W.R., Cavagnaro T.R. Meta-analysis and review of plant-growth response to humic substances: Practical implications for agriculture // Advances in Agronomy. 2014. V. 124. P. 37–89.
8. Canellas L.P., Olivares F.L., Aguiar N.O., Jones D.L., Nebbioso A., Mazzei P., Piccolo A. Humic and fulvic acids as biostimulants in horticulture // Scientia Horticulturae. 2015. V. 196. P. 15–27.
9. Аринушкина Е.В. Руководство по химическому анализу почв. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1970. 487 с.
10. Никитин В.А. Методика определения содержания гумуса в почве // Агрехимия. 1972. № 3. С. 130–132.

11. Агрохимические методы исследования почв. М.: Наука, 1975. 656 с.
12. Середина В.П., Спирина В.З. Химический анализ почв: учеб. пособие. Томск: Изд-во ТГУ, 2005. 82 с.
13. Методические указания по определению содержания и состава гумуса в почвах (минеральных и торфяных). Л., 1975. 105 с.
14. Соколов Г.А., Красноберская О.Г., Цивирко Л.Ю. Влияние переработки на изменение группового состава вторичного органического сырья // Вермикомпостирование и вермикультивирование как основа экологического земледелия в XXI веке: достижения, проблемы перспективы: сб. науч. тр. / ред. кол.: С.Л. Максимова [и др.]. Минск, 2013. С. 158–164.
15. Степанова Д.И., Григорьев М.Ф., Григорьева А.И. Влияние вермикомпоста и подкормок йодом на продуктивность огурца в условиях защищенного грунта арктической зоны Якутии // Вестник аграрной науки. 2019. № 2 (77). С. 47–53.
16. Алтаев А.А. Некоторые аспекты применения вермикомпостов на каштановых почвах республики Бурятия // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2007. № 10. С. 10–15.
17. Мустафаев Б.А., Какежанова З.Е., Кенжетаева А.Б. Переработка органических отходов, производство биогумуса – основа воспроизводства плодородия почв // Вестник ОмГАУ. 2012. № 4 (8). С. 30–34.
18. Сенкевич О.В., Антонов Г.И., Ульянова О.А., Хижняк С.В. Сравнительная оценка биологической активности вермикомпостов на основе отходов производств // Проблемы агрохимии и экологии. 2019. № 4. С. 75–80.

Properties of vermicompost based on food waste

E.V. Kallas, N.S. Glibina, A.S. Babenko

The properties of vermicompost obtained from food waste have been studied. Its richness with organic matter (46%), gross and mobile forms of nitrogen (2.13% and 345 mg/100 g, respectively) and phosphorus (0.63% and 500 mg/100 g), high alkalinity (pH=9.18) are shown. The level of accumulation of absorbed cations corresponds to agro-soils. The composition of humus substances is close to that of chernozem. The content of humic acids is more than 2 times higher than the proportion of fulvic acids, the type of humus is humate, calcium humates dominate in the composition of humic acids.

УДК 631.412: 631.438

Удельная активность естественных радионуклидов и валовое содержание тяжелых металлов в городских почвах

Д.А. Козырев, С.Н. Горбов, О.С. Безуглова,
Е.А. Буряева, С.С. Тагивердиев

Южный федеральный университет, г. Ростов-на-Дону, dinis.kozyrev@bk.ru

В работе исследованы почвы городских территорий как естественного сложения, так и испытывающих антропогенное воздействие. Изучали удельную активность естественных радионуклидов (^{226}Ra , ^{232}Th , ^{40}K), а также ее зависимость от валового содержания тяжелых металлов, с использованием ранговой корреляции Спирмена. Анализ результатов проводили по группам горизонтов: поверхностные и погребенные гумусово-аккумулятивные горизонты, подстилающие карбонатные горизонты.

Ключевые слова: *активность радионуклидов, тяжелые металлы, городские почвы, Ростовская агломерация.*

Содержание радионуклидов в почвах Ростовской агломерации было исследовано в рамках комплексного изучения экологического состояния территорий урболандшафтов. Городские почвы характеризуются высокой мозаичностью и неравномерностью профиля, щелочной реакцией среды, загрязнением различными токсическими веществами, а также значительным уплотнением [1]. Мониторинг активности радионуклидов в почвах городских территорий является важной составляющей экологического контроля состояния окружающей среды, а после событий на Чернобыльской АЭС определение содержания радионуклидов в почве стало неотъемлемой частью любых изысканий [2, 3]. Исследование поведения радионуклидов в почвах, их профильная миграция, закрепление и рост активности в почвенных горизонтах – все эти вопросы изучены недостаточно, отсюда становится ясна актуальность данных исследований [4].

Измерение удельной активности радионуклидов проводилось гамма-спектрометрическим методом радионуклидного анализа с использованием сцинтилляционного спектрометра «Прогресс-гамма». Тяжелые металлы (валовое содержание) определяли с использованием рентгенофлуоресцентного спектрометра Спектроскан МАКС-GV (пнд ф 16.1.42). Исследовали естественные и антропогенно-преобразованные почвы Ростовской агломерации. В выборку включены почвы, сформированные на лёссовидных суглинках водоразделов. Для удобства рассмотрения и анализа полученных результатов все горизонты были разделены на группы: URt (тяжелые по гранулометрическому составу урбиковые горизонты); URл (легкие по гранулометрическому составу урбиковые горизонты); AU – гумусово-аккумулятивные горизонты; [AU] – погребенные гумусово-аккумулятивные горизонты; карбонатные горизонты естественного сложения – ВСА и погребенные – [ВСА], С; [С] – лёссовидные суглинки.

При анализе полученных данных было выявлено, что показатель удельной активности тория и радия не дает достоверных корреляций с валовым содержанием тяжелых металлов. Естественный радионуклид ^{40}K в группе погребенных горизонтов ([AU]) проявляет положительную корреляцию практически со всеми изучаемыми металлами, на фоне отсутствия таких корреляций для дневных гумусовых горизонтов (AU). При рассмотрении группы аккумулятивно-карбонатных горизонтов (ВСА, [ВСА]) корреляция проявляет себя в группе открытых горизонтов, причем с совершенно рандомным знаком по каждому металлу (таблица).

В горизонтах ВСА отмечено наибольшее число достоверных корреляций. Интересно, что все корреляции в целом соответствуют законам обменной сорбции катионов в почве, согласно которым, элементы с более высокими степенями окисления в первую очередь замещают элементы с наименьшими степенями окисления.

В случае с ^{40}K элементы со степенью окисления +3 вначале замещают элементы со степенью +2. Такое поведение может быть объяснено тем, что данный элемент является более тяжелым изотопом.

Ранговая корреляция Спирмена между элементами валового химического состава почв и ⁴⁰K

Горизонты	V	Ni	Sr	MnO	SiO ₂	Al ₂ O ₃	TiO ₂	Fe ₂ O ₃	CaO	P ₂ O ₅	MgO	K ₂ O
AU n=41 p=0,05 Ткр=0,31	0,06	0,16	-0,1	0,35	0,25	0,15	0,22	0,24	-0,33	-0,32	-0,2	0,07
[AU] n=20 p=0,05 Ткр=0,45	0,55	0,59	-0,05	0,47	-0,09	0,51	0,4	0,57	-0,12	0,05	0,09	0,48
BCA n=27 p=0,05 Ткр=0,38	0,25	0,52	-0,53	0,5	0,5	0,43	0,52	0,57	-0,66	-0,12	-0,63	0,52
[BCA] n=18 p=0,05 Ткр=0,47	0,42	0,47	-0,47	0,51	0,21	0,42	0,44	0,43	-0,34	-0,22	-0,39	0,46
C n=13 p=0,05 Ткр=0,56	-0,09	0,44	-0,52	-0,15	-0,39	-0,03	-0,38	0,03	0,12	-0,45	-0,06	-0,33
[C] n=14 p=0,05 Ткр=0,54	0,14	0,19	-0,19	0,16	0,3	0,16	0,01	0,21	-0,37	-0,51	-0,27	0,44

В погребенных горизонтах [BCA] число достоверных корреляций резко снижается, возможно, причина кроется в изменении окислительно-восстановительных условий вследствие затрудненного газообмена в погребенном состоянии.

Исследование выполнено при государственной поддержке ведущей научной школы РФ (НШ-3464.2018.11) с использованием оборудования ЦКП «Биотехнология, биомедицина и экологический мониторинг» Южного федерального университета.

Литература

- Gorbov S.N., Abrosimov K.N., Bezuglova O.S., Skvortsova E.B., Romanenko K.A., Tagiverdiev S.S. Use of tomographic methods for the study of urban soil properties // Urbanization: Challenge and Opportunity for Soil Functions and Ecosystem Services. 2018. P. 249–259. URL: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-319-89602-1_30.
- Козырев Д.А., Горбов С.С., Безуглова О.С., Бураева Е.А., Тагивердиев С.С. Удельная активность радионуклидов в естественных и антропогенно-преобразованных почвах Ростовской агломерации // Актуальные вопросы экологии и природопользования: сборник материалов / отв. ред. К.Ш. Казеев. Ростов-на-Дону; Таганрог: Издательство Южного федерального университета, 2019. С. 85–88.
- Buraeva E.A., Bezuglova O.S., Stasov V.V., Nefedov V.S., Dergacheva E.V., Goncharenko A.A., Martynenko S.V., Goncharova L.Yu., Gorbov S.N., Malyshevsky V.S., Varduny T.V. Features of ¹³⁷Cs distribution and dynamics in the main soils of the steppe zone in the southern European Russia // Geoderma. 2015. № 259–260. P. 259–270. URL: <http://dx.doi.org/10.1016/j.geoderma.2015.06.014>.
- Tuovinen T.S., Roivainen P., Makkonen S., Kolehmainen M., Holopainen T., Juutilainen J. Soil-to-plant transfer of elements is not linear: results for five elements relevant to radioactive waste in five boreal forest species // Science of the Total Environment. 2011. № 410/411. P. 191–197.

Activity concentration of radionuclide and total content of heavy metals in city soil cover

D.A. Kozyrev, S.N. Gorbov, O.S. Bezuglova, E.A. Buraeva, S.S. Tagiverdiev

Native and anthropogenically transformed soil of the city have been investigated. The correlation between activity concentration of radionuclide and total content of heavy metals were derived by Spearman's Rank-Order Correlation. The study revealed that the activity concentration of thorium and radium doesn't provide reliable correlations with the total content of heavy metals. In contrast with humus horizon (AU), at the group of buried horizons, naturally occurring ^{40}K shows a positive correlation. At the carbonates-accumulating group of horizons (BCA, [BCA]) correlation has random sign by each of metals. The largest number of reliable correlations was observed in the group of horizons BCA.

УДК 631.484

Свойства глубокоподзоленных почв в очагах размножения уссурийского полиграфа на особоохряняемых природных территориях

М.Г. Комиссарова¹, А.Н. Никифоров^{1,2}

¹ Национальный исследовательский Томский государственный университет, г. Томск

² Институт мониторинга климатических и экологических систем СО РАН, г. Томск, a.nik-n@mail.ru

Получены данные, характеризующие закономерности формирования почв Ларинского ландшафтного заказника, в условиях инвазии уссурийского полиграфа. Важным фактором в изменении основных почвенных свойств является трансформация пихтовых лесов. Происходит смена напочвенного покрова и формирование более мощного гумусового горизонта, интенсификация процессов гумификации и минерализации, на фоне продолжающегося интенсивного подзолообразовательного процесса.

Ключевые слова: Ларинский заказник, серые глубокоподзоленные почвы, гумусонакопление, уссурийский полиграф.

Уссурийский полиграф является стволовым вредителем пихты, проникшим на территорию Западной Сибири с Дальнего Востока. В последнее время ареалы его распространения расширяются и согласно исследованиям [1], инвадлер распространен на территории 13 лесничеств Томской области, как в эксплуатационных, так и в защитных лесах. Местообитаниями могут выступать чистые пихтарники, искусственные насаждения пихты в населенных пунктах, равнинные и горные темнохвойные леса с участием пихты даже в виде небольшой примеси.

Особенностью инвазии является разнообразие экологических эффектов в сибирских темнохвойных лесах. Этот вид оказывает как прямое, так и косвенное негативное влияние на всю структуру древостоя, что, в конечном счете, ведет к трансформации биогеоценоза [2]. Усыхание древостоя приводит к формированию

крапивных фитоценозов, для которых характерно значительное количество травяного опада. Преобладание крапивы и резкое снижение мелкотравья сопровождается некоторыми изменениями свойств верхних горизонтов почвенного профиля.

Для изучения изменённых свойств почв, в пределах Томского района на территории пяти мониторинговых площадок Ларинского ландшафтного заказника, заложены почвенные разрезы, отражающие различную степень нарушенности коренных темнохвойных лесов под влиянием дендрофага. От почти ненарушенных участков (фоновых) с мелкотравным напочвенным покровом до погибших насаждений (сильнонарушенных) с абсолютным доминированием крапивы двудомной. В условиях, довольно резкого изменения компонентов биогеоценоза объектом исследования, послужил хроноряд почв, отражающий процессы статики и динамики свойств и режимов почвообразования.

Принадлежность выбранных объектов к отделу текстурно-дифференцированных почв [3] обусловлена процессом подзолообразования. Исследуемые почвы формируются в сложных ландшафтно-микrokлиматических условиях и расположены в границах северной части Томь-Колыванской складчатой зоны. В целом это платообразная, холмисто-увалистая равнина на исследуемом участке имеет значительный перепад высот. В среднем объекты исследования удалены от стационара на 400–450 м, с перепадом высот в 45–65 м. В связи с этим микrokлиматическими особенностями является широкий диапазон среднесуточных колебаний температур.

Химические и физико-химические свойства, указывают на изменение направления почвообразования от ненарушенного участка в сторону участков с возрастающей степенью деградации пихтовых насаждений. Рассматривая конкретные свойства, в частности содержание почвенного органического вещества, можно сделать вывод, что на увеличение его количественных параметров непосредственное влияние оказывает смена напочвенного покрова и формирование более продуктивного растительного сообщества.

Так, в почвенном разрезе (P1) фонового участка содержание органического углерода в верхнем минеральном горизонте составило 1,99%, а в турбированной почве (P5) средненарушенного участка оно возросло почти вдвое и составило уже 3,84%. Такие высокие значения содержания почвенного углерода могут быть связаны с транзитной позицией исследуемой почвы и миграцией и дополнительным привносом гумусовых веществ с повышенных элементов рельефа. Промежуточные значения содержания почвенного органического вещества, лежащие в интервале 2,49–2,66% и соответствуют почвам участков со слабой, средней и сильной степенью нарушения древостоя, занимающих пологие склоны и уступы, формируя тем самым базисы аккумуляции.

Изменения компонентов биоценоза привело к резкому повышению надземной фитомассы травяного яруса. Смены доминирующей группы видов с таежного мелкотравья на крапиву, привела к формированию поверхностных органогенных грубогумусовых горизонтов различной мощности. Имеющиеся данные [4] свидетельствуют о наложении на элювиальные горизонты современного гумусообразования за счет интенсивного преобразования мортмассы поверхностных горизонтов и миграции по профилю гумусовых веществ.

Профильное распределение почвенного органического вещества имеет тенденцию к резкому снижению его содержания в элювиальных горизонтах с последующим, постепенным уменьшением. Причинами такого распределения могут служить как оподзоливание, так и некоторый внутрисочвенный транзит веществ в различных направлениях.

При последовательной смене условий почвообразования от фонового участка в сторону участков с сильным нарушением древостоя, в составе обменных катионов начинает преобладать доля щелочных земель. При этом, на долю кальция приходится большая часть, а профильное распределение имеет некоторые особенности: высокие значения суммы обменных катионов в верхних горизонтах связаны с биогенным накоплением их в опаде; обедненность элювиальной части профиля объясняется влиянием поздолообразования; высокие значения в иллювиальной части обусловлены миграцией и аккумуляцией ила; значительные, а не редко и максимальные, значения в почвообразующей породе обусловлено их лессовидностью.

К менее динамичным свойствам почв относится гранулометрический состав, который в исследуемых почвах характеризуется довольно равномерным распределением фракций (рис. 1). Для большинства исследуемых почв характерно преобладание фракции мелкого песка, с постепенным увеличением к почвообразующей породе доли тонкодисперсных частиц. Накопление песчаных частиц в верхних частях профиля связано, вероятно, с их эоловым переносом и переотложением, а преобладание пылеватых и иловатых частиц в нижележащих горизонтах, с изначально более тяжелыми осадочными почвообразующими породами.

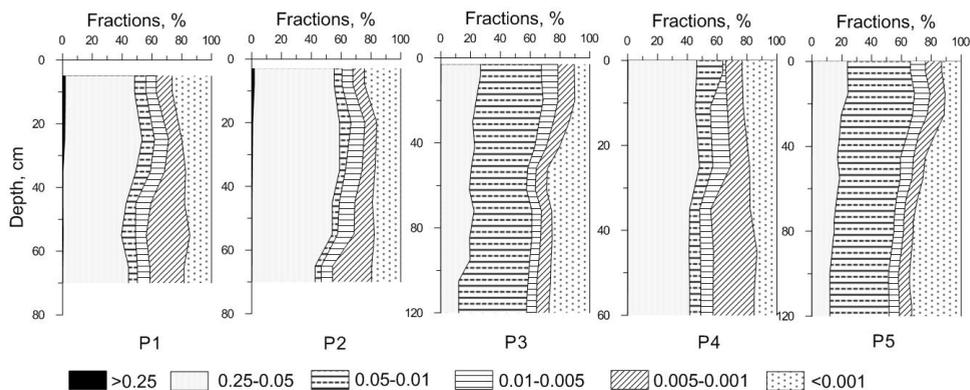


Рис. 1. Профильное распределение гранулометрических фракций в исследуемых почвах: P1 – серая сверхглубокооподзоленная фонового участка; P2 – серая глубокооподзоленная слабонарушенного участка; P3 – серая сверхглубокооподзоленная средненарушенного участка; P4 – серая слабооподзоленная сильнонарушенного участка; P5 – серая турбированная средненарушенного участка)

Таким образом, рассмотренные свойства изучаемых почв позволяют подчеркнуть различия в их формировании. Почвы всех нарушенных участках отличаются той или иной степенью интенсификации гумусообразования, в этой связи

наблюдается увеличение содержания органического углерода и доли обменных оснований в сторону прогрессирующего нарушения. Можно сделать вывод, что свойства почв соседних звеньев стадий деградации древостоя будут характеризоваться незначительными флуктуациями, в то время как их краевые положения будут иметь максимальные отличия, как в свойствах и признаках, так и в режимах.

Литература

1. Кривец С.А., Бисирова Э.М. Технология мониторинга пихтовых лесов Томской области в зоне инвазии уссурийского полиграфа // Интерэкспо. 2017. № 2. С. 276–280.
2. Кривец С.А., Керчев И.А., Бисиров Э.М., Пашенова Н.В., Демиденко Д.А., Петько В.М., Баранчиков Ю.Н. Уссурийский полиграф в лесах Сибири (распространение, биология, экология, выявление и обследование поврежденных насаждений). Томск; Красноярск: Умиум, 2015. 48 с.
3. Классификация и диагностика почв России / Л.Л. Шишов, В.Д. Тонконогов, И.И. Лебедева и др. М.: Ойкумена, 2004. 339 с.
4. Чернова Н.А., Никифоров А.Н. Изменение глубокоподзоленных почв пихтарников в очагах размножения уссурийского полиграфа // Почвы в биосфере. 2018. С. 443–445.

Properties of deeply podzolized soils in the reproduction centers of the Ussuri polygraph in specially protected natural areas

M.G. Komissarova, A.N. Nikiforov

The Ussuri polygraph as an invasive species in the Larinsky landscape reserve has a diverse environmental effect. In particular, a sharp increase in the above-ground phytomass of grasses is accompanied by the formation of surface organogenic horizons. Under the conditions of a sharp change in the components of biogeocenosis, the object of the study was the soil chronological order, reflecting the processes of dynamic changes in their properties and regimes.

УДК 631.4

Функции отклика физических и химических свойств почв на рекреационную нагрузку

В.А. Кузнецов, И.М. Рыжова

МГУ имени М.В. Ломоносова, г. Москва, kuznetsovvasiliy@gmail.com

Обсуждаются результаты изучения зависимости физических (структура, плотность) и химических (кислотность, электропроводность) свойств почв от уровня рекреационного воздействия на примере дерново-подзолистых почв лесопарков Москвы («Битцевский лес» и «Лосиный остров»). Показано, что функции отклика изучаемых свойств на рекреационную нагрузку являются нелинейными, а их вид определяется, как самим свойством, так и другими факторами (характер растительности, гранулометрический состав почв и др.).

Ключевые слова: рекреация, рекреационные леса, лесопарки Москвы, функции отклика, дерново-подзолистые почвы.

В условиях урбанизации активно развивается рекреационная экология. Основным направлением исследований является анализ взаимоотношений между отдыхающими на природе и окружающей средой. Начиная с 1960-х гг. предложено несколько концептуальных моделей, характеризующих экологические последствия конкретных видов рекреационного воздействия [1]. Предполагается, что вид функции отклика на увеличение рекреационной нагрузки определяется не только характером воздействия (прогулки, походы, езда на велосипеде и др.), но также зависит от типа экосистемы, климатических и геоморфологических условий. Показатели состояния растительного покрова, почв и других компонентов экосистемы различаются по чувствительности к рекреационному воздействию, поэтому для описания их зависимости от уровня рекреационного воздействия могут быть использованы разные, как линейные, а чаще нелинейные функции [2, 3]. Широкую известность получила асимптотическая модель, впервые предложенная Frissell и Duncan (1965), отражающая представления о том, что первоначально даже небольшое увеличение нагрузки приводит к хорошо выраженному изменению изучаемого показателя, которое уменьшается с ростом воздействия [4, 5]. Например, это можно проследить, изучая характеристики травяного яруса в рекреационных лесах. Сравнительно низкий уровень рекреационной нагрузки вызывает существенные изменения. Количественные: повреждение и нарушение целостности травяного покрова, уменьшение его проективного покрытия и количества видов, а также качественные: изменение видового состава. Дальнейшее увеличение рекреационной нагрузки приводят лишь к незначительным дополнительным изменениям, поскольку виды, чувствительные к вытаптыванию, уже были заменены более устойчивыми. Другой тип функциональных отношений в рекреационной экологии представляет сигмоидальная модель, описывающая незначительные изменения изучаемых параметров экосистем на начальном этапе, пока нагрузка не превышает первого порогового значения, затем отклик резко увеличивается до достижения второго порогового значения нагрузки, после чего существенных изменений изучаемых свойств не отмечается [2, 4]. Эти две модели не отражают всего многообразия реакции показателей состояния экосистем на увеличение рекреационной нагрузки. Для их адекватного представления необходимы дополнительные исследования, так как изучение функциональных отношений в рекреационной экологии необходимо для выбора оптимального управления рекреационными ресурсами.

Целью настоящей работы является изучение зависимости некоторых физических и химических свойств почв от уровня рекреационной нагрузки на примере дерново-подзолистых почв лесопарков Москвы.

Объекты и методы. В качестве объектов исследования выбраны почвы лесопарков Москвы, так как в условиях мегаполиса лесопарки являются, с одной стороны, ценным рекреационным ресурсом, а с другой испытывают все возрастающую нагрузку с ростом численности населения. В этих условиях особую актуальность приобретает научно обоснованный выбор оптимального управления лесопарками. В работе использованы результаты наших исследований, проводившихся на территории двух крупнейших лесопарков Москвы: «Лосиный остров» и «Битцевский лес». В лесопарке «Лосиный остров» изучались дерново-

подзолистые легкосуглинистые почвы елово-липового леса, а в «Битцевском лесу» – дерново-подзолистые среднесуглинистые почвы дубово-липового леса. По WRB (2014), изучаемые почвы относятся к Albic Retisols [6–8]. Изучались функции отклика физических (коэффициент структурности, плотность) и химических (электропроводность и $pH_{\text{вод}}$) свойств почв, для которых четко выражены изменения с увеличением рекреационной нагрузки. Рекреационное влияние на свойства почв ослабляется с глубиной, поэтому анализировались данные для верхнего минерального слоя мощностью 5 см.

В настоящее время используются разные методы определения уровня рекреационной нагрузки [3]. В нашей работе из-за отсутствия достоверных данных о количестве отдыхающих, полученных регистрационно-измерительными методами, уровень рекреационной нагрузки определялся в зависимости от того, какая доля от общей площади изучаемого участка вытоптана до минерального горизонта. В соответствии с этой долей по Отраслевому стандарту (ОСТ 56-100-95) выделяется пять уровней рекреационной нагрузки, каждому из которых ставится в соответствие стадия рекреационной дигрессии [9]. В качестве фона выбраны величины изучаемых почвенных свойств, относящиеся к ненарушенному ядру участка I стадии дигрессии. С ними сравнивались данные, полученные при анализе образцов с четырех пробных площадей, соответствующих возрастающим уровням рекреационной нагрузки со II по V стадии дигрессии. Этот ряд был дополнен данными о свойствах почв хорошо выраженных тропинок, шириной >70 см, с проективным покрытием трав <5% [10], испытывающих еще большую нагрузку, чем почвы на V стадии дигрессии. Средние значения почвенных свойств для каждого из сравниваемых уровней рекреационной нагрузки получены по выборкам объемом $n = 17-54$.

Результаты. Для характеристики отклика изучаемых почвенных свойств на увеличение рекреационной нагрузки использовался модуль величины отклонения свойства от фонового значения. В принципе можно использовать другие величины, например, модуль относительного отклонения, так как при этом вид функции, описывающей рассматриваемую зависимость не меняется.

Зависимость изменений плотности и структуры почвы от уровня рекреационной нагрузки заслуживает особого внимания, так как эти свойства определяют водно-воздушный режим почв и влияют на условия протекания биологических процессов.

Плотность почв при высоких уровнях нагрузки достигает $1,4 \text{ г/см}^3$, что на $0,35-0,4 \text{ г/см}^3$ выше фоновых значений. Увеличение плотности с ростом нагрузки первоначально очень небольшое. Изменения становятся статистически значимыми в легкосуглинистой почве елово-липового леса («Лосиный остров») только к IV стадии дигрессии, а в среднесуглинистой почве дубово-липового леса («Битцевский лес») на V стадии. Зависимость изменений плотности почв от уровня рекреационной нагрузки соответствует сигмоидальной модели. Это подтверждают высокие значения $R^2 = 0,98$ при описании этой зависимости логистической функцией.

Структура почв сильно ухудшается под влиянием рекреации. Почвы фоновых участков в изучаемых лесопарках относятся к хорошо оструктуренным (коэффициент структурности 3,9–4,9, а сумма агрономически ценных агрегатов

>60%). К V стадии дигрессии коэффициент структурности снижается в 4–5 раз, а при очень высокой нагрузке в почвах хорошо выраженных тропинок он в 12 раз ниже по сравнению с фоном. Показатели структурного состояния почвы характеризуется высокой чувствительностью даже к небольшой рекреационной нагрузке. Уже на II стадии дигрессии изменения коэффициента структурности превышают 30% по отношению к фону. Зависимость характеристик почвенной структуры от рекреационной нагрузки соответствует асимптотической модели.

Под влиянием рекреации в результате ухудшения состояния древостоя снижается сомкнутость крон деревьев (с 70–80% до 20–30%), что приводит не только к увеличению освещенности, величина которой на V стадии дигрессии возрастает в изучаемых лесопарках более чем в 30 раз, но и в условиях мегаполиса увеличению поступления в почву химических веществ с атмосферными осадками и пылью. Это сказывается на кислотности и электропроводности почв. С возрастанием рекреационной нагрузки кислотность почв изучаемых лесопарков Москвы снижается. Дерново-подзолистые почвы хвойно-широколиственного леса «Лосиногостровского острова» более кислые по сравнению с почвами широколиственного «Битцевского леса». Значения $pH_{вод}$ на фоновых участках составляют соответственно 4.2 и 5.2. С ростом рекреационной нагрузки различия сглаживаются. Значения $pH_{вод}$ тропинок в «Лосиногостровском» и «Битцевском лесу» практически не различаются и составляют соответственно 5.6 и 5.9. Вид зависимости изменения кислотности, электропроводности почв и показателя освещенности от уровня рекреационной нагрузки определяется характером растительности. В хвойно-широколиственном лесу статистические значимые изменения этих свойств отмечены уже на II стадии дигрессии, а в почве широколиственного леса только на V стадии дигрессии. В соответствии с этим отклик этих свойств на увеличение рекреационной нагрузки в первом случае описывается асимптотической функцией, а во втором – сигмоидальной.

Таким образом, результаты проведенного анализа показали, что вид функции отклика свойств дерново-подзолистых почв лесопарков Москвы на увеличение рекреационной нагрузки определяется как самим свойством, так и типом экосистемы. Важным аспектом поддержания устойчивого функционирования лесопарков является ограничение стихийной бездорожной рекреации и создание благоустроенной дорожно-тропиночной сети, не превышающей 10–15% от общей площади территории.

Литература

1. Sumanapala D., Wolf I.D. Recreational Ecology: A Review of Research and Gap Analysis // *Environments*. 2019. V. 6, № 7: P. 81.
2. Monz C.A., Pickering C.M., Hadwen W.L. Recent advances in recreation ecology and the implications of different relationships between recreation use and ecological impacts // *Front Ecol Environ*. 2013. V. 11 (8). P. 441–446.
3. Wolf I.D., Croft D.B., Green R.J. Nature Conservation and Nature-Based Tourism: A Paradox // *Environments*. 2019. V. 6, № 9. P. 104.
4. Monz C.A., Cole D.N., Marion J., Leung Y.F. Sustaining visitor use in protected areas: future opportunities in recreation ecology research based on the USA experience // *Environmental Management*. 2010. V. 45. P. 551–562.
5. Frissell S.S., Duncan D.P. Campsite preference and deterioration in the Quetico-Superior canoe country // *Journal of Forestry*. 1965. V. 65. P. 256–260.

6. Кузнецов В.А., Рыжова И.М., Стома Г.В. Изменение свойств почв лесопарков Москвы при высоком уровне рекреационной нагрузки // Почвоведение. 2017. № 1. С. 1270–1281.

7. Кузнецов В.А., Рыжова И.М., Стома Г.В. Зависимость изменений свойств почв тропинок и их импактных зон в лесопарках Москвы от уровня рекреационного воздействия // Вестник Московского университета. Серия 17: Почвоведение. 2018. № 2. С. 19–29.

8. Кузнецов В.А., Рыжова И.М., Стома Г.В. Изменение лесных экосистем мегаполиса под влиянием рекреационного воздействия // Почвоведение. 2019. № 5. С. 633–642.

9. ОСТ 56-100-95. Методы и единицы рекреационных нагрузок на лесные природные комплексы. М., 1995. 14 с.

10. Шапочкин М.С., Киселева В.В., Обыденников В.И., Ломов В.Д., Лямеборшай С.Х., Кураев В.Н. Комплексная методика изучения влияния на экосистемы городских и пригородных лесов // Научные труды национального парка «Лосиный остров» / под ред. В.В. Киселевой. М.: Кру-Престиж, 2003. Вып. 1. С. 12–29.

The response functions physical and chemical properties of soils on recreational load

V.A. Kuznetsov, I.M. Ryzhova

The results of studying the dependence of the physical (structure, density) and chemical (acidity, electrical conductivity) properties of soils on the level of recreational impact are discussed on the example of sod-podzolic soils (Albic Retisols) of Moscow forest parks. It is shown that the response functions of the studied properties to the recreational load are nonlinear, and their form is determined by both the property itself and other factors (the character of vegetation, the granulometric composition of soils, etc.).

УДК 631.41

Морфолого-аналитическая характеристика техногенных почв Малосалаирского отвала флюсовых известняков

Е.Ю. Луц¹, В.А. Андроханов², В.П. Середина¹, Е.Д. Куляпина²

¹ *Национальный исследовательский Томский государственный университет, г. Томск, seredina_y@mail.ru*

² *Институт почвоведения и агрохимии СО РАН, г. Новосибирск, androhanov@issa-siberia.ru*

На основе полевых и экспериментальных исследований выявлены особенности функционирования и свойства техногенных почв, формирующихся на территории Малосалаирского отвала флюсовых известняков. Установлено, что в пределах отвала преобладающими типами эмбриоземов являются инициальные, органо-аккумулятивные и дерновые. Выявлены особенности их морфологического строения, гранулометрического состава, физико-химических свойств. Установлена ведущая роль материнских пород в формировании свойств эмбриоземов.

Ключевые слова: Малосалаирский отвал флюсовых известняков, техногенные ландшафты, эмбриоземы, свойства.

Кузбасс является крупнейшим угольным бассейном России. На его территории общая площадь нарушенных земель составляет не менее 200 тыс. га. На местах добычи полезных ископаемых в течение длительного времени сохраняются пустынные безжизненные ландшафты, постепенно трансформируясь в

природно-техногенные комплексы (ПТК) с разным соотношением природных и техногенных компонентов. Несмотря на достаточную изученность почв техногенных ландшафтов Кузбасса [1–3], практически отсутствуют сведения о почвах, сформированных на известковых отвалах. В связи с этим, целью работы является изучение особенностей формирования, морфологического строения и свойств Малосалаирского отвала флюсовых известняков.

Объектом исследования являются техногенные почвы Малосалаирского железнодорожного отвала флюсовых известняков в окрестностях города Гурьевск, относящегося к Гурьевскому месторождению (Кемеровская обл.). Данное месторождение известняков образовалось более четырехсот млн. лет назад на месте Западно-Сибирского тропического моря. Брахиоподы и плециоподы оставили после себя слой известняка мощностью до двух километров [4]. В ходе полевых исследований, на территории флюсового отвала было заложено 12 разрезов различных типов эмбриозёмов. Особенностью данного участка является отсутствие каких-либо мер по рекультивации. В качестве фоновой почвы выступает дерново-карбонатная типичная маломощная почва. Морфологическое описание и определение физико-химических показателей выполнено по общепринятым методам.

В соответствии с классификацией почв техногенных ландшафтов [5], почвы исследуемой территории представлены следующими типами эмбриозёмов: инициальные, органо-аккумулятивные, дерновые (рис. 1).

Все они отличаются, главным образом, по морфологии и генезису биогенных горизонтов, в частности, органогенных. Согласно классификации и диагностики почв России [6], инициальным эмбриоземам соответствует подгруппа литостратов из группы натурфабрикатов техногенных поверхностных образований. Органо-аккумулятивным эмбриоземам соответствует тип псаммоземов, относящихся к отделу слабо развитых почв из ствола первичного почвообразования. Дерновым типам эмбриоземов наиболее близки псаммоземы и пелоземы гумусовые, относящиеся к отделу слабо развитых почв, также входящих в ствол первичного почвообразования. В соответствии с системой классификации WRB данные почвы можно отнести к реферативной почвенной группе (RSG) регосолей и сполитковых антросолей. В процессе развития почв на отвальных породах в них появляются отдельные диагностические горизонты, такие почвы будут ближе к инсептисолям. Формирование эмбриозёмов на исследуемой территории происходит сингенитично с естественным зарастанием и формированием травянистой и древесной растительности на поверхности отвала. Такие условия почвообразования способствовали формированию только трёх типов почв, так как малое содержание мелкозёма в известняковых породах препятствует формированию последних в эволюционном ряду эмбриозёмов гумусово-аккумулятивных.

Данные физико-химических анализов (таблица) указывают на степень развитости исследуемых почв: в направлении от инициальных эмбриоземов к органо-аккумулятивным и дерновым величины емкости катионного обмена (ЕКО) заметно возрастают параллельно с увеличением содержания углерода и мелкоземистой фракции. Причем, ЕКО исследуемых эмбриоземов почти в два раза ниже по сравнению с фоновой дерново-карбонатной почвой.

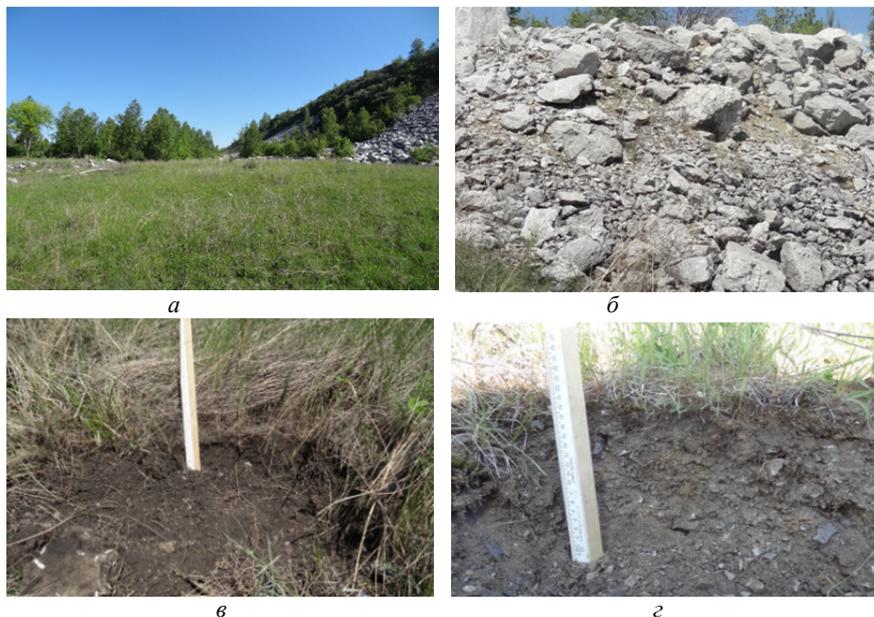


Рис. 1. Малосалаирский отвал флюсовых известняков: *а* – первый ярус флюсового отвала (злаково-бобовый разнотравный луг); *б* – эмбриозём инициальный; *в* – эмбриозём дерновый; *г* – фоновая дерново-карбонатная почва

Аналитическая характеристика техногенных почв Малосалаирского отвала

Горизонт, глубина, см	C, %	pH водной вытяжки	ЕКО, мг*экв/100 г	CO ₂ , %	CaCO ₃ , %	Мелкозём, %	Крупнозём, %	Физическая глина, %
Разрез 6 (эмбриозём инициальный)								
C (0–10 см)	0,68	9,0	12,00	7,28	16,59	7,74	92,26	3,22
Разрез 12 (эмбриозём инициальный)								
C (0–10 см)	1,36	8,68	13,20	3,38	7,65	6,16	83,84	4,27
Разрез 11 (эмбриозём органо-аккумулятивный)								
AC1 (1–7 см)	2,86	8,38	17,60	2,89	3,49	12,38	87,62	9,7
Разрез 9 (эмбриозём дерновый)								
AC1 (2–15 см)	1,7	8,12	17,60	0,46	0,56	10,78	89,22	9,87
Разрез 1 (эмбриозём дерновый)								
A0+Ad (0–1,5 см)	4,43	8,16	14,80	1,86	2,25	Не опр.	Не опр.	24,33
AC (1,5–8 см)	1,26	8,44	14,80	2,52	3,04	Не опр.	Не опр.	7,64
Разрез 2 (эмбриозём дерновый)								
Ad+AC (0–11 см)	1,86	8,45	14,80	2,05	4,68	Не опр.	Не опр.	9,7
C (11–40 см)	2,31	8,8	14,00	3,08	7,02	18,59	81,41	7,0
Разрез 4 (фоновая почва)								
AC (0–10 см)	9,60	8,1	30,00	2,8	3,38	Не опр.	Не опр.	18,41
C (10–20 см)	4,49	7,73	24,80	3,26	3,94	31,32	68,68	7,14

Высокое содержание карбонатов в почвообразующей породе обуславливает щелочную реакцию среды эмбриоземов (рН 8,12–9,0). Процессы аккумуляции продуктов гумификации и образование устойчивых органоминеральных компонентов лимитируется низким содержанием в субстрате (исходных карбонатных пород флюсового отвала) тонкодисперсных минеральных частиц.

Генезис эмбриозёмов Малосалаирского отвала флюсовых известняков характеризуется определенными особенностями условий почвообразования. Среди ведущих факторов следует выделить свойства материнской породы, которые отражаются на физико-химических характеристиках исследуемых почв. Эмбриозёмы Малосалаирского отвала флюсовых известняков обладают иными, нежели фоновые дерново-карбонатные почвы, свойствами: они имеют более высокую каменистость, что обуславливает неблагоприятный водный режим и низкий актуальный потенциал плодородия, связанный с незначительным содержанием элементов питания.

Литература

1. Двуреченский В.Г., Середина В.П. Характеристика почвенного покрова техногенных ландшафтов Красногорского каменноугольного разреза // Вестник Томского государственного университета. Биология. 2014. № 38. С. 257–265.
2. Двуреченский В.Г., Соколов Д.А., Топоровская А.А., Берлякова О.Г. Почвенно-экологическое состояние урбанизированных территорий Западной Сибири (на примере г. Новокузнецка) // Почвоведение и агрохимия. 2011. № 2. С. 5–14.
3. Курачев В.М. Андроханов В.А. Классификация почв техногенных ландшафтов // Сибирский экологический журнал. 2002. № 3. С. 255–261.
4. Бельская Т.Н. Позднедевонское море Кузнецкой котловины, история его развития, население и осадки // Труды палеонтологического института. М.: Академия наук СССР, 1960. Т. 82. 206 с.
5. Андроханов В.А., Курачев В.М. Почвенно-экологическое состояние техногенных ландшафтов: динамика и оценка. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2010. 224 с.
6. Классификация и диагностика почв России / сост. Л.Л. Шишов, В.Д. Тонконогов, И.И. Лебедева, М.И. Герасимова. Смоленск: Ойкумена, 2004. 342 с.

Morphological and analytical characteristics of the technogenic soils of the Malosalairsky dump of flux limestones

E.Y. Luts, V.A. Androhanov, V.P. Seredina, E.D. Kulyapina

Based on field and experimental research, the properties and features of the functioning of technogenic soils formed on the territory of the Malosalairsky dump of flux limestones was identified. It has been established that the embryozems, which are primary, organ-accumulative and soddy, prevail within normal limits. The features of their morphological structure, particle size distribution, physico-chemical properties are revealed. The leading role of rocks in the formation of the properties of embryozems has been established.

Влияние биогенных сукцессий на формирование почв Томь-Яйского междуречья

В.С. Мадиева¹, А.Н. Никифоров^{1,2}

¹ Национальный исследовательский Томский государственный университет, г. Томск

² Институт мониторинга климатических и экологических систем СО РАН,
г. Томск, a.nik-n@mail.ru

Данное исследование посвящено вопросам влияния биогенных сукцессий, обусловленной деятельностью насекомых-дендрофагов, на физические и физико-химические свойства почв в коренных темнохвойных лесах Томской области. Дендрофаги, заселяя и уничтожая древесный ярус, являются причиной изменения компонентов биоценоза. Образование поверхностных органогенных горизонтов связано с изменением состава растительных сообществ и условий почвообразования, что неизбежно ведет к динамике педогенеза и эволюции почв.

Ключевые слова: коренные темнохвойные леса, насекомые-дендрофаги, смена условий почвообразования, изменение растительного покрова.

Заселение древесного яруса насекомыми-дендрофагами, ведет к серьезному ухудшению его состояния, так как помимо непосредственного влияния на ткани деревьев происходит заселение фитопатогенами [3]. Деятельность вредителей ведет к уничтожению естественных и парковых темнохвойных лесов, в составе которых участвует кедр, сосна, ель, пихта. В настоящее время выявлены очаги размножения новых дендрофагов [2]. В результате изменения отдельных компонентов микроклимата (условий освещенности и увлажнения), в таких насаждениях изменяется продуктивность фитоценозов и ухудшается бонитет древостоя, а компоненты сообщества трансформируются в сторону, неблагоприятную для естественного возобновления растительных ассоциаций, влияя тем самым на почвенные процессы [1].

Целью работы является интерпретация данных, полученных при исследовании основных свойств и признаков почв, различной классификационной принадлежности под темнохвойными лесами в очагах размножения насекомых-дендрофагов.

Исследования производились на мониторинговых площадках ИМКЭС СО РАН в пределах Томь-Яйского междуречья.

Почвенный покров исследуемых участков характеризуется пестротой, что обусловлено неоднородностью рельефа и характером почвообразующих пород. В этой связи формируется широкий спектр почв, отличающихся по генезису, свойствам, характеру и интенсивности проявления главного и сопутствующих почвообразовательных процессов.

К наиболее мобильным показателям, отражающим смену, в том числе резкие биогенные изменения, можно отнести содержание почвенного органического вещества, его запасы и состав, и сопряженные с ними показатели – сумма обменных катионов и реакция почвенного раствора.

В зависимости от степени нарушенности фитоценоза на поверхности почв формируется грубогумусовые горизонты различной мощности, а с учетом состава опада, наличия в его составе смол, восков и дубильных веществ его мощность может нарастать. Формирующийся на поверхности почв органогенный горизонт выступает в качестве барьера для естественного возобновления коренного темнохвойного подроста.

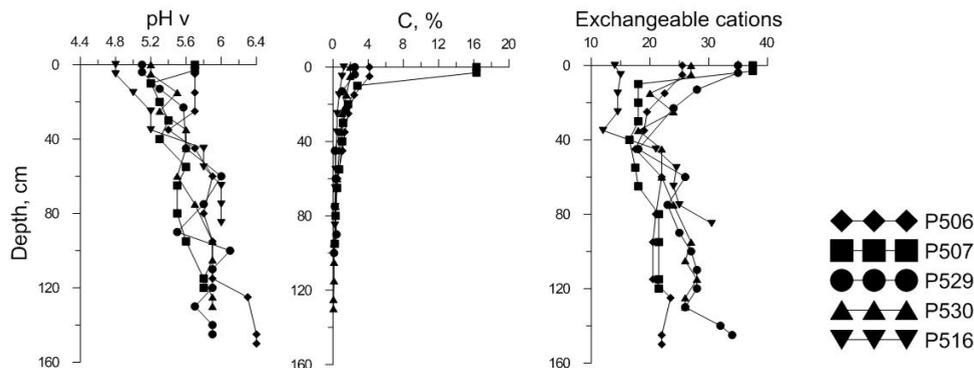


Рис. 1. Профильное распределение некоторых физико-химических показателей почв исследуемой территории

Рассматривая основные физико-химические показатели можно выявить тенденцию, связанную с генетическими особенностями почвообразованием. Так, значения показателя pH водной вытяжки (рис. 1) подщелачиваются вглубь почвенного профиля, что связано с лессовидностью и карбонатностью почвообразующих пород, однако в пределах почвенных профилей они достигают лишь значений близких к нейтральным. Об этом же свидетельствует необменная кислотность, заметно убывающая вниз почвенного профиля. В то же время сумма обменных катионов Ca^{2+} и Mg^{2+} в большинстве рассматриваемых почв вниз по профилю возрастает. Обратную ситуацию мы можем наблюдать в почвах, сформированных на щебнистых отложениях или литогенных водоупорах, перекрытых более тяжелыми наносами, и сформированных в транзитных позициях рельефа.

Аккумуляция почвенного органического вещества, в большей степени, отражает сукцессионные изменения. Исследуемые варианты почв характеризуют различные стадии нарушения древесного яруса, в результате чего увеличивается прирост мортмассы на поверхности почв, а, следовательно, содержание почвенного углерода и его запасы. Немаловажным является изменение состава гумуса при смене растительного покрова от типичных мелкотравных или мертвопокровных вариаций темнохвойных лесов, к разнотравным, крапивным или даже высокотравным сообществам.

Стоит отметить, что при формировании грубогумусовых горизонтов, значения сопряженных показателей в верхних частях почвенных профилей возрастают, вследствие аккумуляции биогенных и зольных элементов в опаде.

Рассматривая гранулометрический состав почв исследуемой территории можно выявить их общность, связанную с преобладанием и довольно равномерным распределением лессовой фракции (рис. 2) в пределах почвенных профилей. Кроме того, прослеживается четкая элювиально-иллювиальная дифференциация по илу.

Некоторые отличия наблюдаются в распределении фракций разрезов 529 и 516, что в первом случае связано с водораздельной позицией, и, вероятно, золовым характером накопления песчаных фракций в верхней части профиля. В случае с почвенным разрезом 516 мы видим резкое увеличение доли илистой фракции в средней части профиля, что связано с более тяжелым составом почвообразующих пород.

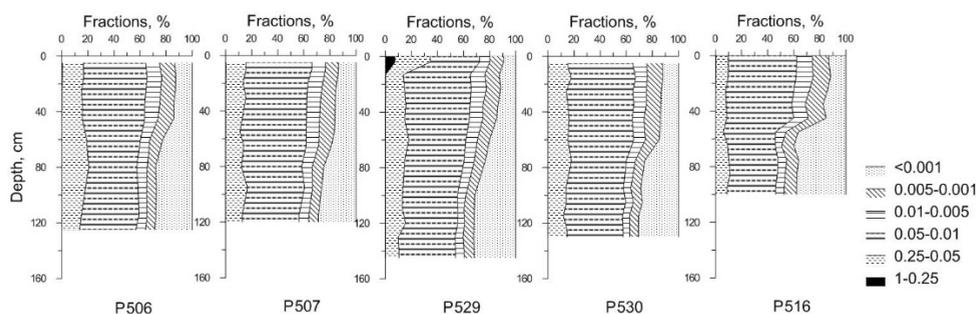


Рис. 2. Профильное распределение гранулометрических фракций в исследуемых почвах

Обычно, при смене напочвенного покрова можно наблюдать увеличение доли иловатой фракции, что связано с интенсификацией гумусообразования. Однако нами не было это выявлено, что, вероятно, связано с начальными стадиями изменения фитоценоза и отсутствием импакт-момента для изменения почвообразования в верхней части профиля под влиянием аккумулирующегося на поверхности почв органического материала.

Таким образом, влияние насекомых-дендрофагов на изменение почв в целом и отдельных их свойств, показателей и процессов в частности можно разделить на несколько стадий. На начальных стадиях происходит изменение в структуре фитоценоза, что ведет к формированию на поверхности почв грубогумусовых горизонтов не влияющих на смену процессов почвообразования и изменение свойств и признаков почв. Дальнейшее нарастание органогенного горизонта ведет к накоплению в составе опада биофильных и зольных элементов, что приводит к изменению свойств почв, как основных, так и сопряженных с ними. На последней стадии при накоплении достаточной массы факторов происходят импактные изменения в структуре почвообразования, обычно приводящие к смене общего почвообразовательного процесса.

Исходя из этого, можно сделать вывод, что мониторинговые исследования динамики компонентов биогеоценоза дает возможность моделирования и прогнозирования изменений в отдельных его составляющих.

Литература

1. Васенев И.И. Почвенные сукцессии. М.: Изд-во ЛКИ, 2008. 400 с.
2. Керчев И.А. Союзный короед *Ips Amitinus* (Eichhoff, 1872) (Coleoptera, Curculionidae: Scolytinae) – новый чужеродный вид в Западной Сибири // Энтомологическое обозрение. 2019. Т. 98, № 3. С. 592–599.
3. Кривец С.А., Бисирова Э.М. Технология мониторинга пихтовых лесов Томской области в зоне инвазии уссурийского полиграфа // Интерэкспо. 2017. С. 276–280.

The influence of biogenic successions on the formation of soils of the Tomsk-Yaya interfluve

V.S. Madieva, A.N. Nikiforov

The emergence of breeding centers and an uncontrolled increase in the number of insect dendrophages in Western Siberia leads to a sharp decrease in the areas of indigenous dark coniferous forests. As a result, successional phytocenotic and soil changes occur. When the critical mass of factors is reached, the type of soil formation changes, and the morphological structure of soils and the processes of soil formation undergo serious changes.

УДК 631.4

Влияние почвенно-ботанических характеристик разновозрастных залежей эрозионно-опасных территорий юга Западной Сибири на их почвенно-экологическую оценку

Г.Ф. Миллер, С.В. Соловьев, А.Н. Безбородова, Д.А. Филимонова
Институт почвоведения и агрохимии СО РАН, г. Новосибирск, miller_1981_gf@mail.ru

В связи с изменениями, происходящими с почвенно-растительным покровом залежей во времени, потребуется выработка подходов к возвращению их в эксплуатацию. Установление текущего состояния залежных земель возможно только в результате проведения их комплексной почвенно-экологической оценки, на итог которой не может оказывать влияние изменение их почвенно-ботанических характеристик.

Ключевые слова: почва, почвенно-экологическая оценка, залежи, фитомасса, эрозия.

Введение залежных земель в сельскохозяйственный оборот имеет очень важное значение, обусловленное в большинстве своем экономическими соображениями. Однако с экологической точки зрения это не всегда оправданно. Вмешательство человека в весьма чувствительные демулационные процессы, особенно на ранних стадиях восстановления залежных участков эрозионно-опасных территорий, может привести к частичной или полной утрате плодородного слоя, что по сути своей является экологической катастрофой локального или даже регионального масштаба.

Цель исследования – установление влияния изменений почвенно-ботанических характеристик молодых и средневозрастных залежей эрозионно-опасных территорий юга Западной Сибири на их почвенно-экологическую оценку.

Объектом исследования стали почвы и растительный покров разновозрастных залежей юга Западной Сибири. Исследуемые почвы – черноземы выщелоченные, оподзоленные и серые лесные почвы разной степени смывтости. Согласно принятой классификации [1], залежи на исследуемых почвах имеют молодой (2–5 лет) и средний (10–15 лет) возраст.

Были заложены полнопрофильные почвенные разрезы, отбор почвенных образцов осуществлялся сплошной колонкой для определения содержания гумуса, кислотности, подвижных форм фосфора и калия, гранулометрического состава; также в слое 0–50 см производился отбор образцов для определения плотности почвы (объемной массы). Исследование растительного покрова выполнено по принятым стандартным методикам. Для почвенно-экологической оценки исследованных почв была использована методика расчета почвенно-экологического индекса (ПЭИ) [2].

Различия между средневозрастными и молодыми залежами (с таксономически соответствующими им пашнями) по величине рН не выявлены. Однако отмечается, что содержание гумуса в верхних слоях профиля средневозрастных залежей больше, чем в молодых (5,62 и 5,5% соответственно) [3].

При исследовании объемной массы в слое 0–10 см прослеживается резкое ее изменение при переходе пашни в залежь: 1,22 г/см³ на пашне, соответствующей залежи, и 0,94 г/см³ на молодой залежи. На средневозрастной залежи, по сравнению с молодыми, наблюдается некоторое уплотнение (1,23 г/см³), очевидно, за счет восстановления исходной структуры.

Отмечается положительная тенденция к уменьшению содержания илстых частиц в залежах разных возрастов по сравнению с соответствующими им пашнями. Необходимо отметить, что в верхних горизонтах залежей возрастом 7–10 лет зафиксировано большее количество илстых частиц (16,60%), чем в залежах возрастом 2–3 года (6,68%).

При изучении растительного покрова подтверждаются общие закономерности, наблюдаемые при демутиационных процессах. В частности, показано, что с увеличением возраста залежей увеличивается видовое разнообразие в целом. В числе прочего, с течением времени закономерно увеличивается общая надземная продукция и мортмасса. Соотношение скоростей формирования надземной фитомассы и ее отмирания отражается в соотношении между зеленой фитомассой и ветошью с подстилкой (таблица). Такие показатели соотношений их фракционного состава являются важным параметром структуры растительного вещества, используемого для оценки функционирования экосистемы [3].

При проведении почвенно-экологической оценки исследуемые почвы были ранжированы в зависимости от возраста сформированных на них залежей. Исходя из полученных данных, представленных на рис. 1, мы можем сделать следующие выводы.

Почвы под молодыми залежами (чернозем выщелоченный среднесмытый среднесуглинистый и темно-серая лесная среднесуглинистая) ха-

рактируются одним из самых низких показателей ПЭИ – 26,6 и 38,0 соответственно. Данные по молодым залежам разнятся вследствие сильной степени смытости первых (залежь возрастом 2–3 года) и недолгим нахождением в залежном состоянии вторых (залежь возрастом 3–4 года).

Соотношение фракций растительного вещества на разновозрастных залежах

Возраст	Отношение
Залежь возрастом 2–3 года, на темно–серой лесной почве	4,06
Залежь возрастом 3–4 года, на черноземе	2,60
Залежь возрастом 6–7 лет, на черноземе	0,93
Залежь возрастом 7–10 лет, на черноземе	0,81
Залежь возрастом 14 лет	0,99
Целина	1,37

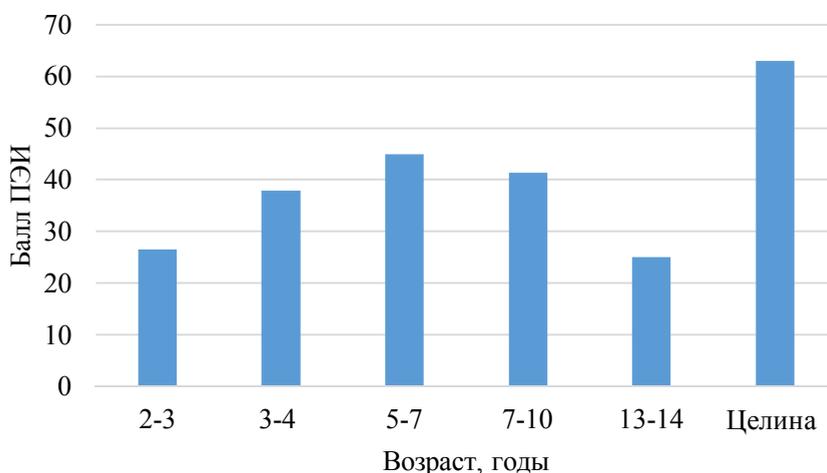


Рис. 1. Распределение значений ПЭИ в почвах под разновозрастными залежами

Ближкие значения ПЭИ имеют почвы (чернозем выщелоченный слабосмыто-намытый глубоковскипающий среднесуглинистый под залежью 5–7 лет; чернозем выщелоченный среднесуглинистый под залежью 7–10 лет) под средневозрастными залежами – 45,0 и 41,4 соответственно. Плавное изменение в сторону увеличения значений ПЭИ почв под средневозрастными залежами, по сравнению с почвами под молодыми залежами, обусловлено равномерным развитием процессов как восстановления почвенно-физических свойств, так и интенсивного заселения этих залежей аборигенной растительностью.

Что касается весьма низкого показателя ПЭИ для чернозема выщелоченного сильносмытого среднесуглинистого под залежью возрастом 14 лет (25,1 балла), то для сильносмытых почв это совершенно ожидаемо, так как в значительной степени оказался подвергнут смыву именно гумусовый горизонт, что послужило причиной падения содержания гумуса и питательных элементов, в худшую

сторону изменилась структура бывшего пахотного горизонта, изменилась плотность, и, как следствие – интенсивность зарастания уменьшилась.

Для почв целины (чернозем оподзоленный среднемощный тучный тяжело-суглинистый) ожидаемо характерно наибольшее значение ПЭИ – 63,1 балла, что обусловлено слабой выраженностью эрозионных процессов ввиду отсутствия распашки, а потому наиболее полным сохранением ее производительности.

Таким образом, несмотря на весьма постепенное возвращение исследуемых залежных земель в состояние равновесия с природными условиями, зафиксированные изменения в их почвенно-ботанических характеристиках весьма явно и наглядно отразились на результатах проведенной почвенно-экологической оценки, выраженной в баллах ПЭИ. Это позволяет с очевидной определенностью говорить о том, что даже небольшие подобные изменения отражаются на получаемых в ходе расчетов баллах ПЭИ. В качестве дополнения стоит отметить, что полученные в ходе оценки весьма невысокие показатели ПЭИ в сочетании с высокой эрозионной опасностью территории делают нецелесообразным возвращение этих земель в сельскохозяйственный оборот в качестве пашни.

Работа выполнена по государственному заданию ИПА СО РАН.

Литература

1. Абаимов В.Ф., Ледовский Н.В., Ходячих И.Н. Типы залежей степной зоны Южного Урала и их хозяйственно-биологическая оценка // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2013. № 4 (42). С. 227–230.
2. Шишов Л.Л., Дурманов Д.Н., Карманов И.И. Теоретические основы и пути регулирования плодородия почв. М.: Наука, 1991. 303 с.
3. Миллер Г.Ф., Филимонова Д.А., Безбородова А.Н., Соловьев С.В. Почвенно-экологическая оценка эрозионно-опасных почв под молодыми и средневозрастными залежами юго-востока Западной Сибири // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2019. № 11. С. 26–29.

Influence of soil-botanical characteristics of different-age fallows of erosive-hazardous territories of the South of Western Siberia on their soil-ecological assessment

G.F. Miller, S.V. Solovev, A.N. Bezborodova, D.A. Filimonova

Due to changes in the soil and vegetation cover of fallows over time, it will be necessary to develop approaches to their return to agriculture. Establishing the current state of fallow lands is possible only as a result of a comprehensive soil and environmental assessment, the result of which is influenced by changes in their soil and botanical characteristics.

Особенности гумусообразования степных черноземов Волго-Уральского междуречья на асимметричных склонах

М.В. Мирзаева

Оренбургский государственный медицинский университет, г Оренбург, eliseeva_91@bk.ru

В пределах фрагмента асимметричного водораздела Волго-Уральского междуречья, расположенного в подзоне южных черноземов, были исследованы особенности условий почвообразования целинных почв выровненного плато и полярных п склонов. Установлено, что условия почвообразования на всех основных элементах ландшафта в значительной мере отличаются. Почвы склонов северной экспозиции характеризуются большим содержанием гумуса, а его запасы значительно превосходят аналогичный показатель на плато и склоне южного направления. Анализ качественного состава гумуса показывает, что лишь почвы северного склона характеризуются гуматным типом гумуса, черноземы южные водораздельного плато и южного склона соответствуют фульватно-гуматному типу.

Ключевые слова: водораздельное пространство, ландшафтная асимметрия, южные черноземы, содержание гумуса.

Такие реки как Б. и М. Кинель, Илек, Самара, Сакмара, Ток, Боровка и др. имеют одну географическую особенность – широтное простираение этих рек.

Благодаря этой особенности склоны водоразделов имеют выраженную полярную направленность. Другой особенностью водораздельных пространств междуречья является их асимметрия, происхождение которой большинство исследователей связывают с тектоническими процессами и с явлениями, вызванными вращением Земли вокруг своей оси. Склоны южных направлений короткие и крутые, склоны северных экспозиций пологие и протяженные. Сочетание двух факторов полярности и асимметрии склонов отразилось на условиях почвообразования исследуемой территории [1].

Объектом работы послужил асимметричный участок водораздела рек Самары и Камыш – Самарки, расположенного в пределах южной (засушливой) степи под хорошо сохранившейся естественной растительностью. Он приурочен к Общесыртовско-Предуральской степной провинции южной степи с черноземами южными карбонатными мало- и среднемощными тяжелосуглинистыми, сформированными под естественной растительностью на выровненном водоразделе и склонах северных и южных направлений. Участки исследования являются типичными для целинных ландшафтов Предуралья, по их геоботаническим и почвенным показателям [2, 3].

Гумусообразование – это основа для любого почвообразовательного процесса. Ряд специфических особенностей влечет за собой даже незначительное изменение процесса гумусообразования. Процессы трансформации органических остатков, изменение химического состава почв и дальнейшей миграции органического вещества, все это влечет за собой образование специфических показателей и состава гумуса.

Главным условием в формировании всех типов почв являются количество и качество органического вещества. Гуминовые кислоты, например, выполняют множество функций в формировании почвенного плодородия. От них зависят условия минерального питания растений и процессы внутрипочвенной дифференциации химического состава.

Исходя из полученных данных исследования, северный склон обладает лучшим гидротермическим режимом, а также большей активностью почвенных ферментов. Исходя из этого почвы, приуроченные к склону северной экспозиции, содержат большее количество и запасов гумуса, в отличие от почв, приуроченных к склону южной экспозиции.

Если судить о содержании гумуса в верхних слоях черноземов, приуроченных к склонам северной экспозиции, то оно оказывается выше на 32,6%, чем в почвах, приуроченных к склонам южной экспозиции.

Почвенно-климатические условия, которые оказывают влияние на формирования гумуса на склонах разных экспозиций, являются причиной таких результатов. Климатические условия на склоне северной экспозиции выражены лучше, на более высокое содержание гумуса на склоне северного направления могут влиять и повышенная ферментативная активность, и увеличенный рост микробных популяций.

Совокупность всех факторов обуславливают продолжительность и скорость протекания биохимических процессов в почвах, определяя гумусное состояние черноземов склоновых ландшафтов.

В ходе проведенных исследований и лабораторных экспериментов было выявлено, что запасы гумуса по оценочной шкале Орлова характеризуются как средние и составляют 105 т/га на северном склоне, а на южном склоне – как низкие и составляют 91,8 т/га, соответственно. Таким образом, в почвах северных направлений наблюдается более интенсивная биохимическая трансформация растительных остатков в гумус, которые служат основным источником питательных веществ и энергии не только для роста и жизнедеятельности растений, но и для микроорганизмов. Быстрое усвоение свободных фракций гумуса вызывает активный рост микробных популяций и, как следствие, повышение ферментативной активности.

Анализ фракционно-группового состава показал следующие результаты (таблица). Видно, что черноземы южные на склонах разных экспозиций имеют гуматный и фульватно-гуматный состав гумуса. В верхних горизонтах черноземов отношение Сгк: Сфк на северном и на южном склонах составляют 2,48 и 2,20 соответственно. Вниз по профилю наблюдается снижение величин этих отношений.

Такие полученные результаты связаны с высокой активностью ферментов, которые способствуют усиленной трансформации остатков растительности в гумус.

Почвы склонов северной экспозиции содержат большое количество гумуса и имеют большие запасы гумуса, чем склоны южной экспозиции. Этот факт мы можем связать с тем, что на склонах северной экспозиции более благоприятный гидротермический режим и усиленная ферментативная активность почв, чем на склонах южной экспозиции [4].

Фракционно-групповой состав

Участок исследования*	Слой, см	Содержание гумуса, %	∑ Фракции ГК	∑ Фракции ФК	$\frac{СГК}{СФК}$	НО
Обыкновенные черноземы	0–20	6,9	46,32	19,51	2,37	34,17
Склон северного направления	0–20	4,3	48,24	19,48	2,48	32,28
Водораздельное плато	0–20	3,9	35,1	34	1,03	30,9
Склон южного направления	0–20	2,9	45,35	30,61	1,48	24,04
Темно-каштановые почвы	0–20	4,2	42,14	27,98	1,51	29,84

Примечание. ГК – гуминовые кислоты, ФК – фульвокислоты, НО – негидролизуемый остаток.

Результаты исследования свидетельствуют, что ведущим фактором почвообразования в пределах водоразделов, приуроченных к степной зоне Предуралья, которые входят в состав Волго-Уральского междуречья, является рельеф. Он регулирует поступление разного количества солнечной инсоляции к поверхности почв полярных склонов и плато, формируя на каждом элементе асимметричного склонового ландшафта только ему присущий мезоклимат, от которого, в свою очередь, во многом, если не в решающей, степени зависит видовой состав растений, их геоботанические характеристики, микробоценоз и связанные с ним свойства гумуса почв.

Литература

1. Агроклиматические ресурсы Оренбургской области. Л.: Гидрометеиздат, 1971. 120 с.
2. Анилова Л.В., Куранова В.В., Клименкова П.О. Гумусообразование и гумус чернозёмов асимметричных склонов Общего Сырта // Вестник ОГУ. 2009. № 6. С. 534–536.
3. Елисеева М.В., Русанов А.М. Ландшафтная асимметрия Волго-Уральского междуречья как фактор неоднородности почвенного покрова степной зоны // Отражение био-, гео-, антропо-сферных взаимодействий в почвах и почвенном покрове: сборник материалов V Международной научной конференции, посвященной 85-летию кафедры почвоведения и экологии почв ТГУ. Томск, 2015. С. 131–133.
4. Елисеева М.В. Условия формирования и свойства степных черноземов асимметричных водоразделов Волго-Уральского междуречья: автореф. дис. ... канд. биол. наук. Оренбург, 2019.

Features of humus formation of steppe chernozems of the Volga-Ural interfluvium on asymmetric slopes

M.V. Mirzaeva

Within a fragment of the asymmetric watershed of the Volga-Ural interfluvium, located in the subzone of southern chernozems, the features of soil formation conditions of virgin soils of the leveled plateau and polar slopes were studied. It was found that the conditions of soil formation on all the main elements of the landscape differ significantly. The soils of the slopes of the Northern exposure are character-

ized by a high content of humus, and its reserves significantly exceed the same indicator on the plateau and slope of the southern direction. Analysis of the qualitative composition of humus shows that only the soils of the Northern slope are characterized by the humate type of humus, the southern chernozems of the watershed plateau and the southern slope correspond to the fulvate-humate type.

UDC 631.48

Information statistical standards of soil conditions in southern Western Siberia

I.V. Mikheeva

Institute of Soil Science and Agrochemistry SB RAS, Novosibirsk, mikheeva@issa-siberia.ru

Contemporary evolution of soil (CES) is considered as the process of changes of conditions of soil with time intervals from ten to hundred years. The set of probabilistic-statistical distribution (PSD) of n soil properties in k soil horizons within the studied object is the model of a condition of the soil cover. The case studies have been conducted in the big territory at the south of Western Siberia. It has been shown that CES occurs under the anthropogenic influences and natural processes caused by climatic trend of warming. In fact, the received information models and estimates are statistical standards of condition of soils which should be used for comparison with the current and future results in the explored and neighboring territories.

Keywords: *soil condition; probabilistic model; information evaluation; statistical standard.*

Land degradation under intensive anthropogenous influence is the widespread phenomenon in the different countries. Therefore the scientific community faces important problems – studying, generalizations, and understanding of this negative process. Global climate changes lead to ambiguous regional climatic changes in different parts of the planet. It is important authentically assess risks of desertification of steppe ecosystems on reliable information about dynamics of their parameters. It concerns also steppe and forest-steppe natural and agricultural ecosystems in internal Eurasia, like at geomorphological regions as Kulunda steppe and Priirtishsky uval located in the south of Western Siberia at adjacent territory of Russia and Kazakhstan, which were objects of investigation. The greatest interest represents change of humus contents not only from point of view of agricultural properties, but global carbon cycle too.

Realization of integrated quantitative estimations demands more differential approach to local changes, differently to not avoid gross mistakes owing to overestimation or underestimation of the contributions of various natural objects to global changes. So, we have tried identifying indicators and methods for land degradation assessment, which help overcome problem of statistically proved quantitative estimation of transformations of soils which are important as a consequence of high natural variability of soils caused by natural and anthropogenic processes.

Research methods. Initial data. In this work were used contemporary records of studying of soils by standard methods at large-scale mapping and monitoring of soils,

laboratory methods of determination of soil properties [1]. Initial data were materials of the large-scale (1:25000) soil investigations conducted in the studied territory at different times by standard techniques [2]. Data bases have been created. Information lines were inputted in which contained characteristic of soil parameters like depth of layer, humus content, pH, texture fractions content and other.

The first obligatory stage of the data processing was grouping these data according to soil-genetic principle. Every group refers to one time moment and one soil variety; namely, given data belong to soil of one taxonomical type and one class of texture. Volumes of the received statistical samples were $n = 40-130$, depending on abundance of this or that soil group. Truthful of this grouping were proved by unimodality of received distributions and high level of significance. They were enough for carrying out the probabilistic analysis. We carried out main stages of data processing: formation of databases, grouping and the analysis of data.

Probabilistic indicators. Visual analysis of PSD alterations is very useful for assessment of change of probability structure of soil properties in soil objects under anthropogenous or natural processes. But it is important to have some numerical convoluted assessments of distinction of these functions in different time or under various external conditions. Taking mentioned above into account we have introduced probabilistic and information indicators for characterization of soil status and soil alterations [3]. For soil status they are array of pdf of soil properties, which could be defined from the list of usable functions by applying special statistical procedure to factual data. These functions have one, two, three or four parameters (Table).

Probabilistic and information indicators of status and changes of soil objects

Category	Indicator	Calculation
State of soil in time points $t1$, $t2$	Probability-statistical distributions $W_t(x)$ of soil property at time points $t1$, $t2$	$W_{t1}(x) = W_{t1}(x, \theta_0^{t1}, \theta_1^{t1}, \theta_2^{t1}, \theta_3^{t1})$ $W_{t2}(x) = W_{t2}(x, \theta_0^{t2}, \theta_1^{t2}, \theta_2^{t2}, \theta_3^{t2})$
	Information (statistical entropy), h at $t1$, $t2$	$h_{t1} = -k \int_A W_{t1}(x) \ln W_{t1}(x) dx + h_0$ $h_{t2} = -k \int_A W_{t2}(x) \ln W_{t2}(x) dx + h_0$
Change of soil during period $\Delta t = (t2 - t1)$	Increment of informational entropy, Δh during period $\Delta t = (t2 - t1)$	$\Delta h = h_{t2} - h_{t1}$
	Informational divergence $d = \Delta W(x)$ during period $\Delta t = (t2 - t1)$	$d = \int_A (W_{t1}(x) - W_{t2}(x)) \ln \left(\frac{W_{t1}(x)}{W_{t2}(x)} \right) dx$

We considered such probability distribution functions as probabilistic-statistical models of soil properties and used for calculation of statistical (information) entropy and information divergence. Moreover it seems that values of these indicators are instrument for assessment and modeling of soil evolution (Table).

Exact knowledge of a condition of soils and their changes is necessary for the solution of important state problems, including food and ecological security of Russia, and neighboring states as Kazakhstan. Carrying out repeated monitoring researches of soils of agricultural territories is for this purpose important. On the basis of the data obtained at the same time statistical standards of soils in concrete territories in certain time points have to be defined.

Results have shown (fig. 1) that when weighting particle size distribution and zonal change of a climatic factor in the south of Western Siberia is observed regularity of "wave" of PSD of the content of a humus (CH), revealed by us before [4]. It means that PSD are displaced on an axis OX towards increase in CH to the right. However in soils with close soil formation factors PSD CH are significantly crossed. In the case of chestnut loamy soil, the PSD CH in them is closer to the analog of Chernozem soil than to chestnut soils, lighter in particle size composition. Changes of PSD CH under the influence of deflation and also long agricultural use, against the background of the climatic changes which have begun in 80-90 years of the 20th century don't lead to considerable shifts of PSD. Changes happen owing to reorganization of frequencies of occurrence of values most often in almost invariable intervals of variation that leads to change of PSD CH.

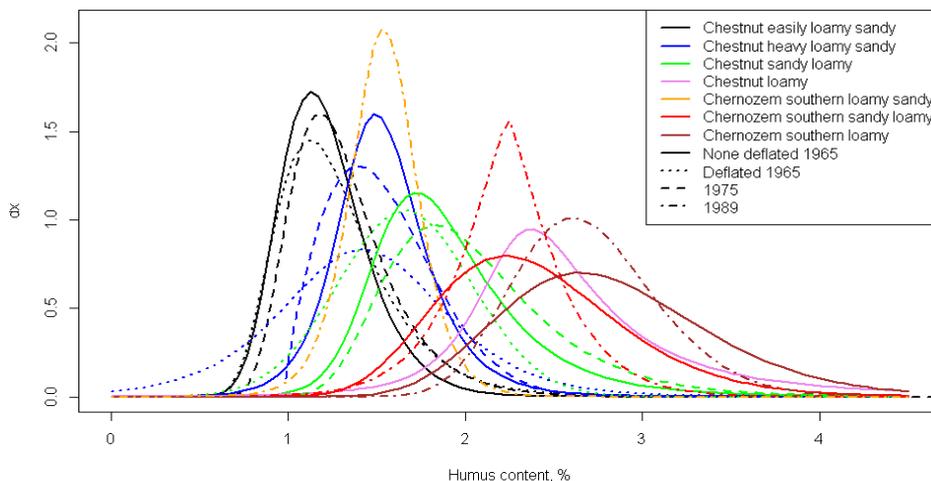


Fig. 1. Probability-statistical functions of soil organic matter (humus) content in topsoil

Our researches have shown that transformation of soils and a soil cover under the influence of natural and anthropogenic processes leads to change of probabilistic structure of values of soil properties. Therefore for assessment of states and changes of soils it is necessary to use the probabilistic and information indicators: for state assessment – probabilistic and statistical distributions and information entropy of soil properties; and for soil changes – transformation of probabilistic distributions, an increment of entropy and information divergence of soil properties. The conducted researches convinces that these characteristics are natural and have sensitivity even under

quite close conditions and small time intervals therefore are a well-trying remedy of assessment of distinctions. It allows to carry out earlier and exact diagnostics of undesirable processes and more differentiated assessment of their results.

Exact knowledge of a condition of soils and their changes is necessary for the solution of important state problems, including food and ecological security of Russia and neighboring countries. Carrying out repeated monitoring researches of soils of agricultural territories is important for this purpose. Statistical standards of soils in concrete territories in certain timepoints have to be defined on the basis of the obtained data. Research have shown that transformation of soils and a soil cover under the influence of natural and anthropogenic processes leads to change of probabilistic structure of values of soil properties. Therefore for assessment of states and changes of soils it is necessary to use the probabilistic and information indicators.

References

1. Guidelines All-Union. (1973). *All-Union guidelines for soil survey and compilation of large-scale maps of land tenure*. Moscow: Kolos [in Russian].
2. Materialy po monitoringu pochv [Materials on monitoring of soils]. (1995). Pavlodar, Pavlodar Branch GosNPCzem [in Russian].
3. Mikheeva, I. (2011) Probabilistic Indicators for Soil Status Evaluation. Land Quality and Land Use Information in the European Union / Gergely Toth and Tamas Nemeth (Eds). – Luxembourg : Publications Office of the European Union, 2011. – 399 p. doi: 10.2788/40725.
4. Mikheeva, I. V. (2001). *Veroyatnostno-statisticheskie modeli svoystv pochvy (na primere kashtanovykh pochv Kulundinskoy stepi) [Probability and statistical models of soils (at example of chestnut soils of Kulunda steppe)]*. Novosibirsk: Nauka, Siberian enterprise of RAS [in Russian].

УДК 631.412(571.150)

Влияние способов использования почвы на интенсивность почвенной эмиссии CO₂ в условиях умеренно-засушливой и колючей степи Алтайского края

Г.Г. Морковкин¹, А.С. Стребкова¹, Н.Б. Максимова²

¹ Алтайский государственный аграрный университет, г. Барнаул, ggork@mail.ru, alena040994@mail.ru

² Алтайский государственный университет, г. Барнаул, ninmaxim@mail.ru

Почвенная эмиссия углекислого газа тесно связана с микробиологической активностью почвы, с интенсивностью процессов минерализации органического вещества, которые в свою очередь зависят от применяемых технологий в земледелии. Одним из методов сокращения уровня CO₂ в атмосфере является увеличение его содержания в почве. В статье на основе экспериментальных исследований проведена сравнительная оценка влияния способов использования почвы на интенсивность почвенной эмиссии CO₂.

Ключевые слова: почва, плодородие, дыхание почвы, традиционная технология, минимальная технология, залежь, почвенная эмиссия CO₂.

Одним из важных факторов рационального природопользования в условиях климатических изменений последних десятилетий является изучение состояния антропогенно-преобразованных экосистем. Особого внимания заслуживает влияние антропогенной нагрузки на почвенный покров, так как почва выполняет ряд экологических функций, прежде всего, поддержание круговорота элементов, в том числе углерода.

Основные природные запасы углерода, которые влияют на концентрацию CO_2 в атмосфере, сосредоточены в наземной биомассе и почвенном органическом веществе. Исследованиями в разных природно-климатических зонах установлено, что наиболее мощным источником потоков углекислоты в атмосферу является почвенная эмиссия CO_2 , поэтому нарушения почвенного дыхания могут привести к серьезным изменениям концентраций парниковых газов в атмосфере [1]. Почвенная эмиссия углекислого газа тесно связана с микробиологической активностью почвы, интенсивностью процессов минерализации органического вещества, которые в свою очередь зависят от применяемых технологий в земледелии, что в значительной степени и определило актуальность данных исследований.

В сельском хозяйстве в настоящее время активно внедряются современные агротехнологии возделывания сельскохозяйственных культур (интенсивная, минимальная, прямой посев – No-Till), почвы находятся под влиянием особых сочетаний элементарных процессов почвообразования, видоизмененных антропогенным воздействием. Прежде всего, это касается агросистем, в которых усиление процессов минерализации в условиях антропогенеза повышает эмиссию CO_2 в атмосферу.

Целью наших исследований является изучение влияния различных способов использования почвы на выделение CO_2 и оценка потоков углекислого газа в атмосферу в течение вегетационного периода.

Исследования, проводили в условиях умеренно-засушливой и колочной степи Алтайского края, на базе ФГУП «Комсомольский» Павловский район, опытные поля «Учхоз «Пригородное» поселок Пригородный в течение вегетационного периода 2019 г. Полевые опыты проводили на чернозёмах выщелоченных среднесуглинистых. Изучали четыре способа использования почвы: традиционная технология, минимальная технология, многолетняя залежь (16 лет), целина (естественный сенокос). Дыхание почвы в опыте определялось по методу Л.О. Карпачевского [2].

Результаты исследований в опыте на базе ФГУП «Комсомольский» показали, что за весь период вегетации на варианте с применением традиционной технологии происходит наиболее интенсивное выделение углекислоты (табл. 1).

Анализ полученных данных показал, что вначале вегетации эмиссия CO_2 по всем вариантам исследования минимальная, затем с повышением температуры в течение вегетации выделение диоксида углерода постепенно увеличивалось. При применении традиционной технологии интенсивность выделения диоксида углерода выше: в период всходов на 44,36 г/га в час, в фазе кущения на 273,16 г/га в час, в фазе выход в трубку-колошение и созревание более чем в 2 раза, чем при применении минимальной технологии возделывания сельскохозяйственных культур.

Таблица 1

Интенсивность «дыхания» почвы по фазам развития пшеницы в условиях умеренно засушливой и колочной степи Алтайского края (ФГУП «Комсомольский»), г/га в час

Фазы развития пшеницы	Способ использования почв	
	Традиционная технология	Минимальная технология
Всходы	308,17	263,81
Кущение	567,32	294,16
Выход в трубку – колошение	677,04	310,51
Созревание	625,68	289,49

Максимальные значения выделившегося CO_2 характерны для фазы развития – выход в трубку, далее в фазе созревание происходит снижение данного показателя на 7,6% для традиционной технологии, на 6,8% для минимальной технологии, это свидетельствует о том, что в течение всего вегетационного периода меняется связь между почвенной эмиссией и температурой почвы.

При изучении влияния системы обработки почвы на динамику эмиссии CO_2 Г.Н. Черкасовым, Н.П. Масютенко и М.Н. Масютенко также было установлено, что интенсивность газообразных потерь углерода из почв агроландшафтов обусловлена, с одной стороны, особенностями использования различных технологий обработки, с другой, экологическими факторами, основным из которых является температура [3].

Вместе с тем, в исследования по изучению интенсивности эмиссии CO_2 , были вовлечены фитоценозы многолетней залежи и целины (табл. 2).

Таблица 2

Интенсивность «дыхания» почвы в условиях умеренно засушливой и колочной степи Алтайского края («Учхоз «Пригородное»), (г/га в час

Срок определения	Способ использования почв	
	Многолетняя залежь (16 лет)	Целина (естественный сенокос)
Май–июнь	196,11	191,44
Июнь–июль	205,45	196,11
Июль–август	217,12	207,78
Август–сентябрь	200,78	198,44

Экспериментально выявлено, что выделение углекислоты из чернозема выщелоченного в течение вегетационного периода (май–сентябрь 2019 г.) изменялось незначительно (в пределах 10–15 г/га в час), при этом значения эмиссии CO_2 на данных участках возрастало от июля к августу, а к сентябрю наблюдалось ее снижение. Интенсивность почвенной эмиссии на залежи выше, чем на целине, однако сравнение количественных характеристик эмиссии в разных исследуемых ценозах позволяет прогнозировать постепенное ее снижение при дальнейшем зарастании залежи, что сочетается с повышением содержания гумуса и процессами его минерализации.

Таким образом, характер и направленность динамики выделения углекислоты из чернозема выщелоченного среднемошного малогумусного среднесуглинистого в течение мая–сентября отличаются в зависимости от технологии использования и температуры почвы. Положительный эффект на сокращение вы-

деления CO₂ по сравнению с традиционной оказала минимальная технология возделывания сельскохозяйственных культур. Показатель активности выделения углекислого газа в посевах пшеницы возрастает с весны, достигая максимального значения летом, и постепенно снижался к осени.

Потоки CO₂ из почвы в июле–августе 2019 г. в посевах яровой пшеницы (традиционная технология) превышали таковые на многолетней залежи и целине в 3 раза.

Для сохранения и рационального использования земельных ресурсов и поддержания экологического равновесия в условиях климатических изменений необходимо изучение почвенной эмиссии CO₂ и ее оценка в агроэкосистемах с целью внедрения комплексных низкоэмиссионных технологий.

Литература

1. Заварзин Г.Я., Кудяров В.Н. Почва как главный источник углекислоты и резервуар органического углерода на территории России // Вестник Российской академии наук. 2006. Т. 76, № 1. С. 12–26.

2. Казеев К.Ш., Колесников С.И., Вальков В.Ф. Биологическая диагностика и индикация почв: методология и методы исследований. Ростов н/Д: Изд-во Рост. ун. та, 2003. 204 с.

3. Черкасов Г.Н., Масютенко Н.П., Масютенко М.Н. Влияние вида севооборота, системы обработки почвы и экспозиции склона на динамику эмиссии CO₂ из чернозема типичного // Достижения науки и техники АПК. 2013. № 6. С. 34–37.

The influence of soil use methods on the intensity of soil CO₂ emission in the conditions of moderately arid and forest-outlier steppe of the Altai Territory

G. G. Morkovkin, A. S. Strebkova, N.B. Maximova

Based on experimental studies, the article provides a comparative assessment of the influence of soil use methods on the intensity of soil CO₂ emission under conditions of a moderately arid and forest-outlier steppe of the Altai Territory. The article reveals that the traditional technology of soil use significantly enhances the intensity of CO₂ emission; later this negatively affects the indicators of the humus state and soil fertility, as well as an increase in the content of carbon dioxide in the atmosphere. The use of minimal technology contributes to the conservation of carbon in the soil.

УДК 631.452:631.421:502.65

Оценка состояния почвенных ресурсов для рационального планирования агроландшафта в хозяйстве

Н.М. Мудрых

Пермский государственный аграрно-технологический университет имени академика Д.Н. Прянишникова, г. Пермь, nata020880@hotmail.com

Статья посвящена проблеме оценке плодородия почв с целью рационального планирования размещения сельскохозяйственных культур на агроландшафтах. На основании

изучения агрохимических показателей установлено, что при введении земель в оборот тип почвы в меньшей мере определяет быстроизменяющиеся свойства, что подтверждается результатами информационно-логического анализа. Для получения стабильной урожайности картофеля требуется применение удобрений на уровне не ниже средних рекомендуемых.

Ключевые слова: почвы, плодородие, органическое вещество, кислотность, элементы питания, коэффициент вариации, информационно-логический анализ, картофель.

Рациональное использование земель сельскохозяйственного назначения является важным фактором формирования устойчивого землепользования хозяйств, а повышение эффективности производства в условиях ограниченности ресурсов возможно только за счет более полного использования пашни. Важнейшей характеристикой пашни является плодородие, во многом определяющее состояние сельскохозяйственного производства, требующее постоянного мониторинга его уровня. В этой связи управление плодородием почв, продуктивностью растений и устойчивостью агроценозов является актуальной проблемой современного общества [1–5].

Исследования проведены в ООО «Овен» Суксунского района Пермского края. Предприятие расположено в юго-восточном лесостепном природно-сельскохозяйственном районе, характеризующемся избыточным увлажнением, суммой температур выше 10°C равной 1725 и биологическим коэффициентом продуктивности (94 балла), что свидетельствует о возможности выращивать основные сельскохозяйственные культуры [6]. Специализация хозяйства картофелеводческая с развитым производством зерновых. Объект исследований – почвы хозяйства. В 2018 г. сотрудники ФГБУ ГЦАС «Пермский» проводили отбор почвенных проб методом маршрутных ходов. Общая площадь обследования пашни 4109,8 га. Структура почвенного покрова хозяйства представлена дерново-подзолистыми, светло-серыми лесными, серыми лесными, темно-серыми лесными и аллювиально-дерновыми. По гранулометрическому составу изменяются от легкосуглинистых до глинистых. Пробы почв отбирали с глубины 0–20 см тростьевым буром с элементарных участков площадью 8 га. Почвенные образцы проанализированы на обменную и гидролитическую кислотности (потенциометрическим методом), сумму обменных оснований (титриметрическим методом), содержание органического вещества, подвижных соединений фосфора и калия (фотометрическим методом). Для статистической обработки результатов использовали пакеты программ Microsoft Excel, STATISTICA 8.

Основной культурой хозяйства является картофель, поэтому необходимо обратить внимание на свойства почвы, которые определяют размещение этой культуры по полям, ее урожайность и качество (рис. 1).

По содержанию органического вещества почвы различаются друг от друга. Так, имеются в наличии дерново-подзолистые почвы с содержанием органического вещества менее 2% и более 4%. Аналогичная картина наблюдается и по другим типам почв, а в темно-серых лесных почвах диапазон варьирования еще выше. При введении земель в оборот тип почвы в меньшей мере определяет уровень плодородия, что было подтверждено результатами информационно-логического анализа. Информативность связи органического вещества от типов почв, опреде-

ляемая количеством информации поступающей от фактора к явлению ($T(A/B)$) и коэффициентом эффективности передачи информации от фактора к явлению ($K(A/B)$) дала соответствующие показатели 0,7013 и 0,3385 бит.

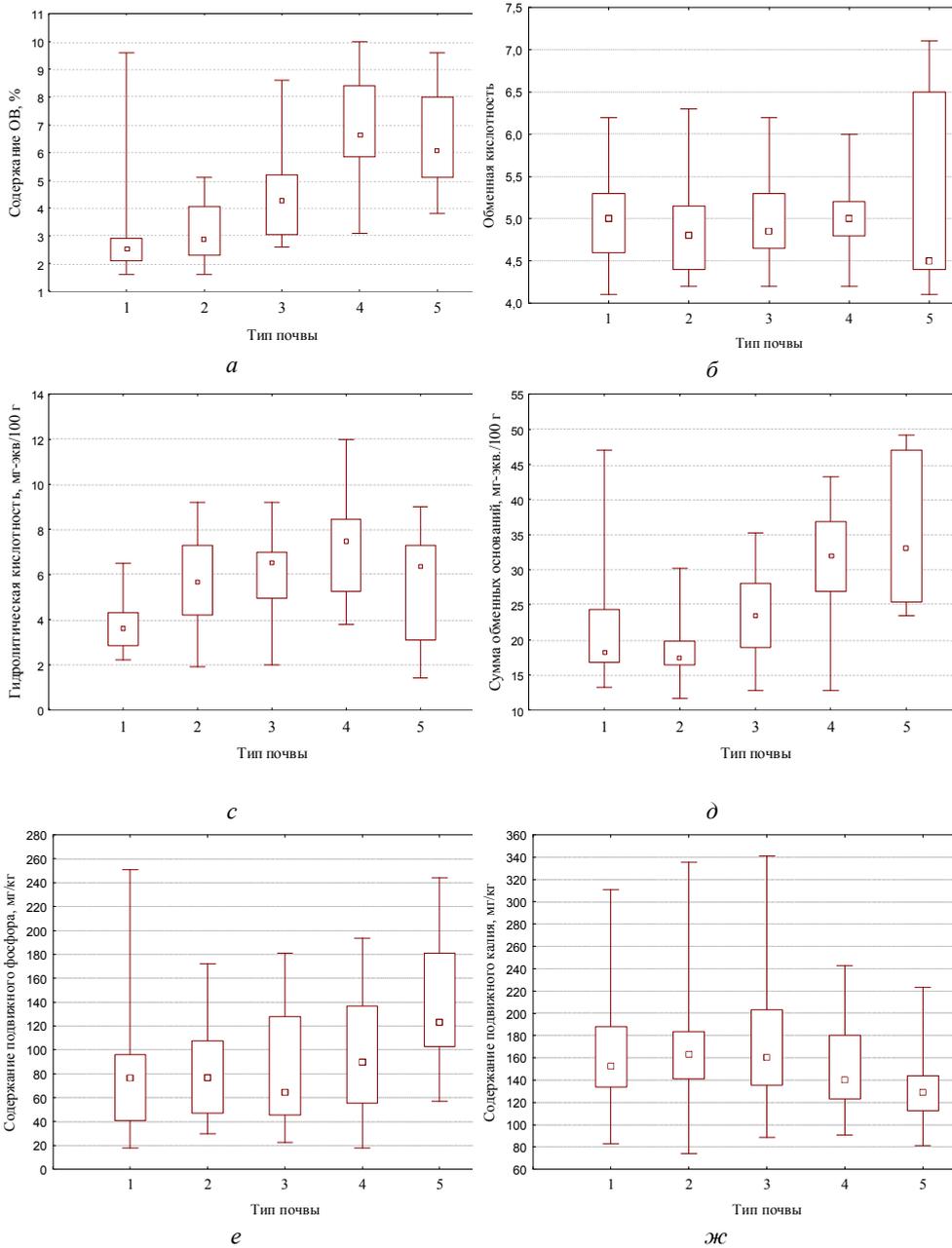


Рис. 1. Диаграммы размаха свойств почв: 1 – дерново-подзолистые; 2 – светло-серые лесные; 3 – серые лесные, 4 – темно-серые лесные, 5 – аллювиально-дерновые

Полученные коэффициенты эффективности передачи информации, имеющие значения более 0,15 бит, позволяют рассчитать специфические уровни изучаемого показателя, которые охарактеризуют типы почв. Рассчитаны специфические уровни органического вещества, характерные для каждого типа почв: для дерново-подзолистых почв оно составило не более 2%, светло-серых лесных и серых лесных – 4,1–6,0, темно-серых лесных и аллювиально-дерновых – 6,0–8,0%. Значения обменной кислотности варьируют в диапазоне от 4,1 до 7,1 ($V=11\%$). Связи обменной кислотности от типов почв установлено не было. Гидролитическая кислотность изменяется от 1,4 до 12 мг·экв/100 г, коэффициент вариации составил 43%, что говорит о значительной изменчивости признака. Информативность связи кислотности от типов почв характеризуется $T(A/B) = 0,4891$ и $K(A/B) = 0,2362$ бит. Специфические уровни для дерново-подзолистых, серых лесных и аллювиально-дерновых почв составили не более 3 мг·экв/100 г, светло-серых лесных – 5,1–6,0, темно-серых лесных – более 6,0 мг·экв/100 г. Сумма обменных оснований колеблется в широком диапазоне 11,6–49,2 мг·экв/100 г ($V=38\%$). Для дерново-подзолистых почв характерны значения суммы обменных оснований на уровне среднего класса, светло-серых лесных – повышенного, серых лесных, темно-серых лесных и аллювиально-дерновых – высокого. Изменчивость питательных элементов в почвах значительна ($V=29\text{--}57\%$). Содержание подвижного фосфора варьирует от 18 до 251 мг/кг, калия – от 74 до 341 мг/кг. Информативность связи элементов от типов почв не установлена.

Рассмотрим, на какой площади пашни предприятие может понизить себестоимость картофеля за счет рационального расположения на полях с учетом биологических требований культуры. Площадь пашни с содержанием органического вещества более 4% в хозяйстве занимает 2218,6 га (54% к обследованной площади). Оптимальная реакция среды для картофеля создана на 2558,8 га, что составляет 62% к обследованной площади. Площадь пашни, на которой содержание подвижного фосфора более 150 мг/кг составила всего 11% к обследованной площади, а калия – 45% к обследованной площади. Как видно, большинство почв в той или иной мере нуждаются в проведении мелиоративных приемов, необходимых для нормального роста и развития картофеля хозяйства.

Литература

1. Жарников Б.В., Ларионов Ю.С. Мониторинг плодородия земель сельскохозяйственного назначения как механизм их рационального использования // Вестник СГУГиТ (Сибирского государственного университета геосистем и технологий). 2017. Т. 22, № 1. С. 203–212.
2. Навдаева С.Н., Лаптева Е.А., Кистанова Л.А., Озеряник М.Е. Повышение эффективности сельскохозяйственного производства на основе рационального использования земли // Экономика сельского хозяйства России. 2019. № 5. С. 17–22.
3. Непоклонов В.Б., Хабарова И.А., Хабаров Д.А. Мониторинг и рациональное использование земель сельскохозяйственного назначения Краснодарского края // Вестник СГУГиТ (Сибирского государственного университета геосистем и технологий). 2018. Т. 23, № 1. С. 167–178.
4. Симакова Т.В., Старовойтова Е.С. Ландшафтно-экологический подход в организации использования земель сельскохозяйственного назначения Тюменского района // Вестник Государственного аграрного университета Северного Зауралья. 2016. № 4 (35). С. 141–146.
5. Шпедт А.А., Трубников Ю.Н., Методика оценки природно-ресурсного потенциала агроландшафтов России // «Живые и биокосные системы». 2020. № 31. URL: <https://jbks.ru/archive/issue-31/article-1> (дата обращения: 27.04.2020).

6. Самофалова И.А., Мудрых Н.М. Агроэкологическая оценка органического вещества в дерново-подзолистых почвах Пермского края. Пермь: Изд-во ФГБОУ ВПО Пермская ГСХА, 2015. 164 с.

Assessment of the state of soil resources for rational planning of the agricultural landscape on the farm

N.M. Mudrykh

The article is devoted to the problem of soil fertility assessment for the purpose of rational planning of agricultural crops placement on agricultural landscapes. Based on the study of agrochemical indicators, it was found that when land is introduced into circulation, the type of soil to a lesser extent determines rapidly changing properties, which is confirmed by the results of information-logical analysis. To obtain a stable yield of potatoes requires the use of fertilizers at a level not lower than the average recommended.

УДК 631.416.8

Оценка экологического состояния почв по содержанию в них подвижных форм кадмия, свинца и никеля

Н.Ю. Николаева¹, Х.Х. Тагиров^{1,2}

¹ Томский сельскохозяйственный институт – филиал ФГБОУ ВО Новосибирский ГАУ, г. Томск, nav74@yandex.ru

² Башкирский государственный аграрный университет, г. Уфа, tagirov-57@mail.ru

Статья содержит анализ содержания кадмия, свинца и никеля и экологического состояния почв Томского района Томской области на примере АО «Агрохолдинг «Томский»». В почвенном покрове преобладают агросерые и агротемно-серые почвы. Установлено, что экологическое состояние рассматриваемых почв удовлетворительное: содержание тяжелых металлов не превышает уровня ПДК. Обнаружена корреляционная зависимость между распределением Pb и величиной pH, Cd и нитратным азотом, Ni-Pb, Ni и обменным калием.

Ключевые слова: тяжелые металлы, экологическое состояние, агросерые почвы, кадмий, свинец, никель.

Содержание подвижных форм тяжелых металлов в почвах служит основным критерием оценки их экологического состояния. Известно, что наибольшей токсичностью обладают кадмий и свинец. Для большинства почв Западно-Сибирского сельскохозяйственного района в отличие от других регионов России отмечается более низкое содержание кадмия и свинца, но повышенное накопление подвижных форм никеля [1].

Нами проведен анализ экологического состояния почв сельскохозяйственных угодий Томского района Томской области на примере АО «Агрохолдинг «Томский»» по содержанию в них подвижных форм кадмия, свинца и никеля. В ходе исследований обобщены результаты агрохимического обследования почв, проведенно-

го сотрудниками Станции агрохимической службы «Томская». Содержание подвижных соединений металлов определялось по общепринятым методикам [2].

Почвы хозяйства представлены агросерыми и агротемно-серыми типами со средним и высоким содержанием гумуса (5,2–12%), слабокислой реакцией почвенного раствора (рН 5,6). Среднее содержание подвижных форм свинца, кадмия и никеля во всех почвах хозяйства не превышает уровня предельно допустимой концентрации (таблица), что может свидетельствовать об их весьма благополучном экологическом состоянии. Наблюдается довольно равномерное пространственное распределение тяжелых металлов на территории полей, коэффициент вариации составил 17–21%.

Содержание подвижных форм тяжелых металлов в почвах сельскохозяйственных угодий АО «Агрохолдинг «Томский»» Томского района

№ п/п	Площадь поля, га	Средневзвешенное значение подвижных форм, мг/кг		
		свинца	никеля	кадмия
1	20,1	0,90	1,26	0,04
2	17,4	0,90	0,88	0,03
3	31,8	0,75	0,93	0,02
4	36,2	0,66	0,92	0,04
5	22,3	1,05	1,06	0,03
6	20,0	0,75	1,12	0,03
7	20,1	0,72	1,10	0,04
8	40,0	0,71	0,77	0,03
9	23,1	0,66	0,96	0,02
10	40,4	0,81	0,73	0,03
11	33,3	0,72	0,80	0,03
12	64,8	0,67	0,71	0,03
13	27,3	0,90	0,82	0,03
14	19,5	0,60	0,52	0,02
15	40,0	0,66	0,85	0,03
16	20,0	0,69	0,92	0,02
Итого	476,3			
Среднее (n=24)		0,76	0,90	0,03
Пределы варьирования		0,54-1,05	0,52-1,26	0,02-0,04
Ошибка среднего		0,03	0,04	0,001
Стандартное отклонение		0,12	0,19	0,01
Коэффициент вариации, %		17	21	21
ПДК [3]		6,0	4,0	0,5
% от ПДК		12,67	22,5	6,00

В накоплении подвижных форм кадмия существенных отличий между агросерыми и агротемно-серыми почвами не обнаружено (рис. 1). Во всех почвах хозяйства содержание кадмия в среднем составляет 0,03 мг/кг.

В серых лесных почвах агроценозов Средней Сибири также отмечается пониженное содержание подвижного кадмия (в среднем 0,04 мг/кг), что объясняется облегченным гранулометрическим составом почв [4].

Нами выявлено некоторое увеличение содержания подвижного никеля и снижение подвижного свинца в агротемно-серых почвах.

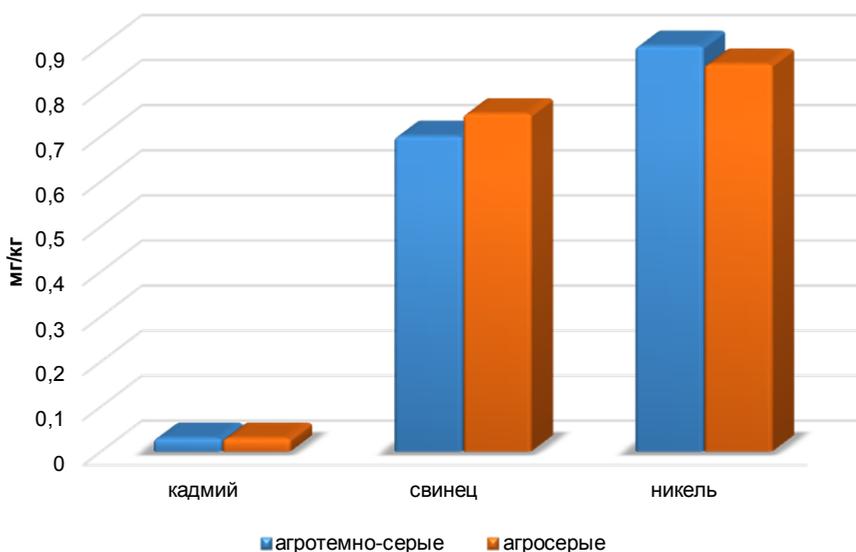


Рис. 1. Содержание подвижных форм кадмия, свинца и никеля в агросерых и агротемно-серых почвах сельскохозяйственных угодий АО «Агрохолдинг «Томский» Томского района Томской области

Подобная картина наблюдается в почвах Средней Сибири. Так, по данным Е.И. Волошина [5], наибольшим накоплением никеля характеризуются темно-серые, наименьшим – светло-серые лесные почвы. По мнению некоторых авторов, максимальная аккумуляция никеля характерна для глинистых и тяжелосуглинистых почв, при облегчении гранулометрического состава почв его концентрация снижается [6]. Одним из источников поступления данного элемента в почвы агроландшафтов является систематическое применение фосфорных удобрений [7].

При проведении качественной оценки корреляционной зависимости между основными агрохимическими показателями и содержанием тяжелых металлов по шкале Чеддока нами обнаружена заметная обратная зависимость содержания подвижной формы свинца от величины рН ($r = -0,55$). Установлена заметная прямая связь между количеством кадмия и нитратными формами азота ($r = 0,54$).

Т.И. Григорьева отмечает, что в почвах лесостепной зоны Кузнецкой котловины с увеличением содержания подвижных форм свинца и кадмия количество нитратов в почвах снижается, т.е. связь обратная [8].

Нами выявлена умеренная прямая зависимость в распределении Рb от гидролитической кислотности почв ($r = 0,41$), а также между парой тяжелых металлов Ni-Pb ($r = 0,47$). Умеренная обратная зависимость обнаружена в накоплении никеля и обменного калия ($r = -0,43$).

Большинство авторов отмечают влияние гумусного состояния почв на подвижность тяжелых металлов. В почвах Саратовской области обнаружена высокая корреляционная зависимость с гумусом у кадмия (0,76), свинца (0,73), пониже – у никеля (0,61). Также отмечена зависимость распределения подвижных

форм ТМ в почвах от форм рельефа: на водораздельных участках, по сравнению с ложбиной, больше накапливается кадмия, в меньшей степени – свинца [9]. По мнению В.Е. Закруткина, на подвижность свинца влияет не только гумусное состояние почв, но и их гранулометрический состав [10].

Таким образом, экологическое состояние агросерых почв сельскохозяйственных угодий АО «Агрохолдинг «Томский»» Томского района Томской области удовлетворительное: содержание подвижных форм кадмия, свинца и никеля не превышает уровня ПДК. Существенных различий в накоплении данных элементов в агросерых и агротемно-серых почвах не обнаружено. Установлена корреляционная зависимость распределения металлов от ряда агрохимических показателей: Pb-pH, Cd-NO₃, Ni-Pb, Ni-KO_{2обмен}.

Литература

1. Аристархов А., Лунев М., Павлихина А. Эколого-агрохимическая оценка состояния пахотных почв России по содержанию в них подвижных форм тяжелых металлов // Международный сельскохозяйственный журнал. 2016. № 6. С. 42–48.
2. РД 52.18.289-90 Методические указания. Методика выполнения измерений массовой доли подвижных форм металлов (Cu, Zn, Pb, Ni, Cd, Co, Cr, Mn) в пробах почвы атомно-абсорбционным анализом. URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200048596> (дата обращения: 20.02.2020).
3. Методические указания по обследованию почв сельскохозяйственных угодий и продукции растениеводства на содержание тяжелых металлов, остаточных количеств пестицидов и радионуклидов. URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200113086> (дата обращения: 15.02.2020).
4. Побилат А.Е. Кадмий в почвах и растениях Средней Сибири / А.Е. Побилат, Е.И. Волошин // Микроэлементы в медицине. 2017. № 18 (3). С. 36–41. DOI: 10.19112/2413-6174-2017-18-3-36-41.
5. Волошин Е.И. Никель в почвах Средней Сибири // Вестник КрасГАУ. 2007. № 3. С. 71–81.
6. Глазовская М.А. Теория геохимии ландшафтов в приложении к изучению техногенных потоков рассеяния и анализу способности природных систем к самоочищению // Техногенные потоки веществ в ландшафтах и состояние экосистем. М., 1981. С. 7–41.
7. Кабата-Пендиас А., Пендиас Х. Микроэлементы в почвах и растениях. М.: Мир, 1989. 439 с.
8. Григорьева Т.И. Влияние загрязнения почв тяжелыми металлами на мобилизацию подвижных питательных веществ в почве и их накопление в овощах и картофеле: дис. ... канд. сельскохозяйственных наук. Кемерово, 2007. 115 с. URL: <http://www.dslib.net/agrochimia/vlijanie-zagraznenija-pochv-tjazhelymi-metallami-na-mobilizaciju-podvizhnyh-pitatelnyh.html> (дата обращения 18.02.2020).
9. Медведев И.Ф., Деревягин С.С. Тяжелые металлы в экосистемах. Саратов: Ракурс, 2017. 178 с.
10. Закруткин В.Е. Особенности распределения свинца в агроландшафтах Ростовской области // Тяжелые металлы в окружающей среде. Пушино, 1996. С. 47–48.

Assessment of the ecological state of soils by the content of mobile forms of cadmium, lead and nickel

N.Yu. Nikolaeva, Kh.Kh. Tagirov

The article contains an analysis of the cadmium, lead and nickel contents and the ecological state of soils in the Tomsk region using the example of Agroholding «Tomsky». The soil cover is dominated by agro-gray and agro-dark gray soils. The

ecological state of the soils under consideration is satisfactory: the content of heavy metals does not exceed the maximum permissible concentrations. A correlation was found between the distribution of Pb and the value of -pH, Cd and nitrate nitrogen, Ni-Pb, Ni and exchange potassium.

УДК 631. 4

Тренды техногенных трансформаций и методы рекультивации почв в условиях загрязнения минерализованными жидкостями и нефтяными эмульсиями

М.В. Носова^{1, 2}, В.П. Середина²

¹ Томский научно-исследовательский научный проектный институт нефти и газа, г. Томск, nosovaMV@tomsknpi.ru

² Национальный исследовательский Томский государственный университет, г. Томск, seredina_v@mail.ru

Установлены особенности и химизм процессов техногенного галогенеза в почвах различных зон загрязнения. Техногенное засоление пойменных почв является значимым геоэкологическим фактором, способствующим образованию на загрязненных территориях техногенных почвенно-геохимических сукцессий – хемоземов с признаками явлений солончаковатости, не свойственных условиям гумидного климата. Предложен способ рекультивации техногенно-засоленных почв путем фитомелиоративного посева аборигенных растений-галофитов.

Ключевые слова: Западная Сибирь, пойменные почвы, техногенный галогенез, растения-галофиты, способы ремедиации.

Актуальность. В условиях суперкавалных ландшафтов Западной Сибири, являющихся конечным пунктом сбора органических поллютантов, интенсивный техногенный поток минерализованных технологических вод, присущий авариям нефтепроводов, оказывает максимальное негативное воздействие на почвенный покров [1–4], загрязнение которого опосредованно влияет на состояние гидрологической сети. При этом, наиболее опасны разливы нефти и сопутствующих им технологических жидкостей в паводково-пойменных комплексах. Это связано с тем, что пойменные почвы, выступая в роли геохимического барьера, на первоначальном этапе снижают скорость миграции поллютантов в поверхностный водоток. Наличие в почве легкорастворимых солей при близком залегании грунтовых вод может привести к вторичному засолению почв, или, как указывает Н.П. Солнцева [5], «техногенному галогенезу». Это подтверждается исследованиями многих авторов [6–7], которые обращают внимание на то, что особенно опасно загрязнение легкорастворимыми солями для аллювиальных почв, занимающих пониженные участки поймы и аккумулирующих в себе дополнительное количество различных химических соединений, в том числе и поллютантов, поступающих с повышенных элементов рельефа. Поэтому пойменные почвы

несут в себе большую экологическую опасность и даже после проведения рекультивационных работ нуждаются в мониторинге и контроле. В связи с этим возникает острая необходимость в исследованиях, посвященных выявлению трендов техногенного засоления почв, а также его экологических последствий.

Целью настоящего исследования является выявление специфики галогеохимических процессов в почвах пойменных экосистем Западной Сибири в условиях локального загрязнения технологическими жидкостями и выбор наиболее эффективного способа рекультивации засоленных почв.

Объекты и методы исследования. Объектом проведения полевых и аналитических исследований послужили аварийные разливы сырой нефти и технологических минерализованных жидкостей на территории пойменных экосистем Западной Сибири. Пробы отбирались из полнопрофильных почвенных разрезов и почвенных прикопок в трех зонах загрязнения: эпицентр, импактная зона, граница нефтяного пятна. Подготовка проб и их химический анализ проводились в соответствии с гостированными методиками.

Результаты и обсуждение. Установлено, что разливы сырой нефти сопровождаются поступлением в экосистему легкорастворимых солей (при их отсутствии в нативных почвах). Сумма солей в верхних горизонтах загрязненных почв (хемоземов) варьирует в широких пределах: 0,35–1,12% (эпицентр), 0,30–0,75% (импактная зона), 0,41–0,63% (граница разлива нефти), обуславливая явление солончаковатости. Между содержанием легкорастворимых солей и нефтепродуктами в загрязнённых почвах установлена прямая корреляционная связь ($r = 0,87$, при $p = 0,91$). Степень засоления хемоземов изменяется в интервале от слабой до средней. Во всех зонах техногенной нагрузки произошло значительное увеличение содержания хлорид-ионов (от 0,8 до 2,11 мг-экв/100 г почвы) и натрия (от 1,5 до 5,95 мг-экв/100 г почвы) с образованием соединений токсичных солей – NaCl и Na₂SO₄, MgCl₂.

Токсичные соли в корнеобитаемых горизонтах почв можно удалить, используя метод срезки засоленного грунта с последующим вывозом с участка. Такой подход не эффективен по причине накопления солей в нижележащих горизонтах почв, которые в дальнейшем могут спровоцировать процессы вторичного засоления [8].

Известен метод ускорения поверхностного выноса легкорастворимых солей талыми водами [9], который может быть весьма действенным способом восстановления загрязненных земель, так как в условиях гумидного климата Западной Сибири значительная масса осадков накапливается в виде снега. Перспективным может быть применение мобильных дренажных систем. На заболоченных и переувлажненных участках, где уровень верховодки близок к дневной поверхности, увеличить приток засоленных грунтовых вод возможно в естественные или искусственно созданные микропонижения рельефа [10].

Опираясь на натурные наблюдения и результаты количественного химического анализа – содержания и распределения легкорастворимых солей в почвенной толще (в т.ч. токсичных соединений), химизма и степени засоления, реакции среды почвенных растворов, в целях ремедиации можно рекомендовать применение растений-галофитов. В аридных условиях посев галофитов для рассоления

почв является отработанной технологией биологической рекультивации земельных участков в сельском хозяйстве. Важной особенностью ремедиации в условиях гумидного климата является использование аборигенной (местной), либо адаптированной к данной природно-климатической обстановке, растительности. В условиях Западной Сибири способностью к аккумуляции легкорастворимых солей обладают растения из семейств *Carex*, *Taraxacum*, *Artemisia*, *Ranunculus*, *Poa*, *Plantago*. Следует учесть, что на заболоченных участках и в замкнутых локальных понижениях применение данного подхода может оказаться неэффективным. Метод предусматривает последующее удаление фитомассы, повторный посев многолетних трав до момента снижения содержания легкорастворимых солей в почве до допустимых значений, а затем конечный посев нефтестойкой аборигенной растительности с последующей сдачей участка комиссии.

Заключение. На наш взгляд, ни один из рассмотренных в настоящее время способов рекультивации техногенно-засоленных почв не является универсальным. В зависимости от положения почв в ландшафтной каскадно-геохимической системе необходимо подбирать и комбинировать различные методы рекультивации. При этом стоит принять во внимание тот факт, что почвы Западной Сибири имеют низкую и очень низкую способность к самоочищению от поллютантов, поэтому процессы рассоления в условиях гумидного почвообразования носят длительный характер. Следует учесть, что в пойменных почвах суперкальневых ландшафтов создаются условия для аккумуляции легкорастворимых солей, а в замкнутых локальных понижениях рельефа остаточное засоление будет сохраняться продолжительное время. Поэтому опытно-промышленные испытания предложенного метода ремедиации техногенно-засоленных почв с помощью растений-галофитов и рулонных биоматов предусматривает комплексный подход и междисциплинарное сотрудничество.

Литература

1. Пиковский Ю.И., Смирнова М.А., Геннадиев А.Н. Параметры нативного углеводородного состояния почв различных биоклиматических зон // Почвоведение. 2019. № 11. С. 1307–1321.
2. Середина В.П., Колесникова Е.В., Кондыков В.А., Непотребный А.И., Огнев С.А. Особенности влияния нефтяного загрязнения на почвы средней тайги Западной Сибири // Нефтяное хозяйство. 2017. № 5. С. 108–112.
3. Середина В.П. Нефтезагрязненные почвы: свойства и рекультивация. Томск: Изд-во: ТПУ, 2006. 270 с.
4. Середина В.П., Садыков М.Е. Почвы нефтяных месторождений средней тайги Западной Сибири и прогнозная оценка опасности загрязнения органическими поллютантами // Сибирский экологический журнал. 2011. № 5. С. 617–623.
5. Солнцева Н.П. Эволюционные тренды почв в зоне техногенеза // Почвоведение. 2002. № 1. С. 9–20.
6. Солнцева Н.П. Добыча нефти и геохимия природных ландшафтов. Москва: Изд-во МГУ, 1998. 376 с.
7. Середина В.П., Непотребный А.И., Садыков М.Е. Характер изменения свойств почв нефтезагрязнённых экосистем в условиях гумидного почвообразования // Вестник КрасГАУ, 2010. № 10. С. 49–54.

8. Harris T.A., Tapp J.B., Sublette K.L. // Remediation drainage system and hay. Environmental Geosciences. 2005. N 12. P. 101–113.

9. Moralwar A., Sablet K.L., Ford L.P., Duncan K., Thoma G., Brokaw J. Remediation of a Spill of Grude Oil and Brine without Gypsum. // Environmental Geosciences. 2005. № 10. P. 115–125.

10. Фомин Г.С. Почва. Контроль качества и экологической безопасности по международным стандартам: Справочник. Москва: Протектор, 2000. 299 с.

Trends in technogenic transformations and soil remediation methods under conditions of contamination with mineralized liquids and oil emulsions

M.V. Nosova, V.P. Seredina

The features and chemistry of technogenic halogenesis processes (content, qualitative composition, patterns of migration and distribution of readily soluble salts, including those toxic to plants) in soils of various pollution zones contamination source, impact zone, oil contamination boundary — have been established. It was revealed that the technogenic salinization of floodplain soils, the final link of cascade-geochemical systems, is a significant geoecological factor contributing to the formation of new technogenic soil-geochemical successions in the contaminated territories – chemozems with signs of saline formation that are not characteristic of humid climate conditions. A method is proposed for the reclamation of technogenic saline soils by phytomeliorative planting of native halophyte plants.

УДК 631.41

Эколого-геохимическое состояние территории Талдинского каменноугольного месторождения

С.В. Овсянникова¹, В.П. Середина², М.В. Беннер²

¹ Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева, г. Кемерово, ovsyannikovasv@kuzstu.ru

² Национальный исследовательский Томский государственный университет, г. Томск, seredina_v@mail.ru

На основе полевых и экспериментальных исследований выявлены свойства почв, формирующихся на территории Талдинского каменноугольного месторождения, в пределах которого преобладающими типами являются серые, темно-серые почвы, лугово-черноземные и лугово-болотные. Выявлены особенности их морфологического строения, гранулометрического состава, физико-химических свойств. Проведена оценка уровня химического загрязнения почв и установлена инактивирующая способность по отношению к тяжелым металлам.

Ключевые слова: Талдинское каменноугольное месторождение, почвы, свойства, загрязнение, буферность, эколого-геохимическое состояние.

Актуальность. Глобальность экологических проблем в настоящее время требует новых подходов к оценке конкретной экологической ситуации, складывающейся в естественных экосистемах. Хозяйственная деятельность человека приводит к трансформациям в структуре и функциях природных комплексов:

изменяются направления и темпы миграции химических элементов, перемещаются зоны их выноса и аккумуляции. По разным причинам природные среды оказываются загрязненными соединениями тяжелых металлов (ТМ).

Кемеровская область в сибирском регионе находится на ведущем месте по объему промышленного производства. Вследствие этого увеличивается антропогенная нагрузка на окружающую среду [1]. Тяжелые металлы, попадая в почву в результате антропогенного воздействия [2], накапливаются, превышая фоновый уровень, и не только снижают продуктивность почв, но и включаются в биологические цепи в количествах, превышающих необходимые потребности в них живых организмов. В связи с этим, целью данной работы является оценка эколого-геохимического состояния территории Талдинского каменноугольного месторождения.

Объекты и методы исследования. Объектами исследования послужили наиболее распространенные типы почв в пределах Талдинского каменноугольного месторождения: серые и темно-серые почвы, лугово-черноземные и лугово-болотные. Согласно почвенно-географического районирования, участок экологических изысканий относится к Бийско-Енисейской почвенной провинции равнинных территорий зоны серых лесных почв и черноземов (оподзоленных, выщелоченных, типичных) лесостепи Центральной лесостепной и степной почвенно-биоклиматической области суббореального пояса. В соответствии с классификацией и диагностикой почв России [3], исследованные почвы отнесены к стволу постлитогенных, в которых подразделяются на 3 отдела: текстурно-дифференцированные, аккумулятивно-гумусовые и гидрометаморфические. Морфологическое описание и определение физико-химических показателей выполнено по общепринятым методам. Для оценки эколого-геохимического состояния почв образцы проанализированы на валовое содержание элементов I-го (Zn, Pb, Cd, Hg, As) и II-ого (Ni, Cu) классов опасности гостированными методами. Буферную способность почв по отношению к ТМ оценивали по шкале буферности [4]. Для оценки буферной способности почв использованы результаты анализов их гумусово-аккумулятивных горизонтов.

Результаты и обсуждение. Формы нахождения загрязняющих веществ в почве, их соотношение, направление трансформаций, связь с химическими и физико-химическими условиями, реакционная способность, степень концентрации, интенсивность биологического поглощения и способность к миграции определяются внутренними (свойствами химического элемента) и внешними (показателями, характеризующими геохимическую обстановку в среде – почве) факторами. В результате аналитической работы установлено, что исследованные почвы по гранулометрическому составу относятся, в основном, к тяжелосуглинистым разновидностям, что обусловлено составом почвообразующих пород, представленных широко распространенными на территории Кемеровской области покровными суглинками и глинистыми отложениями. Содержание гумуса в органических горизонтах почв с усилением роли интенсивности биоаккумулятивных процессов возрастает в ряду: серые, темно-серые, лугово-черноземные, лугово-болотные. Реакция среды почв изменяется в диапазоне от среднекислой в серой почве до нейтральной в лугово-болотной. В этом же направлении увеличивается емкость катионного обмена и степень насыщенности основаниями.

Основная масса техногенно рассеянных металлов, хотя и выбрасывается в воздух, но очень быстро поступает на поверхность почвы. Именно в почвах аккумулируются металлы-загрязнители и здесь начинается их дифференциация [5]. Значительная часть металлов включается в почвообразовательный процесс – сорбируется почвенным поглощающим комплексом, связывается с органическим веществом, перераспределяется по профилю. Некоторая часть поглощается растительностью и выносится с поверхностным и грунтовым стоком.

Оценка уровня химического загрязнения почв, как индикатора неблагоприятного воздействия на здоровье населения, проводится по суммарному показателю химического загрязнения (Z_c), характеризующего степень химического загрязнения почв тяжелыми металлами. Суммарный показатель загрязнения во всех исследованных почвах и в техногенных грунтах принимает низкие значения (1,43–2,73), т.е. <16 . Следовательно, по показателю загрязнения (Z_c) почвы/грунты участка изысканий отнесены к категории «допустимая», и возможно использование их без ограничений, исключая объекты повышенного риска.

Оценка опасности загрязнения любым токсикантом должна проводиться с учетом буферности почвы, влияющей на подвижность химических элементов, что определяет их воздействие на доступность растениям. Чем меньшей буферной способностью обладает почва, тем большую опасность представляет ее загрязнение химическими веществами. В настоящей работе для оценки буферной способности почв были использованы исследования В.Б. Ильина [4], в которых разработана методика оценки инактивационной способности каждого из свойств почвы: физической глины, полуторных оксидов, реакции среды, гумуса (таблица).

Долевое участие свойств почв в формировании их буферной способности

Вид ландшафтов	рН	Гумус	Физическая глина	R_2O_3	Сумма баллов	Степень буферности
Элювиальный	Серые лесные, n=9					
	$\frac{5,8}{5}$	$\frac{5,1}{5}$	$\frac{39,40}{10}$	$\frac{4,15}{7}$	27	Средняя
	Темно-серые лесные, n = 4					
Трансэлювиальный	$\frac{6,13}{7,5}$	$\frac{5,52}{5}$	$\frac{35,45}{10}$	$\frac{4,32}{7}$	29,5	Средняя
	Лугово-черноземные, n=5					
Аккумулятивный	$\frac{5,96}{5}$	$\frac{6,02}{5}$	$\frac{35,27}{10}$	$\frac{2,3}{4}$	24	Средняя
	Лугово-болотные, n=6					
Элювиальный	$\frac{6,73}{10}$	$\frac{8,88}{8}$	$\frac{31,92}{10}$	$\frac{4,91}{7}$	35	Повышенная
	Техногенные грунты, n=14					
Элювиальный	$\frac{8,42}{15}$	$\frac{4,88}{5}$	$\frac{40,12}{10}$	$\frac{4,11}{7}$	37	Повышенная

Примечание. В числителе – определяемый параметр; в знаменателе – оценочный балл

На основе расчетных данных, учитывающих инактивирующее влияние свойств и состава почв, можно заключить, что почвы элювиальных ландшафтов (серые и темно-серые) и трансэлювиальных (лугово-черноземные) обладают средней способностью противостоять загрязнению ТМ, в то время как почвы аккумулятивных позиций – повышенной.

Заключение. Несмотря на среднюю и повышенную степень буферности почв Талдинского каменноугольного месторождения, нельзя забывать о том, что химическое загрязнение тяжелыми металлами – наиболее опасный вид деградации почвенного покрова, так как самоочищающаяся способность почв от загрязнения ТМ невелика. Кроме того, опасность загрязнения почв состоит в ослаблении или даже утрате ими способности выполнять уникальные экологические функции – поддерживать безопасный уровень содержания химических веществ в почвах, при котором почва и контактирующие с ней компоненты ландшафта безопасны для человека.

Литература

1. Овсянникова С.В., Середина В.П., Шайхутдинова А.Н. Тяжелые металлы и радионуклиды в почвах Кузбасса: состояние и экологическая оценка. Кемерово: Изд-во КузГТУ. 2016. 246 с.
2. Акинина А.Н., Середина В.П., Овсянникова С.В. Экологическое состояние почвенных экосистем Кузнецкой котловины // Вестник Оренбургского государственного университета. 2017. № 12 (212). С. 40–44.
3. Классификация и диагностика почв России. Ойкумена: Смоленск, 2004. 341 с.
4. Ильин В.Б. Оценка буферности почв по отношению к тяжелым металлам // Агрохимия. 1995. № 10. С. 109–113.
5. Сысо А.И. Закономерности распределения химических элементов в почвообразующих породах и почвах Западной Сибири. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2007. 274 с.

Ecological and geochemical state of the territory of Taldinsky coal deposit

S.V. Ovsyannikova, V.P. Seredina, M.V. Benner

On the basis of field and experimental researches soil characteristics, forming on the territory of Taldinsky coal deposit, were identified. It was established that within the deposit the prevailing soil types are grey soils, dark gray soils, meadow chernozemic and meadow-boggy soils. The specificities of their morphological features, grain-size distribution, physico-chemical properties were also identified. Assessment had been undertaken to determine the level of chemical soil pollution and inactivated capability towards metal was determined.

Почвенный покров в зоне влияния строительства магистрального газопровода «Сила Сибири» в пределах Республики Саха (Якутия)

М.В. Оконешникова

Институт биологических проблем криолитозоны СО РАН, г. Якутск, mvok@yandex.ru

Изучен почвенный покров в зоне строительства магистрального газопровода «Сила Сибири» в пределах Приленского и Лено-Алданского плато (61°–59° с.ш., 113°–125° в.д.), сложенных палеозойскими морскими карбонатными породами, и денудационной равнины Лено-Вилуйского и Лено-Амгинского водоразделов, покрытых, в основном, континентальными мезозойскими бескарбонатными породами. Установлено, что преобладающими типами почв являются мерзлотно-таежные, подзолистые, дерново-карбонатные, подбуры и органо-щебнистые почвы.

Ключевые слова: Якутия, магистральный газопровод, почвообразующие породы, мерзлотно-таежные почвы, загрязнение, мониторинг.

По территории Якутии магистральный газопровод «Сила Сибири» проложен вдоль нефтепровода «Восточная Сибирь – Тихий океан», который заходит со стороны Иркутской области и идет вдоль левого побережья р. Лена до г. Олекминск, после перехода р. Лена далее идет на юг и через гг. Алдан и Нерюнгри уходит за пределы республики. В 2011 году Институт биологических проблем криолитозоны СО РАН провел обследование современного состояния биологических ресурсов в зоне строительства газопровода на участке трассы Ленск – Сквородино (160–1581,9 км). Изученная территория расположена примерно между 61°–59° с.ш., 113°–125° в.д. в пределах Приленского и Лено-Алданского плато, сложенных палеозойскими морскими карбонатными породами, и денудационной равнины Лено-Вилуйского и Лено-Амгинского водоразделов, покрытых в основном континентальными мезозойскими бескарбонатными породами. В расширенных участках долин рек вышеназванные породы перекрыты небольшой толщей аллювиальных отложений четвертичного возраста. Большая часть территории находится в области сплошного распространения многолетнемерзлых пород, лишь на некоторых водоразделах в южной и западной частях многолетняя мерзлота отсутствует. Глубина протаивания почв составляет 0,8–1,5 м под лесом и 2–2,5 м на открытых участках. Распределение почвенного покрова полностью подчиняется распределению почвообразующих пород территории. От их состава и свойств зависят гранулометрический, химический и минералогический состав почв [1–4]. В зависимости от состава почвообразующих пород, рельефа, степени расчлененности территории гидрографической сетью почвенный покров представляет собой разнообразное сочетание автоморфных, полугидроморфных и гидроморфных карбонатных и бескарбонатных почв: мерзлотно-таежных, подзолистых, боровых, дерново-карбонатных, перегнойно-карбонатных, подбуров, органо-щебнистых, верховых и низинных торфяных, лугово-болотных перегнойных и дерново-глеєватых, аллювиальных дерновых.

В пределах Приленского плато на суглинистом и глинистом разноцветном элювии кембрийских известняков под лиственничными лесами с примесью березы, сибирской ели и кедра формируются полнопрофильные дерново-карбонатные почвы. На крутых и отвесных берегах по устьям рек встречаются маломощные органо-щебнистые почвы. Пониженные части плато сложены бескарбонатными мезозойскими породами, представленными выветрелыми супесями и песками и значительно реже суглинками, на которых широко развиты мерзлотно-таежные и подзолистые почвы. На менее расчлененных участках плоских и широких водоразделов, верховьях таежных рек развиты торфяные верховые и переходные почвы. На низких надпойменных террасах рек под лугово-болотной растительностью редко встречаются дерново-глееватые почвы, переходящие под лесной растительностью в мерзлотно-таежные глееватые и глеевые почвы. На положительных элементах рельефа заливных пойменных террас широко распространены аллювиальные дерновые, на отрицательных замкнутых элементах развиты лугово-болотные и торфяные низинные почвы.

В Приалданской горной провинции проявляется влияние вертикальной зональности, и закономерности распределения почв связаны с высотой местности, крутизной и экспозицией склонов. В почвенном покрове господствуют подбуры и подзолистые почвы, различия между которыми обусловлены только неодинаковой скоростью эрозионного омоложения почвенного профиля [3]. С увеличением уклона местности возрастает доля подбуров, в условиях хорошего внутреннего дренажа и малых уклонов увеличивается доля подзолистых почв, а в условиях затрудненного дренажа – мерзлотно-таежных и мерзлотно-таежных торфяно-болотных почв. В лощинах гор, а также на пониженных элементах рельефа плоских междуречных пространств и пологих склонов северной и восточной экспозиций под моховой заболоченной лиственничной тайгой или мохово-ерниковыми марями развиты торфяные верховые и переходные почвы. На кембрийских известняках под травяно-моховой или лиственнично-еловой тайгой широко встречаются дерново-карбонатные почвы, расчлененные склоны к долинам рек занимают щебнистые их разновидности. В поймах рек в сочетании с аллювиальными почвами формируются торфяные низинные почвы.

Оценивая уровень плодородия почв трассы газопровода, можно отметить, что к потенциально плодородным почвам следует отнести дерново-карбонатные почвы и суглинистые разновидности мерзлотно-таежных и аллювиальных дерновых почв с мощностью плодородного слоя более 10 см, слабокислой и нейтральной реакцией среды. Дерново-карбонатные почвы вблизи г. Олекминска частично используются под пашни, и на них получают высокие урожаи зерновых и силосных культур. Горно-таежные почвы (подбуры, сухоторфяно-подбуры, органо-щебнистые) характеризуются укороченным, как правило, <50 см профилем с высоким содержанием щебня и камней и обладают низким потенциальным плодородием. Эти особенности в сочетании со сложными ландшафтно-геоморфологическими условиями придают почвам низкую сельскохозяйственную ценность. Уровень загрязнения почв трассы газопровода допустимый. По суммарному показателю химического загрязнения почв (Z_c) тяжелыми металлами (Cd, Co, Cu, As, Ni, Hg, Pb, Cr и Zn), нефтепродуктами, фенолами и

бенз(а)пиреном к опасной и чрезвычайно опасной категории загрязнения относятся только единичные образцы торфяных почв, в которых многие токсичные элементы природного или антропогенного происхождения сорбируются и накапливаются в виде различных органических комплексов. Почвы с такой категорией загрязнения составляют менее 1% от общего числа анализированных проб. Выявленные характеристики почв могут быть базой для проведения мониторинговых наблюдений в ходе строительства и эксплуатации магистрального газопровода «Сила Сибири» на участке трассы Ленск – Сковородино.

Благодарность. Работа выполнена в рамках государственного задания ИБПК СО РАН по проекту V.54.1.2. «Выявление причинно-следственных основ динамики почвенного покрова, растительного и животного мира криолитозоны на территории распространения легких пород в Центральной Якутии для разработки фундаментальных основ их охраны в условиях возрастающего антропогенного пресса и глобальных изменений» (0376-2019-0006); рег. номер АААА-А19-119040990002-1.

Литература

1. Зольников В.Г. Почвы Ленского и Олекминского районов Якутии и перспективы их сельскохозяйственного использования // Материалы о природных условиях и сельском хозяйстве юго-запада Якутской АССР. М.: Изд-во АН СССР, 1957. С. 3–112.
2. Петрова Е.И. Почвы Южной Якутии. Якутск, 1971. 167 с.
3. Коноровский А.К. Почвы севера зоны Малого БАМа. Новосибирск, 1984. 120 с.
4. Оконешникова М.В., Десяткин Р.В. Почвы зоны затопления бассейна реки Тимптон // География и природные ресурсы. 2011. № 3. С. 83–91.

Soil cover in the zone of influence of the construction of the «Power of Siberia» gas pipeline within the Republic of Sakha (Yakutia)

M.V. Okoneshnikova

The soil cover was studied in the construction zone of the «Power of Siberia» gas pipeline within the Prilensky and Leno-Aldan plateaus (61°–59° N, 113°– 125° E), composed of Paleozoic marine carbonate rocks and the denudation plain of the Leno-Vilyui and Leno-Amga watersheds, covered mainly by continental Mesozoic carbonate-free rocks. It has been established that the prevailing type of soils are permafrost-taiga, podzolics, sod-calcareouses, podburs and debrital-organogenuos soils.

Влияние длительного сельскохозяйственного использования серо-коричневой (каштановой) обыкновенной почвы Азербайджана на их морфологические и агрохимические свойства

Ф.М. Рамазанова

*Институт почвоведения и агрохимии НАН Азербайджана, г. Баку,
firoza.ramazanova@rambler.ru*

*В статье представлены материалы по формированию в профиле серо-коричневых (каштановых) обыкновенных почв сухостепной зоны Азербайджана генетических горизонтов под влиянием естественной растительности и промежуточных посевов кормовых культур. Существенные морфологические изменения свойственны для мощности гумусового горизонта и глубины залегания карбонатов. Максимальные их значения установлены в почве под сбором 3 урожая зеленой массы в год с 1 га: гумуса – до 3,18%, сумму поглощенных оснований – до 22,5 мг-экв/100 г почвы, подвижного фосфора – до 30,2 и обменного калия – до 336,1 мг/100 г почвы. И в соответствии с системой WRB (2015) орошаемые серо-коричневые (каштановые) обыкновенные почвы можно классифицировать – *Vermic Gleyic Irragric Kastanozems (Anthric, Loamic, Densic)*.*

Ключевые слова: *морфологический профиль, мощность горизонта, агрохимические свойства*

Введение. Современное формирование пахотных почв протекает под влиянием генетически независимого естественно-антропогенного процесса почвообразования [1]. Культурный процесс почвообразования, является целенаправленным, приводящий к формированию нового природного тела – культурной почвы. При этом в разных генетических типах почв при их окультуривании формируются общие закономерности, что свидетельствует о развитии в них единого естественно-антропогенного почвообразовательного процесса [2,3], однако исследуемые почвы должны отличаться по деградации, окультуриванию или по воздействию каких-то прочих форм влияния [4]. Поэтому, изучать трансформацию морфологических и физико-химических показателей почв под действием антропогенных и природных факторов в продолжительных стационарных экспериментах на серо-коричневой (каштановой) обыкновенной целинной (под целинной растительностью) и орошаемой почве (под промежуточными посевами кормовых культур) Азербайджана с соблюдением зональных агрономических и технологических приемов, но с некоторыми изменениями их для каждого варианта, является актуальным.

Объект и методика исследования. Объект исследования – целинная (in WRB 2012, *Kastanozems*) и орошаемая серо-коричневая (каштановая) обыкновенная (in WRB 2012, *Irragric Kastanozems*) почвы на территории Гянджа-Казахского массива сухостепной зоны Азербайджана; растительность: 1) целинная (*Carex pachystylis*, *Poa bulbosa*, *Caragana frutex*, *Alhagi*, *Artemisia*, *Salsola*) и промежуточные кормовые культуры по схеме: 2) *Secale cereale* → *Zea máys*; 3) *Medicágo*; 4) *Zea máys* (весенний посев); 5) *Secale cereale* + *Vicia sati-*

va + *Brássica nápus* → *Zéa máys*+*Glycine max* + *Sorghum* + *Amaránthus* → *Hórdeum* + *Vicia sativa*; 6. *Hórdeum* (на зерно,хозпосев). В течение 20 лет (1998-2018гг.) соблюдали традиционную технологию возделывания с некоторыми их изменениями для каждого варианта. Повторность – 4-кратная, площадь делянок – 72 м². Климат – субтропический с сухим жарким летом, сумма активных t 4000–5200°C, приход ФАР – 120–135 ккал/см², количество: осадков – 180–430 мм в год; дней с t воздуха >10° – 240–300 и почвы > 5° – 270–330. Содержание гумуса в слое 0–50 см почвы составляет 2,47–2,64% [5]. Закладка почвенных разрезов, их описание, отбор почвенных образцов и установление предварительного классификационного названия почвы в полевых условиях проводили по *Guidelines for Soil Description* (FAO, 2012) и по методикам [6–9]. В почвенных образцах определили: гумус по – И.В. Тюрину, подвижные соединения фосфора и калия – по Ф.В. Чирикову, рН –потенциометрически, обменный кальций – атомно-абсорбционным методом. На основании морфологических и физико-химических свойств название серо-коричневым (каштановым) обыкновенным почвам дано по Международной классификации почв на основе Реферативной базы (WRB) 2015 г. [9].

Результаты. Морфологические признаки почвенного профиля являются устойчивой внешней характеристикой почв, и даже кратковременное антропогенное влияние на почву приводит к изменениям морфологических признаков [2], формируется пахотный горизонт, с характерными признаками, отличающиеся от исходных генетических горизонтов природных почв и представляет собой окультуренный горизонт с сохранением зонального вида [4,10], оказывает влияние на направление и интенсивность почвообразования.

Исследованиями установлено, что существенные видоизменения в морфологическом профиле почвы проявляются в основном в виде повышения гумусового горизонта, глубине залегания, а также мощности карбонатного слоя. Эти изменения усиливаются на посевах пропашных культур, бессменном возделывании ячменя и на целине, где глубина залегания карбонатов выше, что связано с большей испаряемостью с поверхности, связанной с изреженностью растительного покрова. Бессменный посев *Hórdeum* (6 вариант) убавляет мощность гумусового горизонта почв из-за низкого поступления в почву свежего органического вещества. Во всех исследуемых вариантах опыта в соответствии с «Классификации и диагностики почв СССР» [12] и FAO 2015 [9] – серо-коричневая (каштановая) обыкновенная почва-маломощная, малогумусная, что показывает однородность почвенного покрова опытной территории.

Для образца приводим морфологическое описание профиля почвы разреза № С-38 (по WRB-2015), заложенного на 5-м варианте. Территория голонцевого (100–100 000 лет) естественного происхождения (Hn), расположена в с. Вургун, в 100 м от трассы Баку–Тбилиси, на высоте 348 м над у.м., географические координаты – 41°06'08,89"N, 45°28'07.39"E. SU, 25°C; WC 2 (= солнечно, температура 25°C), LP – <10°, микрорельеф – мелкая бугристость (0,02 м). Почва орошаемая серо-коричневая (каштановая) обыкновенная. AA4M, IB, растительность: *Secále cereále* + *Vicia sativa* + *Brássica nápus* → *Zéa máys* + *Glycine max* + *Sorghum* + *Amaránthus* → *Hórdeum*+*Vicia sativa*. ST, нарушенный распашкой слой естественной почвы – (0–27 см) – Нр.

A _{1h'cl e k m fsc v}	<u>0–27</u> 27 см	Hue 5 YR6/3, CL, (CO + PR), FR, корни – M (2–5 мм) и C (>5 мм), (M – < 2 мм –200, a > 2 мм →20), F – 0,5–2 мм, растительные остатки, E, M, M – 15–40%, са, влажноватый, SC, MO 2–10% и N;
A _{2h'cl e k m pm v f}	<u>27–57</u> 30 см	Hue 5 YR 6/3, CL, AS, FRF, E, M – 15–40% (M – много корней – < 2мм – 200; > 2 мм →20), корешков (F – 0,5–2 мм), растительные остатки, местами полуразложившиеся прошлогодние остатки корней и стерни, C, M – 15–40%, свежий, *pF 3-2, MO 2–10% и N, PM, са, G – 5–15 см, D;
B _{м са C I pm f}	<u>57–85</u> 28 см	Hue 10 YR 7/3-6, CL, CO + PR, FM, FRF, M – 2–5 мм, VF – < 0,5 мм, местами прошлогодние полуразложившиеся остатки корней и стерни, C, I, F – 0,5–2 мм и F – < 2 мм – 20–50%, > 2 мм – 2–5%, ST 10–25, са, PM, HA, свежий, *pF 3-2, G – 5–15 см, I;
B/C _{са fk pm}	<u>85–115</u> <u>30 см</u>	Hue 10 YR 5/1, CL, CR, HA, F – < 2 мм 20–50% и > 2 мм – 2–5%, C, V – <0,5 мм, ST – 10–25%, PM, pF* – 3, са, C – 2–5 см, S;
C _{са}	<u>115–145</u> 30 см	Hue 10 YR 4/4, CL 25–40% ила, ST 10–25%, са, SC, LU, HA, pF*-3, V – < 2%, D;
C _{са v hc}	145→	Hue 10 YR 5/1, SICL – 25–40% ила, FF, F – 2–6 мм, SHA, pF* = 4, N, V < 2 мм – 1–20%; > 2 мм – 1–2%, N, HC, ST – 10–25.

Морфологическое описание данного разреза показывает, что видоизменения в профиле почвы проявились в основном в виде повышения гумусового горизонта, глубине залегания и мощности карбонатного слоя. При морфологическом описании профилей почвы других вариантов опыта установлены следующие горизонты: A_{пах} мощностью от 15 до 27 см; A_{гип} – от 15–40 до 57 см; B – от 40–45 до 85 см; B/C – от 57–75 до 85 см и C_{са} – от 70–74 до 145 см, C_{са} → 145 см и дальше, что соответствовало статистическим параметрам морфологических свойств серо-коричневых (каштановых) обыкновенных почв сухостепного Гянджа-Казахского массива (таблица). Середина профиля состояла из переходных горизонтов (от гумусового к материнской породе – B, B/C и C. Их общая мощность в целине составила 72 см, *Secale cereale* → *Zea mays* – 80 см, *Hordeum* (хозпосев) – 68 см. Значительный уровень залегания карбонатов отмечен под *Hordeum* (57–70 см), несколько ниже под *Zea mays* весеннего сева (60–74 см) и понижен на глубину 115–145 см в 5-ом варианте. Это делает их схожими с аналогами серо-коричневой (каштановой) обыкновенной почвы по исследованиям в Карамарьямском плато Кура-Араксинской низменности [13], что связано с большей испаряемостью влаги с поверхности почвы из-за изреженности травостоя. В 3 и 5 вариантах корневая система *Medicago* и травосмесей интенсивно использовали влагу из слоя 0–55–57 см и замедляли тем самым поднимающуюся миграцию карбонатов. За 20 лет мощность A_{1п} под *Hordeum* (хоз.посева) составила

23 см, под *Medicágo* – 26 см, а наибольшая – под 5-м вариантом (27 см). Это совершенно логично – разноглубинная обработка почвы в зависимости от вида промежуточного смешанного посева культур с целью получения 3 урожая з/м с га в год, разная глубина проникновения корневой системой культур и круглогодичное поступление свежего органического вещества травосмесей способствовали приближению процессов почвообразования к целинным аналогам. Аналогичные закономерности в образовании гумусового горизонта в каштановых почвах отмечены в работах [9, 14, 15].

Агрохимические показатели по генетическим горизонтам морфологического профиля серо-коричневой (каштановой) обыкновенной почвы

Вариант опыта	Горизонт, см	Мощность, см	рН вод	Гумус, %	мг-экв/100 г почвы		мг/кг почвы	
					Ca	Mg	P ₂ O ₅	K ₂ O
Целина	A1	0–15	7,5	2,87	17,3	6,2	23,7	224
	A2	15–40	7,2	2,36	18,4	8,5	22,8	201,4
	A/B	40–65	7,8	1,30	19,9	8,0	19,5	147,9
	B	65–109	8,4	0,59	20,2	2,1	9,1	116,6
	C _{ca}	109–137	8,1	0,08	16,0	2,0	3,9	78,4
Secále cereále → Zéa máys	Ап	0–24	7,7	2,79	16,2	4,11	23,9	229,4
	Ап/пах	24–50	8,0	1,97	17,6	4,96	20,2	140,1
	B	50–75	8,6	1,20	19,5	4,33	13,2	125,9
	B/C _{ca}	75–115	8,6	0,50	19,0	4,10	4,7	87,5
	C _{ca}	115–130	8,1	0,03	15,6	4,7	4,0	59,3
Medicágo	Ап	0–26	7,8	3,11	17,8	4,03	27,6	316,7
	Ап/пах	26–55	8,1	2,29	18,1	4,34	26,1	220,9
	B	55–80	8,5	1,68	20,0	4,11	17,5	147,3
	B/C _{ca}	80–120	8,7	0,79	19,4	4,26	5,9	112,1
	C _{ca}	120–145	8,0	0,33	16,8	4,68	5,0	79,8
Zéa máys (ве- сенний посев)	Ап	0–23	7,6	2,68	16,4	4,33	20,3	201,6
	Ап/пах	23–45	7,9	1,84	16,8	4,12	17,7	136,8
	B	45–60	8,1	1,11	17,0	3,17	12,6	125,9
	B/C _{ca}	60–74	8,6	0,43	18,8	3,00	10,1	110,2
	C _{ca}	74–110	8,7	0,03	14,8	3,80	5,9	68,9
Secále cereále + Vicia sativa + Brássica nápus → Zéa máys + Glycine max + Sorghum + Ama- ránthus → Hórde- um + Vicia sativa	Ап	0–27	8,0	3,18	18,6	3,90	30,2	336,1
	Ап/пах	27–57	8,2	2,34	19,1	3,98	28,7	237,6
	B	57–85	8,5	1,71	21,1	3,78	18,1	165,2
	B/C _{ca}	85–115	8,6	1,05	20,3	4,08	8,8	130,1
	C _{ca}	115–145	8,1	0,68	17,2	4,79	7,3	88,2
Hórdeum (хоз. посев)	Ап	0–23	7,8	2,52	15,8	4,28	18,2	180,8
	Ап/пах	23–45	8,1	1,69	16,2	4,17	16,1	135,9
	B	45–57	8,3	1,03	16,5	3,88	11,5	110,6
	B/C _{ca}	57–70	8,6	0,52	17,0	4,14	9,9	107,1
	C _{ca}	70–113	8,1	0,04	13,2	3,92	1,8	63,3

Установлено, что реакция среды во всех вариантах верхних горизонтов слабо щелочная (рНвод – 7,5–8,0), а в нижних – при переходе в карбонатные го-

ризонты – щелочная (рНвод – 8,4–8,6), что соответствует серо-коричневым (каштановым) обыкновенным почвам Азербайджана [16]. За двадцатилетний период бесменного возделывания *Hordeum* содержание гумуса в A_{1п} слое составило – 2,52%, в A_{2п/п} – 1,69%, что обусловлено повышением минерализации органического вещества и недостатке растительного материала. В варианте по получению 3 урожая з/м в год с га содержание гумуса в Апах выше –3,18%, что связано с круглогодичным поступлением в почву свежих растительных остатков травосмесей. Наибольшая сумма поглощенных оснований с преобладанием катиона кальция, подвижного фосфора и обменного калия отмечено в почве также под 5-м вариантом. На основании полученных данных по международной классификации почв мира (WRB 2015) серо-коричневые (каштановые) обыкновенные почвы можно классифицировать – Vermic Gleyic Irragic Kastanozems (Anthric, Loamic, Densic).

Вывод. Под воздействием сельскохозяйственного использования серо-коричневых (каштановых) обыкновенных почв в морфологическом профиле изменения происходили в гумусовом слое и уровне залегания карбонатов. Учитывая эти изменения в соответствии с системой WRB 2015 орошаемые серо-коричневые (каштановые) обыкновенные почвы можно классифицировать – Vermic Gleyic Irragic Kastanozems (Anthric, Loamic, Densic).

Литература

1. Научные основы систем земледелия Бурятии / В.Б. Бохиеви др. Улан-Удэ: Изд-во БГСХА им. В.Р. Филиппова, 2008. 480 с.
2. Уланов А.К. Влияние различного использования пашни на морфологические и агрохимические свойства каштановой почвы Забайкалья // Почвы России вчера, сегодня, завтра: сб. статей по матер. Всеросс. с между. участием н. конф., посвящ. 90-летию со дня рождения профессора В.В. Тюлина. Киров, 2017 С. 100–107.
3. Караваева Н.А. Агрогенные почвы: условия среды, процессы, свойства // Почвоведение. 2005. № 12. С. 1518–1529.
4. Бабаев М.П., Рамазанова Ф.М., Гурбанов Э.А. Влияние промежуточных посевов кормовых культур на гранулометрический и микроагрегатный состав генетически различных почв сухой субтропической зоны Азербайджана // Агрохимия. 2020. № 3. С. 19–31.
5. Babaev M.P., Gurbanov E.A., and Ramazanova F.M. Main Types of Soil degradation in the Kura – Aras Lowland of Azerbaijan // Eurasian Soil Science. 2015. Vol. 48, № 4. P. 445–456.
6. Полевой определитель почв России. М.: Почвенный ин. им. В.В. Докучаева, 2008. 82 с.
7. Руководство по описанию почв. 4-е изд., испр. и доп. Рим, 2012. 101 с.
8. FAO. 2012, 2014. *Guidelines for soil description*. 4th edition. Rome.
9. FAO. 2015 World reference base for soil resources 2014/International soil classification system for naming soils and creating legends for soil maps Update 2015. 192 p.
10. Семендяева В.Н. Влияние сельскохозяйственного использования на свойства почв Западной Сибири. Новосибирск, 2011. 168 с.
11. Суховерковой В.Е. Изменения гумусового горизонта черноземов при длительной распашке в Западной Сибири // Достижения науки и техники АПК. 2015. Т. 29, № 6. С. 5–7.
12. Классификация и диагностика почв СССР. М.: Колос, 1977. 225 с.
13. Самедов П.А., Гасанова Т.А. Микробиологические показатели каштановых (серо-коричневых) почв Карамарьямского плато // Біорізноманіття та роль тварин в екосистемах: матеріали VIII Міжнародної наукової конференції. Дніпропетровськ: Ліра, 2015. С. 52–53.

14. Гамзиков Г.П., Семендяева Н.В., Гнатовский В.М., Назаренко П.Н. Морфологические изменения профиля каштановых почв Кулундинской степи при различном сельскохозяйственном использовании // Научное обеспечение АПК Сибири, Монголии и Казахстана: материалы 10-й Междунар. конф. по науч. обесп. Азиатских территорий. Новосибирск, 2007. С. 62–63.

15. Уланов А.К., Будажапов Л.В., Билтуев А.С. Изменение морфологических и агрохимических свойств каштановой почвы при различном использовании пашни в сухой степи Бурятии // Материалы Междунар. науч. конф. I Никитинские чтения «Актуальные проблемы почвоведения, агрохимии и экологии в природных и антропогенных ландшафтах», 19–22 ноября 2019 г. Пермь: Прокрость, 2020. С. 219–222.

16. Бабаев М.П., Рамазанова Ф.М., Наджафова С.И., Гурбанов Э.А. Почвы Азербайджанской Республики (Орошаемые почвы Кура-Араксинской низменности и их производительная способность). М.: LAMBERT Academic Publishing, 2019. 275 с.

The Influence of long-term Agricultural Use of Gray-Brown (Chestnut) Ordinary Soil of Azerbaijan on its Morphological and Agrochemical Properties

F.M. Ramazanova

The article presents materials on the formation of genetic horizons in the profile of gray-brown (chestnut) soils of the dry steppe zone of Azerbaijan under the influence of natural vegetation and intermediate crops of forage crops. It has been established that significant morphological changes are common to the thickness of the humus horizon and the depth of carbonates. Their maximum values are established in the soil under the collection of 3 green mass harvests per year from 1 ha: humus – up to 3.18%, the amount of absorbed bases – up to 22.5 mEq / 100 g of soil, mobile phosphorus – up to 30.2 and exchange potassium – up to 336.1 mg / 100 g of soil. and in accordance with the WRB system (2015), irrigated gray-brown (chestnut) ordinary soils can be classified – Vermic Gleyic Irragic Kastanozems (Anthric, Loamic, Densic).

УДК 631.4

Черноземы степей левобережья Минусинской впадины

А.В. Роженцова, В.З. Спирина

*Национальный исследовательский Томский государственный университет,
г. Томск, Spirina.pochva@mail.ru*

Рассмотрены условия формирования черноземов степных территорий Минусинской впадины. Показаны особенности свойств подтипов черноземов в зависимости от комплекса условий отдельных степей. Установлено, что уровень плодородия обыкновенных и южных черноземов Уйбатской и Боградской холмисто-сопочной степи неудовлетворительный и дальнейшее бессистемное использование почв в качестве сенокосов и пастбищ недопустимо. Каждый подтип черноземов имеет определенные характеристики. Для сохранения и повышения плодородия требуется индивидуальный подход к использованию почвы с учетом особенностей ее свойств.

Ключевые слова: черноземы, степи, условия почвообразования, сенокос, пастбище, гранулометрический состав, гумус.

Черноземы являются преобладающими на территории степей левобережья Минусинской впадины и издавна считаются наиболее плодородными почвами. Они являются уникальным природным объектом, очень уязвимы, и длительное использование черноземов не всегда оказывает положительное влияние на плодородие данных почв, что требует повышенного внимания при вовлечении их в производство. Бессистемный выпас скота, отсутствие мероприятий по улучшению свойств почв приводит к проявлению деградационных процессов. Степные территории – это зона сильной ветровой эрозии, а в период выпадения ливневых дождей проявляется и водная, что снижает продуктивность кормовых угодий и пахотных земель [1].

Степные территории расположены в разных частях Минусинской впадины и отличаются некоторыми условиями почвообразования. Июсо-Ширинская степь занимает основное пространство Чулымо-Енисейской котловины, которая расположена в наиболее северной приподнятой части Минусинской впадины. Уйбатская степь входит в состав более южной, самой сложной и наиболее крупной Абакано-Минусинской котловины. Боградско-холмисто-сопочная луговая степь располагается в Сыдо-Ербинской котловине. В целом рельеф степных территорий Минусинских котловин сложный – равнинные формы поверхности чередуются с холмистыми участками. Большое многообразие почвообразующих пород отличается неоднородностью гранулометрического, минералогического и химического состава. Климат резко континентальный, и его неблагоприятной стороной является малое количество осадков и неравномерность в их распределении, сухость воздуха, а также сильные ветры. Уйбатская степь расположена в более засушливых условиях, осадков выпадает значительно меньше (250 мм в год) по сравнению с Июсо-Ширинской степью (400–500 мм в год). Растительный покров Уйбатской степи не получает влаги в достаточном количестве особенно из-за малой задернованности почв. Почвенный покров степей в целом очень неоднородный, что обусловлено сложностью рельефа, большим разнообразием почвообразующих пород и климатическими условиями. Почвы степей представлены самыми разнообразными вариантами и комплексами от черноземов всех подтипов, видов и разновидностей до менее распространенных каштановых, солонцовых, солончаковых, луговых и малоразвитых щебнистых почв.

Объектами исследования послужили черноземы, сформированные на пологих склонах разных экспозиций степных территорий Минусинских котловин. Выщелоченные черноземы приурочены к холмистым и увалистым возвышенностям, занимают более увлажненные склоны северных экспозиций под разнотравно-злаковыми растительными ассоциациями Июсо-Ширинской степи. Мощность гумусового горизонта колеблется в пределах 40–50 см, карбонаты залегают на глубине 61–77 см. Наличие выщелоченного горизонта от карбонатов отличает данный подтип от других.

Обыкновенные черноземы наибольшее распространение имеют в Боградской холмисто-сопочной луговой степи. Они залегают чаще всего на пологих склонах северной экспозиции, под злаково-разнотравной растительностью. Обыкновенные черноземы тяготеют к более остепненным участкам. От выщелоченных черноземов отличаются меньшей мощностью гумусового горизонта (34–

38 см), отсутствием четко выраженного иллювиально-карбонатного и гипсового горизонтов. Наличие карбонатов отмечается с глубины 26–28 см.

Южные черноземы приурочены к более сухим частям территории Уйбатской степи. Они встречаются в комплексе с обыкновенными черноземами и каштановыми почвами. Мощность гумусового горизонта 20–27 см, вскипание отмечается с 11–13 см. Карбонатный горизонт сильно уплотнен, и на глубине 120–130 см имеется гипсовый горизонт.

Черноземы степей по гранулометрическому составу в большинстве своем относятся к средне-, тяжелосуглинистым и супесчаным разновидностям с преобладанием фракций крупной пыли (33–58%), илистых частиц (21–33%), мелкого и среднего песка (14–73%). Внутрипрофильное распределение гранулометрических фракций различно. Выщелоченные и обыкновенные черноземы в основном средне- и тяжелосуглинистые, южные – имеют более легкий гранулометрический состав.

По содержанию гумуса черноземы относятся к тучным (9–10%), средне (7–9%), малогумусным (4,2–4,6%) видам и характеризуются резким снижением его количества с глубиной, что соответствует особенностям гумусообразования на данной территории. Наиболее гумусированными являются выщелоченные черноземы, формирующиеся на территории Июсо-Ширинской степи, где климатические условия более благоприятны для развития растительного покрова. Обыкновенные черноземы Боградской холмисто-сопочной луговой степи средне- (6,9–8,7%) и малогумусные (4,5–4,8%). Южные черноземы наиболее сухих участков Уйбатской степи – малогумусные (3,9–4,2%). Недостаточное количество влаги, а также сильные ветры приводят к накоплению песчаных частиц, гальки, увеличивается хрящеватость верхних горизонтов почв, что не способствует интенсивному развитию растений и накоплению гумуса. Количество карбонатов в черноземах разных подтипов неодинаковое, что отражается на реакции почвенного раствора. У всех подтипов черноземов максимальное содержание карбонатов приурочено к средней части почвенного профиля. Реакция среды в исследованных почвах колеблется от нейтральной до слабощелочной. Верхние горизонты, как правило, имеют нейтральную реакцию среды. Максимальное количество суммы обменных катионов отмечается в гумусово-аккумулятивных горизонтах выщелоченных черноземов по сравнению с обыкновенными и южными подтипами. В составе ППК преобладают ионы кальция (26,7–42,3 мг-экв/100 г почвы). Магния в составе поглощенных катионов содержится меньше, его биогенное накопление выражено слабее.

Обеспеченность растений подвижными элементами питания у разных подтипов черноземов неодинаковая. Наибольшей величиной подвижных элементов характеризуются выщелоченные черноземы Июсо-Ширинской степи. У данных почв легкогидролизуемого азота содержится от 14,3 до 16,4 мг/100 г почвы, фосфора – 9,5–9,7 мг/100 г почвы, что позволяет отнести их к более плодородным почвам. Несколько меньше подвижных элементов у обыкновенных черноземов: азота содержится 6,1–13,3 мг/100 г почвы, фосфора – 6,5–8,3 мг/100 г почвы. Южные черноземы характеризуются минимальными показателями элементов питания: содержание азота составляет 3,2–5,8 мг/100 г почвы, фосфора – 5,9–7,0 мг/100 г почвы.

Особенности физико-химических и агрохимических характеристик черноземов степей Минусинской впадины, обусловленные условиями формирования, требуют индивидуального подхода в каждом конкретном случае при использовании почв в сельскохозяйственном производстве. Благоприятные температурные условия и степные ландшафты являются объективным условием для разведения крупного рогатого скота и овец, а также для выращивания зерновых, технических культур и овощеводства. Большие площади изученной территории издавна используются под пастбища и сенокосные угодья, что стимулирует развитие животноводства и растениеводства. Однако при неправильном использовании почвенных ресурсов возникают эрозионные процессы, что приводит к снижению плодородия черноземов [2]. Причин эрозии очень много, но основными на данной территории являются следующие: бессистемный выпас скота, отсутствие мероприятий по улучшению и сохранению почв. Другие факторы, усиливающие деградационные процессы, это малоснежные зимы с глубоким промерзанием почв и медленным оттаиванием, сброс небольших талых вод, сильные ветры весной и жаркое засушливое лето [3].

Снижение количества и ухудшение качества травостоя происходит при неправильном использовании пастбищ, поскольку животные поедают, прежде всего, ценные растения, которые замещаются плохо поедаемыми травами и низкорослыми малоурожайными растениями. При нерегулируемом выпасе животных почва сильнее уплотняется, ухудшаются ее водно-воздушные свойства, снижается микробиологическая активность и происходит разрушение верхнего горизонта почвы. Такое использование пастбищ снижает продуктивность и долговечность лугов, приводит к их деградации [1–2]. При вольном выпасе животных на выбитых скотом пастбищах часто размножаются вредные насекомые.

Однако в результате рационального выпаса животных, при правильном стравливании травостоя в нем постепенно начинают преобладать ценные, выносливые к пастбе растения.

Выщелоченные черноземы, расположенные на выровненной поверхности в Июсо-Ширинской степи, отличаются средне- и тяжелосуглинистым составом с хорошо выраженной зернисто-комковатой структурой в большей части гумусовой толщи, имеют более густой растительный покров. Основу травостоя составляют ценные в кормовом отношении злаки. По количеству гумуса данные черноземы относятся к тучным и среднегумусным (8,8–10,1%) видам. Содержание питательных веществ свидетельствует об их хорошем плодородии, поэтому данные почвы целесообразно использовать под пашни для выращивания культурных растений. Запас кормов на пастбищах не обеспечивает полностью потребностей животноводства. Для этих целей возможны смешанные посевы бобовых и злаковых культур, что будет способствовать повышению урожая и питательности корма. По мнению исследователей, смешанные посевы улучшают сенажируемость, поедаемость кормов и обеспечивают получение устойчивых урожаев по годам.

Обыкновенные черноземы исследованных территорий, в отличие от выщелоченных, являются менее гумусными (4,3–8,7%). Почвы данного подтипа расположены в Уйбатской и Богградской холмисто-сопочной луговой степи на

пологих склонах [1–3]. Наименьшей мощностью гумусового горизонта, содержанием гумуса и питательных веществ характеризуется обыкновенный чернозем, вскрытый на сенокосном пастбище в Богградской степи. Естественная растительность данной территории широко используется для сенокоса. В составе травостоя имеются хорошие кормовые злаки: пырей ползучий, овсяница луговая, лисохвост луговой и другие растения, от развития которых зависит кормовая ценность сенокосного пастбища. Однако результаты исследования свойств данного чернозема свидетельствуют о его низком плодородии: легкогидролизуемого азота содержится 5,8 мг/100 г почвы, фосфора – 6,5 мг/100 г почвы. Для улучшения свойств этого чернозема необходимо проводить ряд комплексных мероприятий с обязательным применением органических и минеральных удобрений, а также систем, предотвращающих появление деградационных процессов [3].

Южные черноземы, расположенные на территории Уйбатской степи, отличаются от других подтипов небольшой мощностью гумусового горизонта, наименьшим содержанием гумуса, питательных элементов (азота содержится 3,2 мг/100 г почвы, фосфора – 7,1 мг/100 г почвы) и высокой карбонатностью. Для данных почв необходимо улучшение гумусного состояния и исключение бессистемного использования в качестве сенокосов и пастбищ.

Таким образом, при дальнейшем использовании черноземов Минусинских степей в качестве пашни, пастбищ или сенокосных угодий необходим индивидуальный подход к каждому подтипу с учетом особенностей свойств и характера применения.

Литература

1. Танзыбаев М.Г. Почвы Хакасии. Новосибирск: Наука, 1993. 256 с.
2. Еремина И.Г. Изменение свойств черноземов при длительном сельскохозяйственном использовании. Новосибирск: НИИАП Хакасии, 2010. 134 с.
3. Спирина В.З. Генетико-мелиоративное состояние обыкновенных черноземов Хакасии: автореф. дис. ... канд. биол. наук. Новосибирск, 1989. 17 с.

Chernozems of the steppes of the left Bank of the Minusinsk depression

A.V. Rozhentsova, V.Z. Spirina

The conditions for the formation of chernozems in the steppe territories of the Minusinsk depression are considered. Features of properties of subtypes of chernozems depending on a complex of conditions of separate steppes are shown. It is established that the level of fertility of ordinary and southern chernozems of the Uibat and Bograd hilly-sopchny steppes is unsatisfactory and further unsystematic use of soils as hayfields and pastures is unacceptable. Each subtype of chernozems has certain characteristics. To preserve and increase fertility, an individual approach to the use of soil is required, taking into account the characteristics of its properties.

К вопросу о проблеме мониторинга заболоченности территории с помощью ГИС-технологий

Е.А. Сайб, А.Н. Безбородова

Институт почвоведения и агрохимии СО РАН, г. Новосибирск, sajb@issa-siberia.ru

Изучена заболоченность территории на примере территории Убинского района Новосибирской области. Проведен анализ существующего картографического материала для изучения болот. Показана возможность использования автоматической обработки (классификации) материалов космической съёмки среднего разрешения (Landsat) для создания тематического картографического материала с целью изучения динамики заболачивания. Получен новый картографический материал по динамике изменений и состоянию болот и заболоченных земель на примере данной территории.

Ключевые слова: болота, временная динамика, ГИС-технологии, тематическое картографирование, Новосибирская область.

Болота являются неотъемлемыми компонентами природы и представляют собой ценные природные образования (такие же, как и леса, луга, степи, реки, озера), но при этом в нашей стране они не имеют определенного правового статуса. Земли под водой и болотами в Новосибирской области присутствуют во всех категориях земель. На 1 января 2018 г. наибольшая площадь под водой в категории земель водного фонда – 595 тыс. га из них болота – 55,7; наименьшая – в категории земель особо охраняемых территорий и объектов – 0,3 тыс. га [1]. Больше всего болот относится к землям лесного фонда – 1690,5 тыс. га, в основном это верховые болота. Значительные площади болота занимают и в категории земель сельскохозяйственного назначения – 1033,3 тыс. га. Среди сельскохозяйственных угодий Новосибирской области переувлажненные и заболоченные земли занимают 25%, из них 19,8% – переувлажненные, и 5% – заболоченные [1–3]. Согласно справочнику «Сводный список особо охраняемых природных территорий Российской Федерации», в Новосибирской области на данный момент существует девять охраняемых верховых болот общей площадью 7,5 тыс. га [4]. К тому же торфяные месторождения в Российском законодательстве отнесены к общераспространенным полезным ископаемым, что определённо является угрозой сохранности болот, особенно для тех месторождений, которые не числятся на государственном балансе.

Согласно официальным данным, в России мониторингом болот занимаются органы гидрометеорологической службы. В настоящее время сеть наблюдательных станций, проводящих мониторинг болотных угодий, находится в большом упадке (мониторинг практически не ведётся). Следует отметить, что согласно докладу Управления Федеральной Службы Государственной Регистрации, Кадастра и Картографии по Новосибирской области «О состоянии и использовании земель Новосибирской области на 2018 год», актуальный и качественный картографический материал имеется только на 35% населенных пунктов от общего их количества. По землям же других категорий на 75% территорий муницип

ципальных районов работы по созданию картографического материала проводились 20–35 лет назад, для 8% – 15–20 лет назад. Соответственно, на данный момент требуется создание (или обновление) планово-картографического материала на 65% земель населенных пунктов и 100% земель других категорий [1].

Поэтому важной частью организации мониторинга болот является разработка метода для получения визуальных, картографических данных, достаточно простого для воспроизведения и использования. ГИС-технологии и современные методы обработки данных ДДЗ позволяют повысить точность, достоверность и скорость составления карт тематического содержания.

Объект исследования – Убинский район Новосибирской области. В геоморфологическом плане этот район расположен в Барабинской низменности, на границе двух природных зон: северной лесостепной подзоны и подтаежной зоны, таким образом, данная территория объединяет несколько типов болот.

Создание электронной карты Убинского района НСО на основе существующего картографического материала (топокарты ГПЦ 2001 года масштаба 1:100 000) даёт основания говорить о том, что данный картографический материал не подходит для изучения болотных экосистем (к тому же он устарел), поэтому эти данные не могут дать полного представления о текущем состоянии заболоченности территории.

При изучении возможностей программного комплекса ENVI использовались два мультиспектральных разновременных снимка Landsat с пространственным разрешением 30 м и покрытием Path 151, Row 21. Применение неуправляемых классификаций не даёт необходимого результата при работе с заболоченными территориями.

С помощью управляемой классификации (обучаемой) способом максимального правдоподобия (Maximum likelihood) были получены более достоверные изображения, которые могут быть использованы при изучении (мониторинге) болот.

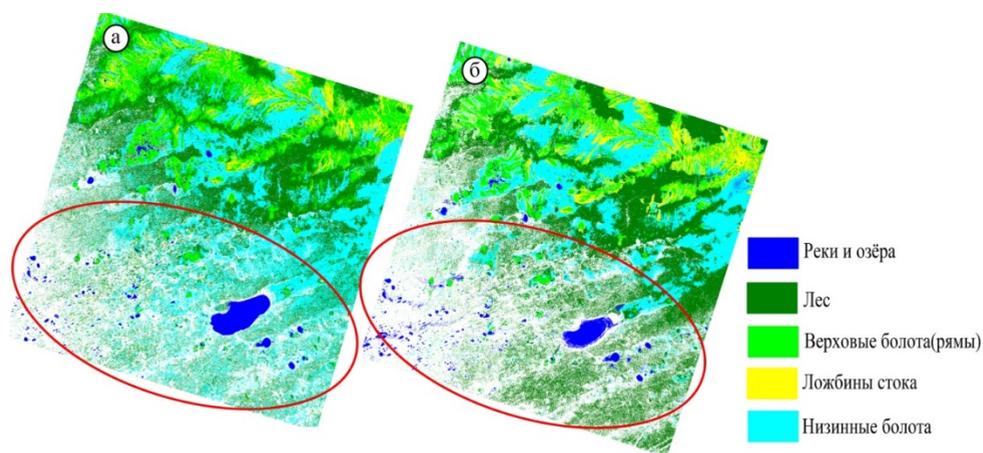


Рис. 1. Карта-схема заболоченности, полученная со снимка: а) 1993 г., б) 2017 г.

В результате обработки снимков были получены две одновременные тематические карты-схемы (рис. 1). Сравнение этих карт показало, что за период с 1993 по 2017 гг. на исследуемой территории произошли серьёзные изменения. В южной части некогда заболоченные земли практически исчезли, теперь на их месте леса, луга или сельхозугодия. В северной же части наоборот наблюдается увеличение заболоченности территории [5].

С помощью этих карт-схем хорошо выделяются верховые болота лесостепной зоны (рямы), состояние которых обычно представляет наибольший научный интерес, а также ложбины стока, которые являются индикаторами прогрессивного заболачивания.

Предлагаемый подход обработки космических снимков достаточно прост и позволяет в короткий срок изучать и картографировать значительные по площади территории, к тому же есть возможность использовать результаты дешифрирования в расчетах и прогнозах.

Выводы. Создание электронной карты на основе существующего картографического материала показало, что данный материал устарел и не соответствует реальности. Предлагаемый подход для мониторинга болот по одновременным космическим снимкам с помощью управляемой классификации может использоваться для получения актуального и достоверного картографического материала, который отражает распространение и временную динамику заболоченности территории. Результаты выполненных исследований могут быть использованы для проведения государственного мониторинга земель, для поиска и принятия своевременных взвешенных управленческих решений, в целях сохранения окружающей природной среды и дальнейшего устойчивого развития региона и страны в целом.

Работа выполнена по государственному заданию ИПА СО РАН.

Литература

1. Управление Федеральной Службы Государственной Регистрации, Кадастра и Картографии по Новосибирской области // Доклад «О состоянии и использовании земель Новосибирской области в 2017 году». Новосибирск, 2018.
2. Водный кодекс Российской Федерации от 16 ноября 1995 г. № 167-ФЗ (с изменениями от 30 декабря 2001 г., 24 декабря 2002 г., 30 июня, 23 декабря 2003 г.).
3. Лесной кодекс Российской Федерации от 29 января 1997 г. № 22-ФЗ (с изменениями от 30 декабря 2001 г., 25 июля, 24 декабря 2002 г., 10, 23 декабря 2003 г.).
4. Потапова Н.А., Назырова Р.И., Забелина Н.М., Исаева-Петрова Л.С., Коротков В.Н., Очагов Д.М. Сводный список особо охраняемых природных территорий РФ (справочник) / отв. ред. Д.М. Очагов. М.: ВНИИ природы, 2006. Ч. II. 364 с.
5. Безбородова А.Н., Сайб Е.А. Оценка динамики заболачивания территории с использованием ГИС-технологий на примере Убинского района Новосибирской области // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2019. № 9. С. 7–12.

On the issue of monitoring bogging of the territory using GIS-technologies

E.A. Sajb, A.N. Bezborodova

The waterlogging of the territory was studied using the example of the territory of Ubinsky district of Novosibirsk region. The analysis of the existing cartographic

material for the study of bogs. The possibility of using automatic processing (classification) of medium resolution satellite imagery (Landsat) materials to create thematic cartographic material to study the dynamics of waterlogging is shown. A new cartographic material was obtained on the dynamics of changes in the structure and the condition of bogs and wetlands using the example of this territory.

УДК 504.052 (711.4)

Использование экосистемных услуг и нормативно-методической базы при экономической оценке городских земель в условиях градостроительства

О.В. Семенюк¹, О.Ю. Баранова², К.С. Бодров¹, Г.В. Стома¹

¹ *Московский государственный университет им М.В. Ломоносова, г. Москва, olgatour@rambler.ru*

² *ФГБУ «ЦНИИП Минстроя России», г. Москва, ms.olgabaranova@mail.ru*

Для эколого-экономической оценки природного участка в условиях градостроительства предлагаются два подхода: расчет стоимости экологического ущерба от утраты каждого компонента природы с использованием утвержденных методик и подход, базирующийся на анализе недополученных экосистемных услуг. Установлена высокая стоимость природных экосистем, что в первую очередь относится к почвенным ресурсам.

Ключевые слова: *стоимостная оценка, экосистемные услуги, почвенные ресурсы.*

Современное градостроительство не обходится без освоения незастроенных земель, значительную долю которых составляет «зеленый каркас» городов. Сокращается площадь озелененных городских пространств, в том числе природных территорий, представленных естественными и слабо преобразованными экосистемами. Вследствие деградации природных экосистем и утраты способности выполнения ими экологических функций необходима количественная оценка масштаба происходящих при этом экономических потерь.

Целью работы является поиск подходов к эколого-экономической оценке утраты природных территорий в условиях активного градостроительства. В качестве объекта исследования выбраны городские озелененные пространства, представленные природными или слабо преобразованными экосистемами.

Для эколого-экономической оценки природного участка в условиях города предлагаются два подхода: стоимостная оценка экологического ущерба от утраты каждого компонента природы с использованием утвержденных методик, и подход, базирующийся на экономическом анализе недополученных экосистемных услуг (ЭУ).

Первый, нормативно-методический, подход основан на существующих методиках исчисления размеров ущерба каждого из компонентов природы при его утрате [1–4]. Величина общего экологического ущерба от потери локальной естественной экосистемы определяется суммированием отдельных величин, опреде-

ляющих размер урона таких компонентов природы как почва, растительность, животный мир, водные ресурсы.

Расчеты показали, что величина общего экологического ущерба от утраты 1 га площади природного характера в г. Москве составляет 210,22 млн руб. Максимальный вклад вносит сведение растительности (173,5 млн руб./га), уничтожение почв оценивается в 31,7 млн руб./га, а изъятие естественных водных ресурсов и животного мира – 3,09 и 1,43 млн руб./га соответственно. Данное соотношение, указывающее на приоритет стоимости уничтожаемых зеленых насаждений, скорее всего, отражает более полную методическую проработанность вопроса изъятия этого природного компонента в г. Москве: учитывается максимальное количество показателей, влияющих на ценовую оценку ущерба.

В то же время, явно недооцененной является потеря почвенного покрова: федеральная методика [1] учитывает очень ограниченный набор факторов, исключая многие, и в том числе важнейший – время формирования почвы. Некоторые недоработки имеют также методики по учету стоимости животного мира и водных ресурсов. Несмотря на определенные недостатки, нормативно-методический подход имеет свои преимущества: относительную простоту и удобство использования, легитимность каждой из используемых методик, что дает широкие возможности практического применения.

Второй подход предусматривает экономическую оценку утраты способности городских природных экосистем к оказанию комплекса экосистемных услуг (ЭУ), и, соответственно, изменения выгод для получателей разного уровня, что позволяет проанализировать не только природные, но и социально-культурные аспекты. Авторский метод экономической оценки ЭУ был разработан на основе исследований, проведенных в Битцевском лесопарке г. Москвы [5]. В кратком изложении он может быть представлен в виде следующих этапов: 1) выбор наиболее показательных ЭУ в связи с функциональным назначением лесопарка; 2) соотнесение выбранных услуг с процессами, происходящими в естественном ландшафте и свойствами его компонентов; 3) подбор методов для экономической оценки ЭУ. Для оценки были выбраны такие компоненты ландшафта, как растительность и почвы, связанные с ними обеспечивающие и регулирующие услуги, а также комплекс социально-культурных услуг [6]. Экономическая оценка ЭУ проводилась следующими методами: рыночных цен, определения стоимости предотвращения ущерба, затратным и субъективной оценки (таблица).

Анализ результатов расчета стоимости ЭУ показывает, что наиболее ценной является удельная (на 1 га) услуга почвообразования (14 млн руб./га в год). Непосредственное отношение к почве имеют такие ЭУ как «генетический материал почвенной биоты», «фильтрация и аккумуляция химических элементов в экосистеме», повышая стоимость услуг почвенных ресурсов до 21,8 млн руб./га в год. Высокая стоимость объясняется уникальностью предоставляемых почвой ЭУ. Услуга по восстановлению профиля естественных почв, по-видимому, вообще является бесценной, а с учетом времени формирования почвы (не менее 100 лет), полученную стоимость необходимо увеличить в соответствующее число раз. Экономическая оценка почвы, как наиболее консервативного, длительно и

сложно возобновляемого природного ресурса, требует особого подхода и дополнительного обоснования.

Удельная стоимостная оценка экосистемных услуг компонентов ненарушенных ландшафтов природно-исторического парка «Битцевский лес» (тыс. руб./га)

Экосистемные услуги		Свойства компонентов ландшафта	Методы экономической оценки ЭУ	Ценность, тыс. руб./га в год
Секция	Класс			
Обеспечивающие услуги	Генетический материал почвенной биоты	Численность и разнообразие почвенной мезофауны в слое 0–20 см	Метод рыночных цен	2 160
	Запасы основных растительных ресурсов	Запасы фитомассы		189
Регулирующие услуги и устойчивость	Фильтрация и аккумуляция хим. элементов в экосистеме	Плотность сложения в слое 0–10 см. Водопроницаемость с поверхности. Гранулометрический состав. Запасы гумуса в слое 0–20 см. Содержание тяжелых металлов	Затратный метод (стоимость замещения)	5 733
		Процессы выветривания, процессы почвообразования		Мощность органогенной толщи почв
	Устойчивость масс вещества и контроль уровня эрозии	Площадь под древесными насаждениями на склонах	Метод определения стоимости предотвращения ущерба	26
Культурные услуги	Физическое использование ландшафта, развлечения и рекреация, эстетическое наслаждение и др.	Способность лесопарка выполнять эстетические, природоохранные, рекреационные, средообразующие и иные функции	Метод субъективной оценки	2381

При применении данной методики, отличие от предыдущей, запасы основных растительных ресурсов (0,189 млн руб./га в год) оказались наименее дорогими, что, скорее всего, определяется рыночной стоимостью данного природного ресурса и относительно небольшими затратами на восстановление возобновляемых зеленых насаждений.

Для упрощения расчетов методом оценки ЭУ можно предложить ряд подходов, в том числе использование коэффициента, представляющего соотношение полученных результатов по стоимости ЭУ и стоимости ущерба, рассчитанной на основе нормативных методик. Использование данного коэффициента позволит

учесть экологические функции ландшафтных компонентов, что крайне актуально в рамках глобальных программ по устойчивому развитию биосферы. Анализ двух вышеизложенных методических подходов показал, что, независимо от применяемого способа расчета, стоимость природных экосистем очень высока, что в первую очередь относится к почвенным ресурсам.

Литература

1. Приказ Минприроды России от 08.06.2010 № 238 «Об утверждении Методики исчисления размера вреда, причиненного почвам как объекту охраны окружающей среды». URL: <http://docs.cntd.ru/document/902227668> (дата обращения: 20.02.2020).

2. Постановление Правительства Москвы от 14.11.2006 № 897-ПП «Об утверждении Методики оценки размера вреда, причиненного окружающей среде повреждением и (или) уничтожением зеленых насаждений на территории города Москвы». URL: <http://docs.cntd.ru/document/3669456> (дата обращения: 11.03.2020).

3. Распоряжение Мэра Москвы от 17.06.1999 № 624-PM «Об утверждении Методики исчисления размера ущерба, вызываемого уничтожением и повреждением мест обитания объектов животного мира на территории Москвы»./ URL: <http://docs.cntd.ru/document/901736823> (дата обращения: 11.03.2020).

4. Приказ Минприроды России от 13.04.2009 № 87 «Об утверждении Методики исчисления размера вреда, причиненного водным объектам вследствие нарушения водного законодательства». URL: <http://docs.cntd.ru/document/902159034> (дата обращения% 16.03.2020).

5. Семенюк О.В., Бодров К.С., Стома Г.В., Яковлев А.С. Оценка стоимости экосистемных услуг природного парка «Битцевский лес» // Вестник Московского университета. Сер. 17: Почвоведение. 2019. № 3. С. 23–30.

6. Учет и оценка экосистемных услуг (ЭУ) – опыт, особенно Германии и России / под ред. К. Груневальда, О. Бастиана, А. Дроздова и др. Бонн, 2014. С. 371.

The use of ecosystem services and the regulatory and methodological framework in calculating the valuation of urban land

O.V. Semenyuk, O.Y. Baranova, K.S. Bodrov, G.V. Stoma

Two approaches are proposed for the ecological and economic assessment of a natural area in urban development: the calculation of the cost of environmental damage from the loss of each component of nature using approved methods, and an approach based on the analysis of lost ecosystem services. Both approaches have shown the high cost of urban natural ecosystems in General and soil resources in particular.

Влияние разлива нефти на морфолого-генетические особенности подзолистых почв в пределах средней тайги Западной Сибири

В.П. Середина, М.С. Федотова

*Национальный исследовательский Томский государственный университет, г. Томск,
seredina_v@mail.ru, ffmsxx@gmail.com*

В статье представлены результаты полевых и экспериментальных исследований влияния локального нефтяного загрязнения (аварийный порыв трубопровода) на свойства подзолистой почвы Советского нефтяного месторождения. Выявлено специфическое влияние техногенного загрязнения на основные параметры почв – морфологическое строение, гранулометрический состав, физико-химические свойства. Результаты исследования могут быть использованы при составлении плана рекультивации почв и проведении почвенно-экологического мониторинга.

Ключевые слова: *Западная Сибирь, средняя тайга, нефтяное загрязнение, почвы, нефтепродукты, свойства.*

На территории Российской Федерации суммарная площадь загрязненных нефтью и нефтепродуктами земель составляет более 70 тыс. га. Основная их доля приходится на Западную Сибирь, являющуюся центром нефтяной промышленности России. Здесь добывается около 65% общего объема российской нефти [1]. На основных нефтегазоносных промыслах Западной Сибири аварии на нефтепроводах случаются до 35 тыс. раз в год, при этом официально регистрируется только около 3 тыс. с выбросами нефти свыше 1 т. В среднем, 2 тонны нефти выводят из строя 1000 м³ почвы [2]. При попадании нефти и нефтепродуктов в почву происходят глубокие и часто необратимые изменения морфологических, физических и физико-химических свойств, а иногда существенная перестройка всего почвенного профиля [3]. Проблеме загрязнения почв средней тайги углеводородами посвящено значительное количество исследований [4, 5]. Однако в условиях интенсивной эксплуатации лицензионных участков в пределах Советского нефтяного месторождения существует острая необходимость научных исследований, направленных на изучение трансформационных изменений основных параметров почв при добыче и транспортировке нефти. В связи с этим целью работы является изучение влияния локального аварийного разлива нефти на морфолого-генетические особенности подзолистых почв Советского нефтяного месторождения.

Объектом исследования послужил разлив нефти месячной давности на участке Советского нефтяного месторождения, являющегося одним из крупнейших нефтяных промыслов региона и не имеющим аналогов в Томской области. Согласно природному районированию Западной Сибири, территория месторождения расположена в границах Западно-Сибирской равнины, в подзоне среднетаежных лесов, на границе ХМАО и Томской области (Обь-Иртышское междуречье) в Западно-Сибирской нефтегазоносной провинции. Образцы нефтезагряз-

ненных почв (прикопки) отбирались на глубину 20 см (штык лопаты) методом «конверта» в различном удалении от эпицентра загрязнения. Фоновой почвой послужила незагрязненная мелкоподзолистая иллювиально-железистая песчаная почва, заложенная на плоском слабодренуемом участке под вторичным осино-вым лесом, примерно в 500 м от разлива нефти. Для изучения почв исследуемой территории использовались методы: полевой, профильно-генетический и сравнительно-аналитический. Морфологическое описание и определение физико-химических показателей выполнены по общепринятым методам. Нефтепродукты в почвах определены флуориметрическим методом на анализаторе жидкости «Флюорат-02».

Химические и физико-химические свойства нефтезагрязненных образцов

Параметры		Эпицентр разлива нефти		3 м от эпицентра разлива	6 м от эпицентра разлива	9 м от эпицентра разлива
С, %	6,5	M		6,24	4,26	2,47
		lim		5,96–6,44	3,74–4,96	2,2–2,68
ГВ, %	29,09	M		27,34	22,325	19,94
		lim		24,83–29,32	18,75–26,19	18,55–21,4
рН вод.	7,66	M		6,93	5,98	5,17
		lim		6,78–7,02	5,8–6,18	4,74–4,37
рН сол.	–	M		–	4,15	4,24
		lim		–	3,74–4,3	3,79–4,9
Обменные катионы, мг*эquiv/100 г п.	Ca ²⁺ + Mg ²⁺	M		7,43	5,84	4,53
		lim		7,12–8,06	5,66–6,03	4,41–4,64
	Ca ²⁺	M		6,05	5,13	4,11
		lim		5,58–6,85	4,97–5,32	0,04–4,22
	Mg ²⁺	M		1,3	0,71	0,42
		lim		1,21–1,54	0,66–0,78	0,37–0,45
	H ⁺	M		–	0,34	0,47
		lim		–	0,29–0,37	0,04–0,55
	Al ³⁺	M		–	2,95	3,19
		lim		–	2,82–3,04	3,08–3,28
Н, мг*эquiv/100 г п.	–	M		–	–	5,47
		lim		–	–	4,34–6,12
Нефтепродукты, мг/кг	5042,8	M		4882,2	3846,9	3509,7
		lim		4727,1–4987,4	3555,2–4121,5	3012,5–3917,4

Установлено, что в условиях нефтяного загрязнения, прежде всего, изменяются морфологические свойства почв. Для исследуемых нефтезагрязненных образцов характерен более темный цвет по сравнению с фоновым аналогом, большая плотность, наличие маслянистых и радужных пленок по граням структурных отдельностей. Присутствует резко выраженный специфический нефтяной запах, почвенные горизонты становятся мажущими и маслянистыми, что согласуется с исследованиями многих авторов. Характер распределения нефти и

нефтепродуктов в почвах зависит от ряда факторов, основными из которых являются гранулометрический состав почвенного профиля, количество и состав поступившей нефти, время, прошедшее с момента загрязнения. По мере продвижения от периферии к эпицентру исследуемого нефтяного разлива гранулометрический состав верхних слоев почвы утяжеляется. Изменение гранулометрического состава может происходить за счет нефтяных смолисто-асфальтовых фракций, которые цементируют почву, закупоривают поры, препятствуя проникновению в почву кислорода и воды.

Содержание нефтепродуктов в исследуемых образцах нефтезагрязненных почв колеблется в пределах от 5042,8 до 3012,5 мг/кг (таблица), что позволяет отнести их к умеренно загрязненным [6]. С количеством нефтепродуктов тесно связано и содержание углерода. В частности, образцы почв зоны нефтяного загрязнения по сравнению с их фоновыми аналогами отличаются высокими значениями $C_{орг}$, что обусловлено присутствием в нефтепродуктах одного из главных нефтеобразующих элементов – углерода, массовое содержание которого колеблется в пределах 83–87%.

В образцах нефтезагрязненных почв реакция среды изменяется от слабощелочной (эпицентр разлива) до слабокислой (на периферии разлива), в этом направлении происходит и уменьшение значений суммы обменных катионов. Параллельно уменьшается количество обменных H^+ и Al^{3+} , что связано с их замещением в ППК обменным Na^+ нефтяной эмульсии.

Загрязнение подзолистых почв нефтью в результате аварийного разлива вызывает характерные морфологические изменения в облике почвы. В почве, подверженной нефтяному загрязнению, отмечается утяжеление гранулометрического состава более чем в 20 раз, происходит увеличение содержания углерода за счет углеводов нефтяного происхождения, диапазон значений pH, по сравнению с фоновыми аналогами, сдвигается в щелочную сторону, уменьшается содержание обменных H^+ и Al^{3+} в составе почвенного поглощающего комплекса. Исходя из условий почвообразования среднетаежной подзоны, одной из особенностей почв является их низкая устойчивость к техногенным воздействиям и слабая степень восстановления. Поэтому исследуемые загрязненные почвы требуют проведения рекультивационных работ – комплекса мероприятий, состоящего из механического и физико-химического удаления разлитых нефтепродуктов с последующей очисткой биологическими препаратами, обеспечивающими ускоренное восстановление нефтезагрязненных территорий.

Литература

1. Булавинцева А.Д., Мазуркин П.М. Динамика аварий по площади загрязнения на линейной части магистральных нефтепроводов ОАО «АК Транснефть» // Современные наукоемкие технологии. 2011. № 3. С. 27–29.
2. Григорьева И.Ю., Баранов Д.Ю., Абызова А.М., Особенности рекультивации нефтезагрязненных территорий в условиях Западной Сибири // Инженерные изыскания. 2015. № 13. С. 48–54.
3. Середина В.П., Андреева Т.А., Алексеева Т.П., Бурмистрова Т.И., Терещенко Н.Н. Нефтезагрязненные почвы: свойства и рекультивация. Томск: Изд-во ТПУ, 2006. 270 с.

4. Seredina V.P., Sadikov M.E. The soils of West Siberia middle taiga oil deposits and a predictive estimate of contamination hazard with organic pollutants // Contemporary Problems of Ecology. 2011. V. 4, № 5. P. 457–461.

5. Середина В.П., Колесникова Е.В., Кондыков В.А., Непотребный А.И., Огнев С.А. Особенности влияния нефтяного загрязнения на почвы средней тайги Западной Сибири // Нефтяное хозяйство. 2017. № 5. С. 108–112.

6. Пиковский Ю. И. Природные и техногенные потоки углеводородов в окружающей среде: монография. М.: Инфра-М, 2016. 206 с.

Influence of oil spill on morphological and genetic features of podzolic soils within the middle taiga of Western Siberia

V.P. Seredina, M.S. Fedotova

The article presents the results of field and experimental studies of the influence of local oil pollution (emergency pipeline burst) on the properties of podzolic soil of the Soviet oil field located in the middle taiga of Western Siberia. The specific influence of technogenic pollution on the main parameters of soils – morphological structure, granulometric composition, physical and chemical properties. The results of the study can be used in drawing up a plan for soil reclamation and conducting soil and environmental monitoring.

УДК 631.41

Глобальное загрязнение территории арктических районов Якутии ^{137}Cs

П.И. Собакин

Институт биологических проблем криолитозоны СО РАН, г. Якутск, radioecolog@yandex.ru

Изучены современные уровни глобальных выпадений ^{137}Cs в мерзлотных почвах арктических районов Якутии. Показано, что запасы ^{137}Cs в почвах в зависимости от ландшафтно-климатических особенностей территории варьируют в значительном диапазоне. Установлены основные закономерности миграции и перераспределения ^{137}Cs в различных типах почв, сопряженных по стоку участков мерзлотных ландшафтов. На основе анализа кормовых растений пастбищ на содержание ^{137}Cs выявлен основной источник поступления радионуклида в организм северных оленей. Показано, что постоянное потребление в пищу жителями северной Якутии оленьей шерсти способствует их дополнительному внутреннему облучению.

Ключевые слова: Якутия, арктические районы, глобальные выпадения, ^{137}Cs , почва, растение, олень, доза.

В настоящее время в арктической зоне Российской Федерации включены 13 районов Республики Саха (Якутия) общей площадью 1,6 млн км² – 52% территории. Основным источником загрязнения территории Якутии долгоживущими техногенными радионуклидами были ядерные взрывы, произведенные в 1949–1980 гг., а также известная авария на Чернобыльской АЭС в 1986 г. [1]. Как установлено, в мерзлотных почвах автоморфных ландшафтов арктических райо-

нов Якутии современные уровни глобальных выпадений ^{137}Cs варьируют от 366 до 2363 Бк/м² (таблица). На равнинной тундре Анабарского района средняя плотность загрязнения почв ^{137}Cs составляет 526 Бк/м², Булунского – 617 Бк/м² и Аллаиховского – 490 Бк/м². В сравнении с данными аэрогамма-спектральных съёмок в 1968–1974 гг. эти показатели снизились в среднем в 3,7 раза за счет радиоактивного распада, заглубления, выноса с поверхностными водами и аккумуляции растительностью [2, 3]. Наибольшее содержание ^{137}Cs в почвах выявлено в горной тундре (хр. Улахан Чистай) с большим среднегодовым количеством осадков (400–0600 мм), а наименьшее – в равнинной тундре (Яно-Индигирское низменность) с небольшим количеством осадков (150–200 мм). Установлена статистически значимая корреляция между средними величинами выпадения осадков и загрязнённости почв радионуклидом ($r = 0,94, P > 0,95$). В целом в арктических районах Якутии глобальные выпадения ^{137}Cs в почвах в среднем в два-четыре раза меньше, чем в почвах Урала, Западной и Южной Сибири и других территорий России [4].

Плотность загрязнения ^{137}Cs в мерзлотных почвах на территории арктических районов Якутии

Район	Ландшафт (почвы)	n	Высота над ур. м.	Количество осадков, мм	Бк/м ²
Анабарский	Субарктическая тундра (тундровые глеевые, подбуры, болотные)	42	10–150	150–200	$\frac{526^*}{377-745}$
Оленекский	Субарктическая тундра	20	30–150	200–250	$\frac{613}{486-843}$
Булунский	Субарктическая тундра (тундровые глеевые, подбуры, болотные)	74	5–100	250–300	$\frac{617}{522-682}$
Аллаиховский	Субарктическая тундра (тундровые глеевые, подбуры, болотные)	104	10–100	150–200	$\frac{490}{366-587}$
Усть-Янский	Горная тундра (подбуры)	14	380–1160	250–300	$\frac{835}{811-875}$
Эвено-Быгантайский	Северная тайга (северотаёжные, болотные)	38	400–700	150–200	$\frac{566}{484-648}$
Абыйский	Северная тайга (северотаёжные, болотные)	18	100–200	150–250	$\frac{546}{477-645}$
Момский	Северная тайга (подбуры, подзолистые, болотные)	32	600–900	200–300	$\frac{918}{807-982}$
	Горная тундра (подбуры тундровые, болотные)	21	1600–2600	400–600	$\frac{1939}{1442-2362}$
	Тундра (горно-тундровые глеевые, болотные)	34	1200–1600	350–450	$\frac{1033}{804-1262}$

* Над чертой – среднее, под чертой – min-max.

На ключевых участках, расположенных в зоне тундры и северной тайги изучено вертикальное распределение ^{137}Cs в мерзлотных почвах, сопряженных по стоку элементов ландшафта. Один из таких участков располагался в равнин-

ной тундре на территории Яно-Индибирской низменности. Изучение распределения ^{137}Cs в почвах проводили на геохимически сопряженных по стоку элементарных участках (вершина увала, его склон и пойма) и участках мерзлотного микрорельефа тундрового ландшафта. Вертикальное распределение во всех обследованных почвах элементарных участков максимальная удельная активность радионуклида приурочена к верхним аккумулятивным горизонтам. Глубина миграции увеличивается в сопряженных по стоку участках ландшафта от вершины склона к пойме. В тундровой перегнойно-глеевой почве водораздела и склона основное количество ^{137}Cs аккумулируется в верхней перегнойно-гумусовой части профиля (до 85,5% от общего запаса). В торфянисто-болотной почве поймы радионуклид мигрирует в более глубокие слои, максимум запаса ^{137}Cs обнаруживается на глубине 14–21 см, а в верхней части торфянистого горизонта удерживается всего 13,6% от общего запаса радионуклида в почвенном профиле. Наблюдаемые различия в характере вертикального распределения ^{137}Cs в двух исследованных почвах определяются избыточной увлажненностью аккумулятивного ландшафта по сравнению с выше лежащими. Запас ^{137}Cs в почвах элювиально-транзитного ландшафта (вершина и склон увала) ^{137}Cs в 2,6 раза меньше, чем в почве аккумулятивного ландшафта (пойма). Следует отметить, что растительный покров обследованных участков, представленный лишайниками и мхами, содержит от 5,8 до 11,5% запаса ^{137}Cs , что значительно выше, чем в лесной и луговой растительности средних широт России. Действительно, в силу ряда эколого-морфологических особенностей этих групп растений (широкого ареала распространения, медленного нарастания биомассы, большой сорбционной емкости и прочности фиксации высокодисперсных радиоактивных частиц из атмосферы) им принадлежит существенная роль в процессах аккумуляции радионуклидов, поступающих на земную поверхность [5]. Сходный характер распределения ^{137}Cs наблюдается и в почвах мерзлотного микрорельефа. Так, в профилях почв западин и трещин радионуклид мигрирует на большую глубину, а его запас выше по сравнению с полигонами [3]. В горно-таежных территориях арктических районов Якутии вертикальная и латеральная миграция ^{137}Cs в почвах сопряженных по стоку ландшафтов в целом не отличается от таковой в равнинных тундрах. Здесь аккумуляция ^{137}Cs в почвах относительно водоразделов происходит в пониженных частях рельефа, в поймах водотоков (реки, ручьи).

В силу специфичности природно-климатических условий арктических районов Якутии, основным занятием коренных жителей остается оленеводство, рыболовство и охотничий промысел. Как известно, что в рационе питания в жителей севера постоянно присутствует оленина [6]. Домашние и дикие северные олени, обитающие в тундровых и горно-таежных пастбищных угодьях, в основном питаются кустарниками, травами и лишайниками. В кустистых лишайниках содержание ^{137}Cs (6–55 Бк/кг) в среднем в 17 раз выше, чем в кустарниковых и травянистых растениях (<1–5 Бк/кг). Вследствие значительного потребления северными оленями лишайников, особенно в зимний период, мясо этих животных постоянно содержит повышенные концентрации ^{137}Cs (12 Бк/кг) по сравнению с мясом крупных рогатых скотов и лошадей (1,4 Бк/кг). В настоящее время текущая внутренняя годовая доза жителей арктических районов за счет потребления

оленины находится на уровне 8 мкЗв/год. Полученное значение внутренней дозы облучения жителей северной Якутии почти на порядок больше, чем в таковой в коне- и скотоводческих центральных районах республики и на два порядка величин меньше годового предела дозы для населения России (1 м³ в год).

Таким образом, современные уровни глобальных выпадений ¹³⁷Cs в мерзлотных почвах автоморфных ландшафтов арктических районов Якутии варьируют в пределах 0,4–2,4 кБк/м². Относительно высокие уровни загрязнения почв ¹³⁷Cs обнаруживаются в аккумулятивных формах рельефа, поймах водотоков, мерзлотных западинах, ложбинах и других. Основным источником поступления ¹³⁷Cs в организм северных оленей являются кустистые лишайники пастбищ, содержащие повышенные содержание радионуклида. Постоянное потребление в пищу жителями северной Якутии оленины, способствует им к дополнительному внутреннему облучению.

Литература

1. Иванов А.Б., Красилов Г.А., Логачев В.А., Матущенко А.М., Сафронов В.Г. Северный полигон Новая Земля – радиоэкологические последствия ядерных испытаний. М., 1997. 68 с.
2. Болтнева Л.И., Израэль Ю.А., Ионов В.А., Назаров И.М. Глобальное загрязнение ¹³⁷Cs и ⁹⁰Sr и дозы внешнего облучения на территории СССР //Атомная энергия. 1977. Т. 42, вып. 5. С. 355–358.
3. Собакин П.И. Миграция ¹³⁷Cs в мерзлотных почвах //Радиационная биология. Радиоэкология. 2010. Т. 50, № 5. С. 590–598.
4. Собакин П.И. Естественные и искусственные радионуклиды в мерзлотных почвах Якутии: автореф. дис. ... д-ра биол. наук. Улан-Удэ: Ин-т общей и экспериментальной биологии Сиб. Отдел. РАН, 2015. 39 с.
5. Собакин П.И. Накопление тяжелых естественных радионуклидов мхами Южной Якутии // Сибирский экологический журнал. 2002. № 1. С. 29–34.
6. Собакин П.И., Ушницкий В.Е., Перк А.А. Радиоэкологическая в районе проведения подземного ядерного взрыва Горизонт-4 в Республике Саха (Якутия) // Радиохимия. 2019. Т. 61, № 3. С. 263–269.

Global pollution of the arctic regions of Yakutia ¹³⁷Cs P.I. Sobakin

Current levels of global precipitation of ¹³⁷Cs in permafrost soils of automorphic landscapes of the Arctic regions of Yakutia vary within 0.4-2.4 kBq/m². Relatively high levels of ¹³⁷Cs soil contamination are found in accumulative landforms, floodplains, permafrost depressions, hollows, and others. The main source of intake of ¹³⁷Cs into the body of reindeer is forage lichens of pastures containing high levels of radionuclide. Constant consumption of venison by residents of Northern Yakutia contributes to their additional internal radiation exposure.

Специфика текстурной дифференциации почв отвалов угольных месторождений Сибири

Д.А. Соколов, В.А. Андроханов

Институт почвоведения и агрохимии СО РАН, г. Новосибирск, sokolovdenis@issa-siberia.ru

Представлены результаты исследования внутрипрофильной дифференциации гранулометрических фракций (>3 , <1 , $<0,01$, $<0,001$) в почвах отвалов ряда угольных месторождений Сибири. Выявлены связи между коэффициентами текстурной дифференциации профилей почв и аридностью климата исследуемых районов. Установлено, что в каждой природно-климатической области формируются почвы с характерными чертами дифференциации минеральной части профиля. Специфика дифференциации физической глины и ила в почвах отвалов угольных разрезов соответствует зональным условиям почвообразования.

Ключевые слова: *почвы техногенных ландшафтов, отвалы угольных разрезов, эмбриоземы, коэффициент текстурной дифференциации профиля.*

Нарастание темпов добычи угля, наблюдаемое в России в последнее десятилетие [1], неразрывно связано с увеличением площадей территорий, занятых под размещение отходов добычи. В настоящее время в Сибири отвалы каменноугольных разрезов стали привычным явлением не только для лесостепных и таежных ландшафтов Кемеровской области, но и для районов с аридным и аридным экстраконтинентальным климатом Хакасии и Тувы. Отмеченное инициирует ряд проблем, связанных с оценкой состояния нарушенных территорий, поскольку используемые сегодня методы и подходы были разработаны для регионов с субгумидным (реже – гумидным) климатом.

Прежде всего, это касается оценки состояния почвенного покрова как одного из ключевых компонентов экосистем, обеспечивающего их устойчивое функционирование. В настоящее время существует множество работ, посвященных диагностике почв территорий, нарушенных угледобычей [2–6]. Большинство из них базируется на оценке характера процессов органонакопления в почвах. Однако в тех районах, где эти процессы не выражены, для диагностики состояния почв требуются другие подходы.

С этой целью была проведена оценка специфики текстурной дифференциации почв отвалов угольных разрезов, сформированных в различных природно-климатических условиях.

В качестве объектов исследований были выбраны почвы 30-летних отвалов ряда каменноугольных месторождений Сибири. Исследовался почвенный покров отвалов, расположенных в горно-таежных (гумидных) и лесостепных (субгумидных) районах Кемеровской области, степных (семиаридных) Хакасии и сухостепных (аридных и аридных экстраконтинентальных) территорий Республики Тувы. Породы всех исследуемых объектов не являются фитотоксичными.

Исследовались такие показатели как плотность, каменистость, содержание мелкозема в почвах и его гранулометрический состав. Совокупным выражением ис-

следуемых свойств является коэффициент текстурной дифференциации 20-сантиметрового профиля почв. Расчет коэффициентов дифференциации профиля по содержанию гранулометрических фракций осуществляли по методу Б.Г. Розанова.

Диагностика почв проводилась в рамках классификации почв техногенных ландшафтов, разработанной в Институте почвоведения и агрохимии СО РАН в редакции В.М. Курачева и В.А. Андроханова [5]. Проведенные ранее исследования почв отвалов угольных месторождений Кемеровской области и Красноярского края [6–7] показали, что выделяемые в классификации инициальные, органо-аккумулятивные, дерновые и гумусово-аккумулятивные эмбриоземы представляют собой единый эволюционный ряд.

Полученные результаты позволили установить, что плотность сложения эмбриоземов отвалов каменноугольных месторождений находится в интервале от 1,5 до 2,5 г/см³. При этом исходная плотность не остается постоянной, она определяется двумя разнонаправленными процессами – уплотнения и разуплотнения. Основным свойством, определяющим дифференциацию профиля эмбриоземов, является высокая каменистость, которая составляет 24–80% (в среднем 51%) от массы почвы. В результате процессов физической и биофизической дезинтеграции каменистость почв снижается, что отмечается в эволюционном ряду почв, а также с усилением аридности климата [8].

Дезинтеграция обломков почвообразующих пород дифференцирует и более дисперсные компоненты. Однако в силу того, что запасы мелкозема и тонкодисперсных фракций (менее 0,01 мм) в исследуемых почвах пополняются преимущественно за счет разрушения ограниченного набора пород (неустойчивых мелкообломочных алевролитов и аргиллитов), их распределение в эволюционном ряду эмбриоземов, в сравнении с крупнообломочной частью, имеет более выраженный характер. Накопление в эмбриоземах фракций мелкозема является следствием освоения субстрата биологическими и почвенными процессами. Кроме того, дифференциация значений содержания гранулометрических фракций находится также в зависимости от климатических условий почвообразования.

Отмеченное сказывается на коэффициентах дифференциации профилей исследуемых почв по содержанию гранулометрических фракций. Установлено, что в почвах гумидных районов происходит текстурная дифференциация верхней 20-сантиметровой толщи с формированием ярко выраженного элювиально-иллювиального профиля. В условиях аридного климата основной чертой эмбриоземов является формирование аккумулятивного профиля (таблица).

Коэффициенты дифференциации гранулометрических фракций эмбриоземов, сформированных в различных природно-климатических условиях

Тип климата	> 3	< 1	< 0,01	< 0,001
Гумидный	1,28 ± 0,14	1,04 ± 0,30	1,43 ± 0,49	1,53 ± 0,37
Субгумидный	1,45 ± 0,09	0,51 ± 0,43	0,90 ± 0,20	1,01 ± 0,12
Семиаридный	1,63 ± 0,59	0,63 ± 0,26	0,65 ± 0,30	0,65 ± 0,39
Аридный	2,53 ± 1,62	0,62 ± 0,22	0,48 ± 0,15	0,44 ± 0,12
Аридный экстраконтинентальный	1,13 ± 1,12	0,82 ± 0,29	0,58 ± 0,24	0,55 ± 0,50

Статистический анализ результатов исследований позволил выявить, что наименее выраженную корреляционную связь с индексами аридности демонстрируют коэффициенты дифференциации каменистых отдельностей (рис. 1). В тоже время дифференциация тонких фракций в почвах исследуемых техногенных ландшафтов соответствует зональным условиям почвообразования.

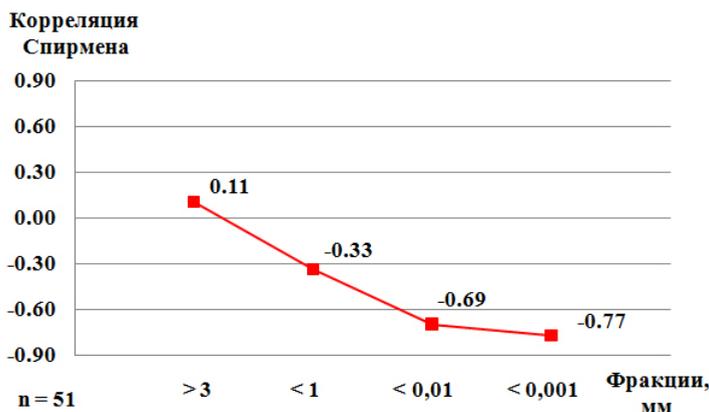


Рис. 1. Распределение показателей корреляционной зависимости коэффициентов дифференциации гранулометрических фракций от индексов аридности климата

Таким образом, проведенные исследования показывают, что для каждой природно-климатической области формируются почвы с характерными чертами дифференциации минеральной части профиля. При этом специфика дифференциации почвенных профилей исследуемых почв определяется не только исходным гранулометрическим составом и свойствами компонентов почвообразующих пород, но и запасами тех из них, которые могут быть пригодными для продуцирования тонкодисперсных частиц. В целом, полученные результаты позволяют, в теоретическом плане, прогнозировать направленность эволюции почв и молодого почвенного покрова; в практическом – оценивать почвенно-экологическое состояние техногенных ландшафтов и выявлять факторы, лимитирующие развитие почвообразовательных процессов.

Литература

1. Таразанов И.Г., Губанов Д.А. Итоги работы угольной промышленности России за январь-сентябрь 2019 года // Уголь. 2019. № 12. С. 40–48.
2. Середина В.П., Андроханов В.А., Алексеева Т.П. и др. Экологические аспекты биологической рекультивации почв техногенных экосистем Кузбасса // Вестник Томского государственного университета. Биология. 2008. № 2. С. 61–72.
3. Абакумов Е.В., Фроуз И. Эволюция гумусового состояния почв отвалов карбонатных неогеновых глин карьерно-отвального комплекса Соколов (Чешская Республика) // Почвоведение. 2009. № 7. С. 773–779.
4. Брагина П.С., Герасимова М.И. Техногенные поверхностные образования на отвалах и хвостохранилищах в Кемеровской области: опыт классификации // Бюллетень Почвенного института им. В. В. Докучаева. 2017. № 89. С. 90–103.

5. Курачев В.М., Андроханов, В.А. Классификация почв техногенных ландшафтов // Сибирский экологический журнал. 2002. № 3. С. 255–261.

6. Андроханов В.А., Курачев В.М. Почвенно-экологическое состояние техногенных ландшафтов: динамика и оценка. Новосибирск: Изд-во Сиб. отд-ния РАН, 2010. 221 с.

7. Андроханов В.А., Соколов Д.А. Фракционный состав окислительно-восстановительных систем почв отвалов каменноугольных разрезов // Почвоведение. 2012. № 4. С. 453–457.

8. Соколов Д.А., Кулижский С.П., Доможакова Е.А., Госсен И.Н. Особенности формирования почв техногенных ландшафтов в различных природно-климатических зонах юга Сибири // Вестник Томского государственного университета. 2012. № 364. С. 225–229.

The specificity of the textural differentiation of the soil dumps in coal fields of Siberia D.A. Sokolov, V.A. Androkhanov

The results of the study of intra-profile differentiation of granulometric fractions (>3 , <1 , $<0,01$, $<0,001$) in the soils of dumps of a number of coal deposits in Siberia are presented. The relationships between the coefficients of textural differentiation of soil profiles and aridity of the climate of the studied areas are revealed. It is established that for each climatic region, soils with characteristic features of differentiation of the mineral part of the profile are formed. The specificity of differentiation of physical clay and silt in the soils of coal mine dumps corresponds to the zonal conditions of soil formation.

УДК 631.4

Ресурсный потенциал почв антропогенно-преобразованных территорий

Е.Ю. Сухачева, Б.Ф. Апарин, М.А. Лазарева

Центральный музей почвоведения им. В.В. Докучаева – филиал ФГБНУ ФИЦ Почвенный институт им. В.В. Докучаева, г. Санкт-Петербург, soilmuseum@bk.ru

Произведен расчет РПП (ресурсного потенциала почв) крупного агропромышленного региона Ленинградской области. Удельный потенциал находится в диапазоне от 0 до 90. Максимальным РПП обладают карболитоземы, а минимальным – торфяные олиготрофные почвы. Обратную картину имеет общий потенциал. Карболитоземы имеют низкий РПП, тогда как торфяные олиготрофные почвы характеризуются потенциалом более высокого значения. Сравнительный анализ по картам реконструкции и современной выявил значительные изменения в РПП области.

Ключевые слова: ресурсный потенциал почв, антропогенно-измененные почвы, Ленинградская область, цифровая почвенная карта.

Проблема обеспечения продовольственной и экологической безопасности России в условиях прогрессивного возрастания антропогенного воздействия на окружающую среду ставит неотложную задачу оценки ресурсного потенциала почв (РПП) и прогноза его изменения в результате глобального изменения климата. Эти данные необходимы для разработки региональной политики по рациональному использованию почвенных ресурсов.

РПП – это интегральный показатель свойств и режимов почв и её способности осуществлять разнообразные функции. Для разработки региональной политики рационального использования почвенных ресурсов все функции объединены в 3 группы, в соответствии с которыми выделены типы ресурсного потенциала почв: агроэкологический, лесорастительный и экологический. РПП включает 2 понятия: удельный (РуПП) и общий (РоПП). Удельный – это потенциал конкретной почвы (на таксономическом уровне тип, подтип), рассчитанный в баллах на единицу площади. Общий потенциал характеризует его емкость и рассчитывается в баллах с учетом доли площади, занимаемой почвенной разностью от всей площади почвенного покрова региона.

Для количественной оценки РуПП вводится балльная оценка от 0 до 100 баллов. В качестве критерия используются почвенные параметры из атрибутивных таблиц, входящих в базу данных почв. Методика расчета удельного потенциала состоит из 2 этапов. На первом этапе почвы группируются по пригодности для земледелия, а также по лесорастительным свойствам. На втором вводятся понижающие и повышающие коэффициенты, связанные с антропогенным воздействием на агроресурсный и лесорастительные потенциалы [1].

Для оценки РПП используются почвенные карты регионов, как правило, в масштабах 1:200 000 и 1:300 000, базы данных почвенных свойств, а также параметров требований сельскохозяйственных и лесных культур. В течение многих десятилетий почвенные ресурсы оценивались, главным образом, по занимаемым почвами ареалам и материалам почвенно-сельскохозяйственного районирования. Исключение составляли пахотные почвы, плодородие которых оценивалось в баллах. Точность оценки почвенных ресурсов на картах даже одного масштаба сильно отличалась и зависела от многих факторов: методологии и методов картографирования, степени генерализации, используемой классификации и т. д. Рассмотрим некоторые аспекты почвенных ресурсов Ленинградской области – типичного агропромышленного региона Северо-Запада.

Первая почвенная карта Санкт-Петербургской губернии была создана в 1908 г. в масштабе 1: 420 000 [2]. На данной карте на территории Ленинградской области было отражено 8 типов почв и было выделено 12 почвенных районов. На вновь созданной почвенной карте Ленинградской области (1937 г.) в том же масштабе было выделено уже 4 типа, 15 подтипов почв (относящихся к 2 рядам: элювиальному и болотному) и 11 почвенных районов. В 1971 году была создана почвенная карта в масштабе 1:300 000. Почвы области были разделены на 2 группы: почвы естественных угодий и почвы пахотных угодий. В каждой группе было выделено 4 типа почв. Было расширено подтиповое разнообразие почв. Всего было выделено 7 природных сельскохозяйственных районов.

В 2018 г. создается первая цифровая почвенная карта (ЦПК) в масштабе 1: 200 000 [3]. Одновременно создавалась база данных (БД), являющаяся неотъемлемой частью карты. В БД вносились информация о характеристиках почв, отображенных картографически, а также о факторах и условиях почвообразования ЛО. Названия почв приводились в соответствии с современной классификацией [4]. Всего на карте показано 66 типов и 123 подтипа почв. Выявлено большое количество структур почвенного покрова, компонентами которых являются:

естественные, антропогенно-измененные, антропогенные почвы и непочвенные образования. Около 50% территории области занимают антропогенно-измененные почвы (таблица).

Среди антропогенно-измененных преобладающими являются агрогенные почвы и почвенные комбинации (> 50% от общего числа антропогенно-измененных почв). Широко распространены турбированные и подвергнутые осушительной мелиорации почвы (1/3 от общего числа антропогенно-измененных почв), а также комбинации антропогенных и естественных почв с НПО (50 % от общего числа почвенных комбинаций) [5].

Преобладающие типы антропогенной трансформации почвенного покрова, отсутствующие хозяйственной деятельности

Виды хозяйственной деятельности	Антропогенно-измененные почвы					Антропогенные почвы	Непочвенные образования
	1	2	3	4	5		
Добыча полезных ископаемых		+		+			+
Садоводства			+				+
Дорожное строительство		+				+	+
ЛЭП, продуктопроводы	+	+		+			
Военное строительство, полигоны	+	+		+			
Населенные пункты						+	+
Осушительная мелиорация					+		
Рекреация		+		+		+	
Земледелие			+				
Лесозаготовки	+	+		+			
Лесопосадки		+		+			
Противопожарные каналы		+		+			
Рекультивация						+	

Примечание: 1 – турбированные; 2 – абрадиированные; 3 – агрогенные; 4 – стратифицированные; 5 – осушенные.

Расчет РПП выявил широкий разброс его показателей. Удельный потенциал находится в диапазоне от 0 до 90. Максимальным РПП обладают карболитоземы, а минимальным торфяные олиготрофные почвы. Общий ресурсный потенциал показал другую картину. Карболитоземы имеют низкий потенциал, тогда как торфяные олиготрофные почвы характеризуются потенциалом более высокого значения, что связано с большой площадью, занимаемой этим типом.

Для характеристики изменения РПП Ленинградской области была создана цифровая карта почвенного покрова, реконструированного на начало активного антропогенного освоения территории. Сравнительный анализ по картам реконструкции и современной выявил значительные изменения в РПП области. Особенно они коснулись торфяно-подзолов глеевых, торфяно-глееземов, подзоли-

стых и дерново-подзолистых почв. В почвенном покрове появились антропогенно-измененные, антропогенные почвы и большие территории с уничтоженными почвами (НПО).

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 19-04-01184

Литература

1. Aparin B., Zakharova M., Sukhacheva E., Terleev V., Nikonorov A. and Akimov L. Methodology of estimation of forest-growing potential of soils and its approbation on the example of the Leningrad Region, Russian Federation // E3S Web Conf. Key Trends in Transportation Innovation (КТТИ-2019). Section: Environmental Engineering. 2020. V. 157, № 02028. P. 8

2. Апарин Б.Ф., Сухачева Е.Ю., Лазарева М.А. Почвенное разнообразие Ленинградской области. СПб.: Наука, 2019. 185 с.

3. Сухачева Е.Ю., Апарин Б.Ф. Структура почвенного покрова антропогенно-измененных ландшафтов Ленинградской области // Почвоведение. 2019. № 9. С. 1140–1154.

4. Классификация и диагностика почв России. 2-е изд., доп. и испр. Смоленск: Ойкумена, 2004. 341 с.

5. Сухачева Е.Ю., Апарин Б.Ф., Андреева Т.А., Казаков Э.Э., Лазарева М.А. Принципы и методы создания цифровой среднемасштабной почвенной карты // Вестник Санкт-Петербургского университета. Науки о Земле. 2019. Т. 64, № 1. С. 100–113.

Resource potential of soils of anthropogenically transformed territories

E. Yu Sukhacheva, B.F. Aparin, M.A. Lazareva

Calculation of the resource potential of soils of a large agro-industrial region of the Leningrad region was carried out. The specific resource potential of soils is in the range from 0 to 90. Rendzic Leptosols have the maximum SRPS, and Fibric Histosols have the minimum SRPS. The opposite picture has the overall resource potential of soils. Rendzic Leptosols have the low ORPS, while Fibric Histosols are characterized by the ORPS of a higher value. In a comparative analysis of the reconstruction and the modern maps, significant changes in the ORPS were revealed.

УДК 630.4

Здоровье почв в очагах распространения уссурийского полиграфа и корневых гнилей

О.В. Трефилова¹, С.С. Кулаков^{1,2}, П.В. Михайлов¹

¹ Сибирский государственный университет науки и технологий им. академика М.Ф. Решетнева, г. Красноярск, ovtrefilova_fp@mail.ru

² Институт леса им. В.Н. Сукачёва СО РАН ФИЦ КНЦ СО РАН, г. Красноярск

*В рамках развития концепции здоровья почв апробированы два показателя: а) индустриальный параметр; б) отношение микробного метаболического коэффициента и концентрации подвижного фосфора почв. Работа проводилась на участках леса с высоким и низким уровнем общего патогенного опада (ОПО), вызванного поражением *Polygraphus proximus* Blandford и опенком осенним (*Armillaria mellea* s.l.). Установлено,*

что дегрессия насаждения сопровождалась снижением уровня здоровья почв. Сделан вывод, что на начальных этапах оценка здоровья почв не может ограничиваться одним параметром и требует комплексного подхода.

Ключевые слова: очаговое усыхание, пихтарники, концепция здоровья почв, фито- и энтомофитопатогены леса, параметры почв, *Polygraphus proximus* Blandf, корневые патогены

Оформление концепций экосистемных услуг (сервисов), развитие концепций устойчивого развития, экологических функций почвенного покрова, широкий спектр практических задач, а также реализация различных программ и инициатив по охране почв обуславливают растущий спрос на объективные индикаторы состояния и функционирования почв [1]. Это наиболее сложная и менее разработанная задача в силу специфики самого объекта индикации [2]. В этой связи много внимания уделяется интегрированным подходам оценки «качества почв» и/или «здоровья почв» [3].

Термин «здоровье почв» возник в 90-х годах, но на современном этапе процесс оформления концепции нельзя считать завершенным: продолжается обсуждение терминологии, индикаторов, емкости теоретико-практических приложений; нет единого мнения относительно определения термина «здоровье почв»; обсуждаются его производственно-потребительская и биологическая категории. Одной из основных задач развития концепции остается широкая экспериментальная апробация предложенных функциональных фактологических характеристик здоровья почвы.

В рамках развития концепции здоровья почв нами опробованы два показателя. Первый из них – индуцированный параметр (ИП) активности почвенного микробоценоза. Показатель разработан группой исследователей под руководством А.М. Семенова [2]. В его методологической основе – концепция о нарушении воздействия и волнообразной реакции на него микробного сообщества, которая в свою очередь базируется на законе волнообразного развития микробной популяции [4].

Второй параметр – отношение микробного метаболического коэффициента и концентрации подвижного фосфора – P_{sol} [5] рассматривается нами как параметр, так называемого, фосфорного базиса – термин предложен в работе А.М. Семенова и др. [4]. Экологический смысл использования параметра обусловлен представлением, что микробной биомассой контролируется содержание фосфора доступного растениям [6].

Выше представленные параметры апробировались для оценки здоровья дерново-подзолистых в травяных елово-пихтовых лесах Кемчугского нагорья (северо-западные отроги Восточного Саяна). В лесах нагорья отмечается прогрессия очагового усыхания древесного полога, сопровождающаяся поражением деревьев энтомофитопатогеном – уссурийским полиграфом (*Polygraphus proximus* Blandford) и корневым патогеном (*Armillaria mellea* s.l.). Деревья, пораженные корневыми патогенами, действуют как центры усыхания, от которых идет дальнейшее распространение патологического опада, в том числе за счет воздействия *P. proximus* и его ассоциантов [7]. Учитывая эффекты влияния параметров эдафотопы на распространение корневых патогенов посредством ослабления де-

ревью [8–9 и др.], целью настоящей работы стал сравнительный анализ уровня здоровья почв на участках с высокой (89–100%) и низкой (8–13%) степенью патогенного отпада. Почвы участков с низкой степенью поражения условно рассматривались нами в качестве здоровых.

Определение индуцированного параметра осуществляли после нарушающего химического воздействия в виде добавок глюкозо-минеральной смеси, используя алгоритм, описанный в работе [2]. Согласно полученным данным (рис), значения индуцированного параметра, рассчитанные для лесных подстилок, уменьшались по мере снижения доли общего патогенного отпада, составив 0,21–0,23 и 0,17–0,22. Для слоя почв 0–5 см ИП оказался выше на участках с ОПО 89%, чем 100%: 0,25–0,28, против 0,06–0,08, соответственно. На основании полученных данных, можно было сделать вывод, что здоровье почв на участке, где зарегистрирована практически полная гибель древостоя, на современном этапе выше, что пока не нашло логического объяснения. В целом, процесс прогрессирующей деградации древостоя сочетается со снижением здоровья почв.

Микробный метаболический коэффициент (qCO_2) рассчитывали по методике Anderson & Domsch. Углерод микробной биомассы определен регидратационным методом. Величины qCO_2 соотносили с концентрацией подвижного фосфора (по Кирсанову), полученного для соответствующего слоя почвы.

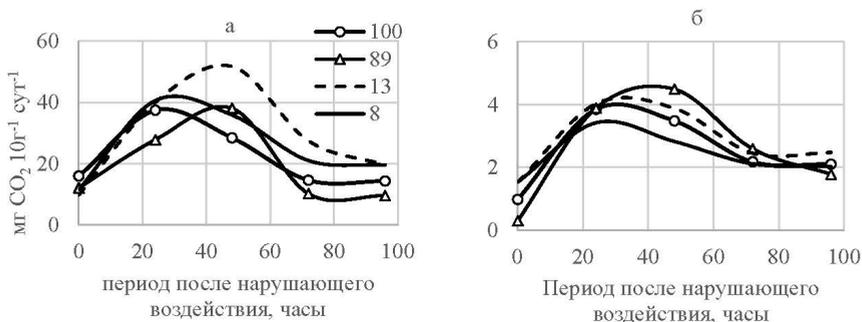


Рис. 1. Динамика интенсивности выделения CO₂ после химического нарушающего воздействия, оказанного на образцы подстилки (а) и слоя почвы 0–5 см (б). В легенде графиков приводится степень общего патогенного отпада, %

Значения qCO_2 на участках с ОПО 100 и 89% составили 0,13 и 0,09 для образцов лесной подстилки и 0,01 и 0,001 – для слоя почвы 0–5 см, соответственно. Аналогичные параметры для почв контрольных участков равны: 0,13–0,16 и 0,02–0,03, соответственно, подстилка и почва. Наиболее высокие показатели qCO_2 почвы (слой 0–5 см) соответствовали самым низким значениям концентрации подвижного фосфора и более высоким значениям ОПО. Необходимо отметить, что отношение $CO_2:P_{sol}$ подчиняется закономерности, выявленной W.H. Hartmanom & C.J. Richardson [5].

Резюмируя выше сказанное, можно заключить:

1. Массовому размножению уссурийского полиграфа на фоне поражения опенком осенним сопутствует снижение уровня здоровья почв, что, в конечном итоге, может приводить к ослаблению кормовой породы.

2. Практика привлечения различных параметров являются оправданной для репрезентативной оценки здоровья почв и позволяет приблизиться к познанию механизмов взаимодействия в системе: патоген–хозяин–почва.

Работа выполнена в рамках государственного задания Минобрнауки России на выполнение коллективом научной лаборатории «Защита леса» проекта «Фундаментальные основы защиты лесов от энтомо- и фитовредителей в Сибири» (№ FEFЕ-2020-0014).

Авторы выражают благодарность зав. лаборатории лесных культур, микологии и фитопатологии, д.б.н., профессору И.Н. Павлову за предоставленные объекты, ценные рекомендации и конструктивную критику.

Литература

1. Конюшков Д.Е. Формирование и развитие концепции экосистемных услуг: обзор зарубежных публикаций // Бюллетень Почвенного института им. В.В. Докучаева. 2015. Вып. 80. С. 26–49.

2. Семенов А.М., Соколов М.С. Концепция здоровья почвы: фундаментально-прикладные аспекты обоснования критериев оценки // Агрохимия. 2016. № 1. С. 3–16.

3. Bünemann E.K., Bongiorno G., Bai Z., Creamer R.E., De Deyn G., Ron de Goede, Flessens L., Geissen V., Kuiper T.W., Mäder P., Pulleman M, Sukkel W., van Groenigen J.W., Brussaard L. Soil quality – A critical review // Soil Biology and Biochemistry. 2018. V. 120. P. 105–125.

4. Семенов А.М., Семенов В.М., А.Х.К. Ван Бругген. Диагностика здоровья и качества почв // Агрохимия. 2011. № 12. С. 4–20.

5. Hartman W.H., Richardson C.J. Differential Nutrient Limitation of Soil Microbial Biomass and Metabolic Quotients (qCO₂): Is There a Biological Stoichiometry of Soil Microbes? // PLOS ONE. V. 8, № 3.

6. Garcia J.P., Wortmann C.S., Mano M., Drijber R., Tarkalson D. One-time tillage of no-till: effects on nutrients, mycorrhiza, and phosphorus uptake // Agron.J. 2007. № 99. P. 1093–1103.

7. Павлов И.Н., Литовка Ю.А., Голубев Д.В., Астапенко С.А., Хромогин П.В., Усольцева Ю.В., Маколова П.В., Петренко С.М. Массовое размножение *Polygraphus proximus* Blandford в пихтовых лесах Сибири, зараженных корневыми и стволовыми патогенами: мониторинг, закономерности, перспективы биологического контроля // Сибирский экологический журнал, 2020. № 1. С. 89–106.

8. Негруцкий С. Ф. Корневая губка. М.: Агропромиздат, 1986. 196 с.

9. Bruna L., Klavina D., Korhonen K. Astra Zaluma, Burņeviča N. Effect of Soil Properties on the Spread of Heterobasidion Root Rot // Proceedings of the Latvian Academy of Science. 2019. Sec. B. V. 73, № 6 (723). P. 66–471.

Soil health in the fir forests damaged by *Polygraphus proximus* Blandf and root rot O.V. Trefilova, S.S. Kulakov, P.V. Mihailov

*To development of soil health concept, two indicators have been tested: (a) the induced parameter; B) ratio of microbial metabolic coefficient and mobile phosphorus concentration of soils. The work is carried out on areas of forest with high and low levels of total pathogenic litter-fall (OPL) caused by the damage of *Polygraphus**

proximus Blandford) and root pathogens (Armillaria mellea s.l.). It has been found that degression of forest stand is accompanied by a decline in soil health. It has been concluded that early assessment of soil health cannot be limited to a single parameter and requires an integrated approach.

УДК 631.4

Органическое вещество и физико-химические свойства темногогумусовой почвы Костромской области, развитой на отложениях триаса

З. Тюгай, А.В. Иванов, А.П. Шваров

МГУ им. М.В. Ломоносова, г. Москва, zemfira53@yandex.ru

Комплексное изучение состава и физико-химических свойств умбрисолей выявило их высокое потенциальное плодородие. Установлено, что органогенный горизонт этих почв характеризуется высоким содержанием углерода органического вещества (более 8%), хорошей агрегацией и содержанием органического вещества в водостойких агрегатах всех размеров. Удельная поверхность для сорбции азота составляет $0,4 \text{ м}^2/\text{г}$, а анализ данных по смачиваемости показал величины более 70 градусов.

Ключевые слова: гидроморфные почвы, органическое вещество, угол смачивания, удельная поверхность.

Костромская область представляет собой территорию со сложнейшей историей формирования отложений, служащих почвообразующими породами. До настоящего времени этот участок России изучен недостаточно. Практически неизученными в почвенном отношении остаются наиболее интересные в природном аспекте северная и северо-восточная части территории области в пределах Северных Увалов, малозаселенных и почти целиком покрытых лесом. Здесь на фоне доминирующих по площади суглинистых дерново-подзолистых и песчаных Al-Fe гумусовых подзолов на дренированных склонах формируются органо-аккумулятивные почвы, приуроченные к выходу на поверхность тяжелых по гранулометрическому составу отложений триаса, юры и мела [1]. Цель наших исследований изучить состав и поверхностные свойства темно-гумусовых почв, сформировавшихся на отложениях триаса и находящихся под лесной растительностью.

Объектом изучения послужил разрез темно-гумусовой органо-аккумулятивной почвы, заложенный в Пыщугском районе в 2 км к югу от с. Талица и в 500 м на восток от шоссе Пыщуг-Никольское. Он приурочен к плоской водораздельной части увалистого повышения на пологом склоне Северных Увалов. Растительность представлена ельником разнотравным в возрасте около 100 лет с единичной примесью березы, сосны и обильным подростом ели высотой до 10 м. В напочвенном покрове доминирует земляника, костяника, копытень, хвощ лесной и зеленые мхи. Полевые и лабораторные исследования образ-

цов проводили как общепринятыми в физике почв методами, так и с привлечением новых инструментальных методов исследования: лазерный дифрактометр Mastersizer 3000, анализатор формы капли воды DSA-100, виброгрохот [2].

По классификации Н.А. Качинского исследованная нами темно-гумусовая почва относится к суглинку тяжелому, пылеватому. Фракция мельче 0,01 мм составляет 50–70%, преобладающими фракциями являются фракция крупной пыли (23–37%) и мелкой пыли (28–44%).

Т а б л и ц а 1

Физические и физико-химические свойства темно-гумусовой почвы

Глубина, см	Влажность (полевая), %	Плотность сложения г/см ³	Фильтрация, см/мин	pH водный	pH солевой	Сорг. в%
0–10	94,5	0,24	Провальная	6,3	5,7	14,3
10–20	52,6	0,40	5,5	6,3	5,5	17,7
20–30	16,3	1,11	3,1	6,5	5,9	8,5
30–40	17,9	1,31	3,0	6,6	6,5	1,6
40–50	17,9	1,31	2,1	6,8	5,9	0,6
50–60	20,5	1,33	0,7	7,3	7,0	0,3
60–70	27,1	1,33	0,7	7,4	7,2	0,2
80–90	30,5	1,33	0,5	7,4	7,4	0,2
90–100	30,5	1,33	0,4	7,5	7,4	0,1

Агрегатный состав в верхнем гумусо-аккумулятивном слое отличный. Содержание агрономически ценных агрегатов составляет >60%. Водопрочные агрегаты представлены агрегатами всех размеров. По физико-химическим свойствам темно-гумусовая почва резко отличается от зональных дерново-подзолистых почв (табл. 1). Темно-гумусовая почва, наряду со значительной гумусированностью (Сорг. – 8,5–17,7% в слое 0–30 см), имеет близкую к нейтральной реакцию среды. Плотность сложения в верхних горизонтах невысокая (0,24–0,4 г/см³). Фильтрация в слое 0–10 см провальная. Тяжелый гранулометрический состав, отличные структурные характеристики в сочетании с высоким содержанием органического вещества определяют высокое потенциальное плодородие темно-гумусовых почв.

Наши исследования показали аномально высокий уровень накопления ОВ в гумусовом горизонте темно-гумусовой почвы, в 3–4 раза превышающий его суммарное содержание в автоморфных почвах южно-таежной подзоны. Причем как показали данные грануло-денсиметрического фракционирования темно-гумусовой почвы около 85% массы углерода гумусово-аккумулятивного горизонта сосредоточено в ЛФ (легкой фракции), которая включает не полностью гумуфицированные остатки органического опада. Около 16% углерода связывают илистые частицы (в основном легкодиспергируемый ил), а на долю остатка приходится около 1%. В нижележащих горизонтах масса углерода распределена между илистыми частицами и остатком после его выделения [3].

Представленные в табл. 2 данные показывают значительное увеличение гидрофобности верхнего горизонта темно-гумусовой почвы по сравнению с зо-

нальной дерново-подзолистой почвой. Высокая агрегированность, обусловленная высоким содержанием углерода, определяет значительно более низкую величину внешней удельной поверхности органического горизонта темно-гумусовой почвы по сравнению с зональной подзолистой почвой.

Т а б л и ц а 2

Содержание углерода и поверхностные свойства почв из гумусово-аккумулятивных горизонтов темно-гумусовой и зональной дерново-подзолистой почвы

Почва	Мощность горизонта, см	Масса ила, %	Смектит, % от массы фракции	$S_{\text{общ.}}$, %	$S_{\text{вн. по N}}$, м ² /г	КУС, градусы
Темно-гумусовая	40	18,0	90,0	13,5	0,4	73,5
Дерново-подзолистая	11	7,0	15,0	3,5	2,64	42,5

Анализ литературных данных по смачиваемости отдельных денсиметрических фракций показал, что фракции существенно различаются по рассматриваемому показателю и колеблются от 22 до 137° [4]. В целом в легких фракциях <1,6 г/см³ как свободных, так и внутриагрегатных, величины углов смачивания существенно больше по сравнению с тяжелыми фракциями. Таким образом, следует ожидать, что менее измененные растительные остатки будут характеризоваться большим углом смачивания. Однако следует учесть, что поверхностные свойства почв далеко не всегда определяются только химическим строением образца, а зависят от гранулометрического состава и от реакции среды. Исследованиями А.А. Дымова, Е.Ю. Милановского, В.А. Холодова [4] показано, что для почвы коренного ельника наибольшей гидрофильностью характеризуется иллювиальный горизонт, наиболее гидрофобно почвенное органическое вещество в подстилке, за счет высокой доли лигниноподобных соединений. И при естественном лесовозобновлении трансформация органического вещества заключается в формировании преимущественно гидрофильных компонентов в подстилке, которые обуславливают кислотный гидролиз минералов и накопление Fe-Al-органических соединений в верхних минеральных горизонтах профиля.

Работа выполнена по темам: «Структурно-функциональная организация твердой фазы почв: формирование, характеристики и роль в биосфере», № гос. АААА-А16-116122810020-6 и «Эколого-функциональная география почв естественных и антропогенно-преобразованных экосистем», № гос. регистрации 01.200.109762.

Литература

1. Чижикова Н.П., Иванов А.В., Кучмар Н.М. Минералогия почв, развитых на отложениях триасового возраста // Бюл. Почвенного ин-та им. В.В. Докучаева. 2010. № 365. С. 23–35.
2. Практикум по физике твердой фазы почв: учеб. пособие / Е.В. Шеин, Е.Ю. Милановский, Д.Д. Хайдапова и др. М.: Буки-Веди Москва, 2017. С. 119.
3. Травникова Л.С., Иванов А.В. Особенности состава органического вещества темногумусовых лесных почв северо-востока Костромской области // Вестник МГУ. Серия 17, Почвоведение. 2014. № 2. С. 24–28.

4. Дымов А.А., Милановский Е.Ю., Холодов В.А. Состав и гидрофобные свойства органического вещества денситметрических фракций почв Приполярного Урала // Почвоведение. 2015. № 11. С. 1335–1335.

**Organic matter and physico-chemical properties of the Kostroma region,
developed on the triassic deposits**

Z. Tyugai, A.V. Ivanov, A.P. Shvarov

Excellent structural characteristics, combined with a high content of organic matter determine the potential fertility of umbrisols. It was found that the upper organic horizon of umbrisols is characterized by a high carbon content of organic matter of more than 8%, with good aggregation, and the content of organic matter of water-resistant aggregates of all sizes.

УДК 631.450

**Рациональное использование земельных ресурсов
Астраханской области в аспекте концепции
устойчивого развития**

А.А. Уталиев, Л.В. Яковлева, Е.А. Маслова

Астраханский государственный университет, г. Астрахань, ars.utaliev94@gmail.ru

В работе рассматриваются основные факторы эффективного развития сельскохозяйственного производства в Астраханской области и важность рационального управления и охраны земельных ресурсов. Неиспользуемые пахотные земли выступают важным стратегическим резервом сельского хозяйства Астраханской области. Применение новых технологий выращивания сельскохозяйственной продукции, совершенствование землепользования и государственного регулирования земельных отношений способствует рациональному и экологическому ведению сельского хозяйства.

Ключевые слова: *использование земельных ресурсов, деградация, качество почв, Астраханская область, рациональное природопользование, мелиорация.*

Земельный фонд Российской Федерации делится по категориям и угодьям, составляя 171 2519,1 тыс. га. Астраханская область (далее АО) занимает только 0,2–0,3% от площади страны. Благодаря своим климатическим условиям, наличием доступных водных ресурсов АО за последние 10 лет выбивается в лидеры по выращиванию сельскохозяйственной продукции. Для продолжения устойчивого развития АПК необходима охрана и рациональное землепользование. Мероприятия по охране и рациональному использованию земель должны включать в себя сохранение, повышение продуктивности и плодородия угодий, предупреждение эрозии земель, их иссушения, заболачивания, засоления, загрязнения и других нежелательных процессов [1].

Анализ материалов «Доклада об экологической ситуации в Астраханской области» позволил установить, что по состоянию на 1 января 2019 г. площадь земель сельскохозяйственных угодий составляет 66,2% от общей площади земельного фонда АО, тогда как по стране этот показатель составляет 24,3% [2]. Это свидетельствует, о том, что область является одним из ведущих сельскохозяйственных регионов (таблица).

За последние пять лет площадь сельскохозяйственных земель в АО сократилась на 1,1 тыс. га (таблица). В составе земель сельскохозяйственного назначения Астраханской области основную площадь занимают сельскохозяйственные угодья – 3245, 2 тыс. га.

Распределение земельного фонда Астраханской области по категориям

Федеральный субъект Российской Федерации	Земли сельскохозяйственного назначения, тыс. га	Земли населенных пунктов, тыс. га	Земли промышленности и иного назначения, тыс. га	Земли особо охраняемых территорий и объектов, тыс. га	Земли лесного фонда, тыс. га	Земли водного фонда, тыс. га	Земли запаса, тыс. га	Итого земель, тыс. га
Астраханская область	2015 г.							
	3246,3	87,5	538,8	153	190,8	417,6	268,4	4902,4
	2016 г.							
	3246,1	87,5	538,9	153,1	190,8	417,6	268,4	4902,4
	2017 г.							
	3245,8	87,5	539,2	153,1	190,8	417,6	268,4	4902,4
	2018 г.							
	3245,8	87,5	539,2	153,1	190,8	417,6	268,4	4902,4
	2019 г.							
	3245,2	87,6	539,8	153,1	190,8	417,6	268,3	4902,4
Итого за 2015–2019 гг.								
-1,1	+0,1	+1,0	+0,1	-	-	-0,1	-	

Пашня является наиболее важным видом сельскохозяйственных угодий, и ее площадь в целом по области составляет 353,4 тыс. га [3–4]. Орошаемые земли, площадь которых составляет 210,6 тыс. га, для ведения воспроизводства сельскохозяйственной продукции имеет удовлетворительное состояние на площади 92,0 тыс. га, 75,2 тыс. га – неудовлетворительное и лишь 43,4 тыс. га (20,6%) имеет хорошее состояние. Ежегодно на территории области происходит увеличение посевных площадей, если в 2014 г. площадь сева составляла 69,8 тыс. га, то в 2018 г. 83,1 тыс. га (39,5% от общей площади орошения).

Астраханская область по своим почвенно-климатическим условиям относится к числу регионов, где орошение является важным звеном сельскохозяйственного производства. На территории области активно развит капельный полив – 58%, верхний полив дождевальными машинами с мелкодисперсным распылением – 40%, сплинкерный полив – 2%.

Земли сельскохозяйственных угодий (71,5% площади) представлены в северных районах области зональными светло-каштановыми (13,5%), в более южных районах – бурыми полупустынными (36%), в Волго-Ахтубинской пойме, дельте Волги и подстепных ильменах – пойменными аллювиальными и луговыми (32%). Значительная площадь почвенного покрова АО (18,5%) занята песками полупустынными слабогумусированными. По степени гумусированности почвы Астраханской области относятся к слабо- и малогумусовым – содержание гумуса колеблется от 0,6 до 2,3%. Наименьшее содержание (0,7%) гумуса отмечено в залежных землях, расположенных на юге области. Запасы гумуса в пахотном слое не превышают 62,5 т/га, что свидетельствует о его малой биогенной аккумуляции [5].

Для сохранения и воспроизводства плодородия почв, рационального использования сельскохозяйственных угодий в настоящее время реализуется государственная программа «Развитие мелиорации земель сельскохозяйственного назначения Астраханской области на 2014–2020 годы» на основании федеральной целевой программы «Развитие мелиорации земель сельскохозяйственного назначения России на 2014–2020 годы».

Одной из задач данной целевой программы стало предотвращение процессов подтопления, затопления, опустынивания территорий и выбытия из сельскохозяйственного оборота земель сельскохозяйственного назначения [6]. В ходе реализации работ по данному целевому направлению было вовлечено в оборот выбывших мелиоративных сельскохозяйственных угодий за счет проведения культуртехнических работ товарсельхозпроизводителями. За период 2014–2018 гг. осуществлен ввод в эксплуатацию порядка 22,5 тыс. га орошаемых земель, проведены фитомелиоративные мероприятия по борьбе с опустыниванием на площади около 2 тыс. га, приобретено 45 широкозахватных дождевальных машин, введена система капельного орошения на площади 7,4 тыс. га. Общий объем инвестиций на проведение данных мероприятий составил около 1,7 млрд руб. В 2019 г. в рамках подпрограммы по развитию мелиорации земель сельскохозяйственного назначения проводятся гидромелиоративные мероприятия на площади 5 тыс. га (факт 3,8 тыс. га), культуртехнические мероприятия – 1,5 тыс. га (100% выполнение) и фитомелиоративные мероприятия, направленные на закрепление песков – 300 га.

В Астраханской области лимитирующими факторами эффективного развития сельскохозяйственного производства являются негативные процессы изменения почвенного покрова, ведущие к потере плодородия сельскохозяйственных угодий и выводу их из оборота.

Важной особенностью исследуемого региона является естественная склонность почвенного покрова к соленакоплению. Результаты почвенного мониторинга по выявлению и распространению засоления почвы пашни свидетельству-

ют о том, что на территории Астраханской области подвержено засолению 62,1% площади с солончаковым засолением и 12,2% с высокосолончаковым процессом засоления.

Рациональное природопользование в целях обеспечения роста эффективности земледелия в Астраханской области предполагает необходимость осуществления инвентаризации современного состояния земель, используемых в сельскохозяйственном производстве, в первую очередь, орошаемых, являющихся высокопродуктивными, создание картографической основы на базе космо- и аэрофотосъёмки, осуществление почвенной и агрохимической оценки сельскохозяйственных земель.

Литература

1. Постолов В.Д., Недикова Е.В., Князев Б.Е., Крюкова Н.А. Земельные отношения и правовое положение использования земель сельскохозяйственного назначения // Землеустройство, кадастр и мониторинг земель. 2007. № 5. С. 38–40.
2. Доклад об экологической ситуации в Астраханской области в 2017. URL: <http://aonb.astranet.ru/file> (дата обращения: 12.11.2018).
3. Доклад об экологической ситуации в Астраханской области в 2016. URL: <http://aonb.astranet.ru/file/Svod> (дата обращения: 12.11.2018).
4. Доклад об экологической ситуации в Астраханской области в 2015. URL: <http://aonb.astranet.ru/file/Svod/2015god.pdf> (дата обращения: 12.11.2018).
5. Салина Ю.Б., Яковлева Л.В. Комплексная оценка залежных земель Астраханской области // Агрохимический вестник. 2016. № 6. С. 10–13.
6. Государственная программа «Развитие мелиорации земель сельскохозяйственного назначения Астраханской области на 2014–2020 годы. URL: <http://docs.cntd.ru/document/460224391> (дата обращения: 14.11.2018).

Sustainable use of land resources in the Astrakhan region in the aspect of sustainable development concept

A.A. Utaliev, L.V. Yakovleva, E.A. Maslova

The paper considers the main factors of effective development of agricultural production in the Astrakhan region and the importance of sustainable management and protection of land resources. Unutilized arable land is an important strategic reserve for agriculture in the Astrakhan region. Application of new technologies for growing agricultural products, improvement of land use and state regulation of land relations contribute to sustainable and ecological agriculture management.

Разработка экологически безопасного способа пополнения азотного фонда почв

А.В. Филиппова, О.Н. Михина, А.А. Канакова

Оренбургский государственный аграрный университет, г. Оренбург, kassio-67@yandex.ru

Статья представляет результаты исследований по улучшению качества почв и устранению дефицита азота путем применения электроразрядного удобрения. Предлагается путь, который повысит эффективность плодородия синтезом азота непосредственно в агроэкосистемах. Авторы приводят результаты своих исследований. Применение электроразрядного удобрения сопровождается увеличением биологической активности почвы и позволяет увеличить количество аммонийного азота. Электроразрядный удобритель способствует повышению целлюлозолитической активности на 20–30%, протеолитической активности на 25–35%, что положительно коррелирует с продуктивностью растений. Отмечено увеличение разнообразия таксономического состава мезо- и макрофауны в вариантах с применением электроудобрителя и внесением удобрений, а именно: представителей Collembola, Myriapoda, Lumbricidae.

Ключевые слова: почвенная микробиота, азотные соединения почв, использование электрических разрядов для пополнения почв азотом.

Земельные ресурсы основа независимого существования государства. Особое значение имеют земли сельскохозяйственного назначения, так как являются средством для воспроизводства сельскохозяйственной продукции. Вопрос поддержания их плодородия и экологического качества является важным для продовольственной независимости России.

Нашей научной группой предложен путь диверсифицировать агротехнологии выращивания растениеводческой продукции и альтернативно пополнять азотный фонд почв через прямое преобразование азота воздушной среды.

В земной коре общее содержание азота (молекулярного и в виде соединений) достигает 0,04% (по массе). Основная масса азота на Земле находится в атмосферном воздухе; 78% воздуха – чистый молекулярный азот. В количественном выражении это составляет 10–15 т. Однако, находясь в молекулярном азоте воздуха, растения испытывают азотный «голод», потому, что им нужен азот минеральных соединений. Содержание доступного растениям азота в почве обычно невелико. В черноземах южных, которые являются доминирующим типом на территории Южного Приуралья, азотный баланс всегда в дефиците. Поэтому стратегической задачей сохранения качества почв и управление их плодородием возможно через создание стабильного фонда азотных соединений. Повышение урожайности сельскохозяйственных растений связано, в первую очередь, с улучшением их азотного питания [1]. Этот лимитирующий фактор устраняется традиционно за счет минеральных удобрений.

Научная новизна нашей работы, заключается в предложении осуществлять прямой синтез азотных соединений с помощью электроразрядного удобрения.

Это позволит пополнять агроценозы азотными соединениями напрямую, без посредников в производстве азотных удобрений.

Запатентованное устройство позволяет путем высоковольтного разряда из молекулярного азота и кислорода воздуха получать оксиды азота и равномерно распределять с помощью встроенных вентиляторов и опрыскивающих форсунок на поверхность почвы. Количество депонированного азота зависит от различных условий, температуры, влажности почвы, индекса биологического разнообразия микробоценоза и доминирующего ядра видов микробиоты.

В качестве моделей для исследования были выбраны принципиально разные по условиям содержания агроценозы с разным набором растительных объектов – перец сладкий и яровая пшеница.

В задачи исследования входило:

1. Дать оценку зоомикробимального комплекса почвы при воздействии электроразрядного удобрения.
2. Определить влияние электроразрядного удобрения на азотное состояние почв в агроценозах овощного типа на поливе.
3. Изучить особенности влияния электроразрядного удобрения на азотное состояние почв в агроценозах зернового типа в условиях богары.
4. Оценить влияние применения электроудобрения на продуктивность культурных растений и качество продукции.

Исследования включали два эксперимента. Эксперимент 1 – мелкоделяночные опыты (3 м²) на перце сладком сорта Купец. За контрольный вариант приняли делянки с естественным плодородием. В качестве вариантов для изучения воздействия электроразрядного удобрения и его сравнительного аспекта были использованы различные комбинации внесения удобрений.

Второй эксперимент проводили в мелкоделяночном полевом опыте с посевом яровой пшеницы сорта Юго-Восточная-2. Эксперимент на яровой пшенице включал 13 вариантов в трехкратной повторности, использовали в том числе модель электроудобрителя с форсунками для мелкодисперсного распыла влаги. Нитратный азот определяли ионометрическим, методом согласно ГОСТ 29270-95. Определение обменного аммония по методу ЦИНАУ. Определение общей биологической активности микроорганизмов проводили методом «аппликаций» (определение целлюлозоразлагающей активности) (Е.Н. Мишустин, А.И. Петрова, 1991). Эксперимент закладывали два раза: после посева (май) и в августе, срок экспозиции – 40–45 дней. Биологическую активность почвы определяли по интенсивности разложения полотна в процентах от его первоначальной площади и оценивали по предложенной Д.Г. Звягинцевым (1987) шкале. Родовое определение групп почвенных микроорганизмов проводили с помощью определителя Берджи (1980). Изучение и определение почвенных беспозвоночных проводили методом прямого ручного разбора проб (Гиляров, 1965). Для определения биоразнообразия почвенных беспозвоночных использовали индекс Макинтоша.

Проведенные испытания по синтезу азота непосредственно в полевых условиях способствовало образованию в почвах нитратных форм азота (таблица),

содержание которых увеличилось при использовании электроудобрителя на 11% по сравнению с контролем.

Содержание доступных соединений азота в почве

	Вариант опыта	Нитратный азот, мг/кг	Обменный аммоний, мг/кг
1	Контроль	6,2 ± 0,25	16,3 ± 0,50
2	N	6,9 ± 0,30	17,1 ± 0,30
3	НРК	6,7 ± 0,25	17,0 ± 0,45
4	Органическое удобрение	7,2 ± 0,42	17,7 ± 0,55
5	Электроудобритель	7,0 ± 0,35	16,6 ± 0,21
6	Электроудобритель +РК	6,8 ± 0,32	16,5 ± 0,21

Содержание аммонийного азота увеличилось всего на 2%, в то время как при применении минеральных азотных удобрений на 4%, что мы связываем с наличием в составе ионов аммония.

Результаты измерения ростовых процессов показывают, что во всех опытных вариантах произошло усиление роста вегетативной массы изучаемых объектов по сравнению с контрольными. Неожиданным положительным действием модели электроудобрителя с применением форсунок для опрыскивания стало то, что в приземном слое влажность позволила сформировать слабый раствор азотистой кислоты и захватить ее азотофиксаторами в свою биомассу, увеличив количество общего азота почвы. Такое депонирование продляет последствие разрядов, создавая запас биологического азота, который будет лежать в «кладовой почвенного ресурса», ожидая условий, способствующих его минерализации для подачи растениям.

Внесение удобрений и применение электроразрядного удобрения как альтернативы азотному удобрению сопровождается увеличением биологической активности почвы. Электроразрядный удобритель способствует повышению целлюлозолитической активности на 20–30%, протеолитической активности на 25–35%, что положительно коррелирует с продуктивностью растений.

Отмечено увеличение разнообразия таксономического состава мезо- и макрофауны в вариантах с применением электроудобрителя и внесением удобрений, а именно: представителей *Collembola*, *Myriapoda*, *Lumbricidae*. Видовое разнообразие увеличивалось в вариантах с комплексным внесением азота, фосфора и калия ($I_{\text{Макинтош}} = 0,37$), внесением органического удобрения ($I_{\text{Макинтош}} = 0,37$) и применением электроразрядного удобрения совместно с фосфором и калием ($I_{\text{Макинтош}} = 0,36$).

Общая численность микроорганизмов почвы возрастает как в вариантах с внесением удобрений, так и применением электроудобрителя в среднем в 1,5–3 раза. В пробах преобладают представители родов *Bacillus*, *Flavobacterium*, *Enterobacter*, *Azospirillum*, *Pseudomonas*. Применение электроудобрителя с функцией мелкодисперсного распыления воды положительно сказывается на численно-

сти азотфиксирующих микроорганизмов. Активность работы многих групп почвенных организмов связана с оптимальной влажностью почвы, а их активная работы по размножению (депонирование в органическую массу) и усвоению азотных соединений становится важной частью пополнения азотного фонда почвы. Кроме микроорганизмов, помощником в депонировании азота играет и мезофауна [2].

Сравнительный анализ вариантов с использованием различных сочетаний удобрений и применением электроразрядного удобрения показал, что данные мероприятия способствовали улучшению агрофизических свойств почвы. При этом увеличивается количество агрономически ценных фракций от 3 до 20%, по сравнению с контролем и водопрочность почвенных агрегатов на 6–10%, что положительно коррелирует с численностью почвенных беспозвоночных ($r = 0,7–0,9$). Показано, что наиболее благоприятные агрофизические условия складываются при использовании электроудобрителя в комплексе с фосфорными и калийными удобрениями, как в опыте на овощных культурах в условиях полива, так и на зерновых в условиях богары. Сбалансированное сочетание макроэлементов в почве, по исследованиям многих ученых, является наиболее верным выбором повышения урожайности [3–6].

Агрохимический анализ почв показал, электроразрядный удобритель позволяет повысить уровень доступного азота от 10 до 30%. При этом в условиях богары наиболее эффективна модель электроразрядного удобрения с функцией мелкодисперсного распыления воды, предназначенной для более полного связывания образующихся оксидов азота. Такой естественный способ подачи азота в приземной слой почвы близок, по своей природе к разряду молний, которые обогащают почву запасами азота. Не претендуя на замену минеральных удобрений полностью, мы лишь предлагаем альтернативный вариант применения электроразрядного удобрения для повышения азотного фона. Это может быть панацеей в экологическом (органическом) земледелии.

Анализ продукции на содержание нитратов свидетельствует о том, что их количество находилось в пределах нормы во всех вариантах, как с внесением удобрений, так и применением электроразрядного удобрения.

Предполагается, что обогащение почв азотом в аграрных ценозах непосредственно в полевых условиях с помощью электроудобрителя позволит повысить долю биологического азота в азотном балансе и повысить урожайность сельскохозяйственных культур, снизить экологическую опасность нитратонакопления в продуктах питания, повысить экономическую эффективность производства продукции растениеводства. За счет автономной фиксации азота воздуха мы обеспечим растения доступными формами азота и сохраним гумусные соединения почвы.

Литература

1. Алябина И.О., Лапаева О.Н. Азот удобрений в почвах России // Доклады по экологическому почвоведению. 2009. № 2, вып. 12.
2. Abrahamsen G., Thompson W.N. A long-term study of the enchytraeid (Oligochaeta) fauna of a mixed coniferous forest and the effects of urea fertilization // Oikos. 1979. V. 32. P. 318–327.

3. Баев В.И., Бородин И.Ф. Электроимпульсная предуборочная обработка растений подсолнечника и табака. Волгоград, 2002. 228 с.
4. Бельков Г.И., Максютов Н.А. Сохранение и повышение плодородия почв в современных условиях Оренбургской области // Известия ОГАУ. 2014. № 6 (50). С. 8–10.
5. Филиппова А.В., Михина О.Н. Влияние электроразрядного удобрения на агрохимические параметры черноземов южных // Международный форум «Крым Hi-tech-2014»: сборник тезисов докладов. М.: ФГБНУ НИИ РИНКЦЭ, 2014. С. 412–414.
6. Pokarzhievskii A.D., Straalen N.M., Zaboiev D.P., Zaitsev A.S. Microbial links and element flows in nested detrital food-webs // Pedobiologia. 2003. Vol. 47. P. 213–224.

Development of an environmentally friendly way replenishment of soil nitrogen fund
A.V. Filippova, O.N. Mikhina, A.A. Kanakova

The article presents the results of studies on improving soil quality and eliminating nitrogen deficiency by using an electric-discharge fertilizer. A path is proposed that will increase the efficiency of fertility by nitrogen synthesis directly in agroecosystems. The authors cite the results of their research. The use of an electric-discharge fertilizer is accompanied by an increase in the biological activity of the soil and allows an increase in the amount of ammonium nitrogen. An electric-discharge fertilizer contributes to an increase in cellulolytic activity by 20–30%, and proteolytic activity by 25–35%, which positively correlates with plant productivity. An increase in the diversity of the taxonomic composition of the meso- and macrofauna was noted in the variants with the use of an electric stroller and fertilizers, namely: representatives of Collembola, Myriapoda, Lumbricidae.

УДК 631.416.9

**Оценка всхожести различных тест-культур
при загрязнении почв тяжелыми металлами
(на примере железа)**

М.В. Шарыгина, А.М. Русанов

*Оренбургский государственный университет, г. Оренбург,
abigasha@mail.ru, soilec@esoo.ru*

*В статье рассмотрена чувствительность тест-культур разных видов к загрязнению почв тяжелыми металлами, а именно железом. Наличие в почве поллютанта практически во всех концентрациях стимулирует рост и развитие культурных растений, а наиболее чувствительной к внесению ионной формы железа оказалась тест-культура *Lepidium sativum* L.*

Ключевые слова: *железо, черноземы, загрязнение, фитотестирование, тест-культуры, индекс толерантности.*

В настоящее время во всем мире возрастает экологическая нагрузка на почву. Это связано как с техногенным загрязнением, так и с увеличением мелиорантов, минеральных удобрений, отходов, используемых в качестве удобрений и содержащих токсические примеси, в том числе тяжелые металлы. Увеличение

экологической нагрузки приводит к изменению агрохимических и биологических свойств почвы. Кроме того, поглощение тяжелых металлов культурными растениями, а затем и потребление загрязненных сельскохозяйственных продуктов возрастает год от года, что создает серьезную угрозу для здоровья населения.

Валовое содержание тяжелых металлов в естественных незагрязненных почвах обусловлено их концентрацией в исходной материнской породе и находится под влиянием почвообразовательных процессов и почвенных характеристик. Однако уровень тяжелых металлов в настоящее время изменен за счет деятельности человека.

Общее содержание металла, присутствующего в почве, не дает никакой информации о доступности и подвижности элемента, в то время как оценка его доступности является важным параметром, поскольку она помогает лучше понять специфическую биодоступность, реакционную способность, подвижность и поглощение растениями [1, 2].

Попадание в окружающую среду новых поллютантов требует незамедлительной оценки их токсичности по отношению к живым организмам. В связи с этим постоянно растет интерес к биотест-системам, которые способны оперативно дать точную токсикологическую характеристику исследуемой природной среды.

Биотестирование широко применяется для оценки потенциальной опасности химического, физического или биологического воздействия на природную среду. По сравнению с химическими методами анализа биотестирование имеет ряд преимуществ. В частности, это способность тестируемых организмов реагировать на совокупное воздействие ряда загрязняющих веществ в исследуемых средах. Фитотестирование как метод оценки почв является актуальной тенденцией, связанной с увеличением разнообразия загрязняющих веществ и их источников. Чувствительность растений к почвенно-химическому воздействию проявляется в ростовых, морфологических и биохимических изменениях.

Принцип фитотестирования заключается в регистрации этих изменений у растений. Метод фитотестирования активно используется для экотоксикологической оценки почв сельскохозяйственных районов и в настоящее время представляет интерес с точки зрения регулирования содержания загрязняющих веществ и выявления биологической активности различных химических веществ и промышленных отходов [3].

В качестве объекта исследования были использованы черноземы типичные, расположенные близ с. Воздвиженка Пономарёвского района Оренбургской области. Почвы были загрязнены ацетатом железа в концентрациях по железу: 0,5 ПДК; 1 ПДК; 2,5 ПДК; 5 ПДК и 10 ПДК почвы в июне 2019 года. Через 2 недели после внесения ацетата железа в полевых условиях был поставлен опыт на определение фитотоксичности почв согласно ГОСТ 12038М84. Для оценки влияния загрязнения почвы железом на прорастание семян в полевых условиях использовали следующие показатели: всхожесть, энергия прорастания. Фитотоксичность оценивали на основании сравнения всхожести и энергии прорастания семян.

Изучение фитотоксичности почв осуществлялось по отношению к трем индикаторным тест-культурам: пшенице (*Triticum aestivum*), редису посевному (*Raphanus sativus*) и кресс-салату (*Lepidium sativum* L.).

Согласно полученным данным, тест-культуры проявили различную чувствительность к загрязнению почвы железом (рис.1). Максимальное подавление всхожести растений наблюдалось в варианте 10 ПДК – 12% для редиса посевного (*Raphanus sativus*). При воздействии на ту же тест-культуру ацетатом железа в концентрации 1 ПДК всхожесть достигла своего максимума – 80%. Проращивание семян яровой пшеницы показало следующие результаты: с увеличением концентрации раствора железа (с 0,5 ПДК до 10 ПДК) увеличивается и всхожесть семян (35–75 % соответственно), однако концентрация 5 ПДК приводит к уменьшению всхожести семян до 15%. Семена кресс-салата отзывались стабильно-высокой всхожестью (52–77,5%) на внесение почти всех доз концентраций, кроме 10 ПДК, где всхожесть составила всего 12,5%.

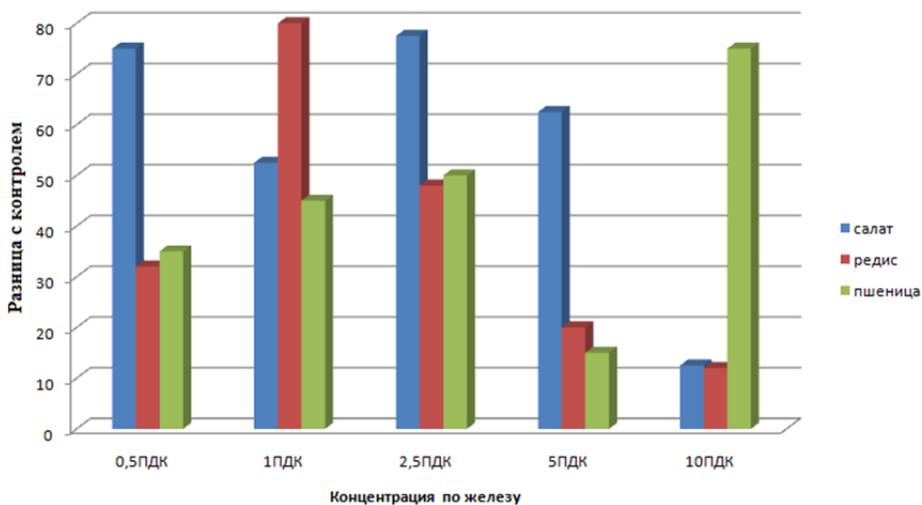


Рис. 1. Фитотоксичность почв

В ходе исследования был рассчитан индекс толерантности (ТИ) растений, который определяется через отношение среднего значения длины корня или стебля растений, выросших при определенной концентрации ионов металла, к среднему значению длины стебля/корня контрольных растений, выросших без металла [4]. Индекс толерантности позволяет определить устойчивость растений к воздействию неблагоприятных факторов окружающей среды и представлена на рис. 2.

Оценка индекса толерантности показала, что содержание металла во всех концентрациях оказывает стимулирующий эффект на семена пшеницы (*Triticum aestivum*), а в варианте 1 ПДК и 2,5 ПДК и на текст-культуры редиса посевного (*Raphanus sativus*) и кресс-салата (*Lepidium sativum* L.).

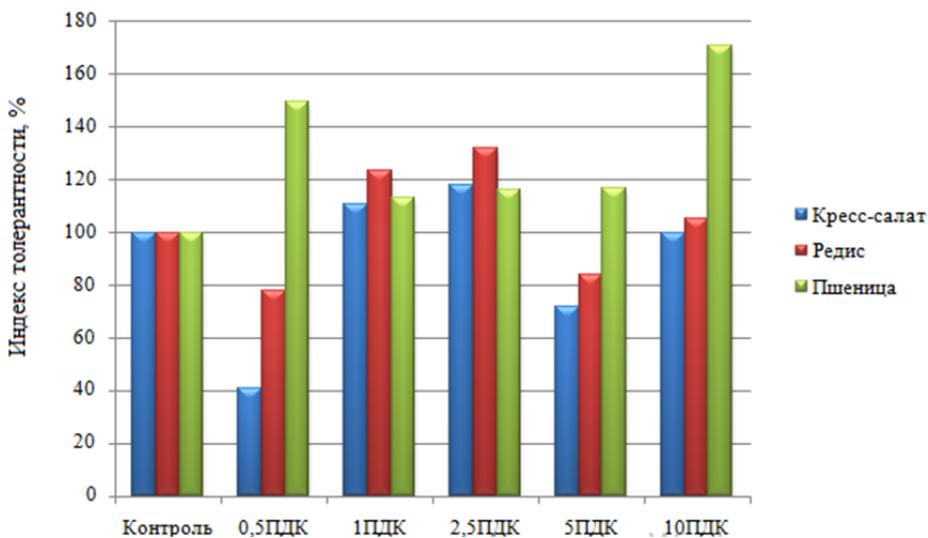


Рис. 2. Индекс толерантности тест-культур

Изучение фитотоксичности почв показало, что почвы почти всех участков исследования вызвали рост тест-культур.

Практически все концентрации соединений железа в почве усиливали рост растений, о чем свидетельствует увеличение значений индекса толерантности, что связано с ролью железа как микроэлемента.

Таким образом, загрязнение почв железом стимулировало рост и развитие культурных растений во всех концентрациях, кроме 0,5 ПДК и 5 ПДК для кресс-салата и редиса. Наиболее чувствительной к внесению ионной формы железа оказалась тест-культура *Lepidium sativum* L.

Литература

1. Luo YM, Christie P (1998) Bioavailability of copper and zinc in soils treated with alkaline stabilized sewage sludges. *J Environ Qual* 27:335–342.
2. MacGrath SP (1994) Effects of heavy metals from sewage sludge on soil microbes in agricultural ecosystems. In: Ross SM (ed) *Toxic metals in soil-plant systems*. Wiley, Chichester, pp. 242–274.
3. M.A. Kanis'kin, V.A. Terekhova, and A.S. Yakovlev, "Monitoring of humate detoxification of phosphogypsum wastes by biotesting methods," *Ekol. Prom.*, No. 8, 48–51 (2007).
4. Wilkins D.A. 1978 The measurement of tolerance to edaphic factors by means of root growth *New Phytologist* 80 623–3

Evaluation of germination of various test-crops when soil is polluted with heavy metals (for example, iron)

M.V. Sharygina, A.M. Rusanov

According to the data obtained, the test cultures showed different sensitivity to soil contamination with iron. Almost all concentrations of iron compounds in

*the soil increased plant growth, as evidenced by an increase in the tolerance index, which is associated with the role of iron as a trace element. The presence of a pollutant in the soil in almost all concentrations stimulates the growth and development of cultivated plants, and the test culture of *Lepidium sativum* L. was the most sensitive to the introduction of an ionic form of iron.*

УДК 6 (571-16)

Земельные ресурсы Томской области и их агроэкологическая оценка

Н.Н. Шипилин, И.А. Викторова

«Новосибирский государственный аграрный университет» Томский сельскохозяйственный институт – филиал, г. Томск, chnn_1206@mail.ru, Wiktorova1955@mail.ru

Целью данной статьи является в оценке земель сельскохозяйственного назначения в результате позволило нам отразить качественное состояние земельных ресурсов Томской области. Полученный материал позволил нам впервые отразить качественное состояние земельных ресурсов Томской области с выделением агроэкологических групп и агрогеоэкологических типов с ранжированием их пригодности на шесть категорий.

Ключевые слова: *агроэкологические, агрогеоэкологические, таежно-лесная зона, пахотно-пригодные земли, автоморфные почвы.*

Российская Федерация является «абсолютным рекордсменом» по земельным ресурсам. Земельные ресурсы России огромны, они составляют 1/8 часть всей суши планеты.

Под земельными ресурсами обычно понимаются какая-то определенная площадь поверхности суши с различными по происхождению почвами, ландшафтами, природно-климатическими условиями и другими свойствами.

Продуктивные сельскохозяйственные земли, представлены пашнями, сенокосами и пастбищами, и составляют 13% общей земельной площади. В тоже время обеспеченность населения России сельскохозяйственными землями в расчете на душу населения достаточно высокая и составляет 0,9 га на человека, когда в Китае она составляет 0,08, в США – 0,51, в Японии – 0,03 га. По обеспеченности пашней на душу населения Российская Федерация занимает первое место в мире.

Основной массив пахотных земель России простирается в европейской части страны, а также на юге Урала и Сибири (в пределах степной и лесостепной зон, в южной части лесной зоны).

Томская область располагается в юго-восточной части центральной зоны обширной Западно-Сибирской равнины – в бассейне среднего течения реки Оби.

По общей площади земель Томская область занимает в Западной Сибири второе место после Тюменской, включая ее автономные округа. Однако значительная часть земель Томской области занята лесами (примерно 51% территории), обычно в разной степени заболоченности, а также болотами (в среднем

около 31%), в том числе и торфяниками. Следовательно, территорию Томской области надо рассматривать не как обычно принято, а как лесоболотную, что в большей мере отражает истинное состояние природно-ресурсного потенциала земель области.

Земельные ресурсы Томской области были и остаются главными средствами сельскохозяйственного производства, предметом земледельческого труда. Обеспечение потребностей населения продовольствием, сырьем для промышленности, промыслового, лесного, охотничьего хозяйства и других видов хозяйственной деятельности – вот главная задача природного потенциала области.

Земельный фонд области составляет 31 439,1 тыс. га. Распределение земельного фонда по угодьям (тыс. га):

- сельскохозяйственные угодья, всего 1 371,3;
- земли под поверхностными водами – 608,1;
- болота 9 176,7;
- земли под лесами и древесно-кустарниковой растительностью – 20 019,9;
- другие угодья – 263,1.

Основная часть территории представлена землями лесного фонда (85%), на земли сельскохозяйственных предприятий, организаций граждан приходится 8,4% земель, земли запаса – 3%, земли, находящиеся в ведении городских, поселковых и сельских органов местного самоуправления – 2,9%, земли промышленности, транспорта и не сельскохозяйственного назначения – 0,3 %, водного флота – 0,4%.

В результате агроэкологической оценки земель сельскохозяйственного назначения в Томской области выделено 11 агроэкологических групп и 19 агроэкологических типов земель, с ранжированием их пригодности на шесть категорий.

I категория – земли, пригодные для возделывания сельскохозяйственных культур без особых ограничений; оптимизация факторов, лимитирующих урожайность возделываемых культур, осуществляется технологическими приемами.

II категория – земли, пригодные для возделывания сельскохозяйственных культур с ограничениями, которые снимаются специальными простыми агротехническими, мелиоративными и противоэрозионными приемами. Ограничения подразделяются на три группы:

- 1) повышенная кислотность, регулируемая известкованием;
- 2) временное переувлажнение, регулируемое специальными простыми агротехническими приемами;
- 3) склонность к водной эрозии, преодолеваемая с помощью специальных агротехнических приемов.

III категория – земли, пригодные для возделывания сельскохозяйственных культур с ограничениями, которые могут быть преодолены среднетратными мелиорациями. Они делятся на три группы:

- 1) переувлажненные земли, избыточное увлажнение которых устраняется простыми дренажными устройствами (на автоморфных почвах в комплексе с глеевыми);
- 2) земли, требующие мелиоративной обработки (плантажная, ярусная и др.);

3) земли сплошных эрозионных ландшафтов, на которых возделывание сельскохозяйственных культур возможно в контурно-мелиоративных системах (КМЗ).

IV категория – земли, потенциально пригодные для возделывания сельскохозяйственных культур с устройством сложных осушительных систем (болотные почвы).

V категория – земли, малопригодные для возделывания сельскохозяйственных культур вследствие неустраняемых агроэкологических ограничений.

VI категория — земли, не пригодные для возделывания сельскохозяйственных культур, но используемые под другие цели.

Агроэкологическая оценка земель сельскохозяйственного назначения позволила нам отразить качественное состояние земельных ресурсов Томской области в виде соответствующего земельно – ресурсного районирования ее территории и обосновать выделение агроэко-агроэкологических групп земель. При выделении агроэкологических групп земель были учтены не только особенности агропроизводственных свойств почв, но и те агроэкологические факторы, которые определяют специфику земледельческого использования почв с соответствующим подбором наиболее адаптированных к конкретным природным условиям сельхозкультур, а также разработаны оптимальные возможности использования культур в севооборотах с учетом возможного уровня интенсификации.

Таежно-лесная (нечерноземная) зона Западно-Сибирской равнины, несмотря на обширность ее территории, вследствие высокой заболоченности отличается ограниченностью пахотно-пригодных земель, приуроченных к наиболее дренируемым местоположениям, в том числе и к приречьям. Поэтому сельскохозяйственное и особенно земледельческое освоение земель в этой зоне происходит только отдельными очагами. Более широко были распаханы земли южных и юго-восточных районов подтайги и северной лесостепи, отличающихся лучшей дренированностью и, как следствие, большей распространенностью автоморфных почв, к тому же более плодородных (серых и темно-серых лесных оподзоленных). Именно поэтому данные районы оказались и самыми заселенными, а их земли наиболее земледельчески освоенными, включая и земли склонов повышенной крутизны. Однако распашка земель таких склонов (например, в юго-восточных районах Томской области) активизировала процессы водной эрозии.

Лучшие для земледелия почвы Томской области – черноземы северной лесостепи – составляют всего лишь 0,1% в расчете от общей площади всех почв области. Неслучайно поэтому, что на долю сельскохозяйственных угодий в области приходится менее 5% всей площади земель, а площадь пашни достигает всего 668 тыс. га. К сравнительно продуктивным относятся пойменные земли, но они использовались и используются в основном как кормовые угодья вследствие затопляемости в **период** половодья. В целом по качеству земель Томская область находится на последнем месте среди других административных подразделений Западной Сибири, а по обеспеченности пахотными угодьями на последнем. Все эти обстоятельства диктуют особую необходимость в рациональном использовании сельскохозяйственно освоенных земель, но особенно пахотных.

Одним из реальных путей рационального (экологически безопасного и экономически эффективного) использования пахотных земель Томской области, как наиболее жизненно важных, является разработка и внедрение в практику адаптивно-ландшафтного земледелия (АЛСЗ).

Для системы земледелия таежной зоны области очень важное значение приобретает агротехника возделывания сельскохозяйственных культур, в первую очередь обработка почв. Показано, что глубокое безотвальное рыхление текстурно-дифференцированных почв (дерново-подзолистых, светло-серых оподзоленных) и комбинированная их обработка (вспашка в пару на глубину 18–20 см и глубокое рыхление на глубину 25–27 см под зерновые культуры в севообороте) способствуют улучшению структурного состояния и водопрочности агрегатов пахотного слоя, увеличению в нем объема пор, занятых воздухом, повышению фильтрации этого слоя и запасов в почвах продуктивной влаги.

Автоморфные почвы таежной зоны хотя и представляют собой основной фонд пахотнопригодных земель, но характеризуются исходной малогумусностью, повышенной кислотностью слабой оструктуренностью создаваемого пахотного слоя и другими неблагоприятными агропроизводственными признаками и свойствами, т.е. отличаются низким плодородием. В связи с этим система земледелия таежной зоны должна базироваться на обязательном регулировании таких факторов продукционного процесса в агроценозах, как возделывание наиболее адаптированных к конкретным условиям сельскохозяйственных культур и оптимизации гидротермического и пищевого режима в системе почвы-культуры.

Дозы, сроки и способы внесения удобрений определяются многими факторами, прежде всего, биологическими особенностями возделываемой культуры, ее предшественника, погодными условиями. Вместе с тем, имеющиеся экспериментальные данные свидетельствуют, что рядковое (локальное) внесение удобрений значительно эффективнее разбросного.

Наряду с применением минеральных удобрений, не менее эффективно использование такого органического удобрения, как навоз. Систематическое его внесение в кислые почвы – дерново-подзолистые, светло-серые и серые оподзоленные – не только повышает на этих почвах урожай культур, причем не ниже, чем НРК, но и усиливает биологическую активность в почвах, улучшает их агрофизические и физико-химические свойства, т.е. внесение навоза в кислые почвы улучшает их эколого-функциональное и в целом качественное состояние.

В качестве органических удобрений, кроме навоза, целесообразно внесение в нечерноземные почвы торфяных компостов, биогумуса, а также измельченной соломы. В последнем случае необходимо применение азота (из расчета 10 кг д.в. удобрений на 1 т соломы). Следует подчеркнуть, что органические удобрения особенно необходимо вносить в почвы, в той или иной степени подвергнутые процессу эрозии.

Не менее важным фактором, лимитирующим продуктивность агроценозов в таежно-лесной зоне, является повышенная кислотность большинства вовлеченных в пашню почв (дерново-подзолистых, светло-серых оподзоленных). Для устранения этого фактора в АЛСЗ предусматривается известкование кислых почв. Диагностика известкования таких почв основывается на учете их реакции

среды (величины рН солевой вытяжки), гранулометрического состава, содержания в почвах гумуса и, главное, подвижных алюминия и марганца, а также насыщенности почв основаниями. Однако дозы внесения в кислые почвы извести определяются не только в зависимости от особенностей свойств почв, но и от биологии культур, возделываемых в севообороте, от уровня их минерального питания. Если создается нормальное питание культур за счет внесения удобрений, то необходимость известкования среднекислых почв ослабляется, а слабокислых – снимается.

Нам представляется, что государство должно осуществлять аграрную политику таким образом, чтобы обеспечить достижение главной цели – удовлетворение потребностей населения тех или иных регионов собственными продуктами питания по социально приемлемым ценам. Это будет надежным решением продовольственной проблемы и гарантией сохранения продовольственной независимости нашей страны.

Избежать потерь в условиях непредсказуемого сибирского климата и повысить эффективность работы, как подчеркнул Андрей Кнорр, помогут приемы, многие из которых хорошо известны агрономам. К примеру, зяблевая вспашка сразу после сбора урожая положительно сказывается на строении пахотного слоя почвы, повышает ее водопроницаемость, способствует накоплению питательных веществ, ведет к гибели вредителей и возбудителей болезней. Обязательная проверка кондиционности семян, подбор высокопродуктивных сортов, рекомендованных для возделывания в северных районах региона, своевременная защита растений от болезней, сохранение и восстановление плодородия почвы с помощью удобрений и трав – все это является слагаемыми высокой урожайности.

Для достижения бездефицитного баланса почвенного органического вещества, например, требуется вносить ежегодно – 8 тонн органических удобрений на гектар посевной площади. У нас сегодня вносится всего 0,9 тонны. В каждом районе разработать схемы внесения органики, в том числе с использованием возможностей межмуниципального взаимодействия.

Совершенствование агротехнологий должно стать одним из инструментов повышения эффективности и доходности в растениеводстве.

Литература

1. Власенко А.Н. Научные основы минимализации систем основной обработки почвы в лесостепи Западной Сибири. Новосибирск, 1994. 76 с.
2. Власенко А.Н., Каличкин В.К., Власенко Н.Г. и др. Ресурсосберегающие технологии возделывания яровой пшеницы в Новосибирской области: метод. пособие. Новосибирск, 2000. 48 с.
3. Власенко А.Н., Каличкин В.К., Филимонов Ю.П. др. Адаптивно-ландшафтная система земледелия ОПХ «Кремлевское»: Рекомендации. Новосибирск, 2000. 46 с.
4. Дюкарев А.Г. Физические свойства и особенности генезиса текстурно-дифференцированных почв Томь-Яйского междуречья: автореф. дис. ... канд. биол. наук. Новосибирск, 1985. 19 с.
5. Хмелев В.А., Шипилин Н.Н. О влиянии техногенного загрязнения почв на их свойства // Геохимическая экология и биохимическое изучение таксонов биосферы. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2000. С. 331–332.

6. Хмелев В.А., Шипилин Н.Н., Перченко Н.А. О диагностике техногенно-загрязненных нечерноземных почв. Томск, 1987. Вып. 1. С. 82–95.

7. Шипилин Н.Н. Интенсификация и экологизация земледелия в нечерноземной зоне Западно-Сибирской равнины: учеб. пособие. Новосибирск, 2006. 297 с.

Land resources of the Tomsk region and their agroecological evaluation

N.N. Shipilin, I.A. Viktorova

The purpose of this article is to assess agricultural land as a result of which allowed us to reflect the quality of land resources of the Tomsk region.

Scientific novelty. The obtained material allowed us to reflect for the first time the quality of land resources in the Tomsk Region with the identification of agroecological groups and agroecological types with a ranking of their suitability for six categories.

УДК 504.03/06:622.271.3

Изменение рельефа территорий под влиянием открытых горных работ в Кузбассе

А.М. Шипилова, В.С. Андропова, И.С. Семина, М.М. Адаменко

*Сибирский государственный индустриальный университет, г. Новокузнецк,
asya_nk77@mail.ru*

В статье рассматривается изменение рельефа под воздействием открытых горных работ. Воздействие на ландшафты открытых горных работ проявляется в коренном переустройстве рельефа с образованием техногенных отрицательных (денудационных) и положительных (аккумулятивных) форм. Положительными формами рельефа, остающимися после производства открытых горных работ, являются отвалы. Отрицательными формами рельефа, остающимися после открытых разработок, являются карьеры, траншеи и каналы.

Ключевые слова: *трансформация рельефа, Кузбасс, техногенные ландшафты, открытые горные работы, экология.*

Кузбасс является одним из промышленно развитых регионов России. В Кемеровской области находится более 40 предприятий, ведущих добычу угля открытым способом, деятельность которых ведет к трансформации рельефа, на месте плодородных земель формируются техногенные ландшафты. Нарушенные площади представлены отвалами, карьерными выемками, образованными в результате разработки угольных месторождений. Степень воздействия промышленности зависит от масштабов производства, мощности предприятий, их территориальной концентрации [1].

Для Кузбасса основным фактором, оказывающим влияние на изменение рельефа, является то, что степень концентрации промышленных объектов очень высока в юго-западной и западных частях. Таким образом, основное воздействие на окружающую среду оказывают предприятия, добывающие и перерабатываю-

щие полезные ископаемые, среди которых основным полезным ископаемым является каменный уголь. Как сообщается на официальном сайте департамента угольной промышленности региона, за 2018 г. угольщики Кузбасса добыли 255,3 млн т угля, а в 2019 г. в Кузбассе добыто порядка 251 млн т угля, из них больше 70% добывается открытым способом [1].

Под воздействием открытых горных работ естественный рельеф преобразуется – формируется техногенный рельеф, изменяется гидрология рек. На дневную поверхность выносятся значительные объемы вскрышных и вмещающих пород или их смесей, формируются новые техногенные ландшафты со специфическим строением поверхности, обусловленным технологией разработки месторождения.

Воздействие на ландшафты открытых горных работ проявляется в коренном переустройстве рельефа с образованием техногенных отрицательных (денудационных) и положительных (аккумулятивных) форм.

Положительными формами рельефа, остающимися после производства открытых горных работ, являются отвалы, которые по отношению к контуру карьера подразделяются на внутренние, находящиеся внутри этого контура, и внешние, располагающиеся вне контура карьера.

Внешние отвалы по форме подразделяются на:

– плоские, если они сформированы посредством гидротранспортировки пород вскрыши;

– платообразные, образующиеся при транспортной системе разработки месторождения и одноярусной отсыпке в отвалы вскрышных пород или платообразными террасированными, при многоярусной отсыпке тела отвала;

– гребнеобразные, представляющие собой систему гребней, формирующихся при отсыпке верхнего яруса отвалов драглайнами, консольными отвалообразователями или драгами [2].

Для техногенного рельефа, остающегося после разработки месторождений открытым способом, характерно наличие гребневидных отвалов вскрышных пород.

Отрицательными формами рельефа, остающимися после открытых разработок, являются карьеры, траншеи и каналы, имеющие различные параметры.

Цель данной работы – изучение трансформации рельефа под влиянием открытых горных работ, а также слежение за динамикой изменений с 2000 по 2019 г. Объектом исследования являются техногенные ландшафты, которые располагаются на юге Кемеровской области вблизи поселка Малиновка.

Для изучения динамики рельефа использовалась топографическая карта за 2001 год лист N-45-09-D масштабом 1:25 000 [2]. Для получения актуальных изменений использовались аэрофотоснимки за 2019 г. [3].

В соответствии с намеченной целью на участке, который подвергся интенсивному техногенному вмешательству, были выбраны контрольные точки с заранее известными координатами и высотами (рис. 1).

Кемеровская область расположена на юго-востоке Западной Сибири, находится в умеренных широтах между $52^{\circ} 08'$ и $56^{\circ} 54'$ с.ш. $84^{\circ} 33'$ и $89^{\circ} 28'$ в.д. Площадь области 95,5 тыс. км², что составляет 4% территории Западной Сибири и 0,56% территории России [3].

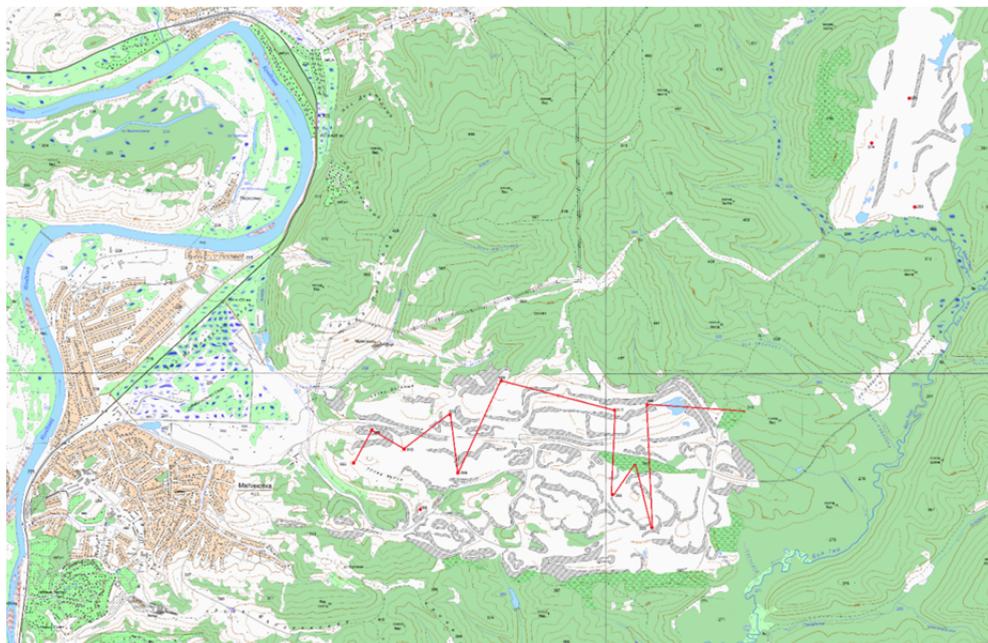


Рис. 1. Топографическая карта местности 2001 г.
(красная линия соединяет контрольные точки)

Техногенные ландшафты на юге Кемеровской области в пределах г. Калтан, п. Малиновка, п. Сарбала, на южной окраине Кузнецкого бассейна, приурочены к стыку двух горных систем – Салаирского кряжа и Кузнецкого Алатау. Рельеф холмистый, складчатый. Водные ресурсы представлены реками: Кондома, Калтанчик, Сарбалка, Сарбаленка, Большой Теш с притоками малого Теша и Среднего. В изгибе реки Кондома находятся озера: оз. Заистоковое, оз. Чертово, оз. Корчякское. Вблизи п. Малиновка расположились гривы Малая, Большая, Малиновская, Чистая, Кержацкая, Пьянкова, множество логов. Вблизи поселка Сарбала расположена гора Белая глина (382 м) [4].

В исследуемом районе находится несколько предприятий, добывающих уголь открытым способом.

На исследуемом объекте четко выделяются площади горных отработок (поверхностные воронки над отработанными пластами угля на шахтных полях, борта и днища карьеров, зачастую обводненные, отвалы внешние и внутренние, внутрикарьерные дороги).

Угольные разрезы на рассматриваемой территории вблизи поселка Сарбала и Малиновка были приняты в эксплуатацию более 40 лет назад. На начало рассматриваемого периода (2001 г) средняя отметка рельефа составляет +350 м, максимальная отметка +468 м, а минимальная +290 м (рис. 1).

Произведя вычисление изменившихся высот на аэрофотоснимках (в программе Google Earth Pro) получили следующие результаты: средняя отметка со-

ставляет +330 м, максимальная +420 м, а в понижениях, на площадях добычных и вскрышных работ отметка снижается до +240 м.



Протяженность зоны мониторинга с запада на восток, км

Рис. 2. Сравнительный график изменения рельефа

С 2001 по 2019 г. в рельефе произошли значительные изменения. Сравнительный график изменения рельефа изучаемого участка, протяженного с запада на восток от п. Малиновка приведен на рис. 2, протяжённость участка составляет 5 км. За период с 2001 по 2019 г. в результате добычи угля открытым способом произошло углубление с +468 до +420 м на одних участках, и с +290 до +240 м на других (в среднем, глубина увеличилась на 50 м).

Анализ существующего материала свидетельствует об изменениях рельефа в местах открытых горных работ, создающих экологическое неблагополучие в отдельных районах. Проведенный анализ, на основе топографических карт и аэрофотоснимков за 2001 и 2019 г., позволяет дать обобщенную характеристику изменения рельефа под влиянием открытых горных работ. За 18 лет добычи угля на исследуемой территории сформировались отрицательные формы рельефа, глубина которых составляет в среднем 50 метров.

Литература

1. Семина И.С., Беланов И.П., Шипилова А.М. [и др.]. Природно-техногенные комплексы Кузбасса: свойства и режимы функционирования. Новосибирск: СО РАН, 2013. 396 с.
2. Беланов И.П., Шипилова А.М., Андроханов В.А. Техногенез и экогенез почвенного покрова промышленно развитого региона. Новосибирск: СО РАН, 2011. 236 с.
3. Трофимов С.С. Экология почв и почвенные ресурсы Кемеровской области. Новосибирск: Наука, 1975. 301 с.
4. Удодов Ю.В., Егорова, Н.Т., Багмет, Г.Н. Геолого-геоморфологическая характеристика и полезные ископаемые Кемеровской области // Вестник Кемеровского государственного университета. Серия: Биологические, технические науки и науки о Земле. 2017. № 1. 144 с.
5. Администрация правительства Кузбасса: [сайт]. URL: <https://ako.ru/news/detail/v-2019-godu-ugolshchiki-kuzbassa-dobyli-250-1-millionov-tonn-kamennogo-uglya-> (дата обращения: 01.04.2020).

6. Google Maps. URL: <https://www.google.ru/maps/@53.4142526,87.3739282,5562m/data=!3m1!1e3?hl=ru> (дата обращения: 01.04.2020).

7. Карты всего мира. URL: <http://loadmap.net/> (дата обращения: 01.04.2020).

Change in terrain relief due to open pit mining in Kuzbass

A.M. Shipilova, V.S. Andropova, I.S. Semina, M.M. Adamenko

The main factor influencing change in terrain relief in the Kemerovo region is high degree of industrial facilities concentration in the southwestern and western parts of the region. The aim of this work is to study relief transformation due to open pit mining, as well as to trace dynamics of changes in between 2001 and 2019. Coal mines here are commissioned more than 40 years ago. At the beginning of the survey period (2001), absolute elevation of the surface was +468 m, and the minimum elevation was + 290 m.

UDC 630*114.351:631.4

Forest litters and diagnostics of the modern direction of technogenic processes in soils of Perm

N.M. Shchurenko, S.M. Gorokhova, A.A. Vasilev

Perm State Agro-Technological University named after Academician D.N. Prynichnikow, Perm, natneshch@gmail.com

*The evolution of the chemical industry and the growing number of industrial enterprises have a strong environmental impact. The soil cover of cities reacts most sensitively to environmental pollution. The atmosphere of the city of Perm includes lead, arsenic, mercury, bromine, antimony, vanadium, manganese, chromium, nickel, fluorine, zinc from tens to thousands of tons annually. Within Perm, forest litter records long-term aerogenic pollution of the environment, emissions of industrial, heat and power enterprises and city transport. Pollution entering the atmosphere spreads over rather large distances in concentrations significantly exceeding the maximum permissible concentration. Subsequently, they partially disperse, partially settle on the surface of the soil. The data from our studies in 2019 showed that the black poplar mosses on black poplar on Industrial contain magnetic particles. The magnetic particles of the forest litter of the urbo-sod-podzolic soils are predominantly in the form of hollow microspherules 40-50 μm . According to energy dispersive and microprobe analyzes, a high iron content of 70% of the total content was found in magnetic spherical nano- and microparticles. The chromium content is more than 12%; the manganese content is more than 6%, as well as aluminum impurities. The composition of the magnetic phase of the soil is dominated by spherical particles (spherules). The texture of the surfaces of spherical particles is diverse, from smooth to a surface with various irregularities. The mineralogical and chemical compositions of magnetic particles indicate their technogenic nature. Under natural conditions, such alloys are not formed. The composition and shape of the magnetic spherules of the forest litter is similar to the spherules extracted from their mosses – epiphytes of *Populus nigra* on Proletarskaya street in Motovilikhinsky district. Forest litter of the soil protected areas "Sosnovy Bor" and protected areas "Verkhne-Kuryinsky" are one of the indicators of technological pollution in the territory of Perm.*

Keywords: soil, urban soils, forest litter, pollution, epiphytes, magnetic phase, heavy metals.

The magnetic properties and the ecological-geochemical state of urban soils directly depend on the quantity and composition of their magnetic phase. One of the urgent problems of the region polluted by minerals of the magnetic phase on the territory of the cities of the Perm Territory [1–4].

Materials and methods. The objects of research were urbo-sod-podzolic sandy loam soils on ancient alluvial deposits of the second floodplain terrace of the Kama River in protected areas “Sosnovy Bor” and protected areas “Verkhne-Kuryinsky” Perm. The studies were conducted in 2017-2019. The composition and properties of particles of the magnetic phase in the forest litter were studied using a permanent ferrite magnet, energy dispersive, and microprobe analyzes. Assessment of the physico-chemical properties of forest litter was carried out by generally accepted methods.

Results and Discussion. Urbo-sod-podzolic soils within specially protected natural territories of local significance such “Chernyaevsky Forest”, “Park Pobedy” have a strongly acidic reaction (pH_{KCl} 3,7 до 4,4) and very low humus content (0,30; 0,64; 1,04 %). Physico-chemical conditions of soil formation enhance the weathering of technogenic magnetic particles in the upper horizons of the soil. The composition of the magnetic phase of the soil is dominated by spherical particles (spherules). The texture of the surfaces of spherical particles is diverse: smooth (a. 2), rough (a. 1), furrowed (b. 1), spongy (c) and spherules with open cavities (a). The size of the spherules varies from 10 to 50 μm (Fig. 1).

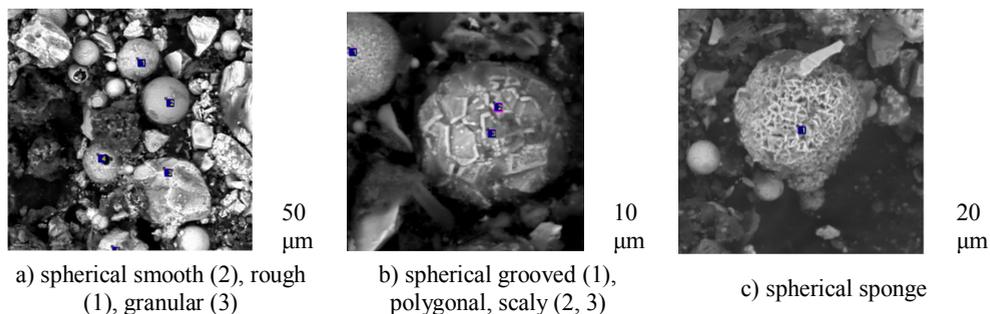


Fig. 1. Electron-microprobe image of magnetic phase particles from the litter of the urban-sod-podzolic soil



Fig. 2. Electron-microprobe image of magnetic phase particles from the litter of the urban-sod-podzolic soil

One of the sources of magnetic particles in the soil of forest landscapes on the right bank of the river. Kama are emissions from metal processing workshops of PJSC

Motovilikhinskiye Zavody and a steel plant of Kamastal LLC. In relation to the place of sampling of forest litter, industrial enterprises of Motovilikhinsky district are at a distance of 2-3 km. Considering that the prevailing wind direction in Perm is southwest, this can be considered one of the factors of magnetic particles entering the soils of the Sosnovy Bor and the Verkhne-Kuryinsky protected areas. The soils adjacent to the territory of the workshops of PJSC Motovilikhinskiye Zavody are contaminated with magnetic spherules, as evidenced by the studies of M.V. Razinsky [1] and our research [4], carried out in 2019.

In the elemental chemical composition of manganese maghemite, iron is absolutely predominant with a manganese content of more than 6% and aluminum impurities. A particle of manganese maghemite is furrowed, has a rounded shape, an uneven surface. There is a dark haze at the poles of the spherule (Fig. 2, A). Some magnetic particles (Fig. 2, B, C) are distinguished by their complex shape. Particles of spiral (B) and irregular (C) shapes. The particle of the spiral (B) form is represented by chromite. The chromium content more 12%. The intermetallic iron-nickel alloy contains 94% nickel and about 6% iron (Fig. 2, C). The mineralogical and chemical compositions of magnetic particles indicate their technogenic nature. Under natural conditions, such alloys are not formed.

Conclusions. Forest litter of the soil protected areas “Sosnovy Bor” and protected areas “Verkhne-Kuryinsky” are one of the indicators of technological pollution in the territory of Perm. The surface texture of spherules characterizes high-temperature processes during their formation, which can occur at Perm metallurgical and heat-power enterprises. The composition and shape of the magnetic spherules of the forest litter is similar to the spherules extracted from their mosses – epiphytes of *Populus nigra* on Proletarskaya street in Motovilikhinsky district.

References

1. Vasilev A.A., Gorokhova S.M., Razinsky M.V. Magnetic susceptibility and elemental chemical composition of the magnetic phase of sod-podzolic and sod-carbonate soils of the Perm territory // Agrotechnologies of the 21st century. 2018. P. 114-120.
2. Gorokhova S.M., Vasilev A.A. Mineralogical and chemical features of the magnetic phase of soils of the southern taiga of the Perm territory // Permskiy agrarnyy vestnik. 2017. № 4. P. 6-14.
3. Gorokhova S.M. Magnetic spherules in agrogenic soils of the Middle Urals // Pochvovedeniye – most mezhdru naukami. 2018. P. 213-216.
5. Shchurenko N.M., Vasilev A.A. Magnetic susceptibility of soils and epiphytes of *Populus nigra* in the Sverdlovsk and Motovilikhinsky districts of Perm // Molodezhnaya nauka 2019: tekhnologii, innovatsii, posvyashchennuyu 100-letiyu professora YU.P. Fomicheva. 2019. № 1. P. 250-253.

Качественная оценка почв под овощными культурами Куба-Хачмасской зоны Азербайджана

М.М. Юсифова¹, Н.А. Султанова², К.Г. Нуриева³

¹ Бакинский государственный университет, г. Баку, mehluqe_yusifli@mail.ru

² Бакинский славянский университет, г. Баку, nigarsultanova@mail.ru

³ Институт почвоведения и агрохимии НАНА, г. Баку, nuriyevakamala@rambler.ru

В связи с неодинаковыми требованиями различных культур к условиям внешней среды, в первую очередь, к почвам, задачей качественной оценки является выявление в количественном выражении различий между почвами по плодородию в данной природной, сельскохозяйственной зоне, при сопоставимых уровнях агротехники. Учитывая это, нами проведена качественная оценка почв под овощными культурами Куба-Хачмасской зоны Азербайджана, где в качестве критериев были выбраны запасы гумуса, азота, фосфора и суммы поглощенных оснований. Эталонном выбрана лугово-сероземные темные почвы – 100 баллов. Определено, что аллювиально-луговые почвы достаточно плодородны, а сероземно-луговые обыкновенные и сероземно-луговые светлые почвы имеют низкое плодородие по сравнению с другими почвами данной территории, для возделывания овощных культур.

Ключевые слова: баллы бонитета, показатели плодородия, лугово-сероземные почвы, овощные культуры.

Куба-Хачмасская зона относится к области Большого Кавказа на территории Азербайджана и является одним из крупных земледельческих регионов республики. Земли этой зоны преимущественно используются в садоводстве, овощеводстве, зерновом хозяйстве, виноградарстве и в животноводстве. Пахотные земли занимают 12,2% общей площади или 26,8% от площади сельскохозяйственных угодий [1]. Для этой территории характерны благоприятные природно-климатические и социально-экономические особенности: близость промышленных и транспортно развитых городов, таких как Баку, Сумгаит, Дербент и пересекающие эту территорию железнодорожные пути по маршруту Баку–Дербент и Баку–Ростов, что создает всесторонне благоприятные условия для развития сельского хозяйства.

По результатам исследований Г.А.Алиева, в Куба-Хачмасской зоне распространены следующие типы почв: горно-луговые, горно-лесные бурые, горно-лесные коричневые, серо-коричневые, лугово-коричневые, лугово-сероземные и аллювиально-луговые [2]. В сельском хозяйстве в основном используются горно-коричневые, серо-коричневые, лугово-коричневые, лугово-сероземные и аллювиально-луговые. Земли сельскохозяйственного назначения данной территории используются, в основном, под овощными и зерновыми культурами [3]. Ниже дается краткая характеристика этих почв, основанных по результатам наших полевых и лабораторных исследований.

Горно-коричневые почвы. Распространены в различных частях территории, на высоте 500–700 м над уровнем моря. Эти почвы в основном мощные и среднемоощные, в различной степени эродированы. Почвы богаты гумусом и распре-

деление его по профилю довольно плавное, а содержание колеблется в пределах 0,80–5,5%. Содержание азота составляет 0,08–0,30%, фосфора – 0,20–0,35%. Сумма обменных оснований довольно высокая – 25–40 мг.экв. на 100 г почвы. Величина рН водной суспензии указывает на щелочной характер реакции. Механический состав горно-коричневых почв глинистый, тяжело- и среднесуглинистый.

Серо-коричневые почвы. Занимают незначительную площадь и распространены в различных частях территории. Содержание гумуса, общего азота и фосфора в этих почвах по профилю пониженное (0,90–3,0% гумуса, 0,07–0,20% азота; 0,08–0,22% фосфора) по сравнению с коричневыми почвами. В профиле серо-коричневых почв наблюдается четкая дифференциация содержания карбонатов между отдельными горизонтами с закономерным увеличением их с глубиной. Серо-коричневые почвы выделяются высокой емкостью обмена, колеблющегося примерно 25–55 мг.экв на 100 г почвы. Реакция среды в этих почвах имеет щелочной характер. Гранулометрический состав преимущественно глинистый и тяжелосуглинистый.

Лугово-коричневые почвы. Формируются на участках повышенного грунтового и поверхностного увлажнения в зоне коричневых почв. Они характеризуются наличием хорошо выраженного гумусового горизонта, слитостью профиля, а также наличием карбонатов в нижних горизонтах. Содержание гумуса в верхних горизонтах колеблется в пределах 2,0–4,5%, азота – 0,10–0,25%, фосфора – 0,15–0,25%. Лугово-коричневые почвы насыщены основаниями. Сумма обменных оснований составляет 20–35 мг.экв. на 100 г почвы. Почвы карбонатные, содержание их колеблется в пределах 8,0–18,2%. Механический состав, в основном глинистый и тяжелосуглинистый. Среди этих почв встречаются слабо солонцеватые виды.

Аллювиально-луговые почвы. Распространены на речных террасах и прирусловых повышениях рек и их притоков. Количество гумуса в верхних горизонтах аллювиально-луговых почв колеблется в пределах 1,4–3,7%. Содержание общего азота и фосфора в верхних частях гумусового горизонта значительное. Содержание их соответственно колеблется в пределах 0,09–0,18% и 0,16–0,23%. Гранулометрический состав этих почв суглинистый и супесчаный. Количество карбонатов здесь высокое и составляет 1,2–14,5%. Сумма обменных оснований колеблется в широких пределах от 2,5 до 20,6 мг.экв. на 100 г почвы. В составе обменных оснований встречается и натрий, что создает солонцеватость в этих почвах.

Как известно, цель бонитировки состоит в разработке единой системы количественных характеристик производительности почв и принципов для обоснования и ведения земельного кадастра. Полевые работы по бонитировке почв выполнялись на основе почвенно-картографического материала. Анализы почвенных образцов проводились в Институте Почвоведения и Агрохимии НАНА. С целью составления основной бонитировочной шкалы, были собраны, сгруппированы и подвергнуты математической обработке аналитические данные по типам и подтипам почв. Для проведения бонитировки почв нами были отобраны нижеследующие диагностические показатели – критерии оценки почв, имеющие

значительную и тесную корреляционную зависимость между показателями плодородия почв и урожайностью овощных культур: запасы валового гумуса, азота, фосфора, (мг-экв) в слоях 0–20, 0–50, 0–100 см в тоннах на гектар и сумма поглощенных оснований мг-экв. на 100 г почвы [4].

Кроме этого, для составления шкалы бонитета почв проводилась математическая обработка результатов химического анализа. Расчеты велись не совокупно по всем распространенным почвам в объекте исследования, а по каждому типу почв в отдельности. Используя формулы математического анализа для лугово-коричневых, лугово-сероземных, сероземно-луговых и аллювиально-луговых почв под овощными культурами Куба-Хачмасской зоны, мы убедились в достоверности результатов исследований.

Для сопоставления оценочных шкал по свойствам почв овощных культур принята стабильная система сравнения [5]. По данным бонитировочных карточек балы выбрана разновидность почв с лучшими показателями плодородия – это лугово-сероземные темные почвы. Эти почвы мы приняли за эталон, оценивая в 100 баллов бонитета. Показатели плодородия основных изучаемых почв были сравнены с показателями эталонной почвы, построена основная бонитировочная шкала почв исследуемой территории (таблица).

Бонитировочная шкала почв под овощными культурами Куба-Хачмасской зоны

Почвы	Гумус, $\frac{\text{т/га}}{\text{балл}}$			Азот, $\frac{\text{т/га}}{\text{балл}}$		Фосфор, $\frac{\text{т/га}}{\text{балл}}$		Сумма поглощ. оснований, $\frac{\text{мг.экв.100 гр.п.}}{\text{балл}}$		Ср. балл
	0–20	0–50	0–100	0–20	0–50	0–20	0–50	0–20	0–50	
Лугово-коричневые	58,7	148,18	250,9	3,08	7,13	4,16	9,7	24,02	24,68	72
	57	62	68	50	59	106	105	73	76	
Лугово-сероземные темные	103,4	237,6	369,4	6,14	12,15	3,9	9,2	32,90	32,47	100
	100	100	100	100	100	100	100	100	100	
Лугово-сероземные обыкновенные	59,90	145,8	263,67	3,33	8,1	3,45	8,68	32,24	31,50	72
	58	61	61	54	67	88	94	98	97	
Сероземно-луговые темные	85,6	192,6	244,2	4,28	9,45	3,7	9,5	34,21	33,12	78
	83	81	66	70	78	95	103	104	102	
Сероземно-луговые обыкновенные	57,59	135,45	200,64	3,57	6,93	3,6	8,2	29,61	28,90	71
	56	57	54	58	57	92	89	90	89	
Сероземно-луговые светлые	42,36	109	211,2	3,33	6,93	3,2	7,6	26,64	23,38	62
	41	46	57	54	57	82	83	81	72	
Аллювиально-луговые	90,94	177,12	327,66	4,87	11,07	4,4	9,7	29,93	27,92	90
	88	74	89	79	91	112	105	91	86	

Судя по таблице, аллювиально-луговые почвы получили 90 баллов, сероземно-луговые темные – 78 баллов, лугово-сероземные обыкновенные – 72 балла, сероземно-луговые обыкновенные – 71 балл, сероземно-луговые светлые – 62 балла, лугово-коричневые – 72 балла.

Таким образом, учитывая особенности рельефа, благоприятные климатические условия, следует отметить, что почвы равнинной территории Куба-Хачмасской зоны позволяют выращивать плодовые, овощные и другие сельскохозяйственные культуры в масштабе товарного производства.

Литература

1. Бабаев М.П., Исаев Ф.Х., Джафаров С.Ф. Восстановление и сохранение плодородия орошаемых земель. Баку.: Наука, 2010. 220 с.
2. Алиев Г.А. Почвы Большого Кавказа. Баку: Элм, 1994. Ч. 2. 309 с.
3. Мамедова С.З., Мамедов Г.Ш. Почвы Азербайджана и их рациональное использование // Труды Общества Почвоведов. 2005. Т. X. С. 72–87.
4. Карманов И.И., Булгаков Д.С., Карманова Л.А., Путилин Е.И. Современные аспекты оценки земель и плодородия почв // Почвоведение. 2002. № 7. С. 850–857
5. Мамедов Г.Ш. Государственный земельный кадастр Азербайджанской Республики: правовые, научные и практические проблемы. Баку: Элм, 2003. 371 с.

Qualitative assessment of soils under vegetable crops of the Guba-Khachmaz zone of Azerbaijan

M.M. Yusifova, N.A. Sultanova, K.G. Nuriyeva

We carried out a qualitative assessment of the soils under vegetable crops of the Guba-Khachmas zone of Azerbaijan, where the reserves of humus, nitrogen, phosphorus and the amount of absorbed bases were selected as criteria. The standard selected meadow-gray dark soils-100 points. The results of studies determined that the alluvial-meadow soils are quite fertile, and gray-meadow ordinary and gray-meadow light soils have low fertility in comparison with other soils of the study area for cultivation of vegetable crops.

СОДЕРЖАНИЕ

Кулижский С.П. Кафедра почвоведения Томского государственного университета: от истоков к современности	7
---	---

СЕКЦИЯ 1. СОВРЕМЕННЫЕ ПОДХОДЫ К ИЗУЧЕНИЮ ГЕНЕЗИСА ПОЧВ И ИХ КЛАССИФИКАЦИЯ

Azaronak T.A., Shulgina S.V., Matychenkova.V. Diagnostic parameters of degreepat soils of Belarus	14
Alekseev A.A., Chevychelov A.P., Kuznetsova L.I. Magnetic susceptibility of anthropogenic-transformed permafrost pale yellow soils of Central Yakutia	17
Апарин Б.Ф. Структурные модели педогенеза	21
Васильева Т.И., Алексеев А.А., Чевычелов А.П. Изучение магнитных свойств двух типов мерзлотных почв Центральной Якутии	26
Гасанов В.Г. Антропогенное влияние на морфогенетическую диагностику аллювиально-лугово-лесных почв Ганыг-Агричайской долины Азербайджана	29
Головлева Ю.А., Коркина Е.А., Красильников П.В. Таежные суглинистые почвы: дифференциация профиля в условиях криогенеза	33
Двуреченский В.Г. Подтиповые тренды почв техногенных ландшафтов железорудных месторождений в таежной зоне юга Западной Сибири	36
Дембовецкий А.В., Калинин Т.Г., Шенин Е.В. Томографическая пористость почв: особенности распределения пор по размерам в сухих и влажных почвах, связь с гидрологическими свойствами	39
Jafarov T.I. The role of GIS technologies in investigation of forest soils	40
Дюкарев А.Г., Климова Н.В. Цикличность почвообразования на южных границах бореальной зоны	46
Жиндаева Д.В., Спирина В.З. Подбуры южной части Иркутско-Черемховской равнины	49
Захарова О.Г., Чевычелов А.П. Формы минеральных фосфатов в мерзлотных почвах Южной Якутии	53
Инишева Л.И., Кобак К.И., Шайдак Л., Юдина Н.В. Торфяные почвы, генезис и подходы к их изучению	57
Исмаилов Б.Н., Гасанов В.Г., Асланова Р.Г. Эколого-генетические особенности и диагностика аллювиально-луговых почв сухой субтропической зоны поймы р. Кура Азербайджана	61
Карминов В.Н., Мартыненко О.В., Онтиков П.В., Максимова А.Н. Геоинформационное картографирование почв и насаждений Главного ботанического сада имени Н.В. Цицина РАН	65
Ковалев И.В., Ковалева Н.О. Соединения железа в агросерых почвах Брянского ополья	68
Кузьмина Н.П., Ермолаева С.В., Чевычелов А.П. Микробоценозы лесных почв Центральной Якутии	72

Лойко С.В., Герасько Л.И., Кузьмина Д.М., Юркова Ю.Э., Кулижский С.П. Микро топография контролирует процессы осветления и проградации подтаежных почв в ареалах традиционного землепользования крестьян	75
Марон Т.А., Родикова А.В. Черноземные почвы степных низкогорий (на примере кластера «Оглахты», заповедника «Хакасский»)	80
Родикова А.В., Кулижский С.П., Попова С.В. Особенности диагностики и классификации солончаков (на примере степных приозерных солончаков Южно-Минусинской котловины)	83
Самофалова И.А. Титановый модуль как критерий диагностики условий формирования почв в высотных геосистемах Среднего Урала	87
Смоленцева Е.Н. Черноземы Западной Сибири: региональные и зонально-провинциальные особенности	90
Спирина В.З., Тарасюк Д.И., Хоцкова Л.В. Почвы дендрологической территории Сибирского ботанического сада	95
Чевычелов А.П. Мерзлотные почвы Центральной Якутии: география, генезис и разнообразие	98
Шенин Е.В. Современное состояние, перспективы и актуальные вызовы в физике почв	102

СЕКЦИЯ 2. ПРОСТРАНСТВЕННЫЕ И ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ СВЯЗИ ПОЧВ С ГЕОСФЕРАМИ

Абакумов Е.В., Поляков В.И., Зверев А.О., Кимеклис А.К., Евдокимова Е.А., Иванова Е.А., Гладкова Г.В. Микробиом первичных почв Антарктиды в районе станции «Прогресс»	104
Дитц Л.Ю. Ландшафтная индикация почвенного покрова среднетаежной зоны Западной Сибири	110
Ершов Ю.И. Почвенно-факторные сопряжения в Субарктике Средней Сибири	113
Зубкова Т.А., Суханова Н.И., Киришин А.В. Почва как отражение межгеосферных взаимодействий на примере водородной дегазации Земли	117
Иванова В.Д., Никифоров А.Н. Особенности формирования почв Обь-Шегарского междуречья с высокой границей карбонатного пояса	120
Крицков И.В., Герасько Л.И. Влияние почвенно-литологических условий на состав миграционных потоков Западной Сибири	124
Кузнецова А.И., Лукина Н.В., Горнов А.В., Горнова М.В., Тебенькова Д.Н. Запасы почвенного углерода и растворенный органический углерод в хвойно-широколиственных лесах Брянского полесья	127
Липатов Д.Н., Манахов Д.В. Распределение Ra-226 и Th-232 в дерново-подзолистых и дерново-подзолисто-глеевых почвах на различных почвообразующих породах	131
Лойко С.В., Кулижский С.П., Лим А.Г., Кузьмина Д.М., Крицков И.В., Истигечев Г.И. Разнообразие высокопродуктивных экосистем Ямало-Ненецкого автономного округа	134
Мартынова Н.А. Почвенно-продукционный потенциал и эколого-функциональные особенности фосфоритных геосферно-биосферных экосистем Байкальской рифтовой зоны	138

Митракова Н.В., Хайрулина Е.А. Формирование засоленных техногенных почв в зоне влияния калийных предприятий	142
Рыспеков Т.Р. Функциональные связи почвенных особенностей с погодно-климатическими условиями летнего периода в Северном Казахстане	146
Смирнова М.А., Бочарников М.В. Цифровое картографирование почв горной лесостепи (на примере Тигирекского заповедника, Алтайский край)	149
Телеснина В.М., Семенюк О.В., Богатырев Л.Г. Особенности функционирования подстилок зеленых насаждений городских экосистем в зависимости от характера ухода	153
Темботов Р.Х., Абакумов Е.В., Поляков В.И. Влияние черного углерода на деградацию ледникового покрова полярных и горных регионов Земли	156

СЕКЦИЯ 3. ПОЧВЫ И ПАЛЕОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ РЕКОНСТРУКЦИИ ГОЛОЦЕНА И ПЛЕЙСТОЦЕНА. РОЛЬ ЧЕЛОВЕКА В ФОРМИРОВАНИИ СОВРЕМЕННОГО ОБЛИКА ПЕДОСФЕРЫ

Бобровский М.В., Лойко С.В., Куприянов Д.А. Ключевые этапы влияния традиционного природопользования на почвы центра Европейской территории России в среднем и позднем голоцене	162
Гаврилов Д.А., Смоленцева Е.Н. Почвенно-седиментационные серии озерных котловин Центрально-азиатского степного биома как индикаторы климатических ритмов голоцена	166
Калицкая К.О., Мерзляков О.Э. Свойства почв с погребенным гумусовым горизонтом ландшафтных экотонов юга Сибири	170
Ковалева Н.О. Почвенный покров гор как архив палеоэкологической информации плейстоцена	176
Козлова А.А. Погребенные горизонты почв западин палеокриогенных ландшафтов Южного Предбайкалья как индикатор реконструкции палеогеографических условий	179
Куприянов Д.А., Смирнов А.Л., Ханина Л.Г., Бобровский М.В. Антракологический и морфологический анализ старопашотных и антропогенных почв ландшафтов моренно-водноледниковых равнин Верхневолжья (Пеновский район Тверской области)	183
Курасова А.О., Константинов А.О., Кулижский С.П. Коллювиальные отложения и погребенные почвы как перспективный источник информации о динамике ландшафтов средней тайги Западной Сибири в голоцене	187

СЕКЦИЯ 4. ЗЕМЕЛЬНЫЕ РЕСУРСЫ: ПРОБЛЕМЫ ОЦЕНКИ, ИСПОЛЬЗОВАНИЯ И ОХРАНЫ

Абакумов Е.В., Кимеклис А.К., Гладков Г.В., Андронов Е.Е., Евдокимова Е.В., Иванова Е.А. Микробиомы природных и антропогенно-трансформированных почв Надымского района ЯНАО	190
Байраков И.А. Почвенно-земельные ресурсы Чеченской Республики: эколого-географический анализ	193
Благодатнова А.Г. Диагностические возможности использования таксономической структуры альгофлоры для определения трофности болот	197

Валевич Т.О., Мерзляков О.Э. Изменение лесорастительных свойств почв в трансформированных лиственных лесах Кузнецкого Алатау	200
Vasiliev A.A., Gorokhova S.M., Shaimukhametova CH.D. Morphology and agrochemical properties of umbric-gleyic albeluvisols loamy clay soil, Perm district Perm region	204
Верховец И.А., Тучкова Л.Е., Потапова И.И. Современное состояние и оценка земельных ресурсов (на примере Глазуновского района Орловской области)	206
Глибина Н.С., Каллас Е.В., Бабенко А.С. Эффективность вермикомпоста на основе пищевых отходов в условиях вегетационного опыта	210
Гололобова А.Г. Изучение накопления микроэлементов в почвах зоны распространения вечной мерзлоты	214
Гранина Н.И., Шипицын Е.А. Бонитет почв и кадастровая оценка земель сельскохозяйственного назначения Иркутской области	217
Добрянская С.Л. Агрогенная трансформация гумусового состояния чернозёма выщелоченного Новосибирского Приобья	220
Жуланова В.Н. Оценка качественного состояния агропочв Тувы	223
Зеленцова А.Е., Никифоров А.Н. Сравнительный анализ химического состава педогенных новообразований как элемента реконструкции среды прошлого	227
Исаева С.Ш. Агроэкологические особенности горно-серо-коричневых почв Гусар-Гонагкендского кадастрового района Азербайджана	230
Каллас Е.В., Глибина Н.С., Бабенко А.С. Свойства вермикомпоста, полученного на пищевых отходах	234
Козырев Д.А., Горбов С.Н., Безуглова О.С., Бураева Е.А., Тагивердиев С.С. Удельная активность естественных радионуклидов и валовое содержание тяжелых металлов в городских почвах	239
Комиссарова М.Г., Никифоров А.Н. Свойства глубокоподзоленных почв в очагах размножения уссурийского полиграфа на особоохряняемых природных территориях	242
Кузнецов В.А., Рыжова И.М. Функции отклика физических и химических свойств почв на рекреационную нагрузку	245
Луц Е.Ю., Андроханов В.А., Середина В.П., Куляпина Е.Д. Морфолого-аналитическая характеристика техногенных почв Малосалаирского отвала флюсовых известняков	249
Мадиева В.С., Никифоров А.Н. Влияние биогенных сукцессий на формирование почв Томь-Яйского междуречья	253
Миллер Г.Ф., Соловьев С.В., Безбородова А.Н., Филимонова Д.А. Влияние почвенно-ботанических характеристик разновозрастных залежей эрозивно-опасных территорий юга Западной Сибири на их почвенно-экологическую оценку	256
Мирзаева М.В. Особенности гумусообразования степных черноземов Волго-Уральского междуречья на асимметричных склонах	260
Mikhcheeva I.V. Information statistical standards of soil conditions in southern Western Siberia	263
Морковкин Г.Г., Стребкова А.С., Максимова Н.Б. Влияние способов использования почвы на интенсивность почвенной эмиссии CO ₂ в условиях умеренно-засушливой и колючей степи Алтайского края	266

Мудрых Н.М. Оценка состояния почвенных ресурсов для рационального планирования агроландшафта в хозяйстве	269
Николаева Н.Ю., Тагиров Х.Х. Оценка экологического состояния почв по содержанию в них подвижных форм кадмия, свинца и никеля	273
Носова М.В., Середина В.П. Тренды техногенных трансформаций и методы рекультивации почв в условиях загрязнения минерализованными жидкостями и нефтяными эмульсиями	277
Овсянникова С.В., Середина В.П., Беннер М.В. Эколого-геохимическое состояние территории Талдинского каменноугольного месторождения	280
Оконешникова М.В. Почвенный покров в зоне влияния строительства магистрального газопровода «Сила Сибири» в пределах Республики Саха (Якутия)	284
Рамазанова Ф.М. Влияние длительного сельскохозяйственного использования серо-коричневой (каштановой) обыкновенной почвы Азербайджана на их морфологические и агрохимические свойства	287
Роженцова А.В., Спирина В.З. Черноземы степей левобережья Минусинской впадины	292
Сайб Е.А., Безбородова А.Н. К вопросу о проблеме мониторинга заболоченности территории с помощью ГИС-технологий	297
Семенюк О.В., Баранова О.Ю., Бодров К.С., Стома Г.В. Использование экосистемных услуг и нормативно-методической базы при экономической оценке городских земель в условиях градостроительства	300
Середина В.П., Федотова М.С. Влияние разлива нефти на морфолого-генетические особенности подзолистых почв в пределах средней тайги Западной Сибири	304
Собакин П.И. Глобальное загрязнение территории арктических районов Якутии 137Cs	307
Соколов Д.А., Андроханов В.А. Специфика текстурной дифференциации почв отвалов угольных месторождений Сибири	311
Сухачева Е.Ю., Апарин Б.Ф., Лазарева М.А. Ресурсный потенциал почв антропогенно-преобразованных территорий	314
Трефилова О.В., Кулаков С.С., Михайлов П.В. Здоровье почв в очагах распространения уссурийского полиграфа и корневых гнилей	317
Тюгай З., Иванов А.В., Шваров А.П. Органическое вещество и физико-химические свойства темногумусовой почвы Костромской области, развитой на отложениях триаса	321
Уталиев А.А., Яковлева Л.В., Маслова Е.А. Рациональное использование земельных ресурсов Астраханской области в аспекте концепции устойчивого развития	324
Филиппова А.В., Михина О.Н., Канакова А.А. Разработка экологически безопасного способа пополнения азотного фонда почв	328
Шарыгина М.В., Русанов А.М. Оценка всхожести различных тест-культур при загрязнении почв тяжелыми металлами (на примере железа)	332
Шипилин Н.Н., Викторова И.А. Земельные ресурсы Томской области и их агроэкологическая оценка	336
Шипилова А.М., Андропова В.С., Семина И.С., Адаменко М.М. Изменение рельефа территорий под влиянием открытых горных работ в Кузбассе	341

Shchurenko N.M., Gorokhova S.M., Vasilev A.A. Forest litters and diagnostics of the modern direction of technogenic processes in soils of Perm	345
Юсифова М.М., Султанова Н.А., Нуриева К.Г. Качественная оценка почв под овощными культурами Куба-Хачмасской зоны Азербайджана	348

CONTENTS

Kulizhskiy S.P. Department of Soil Science, Tomsk State University: from the origins to the present	7
--	---

SECTION 1. MODERN METHODS AND APPROACHES TO THE STUDY OF SOIL GENESIS AND THEIR CLASSIFICATION

Azaronak T.A., Shulgina S.V., Matychenkova.V. Diagnostic parameters of degreapeat soils of Belarus	14
Alekseev A.A., Chevychelov A.P., Kuznetsova L.I. Magnetic susceptibility of anthropogenic-transformed permafrost pale yellow soils of Central Yakutia	17
Aparin B.F. Structural models of pedogenesis	21
Vasileva T.I., Alekseev A.A., Chevychelov A.P. The study of the magnetic properties of two types of permafrost soils in Central Yakutia	26
Hasanov V.H. An impact of irrigation on morphogenetical diagnostics of alluvial-meadow-forest soils in the Qanich-Agrichay valley Azerbaijan	29
Golovleva Iu.A., Korkina E.A., Krasilnikov P.V. Taiga clay soils: differentiation of soil profile under cryogenesis condition	33
Dvurechenskij V.G. Subtype soil trends of technogenic landscapes of iron ore deposits in the taiga zone of the south of Western Siberia	36
Dembovetsky A.V., Kalnin T.G., Shein E.V. Tomographic porosity of soils: features of pore size distribution in dry and wet soils, relationship with hydrological properties	39
Jafarov T.I. The role of GIS technologies in investigation of forest soils	40
Dyukarev A.G., Klimova N.V. Cyclicity of soil formation at the southern borders of the boreal zone	46
Zhindaeva D.V., Spirina V.Z. Podbury southern part of the Irkutsk-Cheremkhov plain	49
Zakharova O.G., Chevychelov A.P. Forms of mineral phosphates in the permafrost soils of Southern Yakutia	53
Inisheva L.I., Kobak K.I., Szajdak L., Yudina N.V. Peat soils, genesis and approaches to their study	57
Ismailov B.N., Hasanov V.H., Aslanova R.H. Environmental genetic features and diagnostics alluvial-meadow soils of dry subtropical zone of Kura river floodplain Azerbaijan	61
Karminov V.N., Martynenko O.V., Ontikov P.V., Maximova A.N. Geoinformation mapping of soils and plantations of the Tsytsin Main Botanical Garden of Russian Academy of Sciences	65
Kovalev B.V., Kovaleva N.O. Iron compounds in agro-gray soils of the Bryansk Opole	68
Kuzmina N.P., Ermolaeva S.V., Chevychelov A.P. Microbial coenoses of forest soils of the Central Yakutia	72

Loiko S.V., Gerasko L.I., Kusmina D.M., Yurkova J.E., Kulizhskiy S.P. The influence of traditional peasant land use on the accumulation of soil carbon in the subtaiga of Western Siberia is controlled by microtopography	75
Maron T.A., Rodikova A.V. Chernozem soils of steppe low mountains (for example, the cluster of the «Oglahty», nature reserve «Khakassky»)	80
Rodikova A.V., Kulizhskiy S.P., Popova S.V. Features of diagnosis and classification of solonchaks (on the example of the steppe lakeside salt marshes of the South Minusinsk depression)	83
Samofalova I.A. Titanium module as a criterion for diagnosing soil formation conditions in high-altitude geosystems of the Middle Urals	87
Smolentseva E.N. Chernozems of Western Siberia: regional and zonal-provincial features	90
Spirina V.Z., Tarasyuk D.I., Khotskova L.V. Soils of the dendrological territory of the Siberian botanical garden	95
Chevychelov A.P. Permafrost soils of Central Yakutia: geography, genesis and diversity	98
Shein E.V. Current state, prospects and current challenges in soil physics	102

SECTION 2. SPATIAL AND FUNCTIONAL RELATIONSHIPS OF SOILS WITH GEOSPHERES

Abakumov E.V., Polyakov V.I., Zverev A.O., Kimeklis A.K., Evdokimova E.A., Ivanov E.A., Gladkov G.V. Microbiome of primary soils of Antarctica on example of Progress station	104
Ditz L.Yu. Landscape indication of the soil cover of the middle taiga zone of Western Siberia according to remote sensing data	110
Yershov Yu.I. Soil and factor conjugations in the Subarctic of Central Siberia	113
Zubkova T.A., Sukhanova N.I., Kiryushin A.V. Soil as a reflection of intergeospheric interactions on the example of hydrogen degassing of the Earth	117
Ivanova V.D., Nikiforov A.N. Features of soil formation in the Ob-Shegarsk interfluve with a high carbonate belt boundary	120
Kritskov I.V., Gerasko L.I. The influence of soil and lithological conditions on the composition of migration flows in Western Siberia	124
Kuznetsova A.I., Lukina N.V., Gornov A.V., Goryunova M.V., Tebenkova D.N. Estimation of carbon stocks and carbon fluxes in soils of coniferous-deciduous forests of Bryansk woodland	127
Lipatov D.N., Manakhov D.V. Distribution of Ra-226 and Th-232 in soddy podzolic and soddy podzolic gley soils on various soil-forming rocks	131
Loiko S.V., Kulizhskiy S.P., Lim A.G., Kusmina D.M., Kritskov I.V., Istigichev G.I. Diversity of high productivity ecosystems in the Yamalo-Nenets Autonomous District	134
Martynova N.A. Soil-production potential and ecological-functional features of phosphorite-bearing geosphere-biosphere systems of Baikal rift zone	138

Mitrakova N.V., Khayrulina E.A. Formation of saline technogenic soils in the zone of influence of potash enterprises	142
Ryspekov T.R. Functional relationships of soil characteristics with the weather and climatic conditions of the summer period in Northern Kazakhstan	146
Smirnova M.A., Bocharnikov M.V. Digital mapping of mountainous forest-steppe soils (a case study of Tigirekskiy nature reserve, Altai krai)	149
Telesnina V.M., Semenyuk O.V., Bogatyrev L.G. Litters features of functioning in urban ecosystem green spaces in relation to care character	153
Tembotov R.Kh., Abakumov E.V., Polyakov V.I. The effect of black carbon on the degradation of the ice sheet of the polar and mountainous regions of the Earth	156

SECTION 3. SOILS AND PALEOECOLOGICAL RECONSTRUCTIONS OF THE HOLOCENE AND PLEISTOCENE. THE ROLE OF MAN IN THE FORMATION OF THE MODERN APPEARANCE OF THE PEDOSPHERE

Bobrovsky M.V., Loyko S.V., Kupriaynov D.A. Key stages in traditional land-use impacts on the soils in the center of the European Russia in the middle and late Holocene	162
Gavrilov D.A., Smolentseva E.N. Soil-sedimentary sequences of lake depressions in the steppe biome of Central Asian as indicators of Holocene climatic rhythms	166
Kalitskaya K.O., Merzlyakov O.E. Properties of soils with a buried humus horizon of landscape ecotones in southern Siberia	170
Kovaleva N.O. Soil cover of mountains as an archive of Pleistocene paleoecological information	176
Kozlova A.A. Buried horizons of hollow soils of paleocryogenic landscapes of the Southern Predbaikalia as an indicator of the reconstruction of paleogeographic conditions	179
Kupriaynov D.A., Smirnov A.L., Khanina L.G., Bobrovsky M.V. Anthracological and morphological analysis of ancient arable soils and antrosols in the landscape of moraine-glacial plains of the Upper Volga (Penovo district, Tver region)	183
Kurasova A.O., Konstantinov A.O., Kulizhskiy S.P. Colluvial sediments and buried soils as a promising source of information on the dynamics of landscapes in the middle taiga of Western Siberia in the Holocene	187

SECTION 4. LAND RESOURCES: PROBLEMS OF ASSESSMENT, USE AND PROTECTION

Abakumov E.V., Kimeklis A.K., Gladkov G.V., Andronov E.E., Evdokimova E.A., Ivanova E.A. Microbiomes of natural and antropogenically transformed soils of the Nadym region, YNAO	190
Bayrakov I.A. Soil and land resources of the Chechen Republic: ecological and geographical analysis	193

Blagodatnova A.G. Diagnostic possibilities of using the taxonomic structure of algaeflora to determine the trophic status of a bog	197
Valevich T.O., Merzlyakov O.E. Change forest properties of soils in the transformed larch forests of Kuznetsk Alatau	200
Vasiliev A.A., Gorokhova S.M., Shaimukhametova CH.D. Morphology and agrochemical properties of umbry-gleyic albeluvisols loamy clay soil, Perm district Perm region	204
Verkhovets S I.A., Tuchkova L.E., Potapova I.I. Current state and assessment of land resources (on the example of Glazunovsky district of the Oryol region).....	206
Glibina N.S., Kallas E.V., Babenko A.S. Efficiency of vermicompost based on food waste in the conditions of vegetation experience	210
Gololobova A.G. Accumulation of trace elements in the soils of the permafrost distribution zone	214
Granina N.I., Shipitsyn E.A. Soil Bonitet and Cadastral Valuation of Agricultural Land in Irkutsk	217
Dobryanskaya S.L. Agrogenic transformation of the humus state of leached chernozem of Novosibirsk Ob	220
Zhulanova V.N. Assessment of the quality of Tuva agricultural soils	223
Zelencova A.E., Nikiforov A.N. Comparative analysis of the chemical composition of pedogenic neoplasm as an element of reconstruction of the environment of the past	227
Isayeva S.Sh. Agroecological features of mountain-gray-brown soils of the Gusar-Gonagkend cadastral region of Azerbaijan.....	230
Kallas E.V., Glibina N.S., Babenko A.S. Properties of vermicompost based on food waste	234
Kozyrev D.A., Gorbov S.N., Bezuglova O.S., Buraeva E.A., Tagiverdiev S.S. Activity concentration of radionuclide and total content of heavy metals in city soil cover	239
Komissarova M.G., Nikiforov A.N. Properties of deeply podzolized soils in the reproduction centers of the Ussuri polygraph in specially protected natural areas	242
Kuznetsov V.A., Ryzhova I.M. The response functions physical and chemical properties of soils on recreational load	245
Luts E.Y., Androhanov V.A., Seredina V.P., Kulyapina E.D. Morphological and analytical characteristics of the technogenic soils of the Malosalairsky dump of flux limestones	249
Madieva V.S., Nikiforov A.N. The influence of biogenic successions on the formation of soils of the Tomsk-Yaya interfluvium	253
Miller G.F., Solovov S.V., Bezborodova A.N., Filimonova D.A. Influence of soil-botanical characteristics of different-age fallows of erosive-hazardous territories of the South of Western Siberia on their soil-ecological assessment	256
Mirzaeva M.V. Features of humus formation of steppe chernozems of the Volga-Ural interfluvium on asymmetric slopes	260
Mikheeva I.V. Information statistical standards of soil conditions in southern Western Siberia	263

Morkovkin G.G., Strebkova A.S., Maximova N.B. The influence of soil use methods on the intensity of soil CO ₂ emission in the conditions of moderately arid and forest-outlier steppe of the Altai Territory	266
Mudrykh N.M. Assessment of the state of soil resources for rational planning of the agricultural landscape on the farm	269
Nikolaeva N.Yu., Tagirov Kh.Kh. Assessment of the ecological state of soils by the content of mobile forms of cadmium, lead and nickel	273
Nosova M.V., Seredina V.P. Trends in technogenic transformations and soil remediation methods under conditions of contamination with mineralized liquids and oil emulsions	277
Ovsyannikova S.V., Seredina V.P., Benner M.V. Ecological and geochemical state of the territory of Taldinsky coal deposit	280
Okoneshnikova M.V. Soil cover in the zone of influence of the construction of the «Power of Siberia» gas pipeline within the Republic of Sakha (Yakutia)	284
Ramazanova F.M. The Influence of long-term Agricultural Use of Gray-Brown (Chestnut) Ordinary Soil of Azerbaijan on its Morphological and Agrochemical Properties	287
Rozhentsova A.V., Spirina V.Z. Chernozems of the steppes of the left Bank of the Minusinsk depression	292
Sajb E.A., Bezborodova A.N. On the issue of monitoring bogging of the territory using GIS-technologies	297
Semenyuk O.V., Baranova O.Y., Bodrov K.S., Stoma G.V. The use of ecosystem services and the regulatory and methodological framework in calculating the valuation of urban land	300
Seredina V.P., Fedotova M.S. Influence of oil spill on morphological and genetic features of podzolic soils within the middle taiga of Western Siberia	304
Sobakin P.I. Global pollution of the arctic regions of Yakutia ¹³⁷ Cs	307
Sokolov L.A., Androkhonov V.A. The specificity of the textural differentiation of the soil dumps in coal fields of Siberia	311
Sukhacheva E.Yu., Aparin B.F., Lazareva M.A. Resource potential of soils of anthropogenically transformed territories	314
Trefilova O.V., Kulakov S.S., Mihailov P.V. Soil health in the fir forests damaged by <i>Polygraphus proximus</i> Blandf and root rot	317
Tyugai Z., Ivanov A.V., Shvarov A.P. Organic matter and physico-chemical properties of the Kostroma region, developed on the triassic deposits	321
Utaliev A.A., Yakovleva L.V., Maslova E.A. Sustainable use of land resources in the Astrakhan region in the aspect of sustainable development concept	324
Filippova A.V., Mikhina O.N., Kanakova A.A. Development of an environmentally friendly way replenishment of soil nitrogen fund	328
Sharygina M.V., Rusanov A.M. Evaluation of germination of various test-crops when soil is polluted with heavy metals (for example, iron).....	332
Shipilin N.N., Viktorova I.A. Land resources of the Tomsk region and their agroecological evaluation	336

Shipilova A.M., Andropova V.S., Semina I.S., Adamenko M.M. Change in terrain relief due to open pit mining in Kuzbass	341
Shchurenko N.M., Gorokhova S.M., Vasilev A.A. Forest litters and diagnostics of the modern direction of technogenic processes in soils of Perm	345
Yusifova M.M., Sultanova N.A., Nuriyeva K.G. Qualitative assessment of soils under vegetable crops of the Guba-Khachmaz zone of Azerbaijan	348

Научное издание

**ОТРАЖЕНИЕ БИО-, ГЕО-, АНТРОПОСФЕРНЫХ
ВЗАИМОДЕЙСТВИЙ В ПОЧВАХ
И ПОЧВЕННОМ ПОКРОВЕ**

**Сборник материалов
VII Международной научной конференции,
посвященной 90-летию кафедры
почвоведения и экологии почв ТГУ**

14–19 сентября 2020 г., г. Томск, Россия

Издание подготовлено в авторской редакции

Подписано к печати 07.09.2020 г. Формат 70×100_{1/16}.

Бумага для офисной техники. Гарнитура Times.

Печ. л. 22,7. Усл. печ. л. 29,5.

Тираж 500 экз. Заказ № 4386.

Отпечатано на оборудовании

Издательского Дома

Томского государственного университета

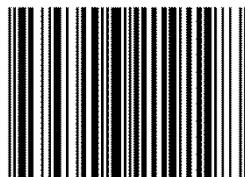
634050, г. Томск, пр. Ленина, 36

Тел. 8+(382-2)–52-98-49

Сайт: <http://publish.tsu.ru>

E-mail: rio.tsu@mail.ru

ISBN 978-5-94621-919-8



9 785946 219198