

Министерство образования и науки Российской Федерации
Национальный исследовательский Томский государственный университет
Институт почвоведения и агрохимии СО РАН
Новосибирский государственный аграрный университет
Общество почвоведов имени В.В. Докучаева
Новосибирский государственный университет экономики и управления «НИНХ»

**III КОВАЛЕВСКИЕ
МОЛОДЕЖНЫЕ ЧТЕНИЯ**

**«ПОЧВА – РЕСУРС ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ
И ПРОДОВОЛЬСТВЕННОЙ
БЕЗОПАСНОСТИ»**

**Материалы Всероссийской
научной конференции**

26–30 сентября 2016 г., г. Новосибирск

Томск
Издательский Дом Томского государственного университета
2016

УДК 631.4

ББК 40.3

Т66

Редакционная коллегия:

канд. биол. наук *Д.А. Соколов* (отв. редактор),
канд. биол. наук *Т.В. Нечаева*, канд. биол. наук *Н.В. Смирнова*, *П.А. Никитич*

Т66 **III Ковалевские молодежные чтения «Почва – ресурс экологической и продовольственной безопасности» :**
материалы Всероссийской научной конференции. 26–30 сентября 2016 г., г. Новосибирск / отв. ред. Д.А. Соколов. – Томск : Издательский Дом Томского государственного университета, 2016. – 316 с.
ISBN 978-5-94621-564-0

Сборник содержит материалы Всероссийской научной конференции III Ковалевские молодежные чтения «Почва – ресурс экологической и продовольственной безопасности», прошедшей с 26 по 30 сентября 2016 г. в Институте почвоведения и агрохимии СО РАН, г. Новосибирск. Представлены материалы исследований в области почвоведения, генезиса, эволюции, классификации и географии почв. Рассматриваются вопросы деградации и восстановления почв, возможности сохранения и повышения естественного почвенного плодородия.

Для специалистов, работающих в области почвоведения, агрохимии, экологии, охраны окружающей среды и рационального использования природных ресурсов, а также преподавателей вузов.

УДК 631.4

ББК 40.3

При финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект 16-34-10381 мол_г).

ISBN 978-5-94621-564-0

© Авторы статей, 2016

© Институт почвоведения и агрохимии СО РАН, 2016

© Томский государственный университет, 2016

DOI: 10.17223/9785946215640/1

**ПАМЯТИ
РОМАНА ВИКТОРОВИЧА КОВАЛЕВА**



Роман Викторович Ковалев (1907–1991)

Роман Викторович Ковалев является выдающейся фигурой в истории исследования и освоения почвенных ресурсов Сибири. В 1958 г., имея разносторонний опыт и будучи специалистом по изучению почв и особенностей почвенного покрова Азербайджана, Роман Викторович переезжает в Новосибирск для участия в работе по формированию создающегося в то время Новосибирского научного центра (более известного как Новосибирский Академгородок). С этого момента начинается новый этап в проведении теоретических и научно-прикладных исследований по изучению и оценке земельных фондов Сибири и Дальнего Востока.

Возглавив лабораторию почвоведения Биологического института СО АН СССР, Роман Викторович начинает масштабную работу по оценке почвенных ресурсов Сибири, грандиозность которой заключается в том, что помимо географических и картографических исследований изучается весь комплекс почвенных свойств. В 1960 г. лаборатория, возглавляемая Р.В. Ковалевым, превращается в отдел, а уже в 1968 г. – в самостоятельный институт почвенно-агрохимического профиля, первый на тот момент в системе Академии наук СССР.

Будучи преданным науке о почвах, постоянно расширяя круг своих научных интересов, Роман Викторович способствовал развитию многих фундаментальных направлений в области географии и генезиса, плодородия, физики, мелиорации, эрозии и микробиологии почв. При Р.В. Ковалеве в институте были созданы и работали на интересы теоретического почвоведения лаборатории почвенной климатологии, бонитировки, физиологии растений, рекультивации, биогеоценологии, агрохимии микроэлементов и картографии.

Под руководством Р.В. Ковалева была проведена масштабная инвентаризация почвенного покрова Сибири с точки зрения генетической принадлежности его компонентов, физических, физико-химических, агрохимических, мелиоративных и производственно-технологических свойств почв. На основе этих исследований было выполнено почвенно-агрохимическое районирование юга Западной Сибири, разработаны системы применения удобрений и агротехнические приемы повышения урожайности сельскохозяйствен-

ных культур. При участии Романа Викторовича начаты работы по детализации знаний о почвах: изучению процессов обмена веществом и энергией между организмами и средой в луговых и степных экосистемах, разработке прогнозов изменений почвенного покрова в естественных условиях и при интенсивном антропогенном воздействии. За достигнутые успехи в развитии науки Р.В. Ковалев был награжден орденами Трудового Красного Знамени, «Знак Почета», Золотой медалью им. В.В. Докучаева, удостоен звания «Заслуженный деятель науки РСФСР».

Обладая безупречным стилем и грамотностью, Роман Викторович не отказывал в помощи молодым ученым при подготовке публикаций. Он всегда внимательно относился к молодым исследователям, тактично указывал на ошибки, поощрял всестороннее развитие молодежи, творческий поиск. Р.В. Ковалев регулярно приглашал в Сибирь и принимал выдающихся ученых-почвоведов, стимулируя тем самым приобщение молодежи института к мировому уровню знаний о почвах, стимулировал участие молодых ученых в международных конференциях и симпозиумах. Вслед за первыми (2010) и вторыми (2013), третьи Ковалевские молодежные чтения, конференция, посвященная памяти Р.В. Ковалева, – это прямое продолжение его традиций.

ПЛЕНАРНЫЕ ДОКЛАДЫ

**РОМАН ВИКТОРОВИЧ КОВАЛЕВ – РУКОВОДИТЕЛЬ
И КООРДИНАТОР МЕЖДУНАРОДНЫХ
И ГОСУДАРСТВЕННЫХ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИХ
И НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИХ ПРОГРАММ,
ВЫПОЛНЕННЫХ В ИПА СО РАН**

С.Я. Кудряшова

*Институт почвоведения и агрохимии СО РАН, Новосибирск,
sya55@mail.ru*

Аннотация. Представлены наиболее актуальные и приоритетные направления государственных и международных программ по разработке теоретических и практических проблем почвоведения и агрохимии для повышения плодородия почв как одного из важнейших компонентов биосферы и объекта хозяйственной деятельности человека, выполненные в Институте почвоведения и агрохимии СО РАН под руководством выдающегося ученого и организатора почвенной науки в Сибири Романа Викторовича Ковалева.

Ключевые слова: ИПА СО РАН; почвы; Р.В. Ковалев; почвенно-агрохимические исследования.

Институт почвоведения и агрохимии был открыт в 1968 г., а уже в 1970 г. принимал активное участие практически во всех проектах по освоению природных ресурсов Сибири и Дальнего Востока и внес существенный вклад в их выполнение. Согласно архивным данным, планы тематических заданий X и XI пятилеток, содержащие наиболее актуальные и приоритетные проблемы почвенно-агрохимических исследований по рациональному использованию земельных ресурсов в ближайшей и отдаленной перспективе, включали широкий спектр задач по вовлечению новых и резервных территорий в хозяйственное использование, созданию зональных систем земледелия, разработке и применению агромелиоративных мероприятий, а также вопросы прогнозирования воздействия мелиораций на свойства почв и состояние почвенного покрова всех биоклиматических регионов Западной Сибири, равнинных и горных территорий Алтая.

Одним из первых научно-практических проектов, выполненных в институте, являлась Комплексная программа Сибирского отделения

АН СССР, Министерства мелиорации и водного хозяйства РСФСР и Министерства сельского хозяйства РСФСР *«Орошение и обводнение Кулундинской степи»*, которая была обусловлена необходимостью развития агропромышленного комплекса на территории Сибири в 1960–1970 гг. Тематическими планами научных учреждений и проектных организаций, выполнявших данную программу, было предусмотрено проведение исследований для обеспечения высоких темпов сельскохозяйственного производства на основе его интенсификации. В системе мер, направленных на интенсификацию сельского хозяйства, решающая роль была отведена орошению, защите почв от ветровой эрозии и улучшению их водного баланса.

Целевые исследования почвенного отдела БИН по изучению почв гор юга Сибири, начатые в 1950–1960 гг., были значительно расширены и распространены на все горные районы обширного региона. В результате проведения масштабных маршрутных и стационарных исследований был получен большой объем фактического материала, ставший основой создания первой целостной и глубокой характеристики почвенного покрова Горного Алтая (Почвы Горно-Алтайской автономной области, 1973). Наряду с географо-генетическим направлением почвенных исследований, значительные успехи были достигнуты при изучении агрофизических свойств почв, которые имели большое практическое значение для их агромелиоративной оценки и теоретического обоснования комплекса зональных систем земледелия. Для территорий гор юга Сибири впервые была представлена оценка мелиоративных особенностей почв сухостепных котловин, составляющих основной фонд сельскохозяйственных земель Горного Алтая.

Государственная целевая научно-исследовательская программа «Сибирь», подпрограмма «Земельные ресурсы». В связи с перспективой широкого осуществления грандиозных по масштабам проектов на базе сырьевых и энергетических ресурсов Сибири, по заданию ГКНТ СССР была сформирована одна из самых крупных научно-практических программ с целью интенсификации использования природного потенциала почвенного покрова – *«Разработка научных основ рационального использования, охраны и воспроизводства земельных ресурсов Сибири»* (1970–1986 гг.). В выполнении проекта приняли участие практически все специализированные подразделения научно-исследовательских и проектных институтов СО АН СССР, СО ВАСХНИЛ, МВХ РСФСР, СибНИИГМа, Минсельхоза СССР, Мин-

вуза СССР, Запсибгипрозема. Научно-производственным объединением под руководством Р.В. Ковалева был выполнен значительный объем работ, позволяющий успешно решать задачи научного и прикладного характера, связанные с использованием земельных ресурсов как отдельных регионов, так и крупных природно-техногенных комплексов. Итоги выполнения заданий и этапов проведения научно-исследовательских работ, а также законченных разработок организаций-соисполнителей широко обсуждались на рабочих и отчетных совещаниях.



Рабочие совещания и рабочие документы координационного совета подпрограммы «Земельные ресурсы» целевой программы «Сибирь»

В рамках *Комплексной программы по решению важнейших проблем мелиорации земель Сибири (1986–1990 гг.)* сотрудниками Института под руководством Р.В. Ковалева было выполнено несколько тематических заданий. По разделу «*Разработать и внедрить высокоэффективные способы освоения и использования мелиорированных земель Западной и Восточной Сибири*» (координатор зав. лабораторией физики почв д-р биол. наук В.П. Панфилов) исполнителями на основе проведенных исследований были разработаны Рекомендации

по освоению и повышению эффективности использования мелиорированных земель Сибири (1990) и Руководство по предотвращению вторичного засоления земель Сибири (1990).

По разделу *«Дать оценку почвенно-мелиоративных условий массивов орошения Карасукской и Южно-Омской»* оросительных систем (координатор В.П. Панфилов) были разработаны Рекомендации по рациональному использованию южных черноземов бассейна р. Карасук и южно-Омской системы в орошаемом земледелии (1990).

По разделу *«Изучить изменение свойств почв черноземной и каштановой зон Западной Сибири под воздействием орошения»* (координатор Р.В. Ковалев) был составлен Прогноз трансформаций свойств почв черноземной и каштановой зон Западной Сибири при орошении (1990) и разработана Технология оптимального сочетания водных и химических почвозащитных мелиораций в зоне развития орошения Западной Сибири (1990).

По разделу *«Разработать основные направления сельскохозяйственного освоения, рационального использования и повышения плодородия в различных почвенно-климатических регионах зоны БАМ»* (координатор В.И. Волковинцер) были созданы Карты районирования почв зоны БАМ по видам мелиораций (1988) и разработаны Рекомендации по мелиоративному использованию земельных ресурсов зоны БАМ (1990).

В данном обзоре основное внимание уделено проектам и программам, направленным на решение вопросов физических основ почвенного плодородия – моей основной специальности. О выполнении других важных государственных и международных программ под руководством Р.В. Ковалева, в результате которых были составлены и опубликованы среднемасштабные карты административных подразделений Сибири и серия листов Государственной почвенной карты, получена оценка биогеохимического и агрохимического состояния почвенного покрова, а также разработаны системы рекультивации почв территорий добывающей и перерабатывающей промышленности, возможно, расскажут сотрудники других лабораторий в следующих выпусках Ковалевских чтений.

В заключение представляю вам небольшое эссе о научных подвигах и трудовых буднях сотрудников института, принимавших участие в выполнении Международной биологической программы (МБП).

Создание Института почвоведения и агрохимии СО АН СССР по времени практически совпало с началом работ по *Международной биологической программе – International Biological Programme (IBP)*, которая официально была провозглашена ЮНЕСКО в 1964 г., а в 1969 г. в работе МБП принимали участие ученые из 80 стран, которые выполняли более 2 000 научно-исследовательских тем, сгруппированных в 83 проблемы. Более 450 стационаров и станций по унифицированным программам и методикам провели исследования наземных и водных сообществ во всех природных зонах земного шара. Научными руководителями исследований МБП в Западной Сибири были назначены *д-р с.-х. наук Р.В. Ковалев – директор ИПА СО АН СССР, д-р с.-х. наук Н.И. Базилевич – ст. науч. сотр. Почвенного института им. В.В. Докучаева ВАСХНИЛ, д-р биол. наук А.В. Куминова – зав. лаб. геоботаники ЦСБС СО АН СССР.*

В Архиве СО РАН сохранились документы, в которых в числе других институтов Сибирского отделения, выполнявших программу МБП, отмечена работа Института почвоведения и агрохимии. Имеется информационное письмо руководителю Советского национального комитета по МБП, д-ру биол. наук О.Н. Бауэру, составленное ученым секретарем СО АН СССР по биологическим наукам М.В. Высоцким, которое содержит следующие четыре пункта, касающиеся деятельности института.

1. По линии МБП Институтом почвоведения и агрохимии выполнялись отдельные разделы темы *«Биогеохимические взаимоотношения между растительностью, почвами и грунтовыми водами в лесостепных ландшафтах Западной Сибири»*. Раздел *«Изучение круговорота веществ в природных биогеоценозах»* закончен. Структурно-функциональное описание круговоротов будет проведено в 1973–1974 гг. Разделы *«Изучение химического состава растений»* и *«Сезонная динамика почвенных процессов и климатических условий, физико-химические и химические свойства почв»* не закончены. По законченным разделам в 1973 г. будет представлен обобщенный материал для монографии, издаваемой Советским комитетом МБП, и в Оксфорд для сводного тома *«Травяные биомы мира»*.

2. Совещаний и симпозиумов по линии МБП институтом в 1972 г. не проводилось.

3. В международных предприятиях МБП сотрудники института участия не принимали.

4. Под грифом МБП в 1972 г. был сдан в печать первый том коллективной монографии «Структура, функционирование и эволюция системы биогеоценозов Барабы». Первый том – «Биогеоценозы и их компоненты» – посвящен характеристике компонентов биогеоценозов Барабинской лесостепи. Готовится второй том «Биогеоценозические процессы».

Есть и другой архив – лаборатории биогеоценологии ИПА. Одной из единиц его комплектации является рукописная «Книга Карачинского стационара», которую «...каждый комплексант не только может, но и должен читать и писать, зарисовывать и украшать ее мыслями, идеями, заносить в нее вопросы и ответы, определения (корректные и некорректные), открытия, вопли души, лабораторные отчеты, протоколы семинаров и т.п.». Сохранились распоряжения, телеграммы и письма, в которых естественная и не искаженная исправлениями речь представляет трудности, радости, успехи, быт тех людей, которые о них пишут или в них упоминаются. О тех временах есть чудесные свидетельства – афоризмы, стихи и песенки, а также легенды.



Руководители программы МБП Р.В. Ковалев и Н.И. Базилевич во время перерыва рабочего совещания (частично в кадре остроумный и веселый С.С. Трофимов)

Как в Причановской равнине
Колки, гривы, болотá,
Западины и ложбины,
В общем, братцы, красота.

* * *

В Карачах все побывали:
Кленов, Гаджиев, Хмелев,
И под ручку там гуляли
Базилевич–Ковалев.

Кстати, Наталия Ивановна Базилевич сама очень часто становилась или автором афоризмов («кто работает, тот и имеет...», «мальчиков жалко, а монолит жалче»), или героиней таких же афоризмов и занозистых припевок. Теперь уже все сплошь кандидаты и доктора наук, а в то время молодые и нахальные аспиранты, особенно любят вспоминать, как они ездили «мыть монолиты» на речку Омку. Проезжая мимо сельского магазина, кто-нибудь из сидевших в кузове с сиротским выражением лица и трогающими душу интонациями в голосе начинал:

Водки нету, нету, нету,
И денюжат на водку тоже нету,
Базилевич, ты гони монету.

Тут в хор дружно вступала вся остальная компания и торжественно обещала:

Вывесим тогда твою портрету!

Наталия Ивановна со словами «оглоеды и нахалы» выходила из кабины и шла в магазин, где к ней тут же подскакивал студент или аспирант с канистрой и наполнял эту канистру плодово-ягодной «рассыпухой» по 80 коп. за литр. Видимо, так наилучшим образом выражались любовь, восхищение и уважение «карачинцев» к Наталии Ивановне.

Титлянова Аргента Антониновна. Согласно отчетным документам, канд. биол. наук А.А. Титлянова – руководитель блока по биогео-

химии. Она не только была помощником Наталии Ивановны в организационной работе стационара, но и разделила с ней тяжелый груз научного руководства. До последних дней жизни Наталии Ивановны она была ее соратником и другом. В настоящее время под руководством Аргенты Антониновны завершается работа по обобщению материалов, собранных Наталией Ивановной, на основе которых она планировала написать книгу, но не успела. Главные разделы наследия Н.И. Базилевич уже опубликованы в нескольких номерах научных журналов. Заключительная работа по выделению основных типов биологического круговорота в наземных экосистемах мира близится к завершению.



А.А. Титлянова ведет семинар по теме МБП
(Новосибирск, 1972 г.)

Восторг корреспондентов,
Юпитеров свет и жара,
Шквал аплодисментов –

* * *

Головка опущена, шаг от бедра!!!



Курачев Владимир Михайлович. Первая запись в Книге Карачинского стационара сделана 9 декабря 1970 г. Обсуждалась статья одного из молодых исполнителей раздела по геохимическому почвоведению и геохимии ландшафта В.М. Курачева. Запись такая: «Рецензию давал В.А. Хмелев. Доклад понравился. Статью одобрили». Следующий семинар – так и записано – был отменен в связи с защитой Александры Павловны Трубецкой ее кандидатской диссертации. Среди горячих поздравлений есть и пожелание В.М. Курачева «..., чтобы и 1971 год был не менее успешным, особенно по части водной физики на нашем любимом стационаре. Верю в Ваш успех». Наталия Ивановна считала В.М. Курачева самым талантливым из своих учеников. Она не ошиблась – в монографии, которая была написана по итогам МБП, ему принадлежит авторство нескольких очень важных разделов, характеризующих ландшафтное строение территории и особенности почвенных процессов и режимов в геохимически сопряженных ландшафтах.

В Карачах да на катене
Соли ходят взад-вперед.
За солями вверх ногами
Вова Курачев ползет.

Рябова Тамара Николаевна. Выпускница Томского университета, красавица и умница, она была начальником карачинского экспедиционного отряда. Ее высокая должность предполагала, что, кроме основной работы – исследований по теме, она была обязана четко организовать работу всего отряда (питание-проживание, оплата-зарплата, прибыл-выбыл, сроки-маршруты, бухгалтерские отчеты и т.д., и т.п.). 24 марта 1971 г.,



согласно протоколу семинара, обсуждался доклад Т.Н. Рябовой о сезонных изменениях количества и состава солей в среднестолбчатых солонцах. Присутствующих интересует динамика солей сезонная, годичная, сукцессионная, в связи с влажностью и генезисом почв, уровнем грунтовых вод и что такое динамика солей вообще. Всего было задано 28 вопросов. В итоге обсуждения записаны такие выводы по семинару:

1. Выяснить, как говорится – гѐнезис или генѐзис, Мáкбет или Макбѐт, Карачи́ или Карáчи. Исполнитель – Тома.

2. Купить полевую кухню у военных. Исполнитель – Тома.

3. Приобрести ведерный самовар, чтобы топился углем (могут переслать с Кавказа. Исп. – Тома).

Первый вывод Тamarой Николаевной выполнен – уж это точно. На автореферате ее кандидатской диссертации после названия идет приписка: (диссертация написана на русском языке). Про самовар – данных нет.



Курачев и Николавна
Сѐдня вышли на совет,
Говорили громко, справно,
Завели авторитет.

* * *

А кто ищет, тот находит
Кто режимы, кто барьер,
Быть находчивым полезно
Для научных, для карьер.

Трубецкая Александра Павловна.

Для работавших по МБП, видимо, не существовало ни выходных, ни праздничных, ни международных женских дней. Запись от 8 марта 1971 г. адресована А.П. Трубецкой: «Нам всем нужны данные о влажности почвы. Есть ли они вообще?! Когда будут для всеобщего употребления?!». Александра Павловна, не моргнув глазом, в ответ: «Есть для 4-х точек (11, 31, 34, 33). Употреблять можно будет уже 14 апреля». 13 апреля 1971 г. обсуждается совместная работа ботаников и почвенных физиков. В числе других анализов необходимо провести определение влажности завядания. На что Александра Павловна категорически не согласна: «Для этого нужны мужчины или деньги!».



У княгини Трубецкой
Итальянец пел в людской,
А у нашей Саши
Только соли пляшут.

Больше всего «башковитая Сашка», как говорила Наталия Ивановна, любила заниматься наукой, меньше всего – бытом. Ее нелады с бытом плюс безмерное простодушие – это серия институтских приколов, над которыми она сама всегда с удовольствием смеется.

Мордкович Вячеслав Генрихович. Любимчик Наталии Ивановны, копальщик, таскальщик, поэтический хроникер стационара – и во всех жанрах с огромным успехом. В лабораторном архиве есть телеграмма из Москвы от 10 февраля 1971 г.:

Молния ЗАЩИТИЛ УСПЕШНО ЦЕЛУЮ СЛАВИК ЗВОНИТЕ АРГЕНТЕ

Работники телеграфа сильно сомневались, кому именно надо звонить, поэтому чуть ниже приписали: «ЗВОНИТЕ АРЧЕНГЕ // ИЛИ АРГЕНГЕ НЕЯСНО».



Он и сейчас такой же:

Зоофорум в Москве пропустить
Он хотел, пребывая в прострации,
Но слетал, и доклад сочинить
Все ж успел, посрывав там овации.

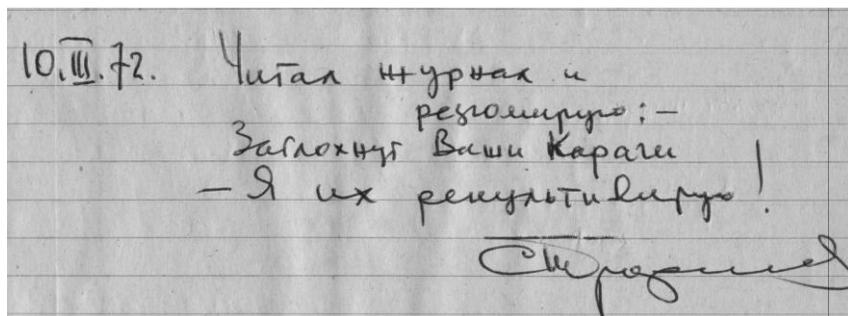
* * *

Пишет книги он и монографии,
Он в них тонок, умен и остер.
Его след в мировой географии,
И известен в поэзии он.

Ответственными за ведение и оформление Книги были назначены Валентина Викторовна Волковинцер и Нина Григорьевна Шатохина. Их обязанность – «хранить ее, приносить на все семинары и читать по разделу невыполненных требований». Свою обязанность они выполняли безупречно: записи в книге – это документальное свидетельство того, что в институте интерес к исследованиям был огромным. На семинарах часто возникали стихийные дискуссии по вопросам, прямого отношения к биологической продуктивности не имеющим (химия органического вещества, кибернетика, физиология растений, математическая статистика и др.).

10 ноября 1971 г. – открытие нового цикла семинаров. Запланировано обсуждение докладов руководителей разделов: по физике почв – д-ра биол. наук В.П. Панфилова, плодородию почв – д-ра биол. наук В.Б. Ильина, климатологии – д-ра геогр. наук А.П. Сляднева, микробиологии – д-ра биол. наук И.Л. Клевенской; исполнителей отдельных тематических заданий: Л.В. Ворониной, Н.И. Гантимуровой, Т.М. Корсуновой, И.Я. Масловой, Н.Н. Наплековой, Ж.А. Рупасовой, М.Д. Степановой, Н.И. Чащиной; комплексантов-специалистов из других институтов: Т.А. Вагиной, Т.В. Енкина, М.С. Куксн (ЦСБС СО АН СССР), Б.П. Градусова, А.И. Горина, В.В. Келлерман, Л.С. Травниковой, Н.П. Чижиковой, Б.П. Шевченко, Е.А. Ярилова (Почвенный институт им. В.В. Докучаева ВАСХНИЛ).

Полагаем, что отчеты и доклады заслуживали очень высокой оценки, потому что, как решил С.С. Трофимов, Карачи должны процветать вечно, во всяком случае, он обещал:



10.III.72. Читал журнал и
решил: –
Заключит Вили Карачи
– Я их реинтерпретирую!
С.С. Трофимов

На семинаре от 25 сентября 1972 г. Н.И. Базилевич делает доклад о проекте 2-го тома, пока под условным названием «Динамика», предположительно в него будут включены 74 статьи. Группа исследователей по МБП – это уже состоявшийся, проверенный коллектив. Однако Наталья Ивановна еще раз обращает внимание авторов статей на ключевые моменты в их исследованиях: Т.А. Вагиной – ответственной за раздел «Фитоценотические и биохимические процессы» – «...дать более детальную расшифровку понятия «эволюция»; пока в статью не включать материал по мобилизации химических

элементов водорослями и грибами», почвенным физикам – «вести дополнительную главу о водном балансе почв», климатологам – «использовать материалы только после их статистической обработки», «микробикам» – «писать функционально, рассчитывая на почвоведов».

«Карачи» – это одна из 6 точек на карте мира, где изучены биогеохимические циклы элементов; в работе стационара были задействованы более половины научных сотрудников и аспирантов тогда еще очень молодого института. За выполнение задания № 71049835 плана НИР АН СССР коллективный труд института под руководством Р.В. Ковалева отмечен золотой медалью им. В.В. Докучаева.

В предыдущих двух сборниках Ковалёвских чтений, высоко оценивая научный вклад, организаторский и педагогический талант, интеллигентность и человеческое достоинство Романа Викторовича Ковалева, выступили Б.М. Кленов, В.С. Артамонова, А.В. Киншт, И.Я. Маслова, В.Н. Якименко, В.А. Кульшин. В числе сотрудников института я благодарна Совету молодых ученых ИПА СО РАН, который, следуя хорошей традиции, предоставляет возможность ученикам или сотрудникам, работавшим под руководством Р.В. Ковалева, отдать дань его светлой памяти.

ROMAN VIKTOROVICH KOVALEV – SUPERVISOR AND COORDINATOR OF INTERNATIONAL AND NATIONAL RESEARCH AND SCIENTIFIC-PRACTICAL PROGRAM, EXECUTED IN INSTITUTE OF SOIL SCIENCE AND AGROCHEMISTRY OF THE SB RAS

Kudryashova S.Ya.

Institute of Soil Science and Agrochemistry of the SB RAS, Novosibirsk, sya55@mail.ru

Summary. There are provides the most relevant and priority areas for national and international programs for the development of theoretical and practical problems of soil science and agricultural chemistry to improve soil fertility, as one of the most important components of the biosphere and the object of human activities carried out at the Institute of Soil Science and Agrochemistry of the SB RAS Institute of Soil Science and Agrochemistry of the SB RAS, under the guidance of eminent scientist and organizer of soil science in Siberia Roman Viktorovich Kovalev.

Keywords: ISSA SB RAS; soils; R.V. Kovalev; soil and agrochemical research.

ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ АГРОПОЧВОВЕДЕНИЯ В XXI в.

Л.В. Березин

*Омский государственный аграрный университет им. П.А. Столыпина, Омск
docberezin@yandex.ru*

Аннотация. Частичное использование новой почвенной классификации уже во втором десятилетии нового века обеспечило рост производства зерна при минимальной помощи госбюджета. Этому способствует также использование в сельском хозяйстве космической информации, в частности методика расчета поглощения живыми экосистемами части спектра солнечной радиации.

Ключевые слова: почвенная классификация; залежно-паровая система земледелия; космическая информация; спектр солнечной радиации

Истекший век ознаменовался развитием агропочвенной науки, в основе которой лежат труды российских ученых В.В. Докучаева, П.А. Костычева, К.К. Гедройца и сопутствующие работы по земледелию В.Р. Вильямса и по физиологии растений К.А. Тимирязева.

Ведущим в этой когорте является, безусловно, В.В. Докучаев. Всего восемь лет потребовалось ему для обоснования докторской диссертации, опубликованной в книге «Русский чернозем» (1883). Причем за два года до этого он опубликовал свое обобщающее исследование «О сибирском черноземе», где впервые была отмечена характерная особенность формирования этих почв в комплексе с солонцами и болотными почвами. Уже в 1914 г., благодаря посмертному изданию К.Д. Глинкой на немецком языке, главный труд Докучаева стал основой почвенной науки во всем мире.

В предисловии к книге «Русский чернозем» (1936) академик В.Р. Вильямс указал, что «Докучаев Василий Васильевич принадлежит к числу наиболее выдающихся ученых конца XIX столетия, ученых, имеющих мировое значение. Его трудами положено начало той огромной и важной отрасли нашего знания, которая известна под именем генетического почвоведения» [1]. Однако разработанная им классификация почв была утверждена как государственная лишь в 1977 г.: 8 лет ушло на ее разработку и 94 года – на утверждение в качестве государственной.

Но уже через 20 лет ученые ведущего научного учреждения страны – Почвенного института имени В.В. Докучаева – предложили новую классификацию, опубликованную в 2004 г. [5]. Следует отметить, что, по информации Интернета, лишь 22–26% почвоведов нашей страны пользуются в своей работе этой классификацией. Парадоксальный пример. В 2016 г. при защите дипломных работ по почвоведению студентами Омского агроуниверситета, которые работали в соседних крестьянско-фермерских хозяйствах (КФХ) в пределах одного бывшего совхоза по изучению состояния черноземных почв на юге Омской области через 60 лет после освоения целинных земель, одна из дипломниц, получившая отличную оценку, сделала вывод об обоснованности объединения в одну группу обыкновенных и южных черноземов. Они по основным показателям структурно-агрегатного состава не различаются между собой. Следом выступала ее сокурсница, которая в период преддипломной практики работала в соседних КФХ и пришла к выводу о недопустимости объединения в один тип этих почв, которые, согласно классической классификации Докучаева, существенно различаются и по свойствам, и по продуктивности сельскохозяйственных культур. Она также получила отличную оценку, так как ее выводы были не менее обоснованными.

Данный пример показывает отсутствие единства теоретических позиций молодых ученых, что вполне естественно и должно приветствоваться. В то же время он показывает, что в современных условиях многие результаты исследований не находят применения в производстве.

Одним из важнейших достижений сибирских ученых являются исследования, связанные с освоением целинных земель Сибири и Казахстана. В марте 2014 г. исполнилось 120 лет с начала мелиоративного освоения Сибири и 60 лет с начала широчайшего введения в пашню целинных и залежных земель, которые в зарубежной печати и даже в ряде публикаций российских журналистов и ученых стали предметом острой критики.

Однако история освоения земель Сибири и, в частности, Омского Прииртышья уходит в глубь веков. Первое поле в Омском Прииртышье было распахано более 400 лет назад (1599 г.), через 15 лет после прихода Ермака на Сибирскую землю.

В середине XVIII в. в лесостепном Прииртышье началось массовое освоение лучших целинных черноземных и темно-серых лесных почв.

После отмены крепостного права в России (1861 г.) и издания в 1888 г. закона, разрешающего крестьянам переселяться в Сибирь, безземельные пахари Украины, Белоруссии и центральных губерний России прибыли на сибирские земли. Заселением и значительным освоением пахотных земель были охвачены земли нынешней лесной и северной лесостепной зон Западной Сибири. К 1890 г. число населенных пунктов по трем уездам в границах современной Омской области оставляло 786, а численность населения – 348,5 тыс. человек против 1 млн в настоящее время. В обработке было 500 тыс. десятин пахотных земель, а сейчас свыше 4 млн га. Массово осваивались и заселялись южные черноземные территории области в основном в 1892–1894 гг.

По заданию министра земледелия России (начальника департамента государственных имуществ) *профессора почвоведения А.П. Костычева* в 1894–1902 гг. инженерные воинские части выполнили мелиоративную подготовку освоения земель Сибири вдоль строящейся линии железной дороги. Экспедициями был обследован почвенный покров Оренбургской, Курганской, Омской областей и Алтайского края, построены колодцы, проложены мосты, а часть каналов И.И. Желинского действует и до сих пор. Это послужило готовой базой для проведения в 1906–1912 гг. столыпинской реформы по освоению подготовленных земельных ресурсов Сибири на площади 35 млн га за счет переселения крестьян из малоземельных районов страны в Сибирь. За три года в Омской и соседних областях они освоили заболоченные и солонцовые массивы в северной части лесостепной зоны и обработали извечно целинные черноземные земли южной лесостепи.

Однако степные районы практически не осваивались вследствие дефицита питьевой воды и преобладания тяжелосуглинистых и глинистых высококарбонатных черноземов, столь плотных, что их не могла взрыхлить самодельная крестьянская соха, а железные плуги и тракторы стали завозить в Сибирь из Европы лишь после 1910 г.

К началу первой мировой войны (1914 г.) в лесной и лесостепной зонах региона была завершена распашка относительно плодородных, хотя и маломощных, но высокогумусных черноземных земель, включая высыхающие болота, займища и солонцово-солончаковые луга Ишимской и Кулиндинской степи и даже солонцово-солончаковой заболоченной Барабы.

Однако использование новых сибирских пространств, отличающихся от исконных земледельческих территорий страны как по кли-

мату, так и по свойствам почв, потребовало изменения агротехнологии полевых культур. Вместо традиционной трехпольки (чистый пар, пшеница, овес), пришлось по опыту старожилов осваивать железно-паровую систему земледелия. И хотя крестьяне не высевали кормовые культуры, доля зерновых составляла от 20 до 40%. Большая часть пахотных земель после 6–8-летнего использования оставлялась для восстановления плодородия на 12–20 лет в залежном состоянии. Повторное освоение залежей проводилось через одно-двулетий чистый пар. Но и при таком экстенсивном использовании земельных фондов получаемое сибирское зерно и молоко за счет высокого качества и низкой себестоимости весьма быстро завоевало международный рынок, обеспечивая нормальные условия жизни переселенцев. Наши исследования, проведенные в 1952 г., показали, что эта система сохранилась в колхозах Западно-Сибирской равнины до середины XX в.

В период создания первых сибирских совхозов (1922–1928 гг.) были вновь распаханы значительные площади черноземных степей. Тем не менее после интенсивной индустриализации, несмотря на проведение коллективизации, страна испытывала дефицит зерна.

К 1935 г. из выделенных сельскому хозяйству Сибири 35 млн га под полевые культуры использовалось лишь 12 млн. Значительная их часть находилась либо в состоянии паров (до 16% в Западной и до 50% в Восточной Сибири), но главным образом в залежном состоянии. Госплан СССР предложил ввести в оборот эти условно названные «свободными» земли, хотя именно они, залежные массивы, помогли сохранить плодородие тароватых сибирских почв.

Следует вспомнить, что первые исследователи Сибири – Палас и другие – считали сибирские почвы неустойчивыми к использованию в пашне и прогнозировали резкое падение их плодородия уже через 100 лет после освоения. Ошибочность этих прогнозов показал анализ урожайности полевых культур на сортоучастках региона, где поддерживалась традиционная сибирская культура земледелия путем частичного освоения травопольной системы, но не с двухлетним использованием трав, как рекомендовалось В.Р. Вильямсом, а минимум 6–8-летним. Это заключение было сделано Л.Н. Мищенко, Л.В. Березиным и Р.А. Цильке уже в конце XX – начале XXI в., после реализации грандиозных планов освоения целинных и залежных земель.

История показывает, что ошибочно связывать эти планы с именем Н.С. Хрущева. Но, справедливости ради, необходимо подчеркнуть, что,

обсуждая предложения Госплана, ученые в 1935 г. на выездной Омской сессии ВАСХНИЛ не допустили разрушения основы сибирского земледелия и, согласившись с предложением сибирского почвовед-а профессора Омского сельхозинститута К.П. Горшенина, вместо 22 млн га залежей порекомендовали осваивать 11 млн га целинных степных черноземов Сибири, Алтая и частично Казахстана, оставшиеся не распашанными крестьянами. К сожалению, за такое самовольство организаторы сессии Н.И. Вавилов и Н.М. Тулайков поплатились своей жизнью. Тем не менее все предложения научной сессии были полностью реализованы. В стране с 1937 по 1940 г. было освоено 11 млн га. Увеличение посевов на 10% обеспечило рост производства зерна на 29%. В итоге к началу войны был достигнут такой уровень, который в последние годы имеет страна в границах одной России. Это в значительной мере обеспечило нашу победу, так как урожайность сибирских полей, несмотря на уход на фронт механизаторов и тракторов, не упала ниже 1 тонны с гектара.

К завершению реализации предложений Госплана, утвержденных И.В. Сталиным в начале 1930-х гг., страна смогла вернуться лишь в 1950-е гг. К 1960 г. было освоено 15 млн га новых земель в России и 25 млн га – в Казахстане, в том числе полностью заново освоены все залежные массивы. Но вскоре стало очевидным, что это увеличение площади посевов не обеспечивает решение продовольственной проблемы. Одна из причин – возникновение в целинных районах сильной ветровой и частично водной эрозии. Остановить ее влияние удалось лишь через 10 лет. Другая причина связана с реформированием в 1990-е гг. колхозно-совхозной системы сельского хозяйства, которое привело к образованию тысяч мелких маломощных КФХ. Они практически перестали применять удобрения, нарушили сложившуюся систему севооборотов и требования агротехнологии.

Наше поколение научных сотрудников и специалистов в последней четверти истекшего века стало свидетелем перехода от административного стиля руководства сельским хозяйством по экстенсивному типу, который господствовал в нашей стране до 1965 г., к интенсивному. При этом агрономы хозяйств впервые получили все права на внедрение научных агротехнологий, а вместе с ними и ответственность за их результативность. В самые сжатые сроки это привело в 1970–1980-е гг. к росту продуктивности земельных фондов, повышению производства зерна и кормов и снижению их себестоимости (табл. 1).

Снижение посевных площадей и урожайности полей в последнем десятилетии истекшего века – не вина, а беда российской деревни, связанная с преобразованием колхозов и совхозов в крестьянско-фермерские маломощные хозяйства, не имеющие возможности держать штат специалистов. Но жизнь заставила и их повышать продуктивность своих полей (табл. 1).

Т а б л и ц а 1

Динамика урожайности зерновых культур в Омской области

Зона	1965– 1970	1971– 1975	1976– 1980	1981– 1985	1986– 1990	1991– 1995	1996– 2000	2001– 2005
Площадь посева, тыс. га								
По области	2527,3	2323,6	2384,5	2279,9	2167,5	1997,7	1874,7	1965,1
По северной зоне	159,2	150,4	156,1	149,5	133,9	114,2	75,5	51,7
По северной л/степи	581,9	560,7	575,2	543,6	512,0	455,0	359,8	361,1
По южной л/степи	588,2	543,0	557,1	529,5	501,0	490,1	505,2	559,0
По степной зоне	1194,8	1065,7	1098,4	1055,6	1017,0	937,6	933,7	993,0
Урожайность зерна, т/га								
По области	1,02	1,29	1,50	1,27	1,33	1,37	1,16	1,65
По северной зоне	1,06	1,11	1,24	1,26	1,37	1,36	1,20	1,50
По северной л/степи	1,00	1,16	1,26	1,24	1,34	1,30	1,14	1,49
По южной л/степи	1,25	1,34	1,74	1,49	1,52	1,52	1,45	1,94
По степной зоне	0,92	1,34	1,45	1,21	1,22	1,32	0,99	1,56

К сожалению, в этих условиях многим научным коллективам пришлось менять свой профиль и существенно сокращать штат. Наша проблемная лаборатория по мелиорации солонцов, потеряв бюджетное финансирование, реорганизована в лабораторию рационального использования почв, работающую по принципу самоокупаемости. А я, посвятив 40 лет изучению свойств и мелиорации солонцовых почв [6, 7], сосредоточил свое внимание на более актуальных вопросах использования различных почв Сибири, в том числе с 2004 г. – на возможности использования космической информации для оценки состояния почвенного покрова, а с 2016 г. – на проблеме подтопления почв равнинных регионов [2, 7, 8].

Новый век к настоящему времени характеризуется разбродом теоретических позиций почвоведов и неостребованностью в сельском хозяйстве многих научных разработок. Но в то же время они отличаются более высоким качеством, благодаря совершенствованию методов лабораторных, полевых и статистических исследований и особенно созданию приборной базы, о которой не было известно в годы работы корифеев почвоведения.

В частности, в последние годы группа ученых Московского государственного университета под руководством Г.В. Добровольского обосновала новое направление в науке – экологическое почвоведение. Незадолго до этого было предложено изучать мелиоративное почвоведение, лесное почвоведение и т.д. Но все эти идеи существовали и в XIX в. Однако В.В. Докучаев подчеркивал, что все пять факторов почвоведения действуют неразрывно, и нельзя отдать предпочтение тому или другому. В каждом регионе и в каждом экономическом условиях необходимо уделять большее внимание тому или иному фактору, но при этом нельзя забывать о роли остальных, продолжающих действовать одновременно с прежней значимостью и активностью.

Почвоведение и в современных условиях определяет пути решения многих народнохозяйственных проблем. Так, с медицинской точки зрения большую роль сыграло изучение последствий химической мелиорации кислых и солонцовых почв. Оказалось, что внесение гипсосодержащих и особенно известковых мелиорантов сопровождается избыточным накоплением в почве фтора и стронция [3, 4]. И хотя этот природный стронций практически не радиоактивен, но, являясь аналогом водорастворимого кальция, он замещает кальций в костях и волосяном покрове животных и человека, вызывая весьма серьезные заболевания. Зубную пасту даже для детей стали обогащать фтором, но природные подземные и грунтовые воды в равнинных регионах Западной Сибири сами по себе обогащены фтором, и в сумме это наносит определенный ущерб здоровью населения.

При подготовке данного сообщения в моей памяти в первую очередь возник доклад на областном агрономическом совещании одного из агрономов районных управлений сельского хозяйства Омской области, выпускника нашего университета, на тему: «Влияние почвообразующих пород на эффективность агрономелиоративных мероприятий». Многих удивила данная тема, необычная для современных условий. Невольно всплыла история формирования докучаевского учения, базой которого были работы агрогеологов XVIII–XIX в. Практически любая работа по почвоведению начинается с описания объектов и условий исследований, среди которых обязательной является ссылка на характер почвообразующих пород, но, как правило, при формулировании выводов роль влияния данного фактора на полученные результаты даже не упоминается.

Однако само по себе развитие природы и науки идет по спирали, отклонение которой от прямого направления определяет появление

новых приборов, методов и методик. Начало XXI в. в развитии почвенной науки ознаменовалось рядом факторов. Среди них, по нашему мнению, ведущими являются, во-первых, упразднение почвенной службы в России и отсутствие практической помощи государства при внедрении рекомендаций ученых, во вторых, большое внимание мировой науки процессу изменения климата планеты, трагическим результатом которого в текущем году стали наводнения и подтопления в равнинных регионах не за счет разлива рек, а в результате такого поднятия грунтовых и подземных вод, какого не было в Европе со средних веков. При этом пока остаются без внимания изменения баланса между почвенным и атмосферным воздухом как в количественном, так и в качественном отношении. В связи с этим нам представляются весьма обоснованными результаты многолетних исследований американских исследователей, опубликованные в Интернете.

Представитель исследовательской организации Climate Central предупреждает: «Подъем уровня моря – это невидимое цунами, набирающее силу, в то время как мы бездействуем. У нас истекает время для того, чтобы успеть предотвратить худшие последствия «большой воды».

Удручающую картину рисует Джереми Вейсс, старший исследовательский сотрудник департамента геологических наук Аризонского университета: «В ближайшие столетия уровень моря станет выше на 4–6 м из-за того, что антарктические и гренландские ледники тают, как кусочки льда на тротуаре в летнюю жару». Справедливости ради стоит отметить, что подогревает атмосферу, а с ней и Мировой океан, не только человеческая деятельность. В апреле этого года на дне Северного Ледовитого океана была обнаружена очередная утечка метана – газа, наряду с углекислотой «отвечающего» за парниковый эффект. Поднимающиеся из-под воды огромные пузыри, диаметром достигающие до 1 тыс. м, ученые замечали и раньше, но тот факт, что их становится все больше, говорит о тревожной зависимости: потепление растапливает подводную мерзлоту, и из-под льдов высвобождаются залежи газа, который ускоряет потепление.

Можно сомневаться в объективности столь тревожных сигналов, но слишком много негативных фактов нарушения водного режима в различных странах заставляет и почвоведов задуматься об их последствиях. О том, что эти процессы не столь просты, как нам еще недавно казалось, говорят результаты изучения «дыхания почвы», прове-

денного аспирантом Омского агроуниверситета А. Фединым. Оказалось, что выделение углекислого газа из почвы в хвойных и лиственных парцеллах в лесостепной зоне практически одинаково и не зависит от климатических условий. К сожалению, динамика активности почвенной микрофлоры по видам почв почти не исследуется со времен профессора А.П. Костычева. Он первым раскрыл закономерности микробиологического разложения растительных остатков различных лесных пород. На склоне лет он был назначен на должность министра земледелия России. И мы должны быть благодарны ему за то, что он в середине 90-х гг. XIX в. организовал изучение условий земледелия в Сибири, создавшее предпосылки для столыпинской земельной реформы. Мы обязаны изучать его научный багаж так же, как изучаем труды В.В. Докучаева. Классики науки не только оставляют потомкам достигнутые решения, но и ставят задачи на будущее. Это и обеспечивает развитие науки.

На этом негативном фоне позитивным является усиление и углубление внимания результатам космических методов исследования земельных фондов планеты. В настоящее время в космосе работают свыше тысячи космических аппаратов (КА), называемых с легкой руки наших журналистов «спутниками». К сожалению, среди них до настоящего времени нет российских аппаратов гражданского назначения, кроме летательных аппаратов для контроля погоды и лесных пожаров.

Определенные надежды дает появление беспилотных летательных аппаратов. К сожалению, наши попытки использования этого пути натолкнулись, с одной стороны, на весьма высокую их стоимость, а с другой – они, как правило, оснащены черно-белыми съемочными камерами, что, по сравнению с возможностями изучения состояния природных экосистем мультиспектральными КА оптического типа, резко снижает результативность исследований почвенного покрова.

Достаточно сказать, что большая часть наших исследований за последние семь лет была проведена немецкими КА RapidEye, которые оснащены съемочными камерами, имеющими пять цветовых каналов [7]. В текущем году мы начали дешифрирование мультиспектральных снимков КА Европейского космического общества Sentinel, которые производят съемку в 12 диапазонах солнечного спектра. Уже в следующем году мы сможем показать результаты исследований природных экосистем различной степени подтопления небывалого спектра цветового диапазона. Нам представляется, что уже в ближайшие годы

использование космических методов исследований позволит выделить в составе спектральной отражательной способности наземных объектов *поглощение солнечной радиации живыми объектами* [9, 11]. Соответствующие публикации первых результатов наших исследований в этом направлении сделаны в научной литературе Южного федерального округа России, республики Казахстан и Украины [8, 11, 12, 14]. В апреле текущего года они были доложены на X международном форуме ««Интеграция геопространства – будущее информационных технологий», где были отмечены, как и на VIII форуме в 2013 г., дипломом 1 степени в номинации «Лучшее интеграционное решение с применением геопространственных данных» [10].

Еще недавно скептики высказывались против использования методов дистанционного исследования почвенного покрова, ссылаясь на низкую эффективность проведенных в 1980-х гг. МГУ и рядом другими научными учреждениями комплексных исследований в южных районах страны. Но этого можно было ожидать при разрешающей способности космических аппаратов типа Landsat, которые до сих пор проводят съемку наземных объектов с разрешением 30 м на пиксель, т.е. могут отразить состояние объекта площадью не менее, чем 900 кв. м. Сейчас, благодаря снимкам современных КА США, мы определили состояние лесных парцелл в парке Омского агроуниверситета, созданном 100 лет назад на «Лысой горе». Аспирант А. Федин изучил не только состояние каждого отдельного дерева по стандартным показателям лесной таксации, но и спектр отражения экосистем лиственных и хвойных пород с разрешением 0,5 м на пиксель.

По заданию Ростелекома в последние два года мы изучали этими методами состояние целинных черноземов, освоенных 60 лет назад, как в равнинных условиях, так и по склону к крупным озерам Северного Казахстана.

Не вдаваясь в экономические раскладки, которые опубликованы по результатам десятков научных исследований, приведу только две диаграммы динамики валовых сборов зерна за 60 лет с 1954 г. по Западной Сибири в целом и по Одесскому району Омской области, расположенному в центральной части Ишим-Иртышского междуречья (рис. 1, 2) [15, 16].

В годы освоения целины площадь пашни в этом районе, где свыше 90% представлено черноземными почвами, расширилась в 2,5 раза, а производство зерна возросло в 3–5 раз.

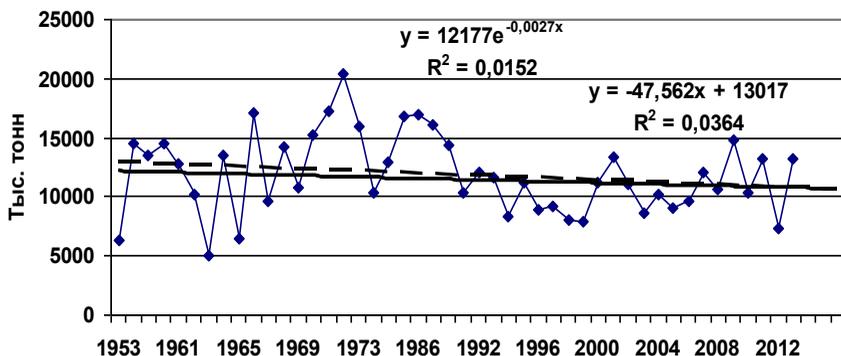


Рис. 1. Динамика валового сбора зерна в Западной Сибири после освоения целинных земель (1953–2013 гг.), тыс. т

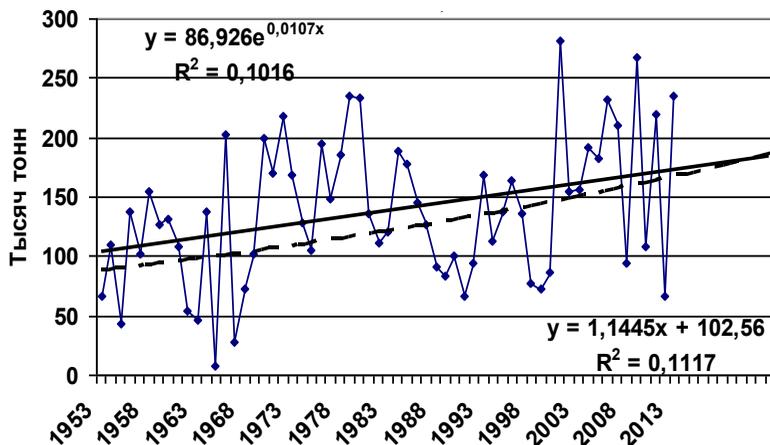


Рис. 2. Динамика валового сбора зерна в Одесском районе Омской области после освоения целинных земель (1953–2013 гг.), тыс. т

При этом урожайность зерновых культур на этих условно деградированных черноземах поднялась, как показало изучение земель агрохолдинга «Сибирь», с 0,7–0,9 до 3–4 т/га. Хозяйство оснащено самой передовой сельскохозяйственной техникой и широко применяет минеральные удобрения и передовые приемы почвозащитного земледелия. Для оценки состояния почвенного покрова через 60 лет после

освоения целинных и залежных земель, пользуясь старыми почвенными картами бывших совхозов и достаточно точными полевыми 2–3-метровыми спутниковыми навигаторами, нами были вскрыты дубликаты почвенных разрезов. В результате были заново описаны те же почвенные контуры, которые были выделены при последнем до реорганизации почвенном картировании, проведенном в 1989 г., но уже с привязкой к современным космическим снимкам немецкой фирмы RapidEye с разрешением 5 м на пиксель [13].

Было установлено, что за 25 лет содержание гумуса в 80% случаев не снизилось, а возросло с 4–5 до 5–6%, практически достигнув исходного уровня, установленного после освоения целинных и залежных земель в 1964 г.

Однако вызывает беспокойство повышенная плотность изучаемых черноземных почв. Связать это с внедрением почвозащитной агротехнологии нельзя, так как новая техника может привести к негативным последствиям максимум до глубины 30–45 см, а повышение плотности наблюдалось при сравнении с почвенными описаниями 1989 г. до 1,5–2 м. Мы склонны объяснить такой негативный результат периодическим подъемом подземных и грунтовых вод, которые в этом микрорегионе никем не исследованы, но фиксировались в период изучения перспектив создания Южно-Омской оросительной системы в Прииртышье.

Таким образом, можно сделать вывод, что и в современных условиях перед почвоведомы стоят не менее актуальные проблемы, чем в течение всего истекшего столетия. Без их решения невозможно возрождение передового уровня земледелия в нашей стране. Современные научные кадры обогащаются грамотной молодежью, которая может успешно решать поставленные сельскохозяйственным производством задачи. Подготовка магистрантов и аспирантов в Омском государственном аграрном университете и других вузах Сибири обеспечивает качественный и количественный рост научных кадров, который сдерживается, к сожалению, недостаточно обоснованным уровнем заработной платы. Но выступления президента страны В.В. Путина перед работниками агропромышленного комплекса в разных регионах страны убеждают, что Правительство России понимает сложность сложившейся обстановки, и следует ожидать кардинального решения этой проблемы.

Литература

1. Вильямс В.Р. Значение трудов В.В. Докучаева в развитии почвоведения : предисловие к книге Докучаев В.В. «Русский чернозем», ОГИЗ-Сельхозгиз, 1936. Цит. по изд.: Докучаев. В.В. Избранные сочинения. М. : Сельхозгиз, 1954. С. 7–15.
2. Berezin L.V. Chernozem and meadow solonez complex in Siberia and utilization and amelioration // Genesis and control of fertility of salt-affected soils. M., 1991. S. 227–229.
3. Березин Л.В. Исследование накопления фтора и стабильного стронция в растениях в связи с мелиорацией солонцовых почв // Сибирский биологический журнал. 1991. Вып. 3. С. 52–58.
4. Березин Л.В., Сысо А.И. Экологические последствия химической мелиорации гидроморфных солонцов Ишим-Иртышского междуречья // Современные проблемы почвоведения в Сибири : материалы Междунар. науч. конф., посвящ. 70-летию образования каф. почвоведения в Томском госуниверситете. Томск, 2000. С. 56–57.
5. Классификация и диагностика почв России. Смоленск : Ойкумена, 2004. 341 с.
6. Березин Л.В. Мелиорация солонцов Сибири. 2-е изд. Омск : Изд-во ОмГАУ, 2006. 208 с.
7. Березин Л.В., Сапаров А.С., Кан В.М., Шаяхметов М.Р. Технология комплексной мелиорации экосистем России и Казахстана / Омск. гос. аграрный ун-т, Казахский НИИ почвоведения и агрохимии. Алматы ; Омск, 2013. 215 с.
8. Березин Л.В., Шаяхметов М.Р., Гиндемит А.М. Изучение поглощения солнечной радиации почвами и агроценозами на основе анализа космической информации // Почвоведение и агрохимия. 2014. № 4. С. 92–102.
9. Березин Л.В. Способность к поглощению солнечной радиации почвами и биоценозами // Актуальные проблемы биологии, нанотехнологий и медицины : материалы V Междунар. науч.-практ. конф. Ростов н/Д, 2013. С. 371–372.
10. Березин Л.В. Применение методов ДЗЗ и ГИС для оценки потенциала поглощения солнечной энергии агроценозов // Геоматика. 2013. № 2 (19). С. 87–90.
11. Березин Л.В., Хамова О.Ф., Падерина Е.В., Гиндемит А.М. Изучение поглощения солнечной радиации почвами и агроценозами на основе анализа космической информации // Почвоведение и агрохимия. 2014. № 4. С. 92–102.
12. Веретельникова И.М., Березин Л.В. Изучение особенностей дешифрирования залежных земель лесостепной зоны Западной Сибири на основе геоинформационных технологий // Развитие науки в XXI в. : сб. докл. Междунар. конф. Харьков : Знание, 2015. Ч. 2. С. 115–119.
13. Березин Л.В. Отражение спектра солнечной радиации в экосистемах по материалам дистанционного зондирования Земли // Вестник Омск. гос. аграрного ун-та. 2015. № 4 (20). С. 24–32.
14. Березин Л.В. Исследование отраженного спектра солнечной радиации в экосистемах равнинных регионов // Збірник центру наукових публікацій «Велес» за матеріалами міжнародн. наук.-практ. конф. «IV осінні наукові читання». Київ : Центр наукових публікацій, 2015. Ч. I. С. 84–88.
15. Березин Л.В., Федяева Е.Ю. Применение космической информации высокого разрешения для оценки состояния почв в районах освоения целинных земель Сибири // Земля из космоса. 2015. № 5 (21). С. 35–39.

16. Способ агрохимич. обследования почв. Патент РФ № 2 5572 712/ Приоритет 28.03.2014. Оpubл. 20.01.2016. Бюл. № 2. Авт.: Л.В. Березин, М.Р. Шаяхметов, В.М. Красницкий, А.Г. Шмидт.
17. Красницкий В.И., Шмидт А.Г., Березин Л.В., Шаяхметов М.Р. Новый способ почвенно-агрохимического обследования земель равнинных регионов // Плодородие. 2016. № 1. С. 10–12.

THE MAIN DIRECTIONS OF DEVELOPMENT OF AGRICULTURAL SOIL SCIENCE IN THE XXI CENTURY

L.V. Berezin

Omsk State Agrarian University named after P.A. Stolypin, Omsk,
docberezin@yandex.ru

Abstract. Partial use of the new soil classification in the second decade of the new century ensured the growth of grain production with minimal assistance of the state Budget. This is supported by the agricultural use of space-based information and, in particular, the method of calculation of the absorption of living ecosystems part of the spectrum of solar radiation.

Keywords: Soil classification; steam-fallow farming system; space information; the spectrum of solar radiation

УДК 631.4

DOI: 10.17223/9785946215640/4

ЛАБИЛЬНОЕ ОРГАНИЧЕСКОЕ ВЕЩЕСТВО В ПАХОТНЫХ ПОЧВАХ

А.А. Титлянова

*Институт почвоведения и агрохимии СО РАН, Новосибирск,
argenta@issa.nsc.ru*

Аннотация. Все органическое вещество Земли делится на три группы: живое, лабильное и почвенное. Основным лабильным органическим веществом в агропочвах является мелкая мортмасса, которая быстро разлагается. Из нее освобождаются элементы питания, поступающие в корни растений. Скорость разложения мелкой мортмассы не определяется гидротермическими условиями, а наиболее тесно связана с количеством органического вещества, поступающего за сезон в мортмассу с растительными остатками.

Ключевые слова: лабильное органическое вещество; солома; корни; мортмасса; минерализация; удельная скорость процесса.

В первом приближении все органическое вещество (ОВ) Земли можно разделить на три группы: живое вещество, лабильное органическое вещество (ЛОВ) и почвенное органическое вещество (ПОВ).

Живое вещество по всем функциям отличается от ЛОВ и ПОВ и в статье не рассматривается. ЛОВ имеет огромное множество форм – от упавшего мертвого дерева до тончайших уже гумусированных частиц. Общей для всей совокупности ЛОВ является одна и та же цепочка: грубое разрушение, измельчение, минерализация и частичный переход в ПОВ. Особое значение судьба ЛОВ имеет для агропочв [4].

Запасы ЛОВ в сибирских почвах. Сводка большого массива данных о запасах ЛОВ в агроценозах Новосибирской области представлена в табл. 1, где показаны запасы основных фракций ЛОВ – послеуборочные остатки и мелкая мортмасса.

Т а б л и ц а 1

Запасы ЛОВ в пахотных почвах зерновых и кормовых агроценозов Новосибирской области в слое почвы 0–30 см, т/га

Культура	Урожай зерна, ц/га	Пожнивные и корневые остатки	Мелкая мортмасса в почве	Всего ЛОВ
Пшеница	13–16	2,3–2,5	5,6–6,7	7,9–9,2
Пшеница	17–20	3,8–4,8	2,8–8,7	9,6–13,5
Пшеница	> 30	4,0–5,9	8,8–12,0	12,8–17,9
Ячмень	15–20	1,9	9,0	10,9
Ячмень	30–35	2,6	11,0	13,6
Овес	19–23	2,3	12,0	15,2
Овес	39–46	3,2	12,0	15,2
Кукуруза	–	4,0	11,7	14,7
Подсолнечник	–	2,8	10,3	13,1
Люцерна	–	4,2* + 6,7**	18,5	29,4
Злаково-бобовая смесь	–	3,2	10,8	14,1

* Пожнивные остатки.

** Корневые остатки люцерны.

Основная часть ЛОВ в пахотных почвах состоит из мортмассы, образовавшейся в текущем и предыдущем году. Ее величина меняется от 5,3 до 18,5 т/га, зависит от вида культуры (см. овес и люцерну) и ее урожая (пшеница, ячмень, овес). В среднем по всем культурам (исключая люцерну) запас мелкой мортмассы в пахотных черноземах Новосибирской области достигает 9,0 т/га. Запас послеуборочных остатков колеблется от 1,9 до 5,9 т/га, составляя в среднем 3,3 т/га.

Следовательно, главным фондом ЛОВ в агроценозах является мелкая мортмасса, постоянно образующаяся и минерализующаяся.

Запасы элементов питания в подземном растительном веществе. В момент уборки урожая запас N в подземном растительном веществе колеблется от 7 до 10 г/м² в слое почвы 0–20 и 0–40 см (табл. 2). Если же после уборки сразу учитываются пожнивные остатки, то оценка запаса N возрастает до 12,4 г/м². Основной запас N сосредоточен в мелкой мортмассе. Запас P варьирует от 0,6 до 1,2 г/м². Наиболее изменчив от агроценоза к агроценозу запас K (2,1–6,5 г/м²). Его основная доля может быть приурочена как к мортмассе, так и к живым корням. В целом осенью под зиму уходит растительное вещество, содержащее около 120 кг N, 12 кг P, и 60 кг K на один гектар.

Таблица 2

Запасы элементов питания в растительном веществе агроценозов пшеницы на оподзоленном, обыкновенном и южном черноземах

Количество сезонов наблюдений	Слой почвы, см	Время отбора образцов	Фракции растительного вещества	Запас, г/м ²		
				N	P	K
Оподзоленный чернозем						
2 – вариант без удобрений	0–20	Сентябрь, перед уборкой урожая	Живые корни	1,23	0,11	0,52
			Крупная мортмасса	2,2	0,13	0,22
			Мелкая мортмасса	6,75	0,83	1,32
			Всего	10,18	1,07	2,06
Обыкновенный чернозем						
5	0–40	Сентябрь, сразу после уборки урожая	Корни	1,94	0,18	1,35
			Пожнивные остатки	2,16	0,23	1,10
			Мортмасса (крупная + мелкая)	8,3	0,78	4,0
			Всего	12,40	1,19	6,45
Южный чернозем						
4	0–30	Сентябрь, перед уборкой урожая	А. Плоскорезная обработка			
			Живые корни	1,0	0,10	0,50
			Солома	2,5	0,31	0,92
			Мелкая мортмасса	4,7	0,41	0,73
			Всего	8,2	0,92	2,15
			Б. Отвальная обработка			
			Живые корни	1,0	0,08	0,82
			Солома	2,7	0,25	0,32
			Мелкая мортмасса	3,0	0,30	0,66
			Всего	6,7	0,63	1,80

Если содержание углерода в растительных остатках не определяется, а рассчитывается из количества остатков, то обычно для перевода используется коэффициент 0,5. Применение коэффициента данной величины неправомерно, он сильно отклоняется от 0,5 в связи с различной зольностью выделяемых фракций мортмассы.

Зольность фракций меняется в течение сезона, что было показано на примере отвального и плоскорезного пара на южном черноземе (табл. 3) [1].

Таблица 3

Зольность растительных остатков, % сухого вещества

Фракция растительных остатков	1977 г.				1978 г.
	V	VI	VIII	IX	V
Отвальный пар					
Солома на поверхности почвы	5,8	4,9	8,2	7,0	Не опр.
Солома	В слое почвы 0–30 см	13,4	11,4	19,6	15,0
Мелкая мортмасса		17,0	21,6	35,5	28,5
Корни		12,0	16,0	25,0	22,0
Плоскорезный пар					
Солома на поверхности почвы	6,0	6,3	6,5	7,0	Не опр.
Солома	В слое почвы 0–30 см	19,0	12,6	24,0	16,6
Мелкая мортмасса		19,0	20,8	32,6	29,5
Корни		12,0	7,5	8,6	22,0

Наименьшую зольность имеет солома, лежащая на поверхности почвы. Ее зольность колеблется от отбора к отбору, но в целом в течение года довольно постоянна. Солома в почве имеет большую зольность, которая нарастает к августу, а затем снижается. Наибольшая зольность характерна для мелкой мортмассы (17–36%). Пик зольности этой фракции (29–35%) держится с августа по май следующего года. Зольность старых корней в течение года повышается с 12 до 21%.

Изменение зольности, по нашему мнению, объясняется двумя причинами: разложением органического вещества без высвобождения из разлагающихся остатков зольных элементов и взаимодействием ЛОВ с почвой. Мельчайшие почвенные частицы, которые не отмываются даже при длительной декантации, прилипают к соломе и полуразложившимся растительным остаткам. Мы не могли отмыть водой эти

минеральные частицы ни в полевых, ни в лабораторных условиях. В связи с загрязненностью мелкой мортмассы почвенными частицами процент углерода в данной фракции сравнительно низок (табл. 4).

Т а б л и ц а 4

Содержание углерода в компонентах растительного вещества зерновых агроценозов [4]

Компоненты	Содержание С, % сухого вещества	Средний коэффициент перевода сухого вещества в С
Зерно	38,5–48,5	0,44
Солома, листья, пожнивные остатки	36,0–43,0	0,40
Живые корни	31,6–36,7	0,35
Подземная мелкая мортмасса	27,4–30,5	0,29

Т а б л и ц а 5

Поступление растительного вещества в течение вегетационного сезона в мортмассу, г/м²·сезон [1, 2]

Поступающие фракции	Опоздоленный чернозем		Обыкновенный чернозем	Южный чернозем 0–30 см	
	БУ	У		Пл	От
До уборки урожая					
С отмирающими органами и целыми растениями пшеницы	69	30	122	75	71
С отмирающими сорняками и семенами	27	35	57	58	6
С отмирающими корнями	94	102	103	204	144
Всего	190	167	282	337	220
После уборки урожая					
С пожнивными остатками	88	110	190	157	158
С корневыми остатками	258	220	178	72	61
С половой и соломой	–	–	–	267	265
Всего	346	330	368	496	484
Всего за полевой сезон	536	497	650	833	704
% массы растительных остатков, поступивших в почву до уборки урожая	35	34	43	40	31

Примечание. У – удобрение, БУ – без удобрения.

Наблюдения, проведенные в агроценозах пшеницы на южных черноземах, показали, что растительное вещество, начиная с фазы коло-

шения пшеницы, поступало в почву с осыпающими в течение сезона листьями, целыми растениями, корнями сорняков и пшеницы. Количество органического вещества, поступающего от посева до уборки в мортмассу и переходящее в почву, меняется по годам и вариантам от 150 до 360 г/м². В варианте с плоскорезной обработкой эта величина всегда выше за счет отмирающих сорняков и корней, продукция которых больше при плоскорезной обработке почвы (табл. 5).

Основная масса растительного вещества поступает в почву агроценоза после уборки урожая. Однако доля летнего поступления очень велика (35–45%) и пренебрегать ею при расчете входа лабильного углерода в почву агроценоза недопустимо.

Разложение мортмассы. Разложение мортмассы – сложный процесс, включающий как минерализацию, так и гумификацию растительных остатков. Разложению в течение определенного периода подвергается как мортмасса, находящаяся в почве к началу данного периода, так и растительные остатки, поступившие в мортмассу в течение всего летнего сезона.

Наиболее подробно процессы поступления растительного вещества в мортмассу и разложения мортмассы исследованы в севообороте пшеницы на южных черноземах при отвальной и плоскорезной обработках почвы (табл. 6). Для анализа последнего процесса используем величину удельной скорости разложения, которая равна $f_d = Id/Mm\Delta t'$, где Id – удельная скорость разложения; Mm – количество мортмассы на момент времени t_1 , Δt – время разложения ($t_2 - t_1$). Удельная скорость разложения показывает, какая доля мортмассы разлагается за сутки. Данная величина не зависит от времени (длительности разложения), запасов мортмассы и целиком определяется активностью микроорганизмов-деструкторов.

Подробный анализ изменения величины f_d при меняющихся гидротермических условиях, описанный в [2], позволил сделать следующие выводы:

1. Нет четкой разницы в удельных скоростях разложения при различной обработке почвы.

2. Средние за летний сезон удельные скорости для обоих вариантов обработки почвы минимальны в паровых полях (3–9 мг/г·сут) и значительно повышаются в посевах пшеницы после пара (16–22 мг/г·сут). При плоскорезной обработке они снижаются в полях второй и третьей культуры до 9–12 мг/г·сут, при отвальной обработке достигают минимума в поле третьей культуры (3 мг/г·сут).

3. Величина удельной скорости не коррелирует с влажностью почвы, наиболее высокие скорости часто совпадают с периодами наименьшей влажности. Скорости разложения не связаны ни с количеством выпадающих осадков, ни с температурой почвы. Отметим, что высокие скорости разложения (10–21 мг/г·сут) наблюдались иногда в осенне-весенний период, когда температура почвы значительно ниже, чем летом.

4. Скорость разложения не коррелирует с концентрацией N в разлагающихся остатках. Так, например, концентрации N в мортмассе минимальны (1,68–1,42%) в послепаровых полях, когда удельные скорости разложения максимальны.

5. Наиболее тесная связь существует между удельной скоростью разложения и количеством растительного вещества, поступающего за сезон в мортмассу.

Т а б л и ц а 6

Поступление в почву и разложение мортмассы в агроценозах пшеницы на южном черноземе, слой почвы 0–100 см

Показатели	1977–1978 V–VI пар		1978–1979 VI–VI пшеница		1979–1980 VI–VI пшеница		1980–1981 VI–VI пшеница	
	Плоско- резная	Отваль- ная	Плоско- резная	Отваль- ная	Плоско- резная	Отваль- ная	Плоско- резная	Отваль- ная
Запас морт- массы на начало пе- риода, г/м ²	773	565	823	585	855	795	769	772
Поступление, г/м ² в год	187	128	868	753	885	931	674	439
Разложение, г/м ² в год	137	108	836	543	646	954	640	457
Запас морт- массы на конец пе- риода, г/м ²	823	585	855	795	769*	772	803	754

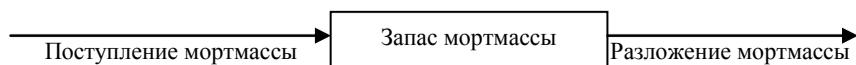
* Уменьшение мортмассы, запас которой в июне 1980 г. не соответствовал расчетной величине, связан с тем, что часть соломы весной 1980 г. была сожжена [2].

Таким образом, основным регулятором скорости разложения мортмассы является, по-видимому, интенсивность поступления в разлагающийся субстрат размельченной соломы и отмирающих мелких корней. Это обстоятельство заставляет предположить, что главным

фактором, лимитирующим активность микроорганизмов-минерализаторов, является доступная им пища (табл. 6).

На южном черноземе при обоих вариантах обработки почвы было показано, что интенсивность годового поступления мортмассы в почву и ее разложение за год практически совпадают, а запас мортмассы в метровом слое почвы колеблется от 750 до 850 г/м².

Равенство входа углерода органического вещества (поступление в мортмассу) и выхода (разложение), а также постоянство запаса компонента (мортмасса) свидетельствуют о том, что нижеуказанное звено круговорота в исследованных агроценозах находится в стационарном состоянии [3].



Следовательно, запас мортмассы в почве при постоянной агротехнике держится почти постоянным, так как ее ежегодный вход в почву в основном минерализуется и в небольшой своей части превращается в прогумус.

Литература

1. Продукционный процесс в агроценозах. Новосибирск : Наука, 1982. 185 с.
2. Агроценозы степной зоны. Новосибирск : Наука, 1984. 244 с.
3. Титлянова А.А., Тесаржова М. Режимы биологического круговорота. Новосибирск : Наука, 1991. 150 с.
4. Титлянова А.А., Кудряшова С.Я., Якутин М.В., Булавко Г.И., Миронычева-Токарева Н.П. Запасы лабильного углерода в экосистемах Западной Сибири // Почвоведение. 1999. № 3. С. 333–341.

LABILE ORGANIC MATTER IN ARABLE SOILS

A.A. Titlyanova

Institute for Soil Science and Agricultural Chemistry of SB RAS, Novosibirsk, argenta@issa.nsc.ru

Summary. All organic matter of the Earth can be divided into three groups: live, labile and soil. The main labile organic matter in the field is small mortmass, which quickly decomposes and fertilizer elements supply to plant roots. The rate of decomposition of small mortmass is not determined by hydrothermal conditions and is most closely related to the number of organic matter coming a season in mortmass with plant residues.

Keywords: unstable organic matter; straw; roots; mortmass; mineralization; specific rate.

КАЛИЙ КАК ФАКТОР ОПТИМИЗАЦИИ ПРОДУКТИВНОСТИ И ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ПОЧВ

В.Н. Якименко

*Институт почвоведения и агрохимии СО РАН, Новосибирск,
yakimenko@issa.nsc.ru*

Аннотация. В стационарных полевых опытах исследовано влияние длительного использования калийных удобрений (на фоне NP) на урожайность выращиваемых культур, калийное состояние почвы, содержание в почве тяжелых металлов и галогенов, структуру почвенного микробиоценоза. Показано, что длительный сильнодефицитный баланс калия в агроценозах приводит к существенному ухудшению калийного статуса почвы, ее производственного и экологического состояния.

Ключевые слова: калий; почва; агроценоз; агрохимическое и экологическое состояние.

Современная парадигма природопользования вообще и земледелия в частности обуславливает необходимость учета экологических законов и принципов. Экологизация земледелия предусматривает оптимизацию циклов биогенных элементов в агроландшафтах с их активным балансом, повышение продуктивности и экологической устойчивости агроценозов, сохранение и восстановление биоразнообразия. Эти важные экологически обусловленные задачи земледелия могут быть решены только при научно обоснованном использовании средств химизации, в том числе минеральных удобрений. Калий – важнейший элемент-биофил, выполняющий существенные агрохимические и экологические функции в агроэкосистемах [1–3]. Тем не менее регулированию калийного режима в агроценозах в отечественном земледелии, как правило, уделяется мало внимания. В период наибольших масштабов химизации (1981–1990 гг.), когда среднегодовое применение минеральных удобрений в Западной Сибири составляло 50–70 кг/га, средняя доза внесения калийных туков в регионе не превышала 5–10 кг/га. В настоящее время калийные удобрения практически

не применяются: при средней по региону дозе вносимых туков около 5 кг/га доля калия в общей структуре составляет 2–3%.

В этой связи, учитывая минимальный уровень использования калийных удобрений в отечественном земледелии и, соответственно, нарастающее истощение почвенного плодородия в отношении калия, изучение калийного состояния почв и его влияния на их производственные и экологические функции в настоящее время весьма актуально.

Проводимые нами длительные исследования на зональных почвах лесостепи Западной Сибири [3] показали, что наивысшая урожайность всех выращиваемых культур (зерновые, овощные, картофель) была получена при сбалансированном минеральном питании (табл. 1). Исключение из состава «полного» удобрения хотя бы одного элемента (в нашем случае калия) приводило к нарастающему во времени снижению эффективности остальных вносимых туков. При длительном дефицитном калийном балансе «одностороннее» внесение NP удобрений не способствовало заметной дополнительной мобилизации почвенного калия культурами; его вынос в вариантах контроль и NP был примерно одинаковым. Следует отметить также и заметное повышение устойчивости культур к различным болезням и вредителям в вариантах опытов с оптимальной обеспеченностью калием [1–3]. В целом проводимые исследования показали, что эффективность регулирования режима калия в агроценозах определялась исходными запасами в почве подвижных форм калия, длительностью и интенсивностью использования участка почвы, а также биологическими особенностями выращиваемой культуры [3].

Т а б л и ц а 1

Средняя урожайность некоторых культур в многолетнем стационарном полевом опыте на серой лесной среднесуглинистой почве, ц/га

Вариант	Пшеница	Ячмень	Картофель	Капуста	Томат
Без удобрений	27,9	34,9	125	850	350
NP	31,4	40,2	142	1061	494
NPK	34,2	45,4	332	1221	622
НСП ₀₅	2,5	4,5	60	85	59

Баланс калия в агроценозах оказал существенное влияние на калийный статус почвы (табл. 2). Содержание обменного калия – основного в настоящее время диагностического показателя – при сильнодефицитном балансе в течение нескольких лет достигло стабильно-

го «минимального» уровня и не отражало дальнейшие потери элемента из почвы с выносом урожаями. В определенной, хотя и меньшей, степени это относится и к необменной форме элемента. В то же время общий вынос калия в опыте в вариантах контроль и NP значительно превысил исходные запасы его обменной формы в метровом слое почвы и примерно равнялся запасу необменной формы элемента в пахотном почвенном слое.

Т а б л и ц а 2

Изменение содержания форм калия в серой лесной почве при длительном сельскохозяйственном использовании, мг/100 г

Вариант	Легкообменный	Обменный	Необменный
Целинная почва			
Целина	1,6	12,0	120
Овощной агроценоз			
Без удобрений	0,4	7,6	95
NP	0,4	7,4	95
NPK	1,6	14,6	142
Зерновой агроценоз			
Без удобрений	0,5	7,8	107
NP	0,4	7,6	102
NPK	1,4	12,3	126

Очевидно, что значительная часть выноса калия и процесс восстановления до определенного уровня в почве его подвижных форм обеспечивались за счет структурного калия почвенных минералов, более прочно связанного с матрицей и не извлекающегося используемыми вытяжками. Можно полагать, что перманентное потребление структурного калия при длительном сильнодефицитном его балансе в агроценозе приведет к значительному изменению состава, а следовательно, и свойств почвенных минералов (повышение степени дисперсности, лабильности и др.). Проведенный минералогический анализ выявил явную тенденцию снижения содержания гидрослюды и увеличения набухающей фазы в почве вариантов с большим некомпенсируемым выносом калия [3].

Следует отметить, что длительный сильнодефицитный баланс калия в агроценозах приводил к существенному снижению содержания его подвижных форм, главным образом в пахотном слое почвы (рис. 1). Таким образом, усиленная истощающая калийная нагрузка на верхний почвенный горизонт лишь обостряет деградационные про-

цессы, а надежды на «неисчерпаемые» запасы калия в почве, как в пахотном слое, так и включая нижележащие горизонты, оказываются не совсем состоятельными.

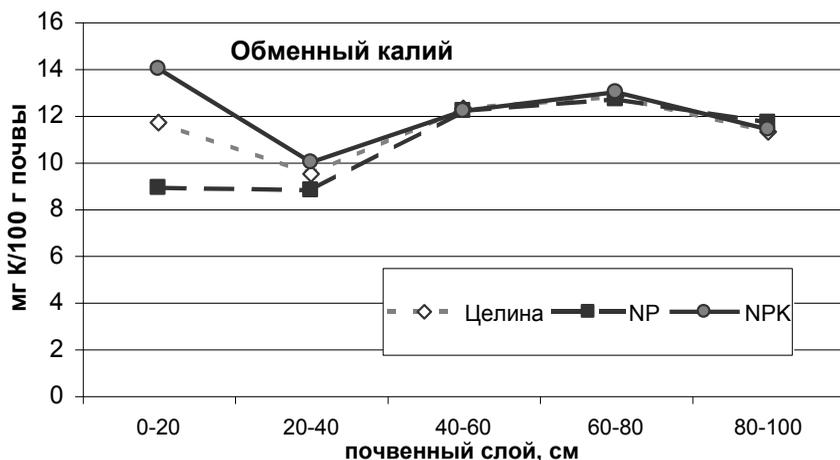


Рис. 1. Изменение содержания обменного калия в профиле серой лесной почвы

Сельскохозяйственное использование почвы неодинаково отразилось на содержании форм калия в различных почвенных гранулометрических фракциях (рис. 2). Длительный сильнодефицитный баланс калия в агроценозе привел к существенному снижению содержания обменного и необменного калия в первую очередь и в наибольшей степени в дисперсных фракциях – иле и мелкой пыли, наиболее ценных с агрономической точки зрения. Очевидно, что все отмеченные процессы – изменение биогеохимических потоков элемента, существенные преобразования кристаллохимического состава и свойств мелкозема, стимулирующих текстурную дифференциацию почвенного профиля – негативным образом отражаются на экологической устойчивости почвы и эффективности функционирования агроценозов [3].

Важной экологической проблемой в настоящее время является загрязнение почв различными антропогенными поллютантами, в том числе тяжелыми металлами (ТМ) и галогенами, которые в качестве балластных элементов содержатся и в минеральных удобрениях. Наши исследования [4] показали, что многолетнее применение высоких

доз азотно-фосфорных удобрений при сильном дефиците калия не обеспечивало соответствующее увеличение урожайности культур и приводило к заметному накоплению в почве всех форм ТМ. Длительное внесение высоких, но сбалансированных доз минеральных удобрений (NPK), несмотря на заметное дополнительное поступление в агроценоз содержащихся в них ТМ, привело к существенному снижению уровня этих элементов в почве; в наибольшей степени уменьшилось содержание наиболее мобильных фракций почвенного пула ТМ (табл. 3).

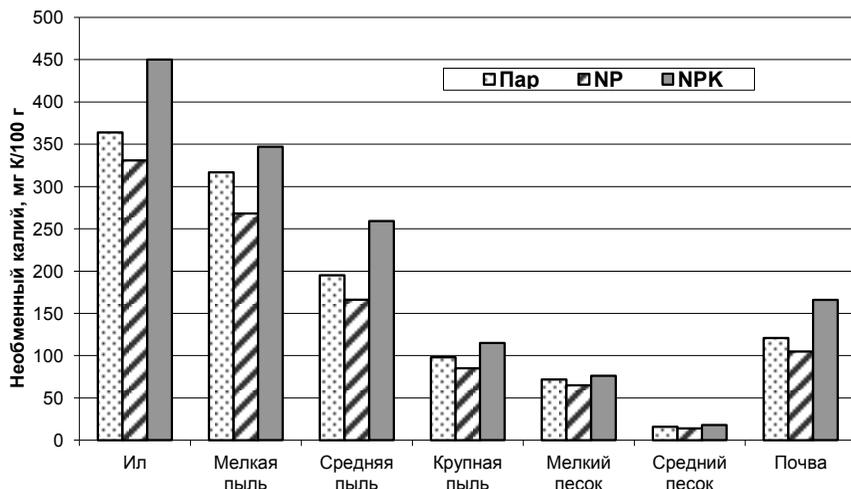


Рис. 2. Изменение содержания обменного калия в гранулометрических фракциях среднесуглинистой серой лесной почвы в агроценозе

Таблица 3

Содержание кислоторастворимой формы ТМ и водорастворимой формы галогенов в почве длительного полевого опыта, мг/кг [4, 5]

Варианты	Co	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn	F	Cl
Целина	3,2	1,3	4,9	5,3	7,6	11,9	3,2	11,1
Без удобр.	3,2	1,2	5,0	5,3	7,5	11,5	3,5	11,2
NP	3,6	1,9	5,5	6,5	8,4	15,3	3,9	11,4
NPK	2,7	0,4	4,9	4,8	7,5	11,5	4,5	14,6
НСП ₀₅	0,3	0,2	0,4	0,4	0,5	1,4	0,7	0,3

Длительное ежегодное внесение повышенных доз хлористого калия не привело к накоплению в почве агроценоза токсичных концентраций галогенов (табл. 3). Повышение содержания фтора и хлора в почве варианта NPK, хотя и статистически значимое, не вызвало создания опасного для выращиваемых культур уровня этих элементов [5].

Различная интенсивность использования удобрений в агроценозе заметно влияет на структуру микробоценоза и численность основных групп микроорганизмов. Проведенные исследования [6] показали, что численность почвенных прокариот – бактерий и актиномицетов – хорошо отражает уровень эффективного почвенного плодородия, который формируется в результате длительного применения (или не применения) минеральных удобрений (табл. 4). Наивысшая в опытах численность этих групп микроорганизмов отмечалась в почве вариантов со сбалансированным минеральным питанием растений – NPK, на которых была достигнута и наиболее высокая урожайность выращиваемых культур.

Т а б л и ц а 4

Общая численность групп микроорганизмов в пахотном слое почвы агроценоза (среднее за вегетацию) [6]

Вариант	Бактерии	Актиномицеты	Грибы	Пропагулы ризоктонии, шт./100 г
	шт. × 10 ⁵ КОЕ / 1 г почвы		шт. × 10 ³ КОЕ /1 г	
Пар	9,63	0,63	4,09	0
Без удобрений	8,09	0,59	3,04	9,6
NP	8,38	0,85	7,67	28,6
NP + K1	11,83	1,01	5,69	15,5
NP + K2	14,19	1,14	4,35	13,3
NP + K3	16,11	1,43	4,10	6,3
NP + K4	18,89	1,44	4,18	1,4
NP + K5	15,85	1,42	4,28	1,5

В то же время наивысшая численность грибов отмечалась в почве варианта с односторонним внесением NP удобрений и, соответственно, повышенным (избыточным) содержанием подвижных форм минерального азота при истощенном калийном фонде. Оптимизация калийного состояния почвы при сбалансированном применении минеральных удобрений приводила к значительному снижению популяции

этой группы микроорганизмов в почве агроценоза. Известно, что многие грибы являются патогенными организмами, ведущими паразитарный образ жизни и вызывающими ряд болезней на растениях, например ризоктониоз – распространенное и вредоносное заболевание картофеля. Определение численности спорангий ризоктонии в почве вариантов нашего опыта (табл. 4) показало, что изменение популяции этого гриба в зависимости от уровня азотного и калийного питания, подчиняется общей закономерности, характерной для всего грибного ценоза.

Таким образом, исследования, проведенные в многолетних стационарных полевых опытах, показали, что оптимизация калийного статуса почвы, при достаточной ее обеспеченности азотом и фосфором, существенно улучшает агрохимическое и экологическое состояние как почвы, так и агроценоза в целом, способствует значительному росту урожайности выращиваемых культур и повышению эффективности использования растениями элементов питания.

Длительный дефицитный баланс калия в агроценозе вызывает снижение в почве содержания форм калия, прежде всего, обменной, до устойчивого «минимального» уровня, лимитирующего питание растений, ухудшение структуры почвенного микробоценоза, изменение кристаллохимического состава и свойств мелкозема почв, что в целом негативно отражается на производительных и экологических функциях почвы.

Литература

1. Минеев В.Г. Агрохимия и экологические функции калия. М. : Изд-во МГУ, 1999. 332 с.
2. Прокошев В.В., Дерюгин И.П. Калий и калийные удобрения. М. : Ледум, 2000. 185 с.
3. Якименко В.Н. Калий в агроценозах Западной Сибири. Новосибирск : Изд-во СО РАН, 2003. 231 с.
4. Якименко В.Н., Конарбаева Г.А. Трансформация фонда тяжелых металлов серой лесной почвы в агроценозе // Агрохимия. 2016. № 4. С. 61–69.
5. Якименко В.Н., Конарбаева Г.А. Эколого-агрохимическая оценка трансформации почвенного фонда галогенов в агроценозе // Сибирский экологический журнал. 2012. № 6. С. 865–870.
6. Якименко В.Н., Малюга А.А. Калийное состояние почвы и структура ее микробного сообщества // Агрохимия. 2013. № 9. С. 15–20.

POTASSIUM AS A FACTOR OPTIMIZATION PRODUCTIVITY AND ECOLOGICAL CONDITION OF SOILS

Yakimenko V.N.

Institute for Soil Science and Agricultural Chemistry of SB RAS, Novosibirsk,
yakimenko@issa.nsc.ru

Summary. In stationary field experiments investigated the effect of long-term use of potassium fertilizers (compared to NP) on the yield of crops, soil conditions potash content in the soil of heavy metals and halogens, the structure of the soil microbocenosis. It is shown that strong deficit balance of potassium in agrocenoses leads to a significant deterioration of soil potassium status, its production and environmental conditions.

Keywords: potassium; soil agrocenosis; agrochemical and environmental condition.

УДК 631.42

DOI: 10.17223/9785946215640/6

О ВОЗМОЖНОСТЯХ ПРИМЕНЕНИЯ ФЕРМЕНТАТИВНОЙ АКТИВНОСТИ ПРИ ЭКОЛОГИЧЕСКОМ НОРМИРОВАНИИ И ОЦЕНКЕ НЕФТЕЗАГРЯЗНЕННЫХ ПОЧВ

Е.И. Ковалева, М.А. Пукальчик

*Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Москва
АНО «Экспертно-аналитический Центр по проблемам окружающей среды
«Экотерра», Москва, katekov@mail.ru*

Аннотация. В работе рассматривается возможность использования активности каталазы как маркера направленности и интенсивности биологических процессов в почвах в условиях нефтезагрязнения. Показано, что зависимость активности каталазы от концентрации нефтепродуктов в почвах носит линейный характер, свидетельствующий о хорошей информативности данного показателя и возможности его использования для оценки нефтезагрязненных почв и экологического нормирования. Установлено достоверное изменение активности каталазы ($p < 0,05$) в подзолах при уровне загрязнения нефтепродуктами в 10 г/кг, в торфяно-подзолах иллювиально-гумусовых при содержании нефтепродуктов – 20 г/кг.

Ключевые слова: почвы; подзолы; нефть; нефтезагрязнение; оценка; экологическое нормирование; активность каталазы.

В современных условиях рациональное использование природных ресурсов и защита окружающей среды приобретают особое значение. Человек рассматривает окружающую среду как источник ресурсов; хозяйственная деятельность для удовлетворения нужд человека приобретает такие масштабы, что нарушаются основные принципы естественного функционирования биосферы. Нарушение равновесия в экосистемах вызывают необратимые изменения, которые при бесконтрольных антропогенных нагрузках в конечном итоге могут привести к точке невозврата биосферы в естественное состояние вплоть до ее уничтожения.

Современные технологии добычи сырья не обходятся без аварийных ситуаций и загрязнения окружающей среды. Наиболее распространенным загрязнением окружающей среды является нефтяное загрязнение. Процессы добычи, транспортировки, переработки нефти и нефтепродуктов неизбежно приводят к воздействию на компоненты природной среды, в том числе почвы. Поступление нефти и продуктов ее трансформации в почву приводит к изменению ее химического состава, свойств, функций и в целом к нарушению экологического равновесия в почвенной экосистеме. Поэтому необходимы установление научно обоснованных норм воздействий на почвы и оценка уровня загрязнения почв.

Методы биотестирования получают широкое распространение в оценке качества природных сред, в том числе и почв. Предложены десятки методов биотестирования почв, большинство которых основано на получении водной вытяжки, тестируемой на гидробионтах. Опыт работы показывает, что биотестирование водных вытяжек не всегда отражает существующую токсичность почв, особенно для нефтезагрязненных почв. Задачей остается выбор биологических показателей, чувствительных к тому или иному виду загрязнителя, в данном случае к нефтезагрязнению, отражающих ответную реакцию почв на определенную дозу внесенной нефти или нефтепродуктов.

Целью работы было изучение активности фермента каталаза в почвах разного уровня нефтезагрязнения для выявления возможности использования данного биологического показателя для оценки уровня нефтезагрязненности почв и экологического нормирования.

Выбор ферментативной активности как биодиагностического показателя для оценки нефтезагрязненности почв основывался на том,

что маркером направленности и интенсивности биологических процессов в почвах, синтеза и разложения органического вещества, мобилизации элементов питания растений, специфичностью действия в отношении катализа определенных химических реакций является ферментативная активность. Интерес к почвенным ферментам существует не одно столетие, первые работы относятся к концу XIX – началу XX в. [17, 18]; исследования активности каталазы в почвах также появились в начале прошлого века [14, 15]. Установлено, что каталаза выделяется микроорганизмами в окружающую среду, обладает высокой устойчивостью, может накапливаться и длительное время сохраняться в почве [12, 13, 16].

Исследованиями различных авторов установлено, что активность почвенных ферментов может служить дополнительным диагностическим показателем почвенного плодородия и его изменения в результате антропогенного воздействия [1, 2, 3, 5, 11].

Разложение нефтяных углеводов в почве происходит при обязательном участии оксиредуктаз [7, 10]. Применительно к вопросам биodeградации нефти и нефтепродуктов рядом работ было показано, что индикатором способности бактериального комплекса почв к выживанию является активность каталазы.

О.А. Гоголевой [4] экспериментально установлена прямая зависимость между активностью каталазы углеводородокисляющих бактерий и концентрацией нефти или нефтепродуктов; показано, что потребление углеводов сопровождалось снижением активности каталазы и увеличением численности штамма-деструктора.

Работами Д.И. Тазетдиновой и др. [9] показано, что в почвах с хроническим и свежим загрязнением нефтепродуктами и тяжелыми металлами активность каталазы была в 6,5 раз ниже значений контроля. Величина активности фермента в почвах с двухмесячным и двухлетним сроками загрязнения также были ниже значения контроля – в 2,5 и 6,5 раз соответственно. Одним из основных выводов данных исследований является возможность использования показателя ферментативной активности как меры антропогенного воздействия на почвы с синергетическим типом загрязнения нефтепродуктами и тяжелыми металлами.

Исследования Е.Ю. Руденко [8] подтверждают выводы о том, что при загрязнении почв нефтепродуктами возрастает ферментативная актив-

ность, в том числе каталазная. Показано, что активность каталазы черноземной оподзоленной среднесуглинистой почвы постепенно снижается.

В работе по исследованию динамики эколого-биологических характеристик дерново-подзолистых почв в условиях длительного воздействия нефтяного загрязнения [6] показано, что ферментативная активность почв является индикатором уровня загрязненности. В ходе поставленных в работе экспериментов было установлено, что внесение нефти в дерново-подзолистую среднесуглинистую почву в концентрации до 20% приводит к повышению каталазной активности. Ингибирование каталазной активности в ней зарегистрировано на 365-е сутки эксперимента в вариантах, исходно содержащих 13 и 16,6% нефти; нефть в концентрации до 9% не ингибирует каталазную активность дерново-подзолистой супесчаной почвы.

В наших исследованиях объектами исследования послужили почвы подзолистого ряда острова Сахалин, развивающиеся в северной части острова и приуроченные к плоским песчаным морским террасам, склонам многочисленных водотоков. Изучены: подзолы иллювиально-гумусовые турбированные супесчаные на супесчаных и песчаных аллювиальных отложениях; подзолы глеевые иллювиально-железистые песчаные на отложениях морской террасы; торфяно-подзолы иллювиально-гумусовые на песчаных отложениях морской террасы; перегнойно-подзолистые поверхностно оглеенные побережий супесчаные на элюво-делювии четвертичных пород.

В эксперименте использовались почвенные образцы (верхний 0–10 см слой) исходных фоновых почв в качестве контрольного варианта и почвенные образцы (верхний 0–10 см слой), загрязненные разными дозами сырой нефти.

Активность каталазы определяли газометрическим методом Галстяна, основанным на измерении скорости распада перекиси водорода при взаимодействии ее с почвой. Измерение активности каталазы для каждого образца почвы проводилось в трех повторностях.

Результаты измерения активности каталазы в модельных нефтезагрязненных почвах и их фоновых аналогах продемонстрировали достоверное изменение активности каталазы ($p < 0,05$) в зависимости от внешней дозы нефти. Так, в подзолах иллювиально-гумусовых турбированных супесчаных, подзолах глеевых иллювиально-железистых песчаных, перегнойно-подзолистых поверхностно оглеенных побережий

супесчаных достоверное изменение активности каталазы происходило при уровне загрязнения нефтепродуктами в 10 г/кг, в торфяно-подзолах иллювиально-гумусовых – при содержании нефтепродуктов 20 г/кг.

Зависимость активности каталазы от концентрации внесенных нефтепродуктов в проведенных исследованиях имеет прямолинейный характер, что свидетельствует о хорошей информативности данного показателя, который может использоваться для оценки нефтезагрязненных почв и экологического нормирования.

Литература

1. Абрамян С.А. Изменение ферментативной активности почвы под влиянием естественных и антропогенных факторов // Почвоведение. 1992. № 7. С. 70–82.
2. Гайворонский В.Г., Колесников С.И. Воздействие мазутного загрязнения на эколого-биологические свойства бурой лесной почвы в модельном эксперименте // Экологические проблемы. Взгляд в будущее : сб. тр. V Междунар. науч.-практ. конф. Ростов-н/Д. : Абрау-Дюрсо, 2008. С. 118–119.
3. Галстян А.Ш. Об устойчивости ферментов почв // Почвоведение. 1982. № 4. С. 108–110.
4. Гоголева О.А. Каталазная активность углеводородокисляющих бактерий : автореф. дис. ... канд. биол. наук. Оренбург, 2012. 16 с.
5. Киреева Н.А., Новоселова Е.И., Тарасенко Е.М., Онегова Т.С. Микробиологическая рекультивация нефтезагрязненных почв // Матеріали Першої наукової конференції «Відновлення порушених природних екосистем». Донецьк, 2002. С. 191–193.
6. Петров А.М. [и др.]. Биологические характеристики дерново-подзолистых почв в условиях длительного нефтяного загрязнения // Сб. науч. тр. Казань : Отечество, 2014. С. 260–269.
7. Пиковский Ю.И. Трансформация техногенных потоков нефти в почвенных экосистемах // Восстановление нефтезагрязненных почвенных экосистем. Сер. Современные проблемы биосферы / под ред. М.А. Глазовской. М. : Наука, 1988. С. 7–22.
8. Руденко Е.Ю. Влияние отработанного кизельгура на биологическую активность нефтезагрязненной черноземной почвы // Известия Самарского научного центра РАН. 2011. Т. 13, № 1. С. 216–222.
9. Тазетдинова Д.И., Антонов В.В., Газизов И.С., Алимова Ф.К. Ферментативная активность выщелоченных черноземов Восточного Закамья Волжско-Камской степи при синергетическом загрязнении тяжелыми металлами и углеводородами // Фундаментальные исследования. 2013. № 8-2. С. 364–369.
10. Хазиев Ф.Х., Фахтиев Ф.Ф. Изменение биохимических процессов в почвах при нефтяном загрязнении и активация разложения нефти // Агрохимия. 1981. № 10. С. 102–111.

11. Хазиев Ф.Х. Системно-экологический анализ ферментативной активности почв. М. : Наука, 1982. 203 с.
12. Щемелина Т.Н. Биологическая активность нефтезагрязненных почв Крайнего Севера на разных стадиях их восстановления и при рекультивации : автореф. дис. ... канд. биол. наук. Воронеж, 2008. 22 с.
13. Garcia C., Hernandez T. Biological and biochemical indicators in derelict soils subject to erosion // *Soil Biology & Biochemistry*. 1997. Vol. 29. P. 171–177.
14. Kappen H. Die Katalitische Kraft des Ackerbodens. Fühlings Landw // *Ztg*. 1913. Bd. 62. S. 377–392.
15. May D., Gile P.L. The catalase of soils. *Agr. Exp. Stat. Porto Rico, Circular*, 1909, № 9.
16. Weetall H.H., Weliky N., Vango S.P. Detection of microorganisms in soil by their catalytic activity // *Nature*. 1965. Vol. 206. P. 1019–1021.
17. Woods A.F. The destruction of chlorophyll by oxidizing enzymes // *Z. Bakt., Parasitenk*. 1899. Abt. 2. Bd. 5, № 22. P. 745–754.
18. Woods A.F. Observation on the mosaic disease of tobacco // *U.S. Dept. of agr. Bureau of plant industry. Bulletin*. Vol. 902, № 18. P. 7–24.

THE POSSIBILITY OF ENZYMATIC ACTIVITY USE IN ENVIRONMENTAL ASSESSMENT OF OIL CONTAMINATED SOILS

Kovaleva E.I., Pukalchik M.A.

M.V. Lomonosov Moscow State University, Moscow
ANO «Centre «Ecoterra», Moscow, katekov@mail.ru

Summary. This paper discusses the possibility of catalase activity use as a marker of the biological process direction and intensity in oil polluted soils. It is shown that the dependence of catalase activity on the concentration of oil products in soils studied is linear, demonstrating the good informativity of this indicator and the possibility of its apply for the oil polluted soil assessment and environmental regulation. There is a significant change of catalase activity ($p < 0.05$) in podzol soils at the level of 10 g/kg oil content; in peaty-podzol soils – 20 g/kg.

Keywords: Soils; podzol; oil; oil pollution; ecological standardization; catalase activity.

**СЕКЦИЯ 1. ФАЦИАЛЬНЫЕ
И ПРОВИНЦИАЛЬНЫЕ
ОСОБЕННОСТИ ПОЧВ РОССИИ
И СТРАН СНГ**

РАЗНООБРАЗИЕ ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА ОСОБО ОХРАНЯЕМЫХ ПРИРОДНЫХ ТЕРРИТОРИЙ БАЙКАЛЬСКОГО РЕГИОНА

Д.В. Гагарин

Иркутский государственный университет, Иркутск, dimon-23-45@mail.ru

Аннотация. Природа Байкальского региона удивительна по своей красоте и наличию уникальных природных объектов, поэтому она так привлекательна для туристов как России, так и всего мира. В связи с таким интересом развивается и инфраструктура района, что оказывает отрицательное влияние Байкальскую природную территорию, особенно на её почвенный покров, который кроме основной функции – обеспечения биопродуктивности – при антропогенном воздействии приобретает санитарно-гигиеническую функцию как нейтрализатора загрязнений, биологического и физико-химического адсорбента.

Ключевые слова: уникальные природные объекты; рекреационные и туристические ресурсы; почвенный покров; антропогенное воздействие.

Актуальность работы связана с тем, что в современной России потребительское отношение к природе и связанная с ним деградация естественных природных комплексов способствуют усилению потребности в сохранении «дикой», относительно нетронутой природы. Это стимулирует поиск развитой частью общества этико-экологического стиля жизни. Составной частью такого стиля жизни является рекреационная деятельность [1].

Большинство рекреантов добираются до мест туристических стоянок на личном автотранспорте. Вследствие этого расширяются дороги, увеличивается количество боковых дорог, усиливаются эрозионные процессы, растительность на таких участках уничтожается полностью. Стоянки туристов расположены преимущественно в прибрежном лесу, как правило, на образованных куртинно-полянных комплексах, на которых местная растительность сильно угнетена. Увеличивается количество сорных видов растений: виды родов клевер, подорожник, одуванчик, крапива и ряд других. К негативным последствиям такого неорганизованного отдыха следует отнести вы-

рубку деревьев (для оборудования стоянок, разведения костров и т.д.) и замусоривание территории. В связи с этим появилась необходимость создания особо охраняемых природных территорий (ООПТ), а также организации отдыха туристов [1–3].

В настоящее время на территории Байкальского региона представлены основные категории особо охраняемых природных территорий, упоминаемые в федеральном законе «Об особо охраняемых природных территориях» (1995): государственные природные заповедники (3), национальные парки (2), заказники федерального и регионального значения (7), а также незначительные по площади курорты и оздоровительные местности, ботанические сады, памятники природы [3].

Объекты исследования. Разнообразие физико-географических условий центральной зоны Байкальской природной территории, присущих рассматриваемой территории, создает значительную пестроту почвенного покрова и неоднородность в составе и свойствах почв [4, 5], которые и стали объектами данного исследования.

Обсуждение результатов. Главной характерной особенностью распределения почв является высотная поясность. Так, горно-тундровые ландшафты приурочены к верхнему поясу внутренних гор, занимая высоты порядка 1 600–2 000 м над уровнем моря. В таких условиях формируются органогенно-щебнистые примитивные почвы, подбуры тундровые и глееземы тундровые мерзлотные. В высокогорьях хребтов, имеющих более влажный климат, широко развиты альпийские и субальпийские почвы. На таежной территории преобладают дерновые таежные почвы, подбуры, подзолы и буроземы. В горно-таежном поясе на Олхинском плоскогорье обычны дерновые лесные и дерново-подзолистые почвы. В долинах и ложбинах распространены мерзлотно-луговые почвы, формирование которых связано с многолетней мерзлотой, вследствие чего отмечается постоянное повышенное увлажнение. На равнине в прибрежной части распространены болотные почвы [Там же].

Сложная структура почвенного покрова Приморского, Байкальского хребтов и прибрежной полосы вызвана, также как в других горных районах, разнообразием коренных пород, условий почвообразования. Для данной территории характерно распространение плотных пород; на их элювии, делювии и коллювии формируются маломощные сильно щебнистые почвы. Характерной особенностью является формирование слабо развитых короткопрофильных почв с дресвой и щебенкой на по-

верхности с повсеместно развитой многолетней и сезонной мерзлотой. Большие площади заняты каменными россыпями и пустошами [4, 5].

Специфика почвенного покрова рассматриваемой территории заключается в отсутствии или редкой встречаемости черноземов и серых лесных почв, смене каштановых почв дерновыми лесными, что объясняется резким переходом от небольших выровненных поверхностей к крутым горным склонам. На значительных площадях распространены горные дерновые лесные, подзолистые и дерново-подзолистые почвы. В широких речных долинах и на плоских впадинах на мощных толщах аллювия формируются мерзлотно-луговые почвы [Там же].

Заключение. Объявление озера Байкал и прилегающих к нему территорий участком Всемирного наследия ЮНЕСКО, выбор Байкальского региона в качестве модельной территории устойчивого развития России накладывают исключительно высокую ответственность за сохранение природной среды региона.

Мировой опыт показывает: создание особо охраняемых природных территорий – один из самых действенных способов сохранения живой природы. В их пределах природная среда еще может сохраняться в близком к естественному состоянию; обоснование выделения таких объектов требует междисциплинарного подхода.

В настоящее время ни одна особо охраняемая природная территория в регионе не может обеспечить длительного сохранения обитающих на ней популяций, в том числе исчезающих видов, из-за ограниченной площади. Решение проблемы видится в создании единой экологической сети ООПТ [1, 3, 5].

Литература

1. Байкал. Природа и люди / под ред. А.К. Тулохонова. Улан-Удэ : ЭКОС, Изд-во БНЦ СО РАН, 2009. 608 с.
2. Беркин Н.С., Макаров А.А., Русинек О.Т. Байкаловедение : учеб. пособие. Иркутск : Изд-во Иркут. гос. ун-та, 2009. 291 с.
3. Савенкова Т.П. Охраняемые природные территории бассейна озера Байкал. Иркутск : Изд-во ИГ СО РАН, 2001. 185 с.
4. Кузьмин В.А. Почвы центральной зоны Байкальской природной территории : (эколого-геохимический подход). Иркутск : Изд-во ИГ СО РАН, 2002. 166 с.
5. Белозерцева И.А., Кичигина Н.В., Абалаков А.Д., Дроков В.В., Марышкин Д.И. Особенности химического состава вод и почв в Приольхонье на побережье Байкала // Успехи современного естествознания. 2014. № 5-2. С. 195–196.

DIVERSITY OF SOIL COVER OF PROTECTED AREAS BAIKAL REGION

Gagarin D.V.

Irkutsk State University, Irkutsk, dimon-23-45@mail.ru

Summary. The nature of the Baikal region is amazing in its beauty and the presence of unique natural sites, why it is so attractive for tourists, both in Russia and around the world. In connection with the interests of developing and infrastructure of the area that carries a negative character for the Baikal natural territory, especially for its soil, which in addition to the basic functions – ensure bioefficiency, under anthropogenic impact acquires sanitary-hygienic function as a catalyst contaminants, biological and physical is the chemical adsorbent.

Keywords: unique natural objects; recreational and tourism resources; the soil cover; anthropogenic impact.

УДК 631.48

DOI: 10.17223/9785946215640/8

КЛАССИФИКАЦИЯ ГИПСОНОСНЫХ ПОЧВ

С.В. Глушкова, Н.Д. Киселева

*Иркутский государственный университет, Иркутск,
simona-9595@mail.ru, nata_kis71@list.ru*

Аннотация. Каждая наука имеет классификацию объекта своего изучения, при этом классификация отражает уровень развития науки. Наука все время развивается, соответственно совершенствуется и классификация. В почвоведении классифицированию подвергаются почвы, и в данной работе рассмотрено классифицирование гипсоносных почв в ряде спецификаций.

Ключевые слова: гипсоносные почвы; гипс; классификация.

Актуальность работы заключается в том, что в почвоведении одним из главных вопросов классификации является определение принадлежности почвы к тому или иному таксону. Однако единой универсальной классификации почв на данный момент не существует, и в ближайшее время не стоит ожидать, что таковая появится, так как наряду с международной во многих странах мира действуют нацио-

нальные системы классификации почв, часто основанные на принципиально разных подходах [1].

Гипсоносные почвы – это особая геохимическая группа почв, широко представленная в аридных областях и изредка – в степной, лесостепной и таёжно-лесной зонах, но несмотря на длительную историю их изучения, многие вопросы до сих пор не нашли своего окончательного решения: способы почвообразования и формирования гипсосодержащих почв, их география и классификация. Накопление гипса является одним из аспектов засоления почв и представляет собой актуальную проблему современного почвоведения [2].

Объекты исследования. Аналитический обзор литературы по классификациям гипсоносных почв и их корреляции. Свойства и особенности гипса в почве.

Первая попытка определить площадь распространения гипсоносных почв в мире принадлежит Т. Бояджиеву. Он посчитал её по своей версии почвенной карты мира. Общая площадь гипсоносных почв, по его подсчетам, составляет $65\,560\text{ км}^2$, на территории бывшего СССР – $5\,074\text{ км}^2$ [Там же].

Толчок для исследования гипсоносных почв дало их вовлечение в широкое хозяйственное использование во второй половине XX в., особенно под орошение в Центральной Азии и на Ближнем Востоке.

К гипсоносным относятся почвы, в профиле которых залегает гипсовый горизонт мощностью не менее 10 см с содержанием гипса более 10%.

Гипсоносные почвы встречаются в ландшафтах с различным водным режимом. В автоморфных почвах гипс может накапливаться в результате почвообразовательных процессов при непромывном водном режиме либо быть унаследованным от почвообразующих пород при промывном режиме. В полугидроморфных и гидроморфных почвах гипс зачастую накапливается из грунтовых вод при выпотном режиме. В лесостепи в области распространения покровных лессовидных отложений подобные условия часто встречаются в долинах рек [3].

Обсуждение результатов. Гипсоносные почвы имеют свои особенности не только в генетическом отношении, но и в хозяйственном использовании. В отличие от других минералов, гипс с изменением условий почвообразования способен изменять свою форму и свойства почв, влиять на строение почвенных горизонтов и почвенного профиля. Это

необходимо учитывать и прогнозировать при любом виде хозяйственного использования гипсоносных почв, но особенно важно при водохозяйственном строительстве и орошаемом земледелии [3].

Интересным фактом в изучении гипсоносных почв являются их выделения в классификациях.

Так, в классификации почв СССР (1977) гипсоносные почвы выделяются как засоленные, здесь диагностический признак учитывается при наличии легкорастворимых солей и глубине залегания гипсовых выделений около 30 см почвы. Вид почвы зависит от степени засоления (суммы легкорастворимых, в том числе токсичных, солей при определенном типе засоления, определяемом по соотношению анионов Cl^- , SO_4^{2-} , HCO_3^- , CO_3^{2-}), глубины залегания верхней границы гипсового горизонта (слоя) и его мощности, содержания гипса, строения гипсовых образований [4].

В классификации почв 2004 г. содержание легкорастворимых солей выше 0,2% при хлоридно-сульфатном и сульфатном засолении рассматривается как диагностический признак таксона более высокого ранга – подтипа. При наличии в профиле гипса выделяется род гипсосодержащих почв. Принципы выделения видов не отличаются от принципов классификации 1977 г. [5].

В классификации, разработанной для гипсоносных почв Н.Г. Мишаиной и Л.Л. Шишовым, особенности гипсообразования как диагностические признаки учитываются уже на уровне классов (категорий), которые выделяются по форме гипсовых образований. По мнению авторов, форма и размеры кристаллов, их распределение среди остальной почвенной массы, с одной стороны, указывают на генезис почвы, поскольку зависят от современных и палеогеографических и геохимических условий, а с другой – определяют мелиоративные и агропроизводственные качества почв [2].

Закключение. Несмотря на длительную историю изучения и широкое распространение в разных ландшафтах Земли, гипсоносные почвы изучены не до конца. Из-за специфичности данных почв они не вовлекаются в широкое сельскохозяйственное использование, а используются в основном под пастбища, за исключением стран Евразии, где сосредоточено до 90% гипсоносных почв. Также в области изучения этих почв есть проблемы с их классифицированием, нет единого критерия гипсоносных почв в разных классификациях.

Литература

1. Самофалова И.А. Современные проблемы классификации почв : учеб. пособие. Пермь : Изд-во Пермск. ГСХА, 2012. 175 с.
2. Минашина Н.Г., Шишов Л.Л. Гипсоносные почвы: распространение, генезис, классификация // Почвоведение. 2002. № 3. С. 273–281.
3. Спиридонова И.А. Почвообразование и выветривание на плотных гипсах в бореальной зоне: пространственно-временные закономерности : дис. ... канд. геогр. наук. М., 2007. 28 с.
4. Классификация и диагностика почв СССР. М. : Колос, 1977. 223 с.
5. Шишов Л.Л. Генетическая классификация почв СССР // Почвоведение. 1989. № 4. С. 112–121.

CLASSIFICATION GYPSIFEROUS SOILS

Glushkova S.V., Kiseleva N.D.

Irkutsk State University, Irkutsk, simona-9595@mail.ru, nata_kis71@list.ru

Summary. Every science is the classification of the object of his study, with a classification reflects the level of development of science. Science is developing all the time and therefore improved and classification. In the classification of soil science are exposed to the soil, and in this paper we consider the classification of gypsum soils in a number of specifications.

Keywords: gypsum soil; plaster; classification.

УДК 631.4

DOI: 10.17223/9785946215640/9

ЛИТОГЕННЫЙ ПОТЕНЦИАЛ ГУМУСОНАКОПЛЕНИЯ ПОЧВ ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ ЦЕНТРАЛЬНО-ТУВИНСКОЙ КОТЛОВИНЫ

Е.А. Доможакова¹, Д.А. Соколов²

¹ *Тувинский институт комплексного освоения природных ресурсов СО РАН,
Кызыл, sollygeohennet@mail.ru*

² *Институт почвоведения и агрохимии СО РАН, Новосибирск,
sokolovdenis@mail.ru*

Аннотация. В статье приведены результаты оценки литогенного потенциала гумусонакопления (ЛПГ) зональных почв восточной части Центрально-Тувинской котловины. Выявлено расхождение величины ЛПГ и реального содержания гумуса в почвах, что обусловлено особен-

ностями гранулометрического состава почв. Степень реализации ЛПП отражается полнотой его использования, которая варьирует в широких пределах.

Ключевые слова: литогенный потенциал гумусонакопления; гумус почв; Центрально-Тувинская котловина.

Восточная часть Центрально-Тувинской котловины наиболее обширна и характеризуется равнинно-увалистым рельефом. Ее площади с середины прошлого века активно использовались в сельском хозяйстве под пашни. В настоящее время эти земли находятся в залежах. Восстановление естественного плодородия старопашотных почв протекает с разной степенью интенсивности, поскольку этому препятствуют деградационные процессы, прежде всего дефляция вследствие как естественных (засушливость весенне-летнего периода, интенсивная ветровая деятельность), так и антропогенных (чрезмерная пастбищная нагрузка, вытаптывание растительного покрова) причин.

Как известно, восстановление гумусного состояния почв зависит не только от степени дегумификации, но и от исходных качества и количества органического вещества [1]. Последние, в свою очередь, определяются потенциалом почвообразующих факторов (гидротермические условия, литология, характер растительности). Возможность оценки этого потенциала представляет практический интерес для целей разработки мероприятий по восстановлению плодородия почв. В свете обеспечения продовольственной безопасности республики, располагающей значительными земельными ресурсами, это представляется весьма актуальным.

Органическое вещество почв в первую очередь реагирует на различной степени нарушения [1, 2]. Интенсивная дегумификация почв изученной территории вследствие дефляции сопровождается сокращением запасов глинистых частиц, с которыми связано до 95–98% органического вещества, что способствует снижению способности почв к накоплению гумуса, т.е. восстановлению плодородия. В связи с этим целью настоящей работы является оценка потенциала гумусонакопления тонкодисперсной фракции почв восточной части Центрально-Тувинской котловины.

Способ оценки литогенного потенциала гумусонакопления, под которым понимается способность минеральной части почвы аккумулировать максимально возможное количество органического вещества при наиболее благоприятных условиях гумусонакопления, ранее был изложен в работах [3–5].

Таблица 1

**Физико-химические свойства почв восточной части
Центрально-Тувинской котловины**

Почвы	Шифр почвы на карто-схеме*	Среднее содержание, %		Емкость катионного обмена, мг-экв/100 грамм почвы (в слое 0–20 см)
		гу-муса	физической глины в разности почв	
Горные черноземы	Гч	7,2	24,6	24,0
Черноземы обыкновенные среднесуглинистые	Чо ²	7,3	30,0	20,8
Черноземы обыкновенные легкосуглинистые	Чо ¹	7,0	26,0	30,8
Черноземы южные супесчаные	Чо	4,4	11,6	17,2
Горные каштановые	Гк	2,4	20,0	19,0
Темно-каштановые легкосуглинистые	ТК ¹	3,7	21,5	20,0
Темно-каштановые супесчаные	ТК	2,8	14,2	11,5
Каштановые легкосуглинистые	К ¹	2,1	21,0	17,5
Каштановые супесчаные	К	2,0	13,9	7,6
Лугово-черноземные	ЛЧ	3,0	22,1	20,0
Лугово-каштановые	ЛК	1,3	15,4	10,1
Луговые	Лг	2,3	21,5	12,1
Лугово-болотные	Лб	10,6	33,0	27,0
Аллювиальные	А	2,3	17,6	29,0
Эталон – Чернозем выщелоченный тяжелосуглинистый (Кузнецкая котловина)		12,0	55,0	–
Лессовидный суглинок (Кузнецкая котловина)		–	–	25,0
Делювиально-пролювиальные супесчаные отложения Центрально-Тувинской котловины**		–	13,9	5,5
Делювиально-пролювиальные легкосуглинистые отложения Центрально-Тувинской котловины**		–	20,2	14,0

Почвы	Шифр почвы на карто-схеме*	Среднее содержание, %		Емкость катионного обмена, мг-экв/100 грамм почвы (в слое 0–20 см)
		гу-муса	физической глины в разности почв	
Элювиально-делювиальные легкосуглинистые отложения Центрально-Тувинской котловины**		–	21,5	16,0

* Карто-схема выполнена на основе ГПК СССР, лист Кызыл, 1960.

** По данным Отчетов Тувинского филиала ВОСТНИИГИПРОЗЕМ, 1985–1991.

Как уже было ранее нами отмечено, способность литогенной основы почв к накоплению гумуса, связыванию его с минеральной матрицей прежде всего определяется запасами глинистых частиц [3–5], которые наследуются от почвообразующих пород. В силу специфики геологического и геоморфологического развития на изученной территории сложились условия для накопления четвертичных отложений преимущественно легкого гранулометрического состава [6]. Этому способствовало интенсивное эрозионное расчленение окружающих котловину горных территорий, обусловившее снос грубообломочного материала в ее пределы. Материал представлял собой продукт недавней транспортировки, а потому слабо дезинтегрирован и сортирован. Чаще всего отложения, послужившие почвообразующим субстратом, представлены щебнистыми и галечниковыми отложениями с малым содержанием суглинистого мелкозема. Из собственных и опубликованных данных о гранулометрическом составе почв и пород следует, что содержание глинистой фракции не превышает 30–35% [7–8]. Для сравнения, в суглинистых выщелоченных черноземах Западной Сибири доля глинистой фракции достигает 55% [9]. Из этого следует, что почвы Центральной Тувы изначально обладают невысоким потенциалом к гумусонакоплению (табл. 1).

Содержание глинистых частиц выступает литологической составляющей понятия ЛПП, в то время как существенное влияние на накопление органического вещества оказывает характер растительности, которая, в свою очередь, сильно зависит от гидротермических условий. Влияние этих условий на характер накопления органики в почве может быть охарактеризовано через понятие полноты использования ЛПП, которая иллюстрирует насколько в данных гидротермических условиях реализован литогенный потенциал (табл. 2).

Таблица 2

**Литогенный потенциал гумусонакопления почв восточной части
Центрально-Тувинской котловины**

Почвы	Шифр почвы на карто-схеме	Коэффициент специ-фичности		ЛПП	Полнота использова-ния ЛПП
		по ФГ	по ЕКО		
Горные черноземы	Гч	0,447	0,64	3,43	209,7
Черноземы обыкно-венные среднесуг-линистые	Чо ²	0,545	0,56	3,66	199,5
Черноземы обыкно-венные легкосугли-нистые	Чо ¹	0,473	0,56	3,18	220,4
Черноземы южные супесчаные	Чо	0,211	0,22	0,56	790,2
Горные каштановые	Гк	0,364	0,64	2,79	85,9
Темно-каштановые легкосуглинистые	ТК ¹	0,391	0,56	2,63	140,8
Темно-каштановые супесчаные	ТК	0,258	0,22	0,68	410,8
Каштановые легкосуглинистые	К ¹	0,382	0,56	2,57	81,8
Каштановые супес-чаные	К	0,253	0,22	0,67	299,8
Лугово-черноземные	ЛЧ	0,402	0,56	2,70	111,1
Лугово-каштановые	ЛК	0,280	0,44	1,48	87,9
Луговые	ЛГ	0,391	0,44	2,06	111,4
Лугово-болотные	ЛБ	0,600	0,44	3,17	334,6
Аллювиальные	А	0,320	0,44	1,69	136
Эталон – Чернозем выщелоченный тяжелосуглинистый (Кузнецкая котло-вина)		1	1	12	100

Как видим из таблиц, в изученных почвах потенциал гумусонакопления не способствует накоплению выше 4% гумуса. Однако, как показано в табл. 1, в действительности накапливается большее количество органики. Очевидно, такое расхождение объясняется присут-

ствием органического вещества в разной форме: гумуса, связанного с минеральной частью, органического вещества разной степени разложения, в том числе мумифицированного, а также присутствием живых корней. Близкие значения ЛППГ и фактического содержания гумуса имеют горные каштановые супесчаные почвы низкогорных массивов и каштановые легкосуглинистые равнинных территорий котловины.

Их потенциал реализован практически полностью, и в существующих условиях эти почвы, вероятно, представляют собой биоклиматически характерный тип.

Наибольшее значение потенциала использования ЛППГ отмечено у черноземов южных супесчаного состава: имеющиеся ресурсы глинистых частиц не позволяют этим почвам накопить более 1% гумуса (см. табл. 2). Однако развитие в благоприятных биоклиматических условиях способствовало аккумуляции 4,4% гумуса, что составило почти восьмикратное превышение исходных возможностей литогенной основы. У каштановых легкосуглинистых почв равнинных территорий и горных склонов соотношение противоположное: их ЛППГ и фактическое содержание гумуса близки по значению, но полнота использования ЛППГ не превышает 100%, т.е. в существующих условиях потенциал литогенной основы реализован не полностью.

Почвы с ЛППГ менее 1% занимают на изученной территории более половины площади. Это преимущественно супесчаные разновидности каштановых и черноземных почв, которые составляют основной фонд пахотных земель. Дальнейшее антропогенное воздействие на фоне усиления аридности климата Центрально-Азиатского региона может усугубить деградацию этих почв, привести к ухудшению качества и площади посевных угодий, что представляет серьезную угрозу продовольственной безопасности республики. Для предотвращения этого необходим комплекс восстановительных мероприятий. Для почв, чей ПИ ЛППГ составляет 100% и более, необходимо поддерживать существующий баланс глинистых частиц и гумуса посредством мероприятий по внесению удобрений, предотвращению выноса тонкодисперсной фракции, что достигается проведением безотвальной вспашки и оставлением стерни на поле. Для почв, чей ПИ ЛППГ ниже 100%, необходимо предусмотреть меры по повышению запасов глинистых частиц. Для минимизации влияния процессов дефляции рекомендуется тщательное проектирование и создание лесополос. На пастбищных угодьях целесообразно соблюдение нормированного выпаса.

Литература

1. Гришина Л.А. Гумусообразование и гумусное состояние почв. М. : Изд-во МГУ, 1986. 244 с.
2. Орлов Д.С., Бирюкова О.Н., Суханова Н.И. Органическое вещество почв Российской Федерации. М. : Наука, 1996. 256 с.
3. Соколов Д.А., Мерзляков О.Э., Доможакова Е.А. Оценка литогенного потенциала гумусонакопления в почвах отвалов каменноугольных месторождений Сибири // Вестник Томского государственного университета. 2015. № 399. С. 247–253.
4. Соколов Д.А., Доможакова Е.А. Литогенный потенциал гумусонакопления естественных почв Центрально-Тувинской котловины // Природные системы и экономика Центрально-Азиатского региона: фундаментальные проблемы, перспективы рационального природопользования : материалы II Всероссийской молодежной школы-конференции с международным участием (6–9.10.2015, Кызыл). Кызыл : РИО ТувГУ, 2015. С. 109–112.
5. Доможакова Е.А. Соколов Д.А. Литогенный потенциал гумусонакопления почв Турано-Уюкской котловины (Тува) // Экосистемы Центральной Азии: исследование, сохранение, рациональное использование : материалы XIII Убсунурского международного симпозиума (4–7.07.2016, Кызыл). Кызыл : РИО ТувГУ. С. 169–174.
6. Носин В.А. Почвы Тувы. М. : Изд-во АН СССР, 1963. 342 с.
7. Гуркова Е.А. Специфика дифференциации почвенного покрова Центрально-Тувинской котловины // Сибирский экологический журнал. 2009. № 2. С. 203–209.
8. Гуркова Е.А. Специфика внутренней структуры элементов кольцевой зональности почвенного покрова Центрально-Тувинской котловины // Вестник Томского государственного университета. 2009. № 321. С. 184–188.
9. Хмелев В.А., Танасиенко А.А. Почвенные ресурсы Кемеровской области и основы их рационального использования. Новосибирск : Изд-во СО РАН, 2013. 477 с.

LITHOGENIC CAPACITY FOR HUMUS ACCUMULATION IN SOILS OF EAST PART OF CENTRAL-TUVINIAN DEPRESSION

Domozhakova E.A.¹, Sokolov D.A.²

¹ Tuvinian Institute for Exploration of Natural Resources SB of RAS, Kyzyl, sollygeohennet@mail.ru;

² Institute of Soil Science and Agrochemistry SB of RAS, Novosibirsk, sokolovdenis@mail.ru

Summary. The article gives the evaluation results of lithogenic capacity for humus accumulation (LCH) in soils of east part of Central-Tuvinian depression. The divergence revealed between LCH value and actual content of soil humus, due to the peculiarities of soil particle size distribution. The degree of realization of LPG recorded the fullness of its use, which vary widely.

Keywords: lythogene potential of humus accumulating; soil humus; Central-Tuvinian depression.

ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПОЧВ ЗАПАДНОГО ПРИБАЙКАЛЯ

А.А. Кошкарев

Иркутский государственный университет, Иркутск, dynasty27@mail.ru

Аннотация. При увеличивающейся в настоящее время интенсификации сельского хозяйства становится актуальным установление последствий ее действия на почвы, их свойства. Данная работа посвящена проблеме изучения агрогенного влияния на почвы с точки зрения изменения их физических свойств.

Ключевые слова: гранулометрический и агрегатный состав; плотность и порозность почв; влажность почвы.

Актуальность работы связана с тем, что физические свойства почв оказывают большое и разнообразное влияние на почвообразование и сельскохозяйственное использование почв. От них в значительной степени зависят интенсивность и направленность многих почвообразовательных процессов, связанных с превращением, перемещением и аккумуляцией органических и минеральных соединений в почве, окислительно-восстановительные условия, условия обработки, сроки полевых работ, нормы удобрений, размещение сельскохозяйственных культур, сопротивление и износ обрабатывающих орудий, энергетические затраты при обработке почвы и др. При этом физическое состояние почв Западного Прибайкалья остается слабоизученным.

Объектами исследования стали серые лесные почвы и черноземы Западного Прибайкалья.

Разрезы целинной и пахотной серой лесной почвы заложены в 9 км от Иркутска в юго-восточном направлении по Байкальскому тракту на землях учебного хозяйства «Молодёжный», принадлежащего ИрГАУ им. А.А. Ежевского, в верхней части склона юго-восточной экспозиции с уклоном 2–3°. По Классификации-2004 [1] формула профиля целинной почвы – АУ–АЕL–ВЕL–ВТ–С, название почвы – серая типичная отдела текстурно-дифференцированных почв. Формула профиля пахотной почвы – Р–ВЕL–ВТ–С, название почвы – агродерново-подзолистая типичная отдела текстурно-дифференцированных почв.

Разрезы целинного и пахотного чернозема заложены в бассейне реки Каменки в 113 км к северо-востоку от Иркутска по Качугскому тракту. По Классификации-2004 [1] формула профиля целинного чернозема – АU–ВI–Вса, название почвы – чернозем глинисто-иллювиальный типичный отдела гумусово-аккумулятивных почв. Формула профиля пахотного чернозема – PU–ВI–ВСА, название почвы – агро-чернозем глинисто-иллювиальный типичный отдела гумусово-аккумулятивных почв.

Определение физических свойств почв проводилось общепринятыми методами [2]: гранулометрический состав – пирофосфатным методом, сухой и мокрый рассев (макроагрегатный состав и водопрочность агрегатов) – методом Саввинова, плотность сложения – буровым методом (методом врезания кольца), плотность твердой фазы – пикнометрическим методом, естественная влажность – термостатно-весовым методом, общая порозность, поры аэрации – расчетным методом.

В результате проведенных исследований установлено, что физические свойства почв региона имеют некоторую специфику. Так, гранулометрический состав целинной серой типичной почвы равномерно распределён по её профилю и представлен средним суглинком с преобладанием крупнопылеватых фракций. Коэффициент текстурной дифференциации (КД) составляет по илу 1,18, по физической глине 1,14, чем они отличаются от серых почв Европейской части страны. По профилю чернозема глинисто-иллювиального гранулометрический состав слабо дифференцирован и представлен тяжелым суглинком. При этом коэффициент текстурной дифференциации составляет по илу 1,6, по физической глине 1,2. В агроаналогах гранулометрические фракции равномерно распределены по профилю. При этом наблюдается заметное увеличение физической глины по сравнению с целинными почвами.

Агрегатное состояние исследуемых целинных почв, по Н.И. Саввинову, можно охарактеризовать как хорошее и отличное. Так, содержание агрономически ценных агрегатов в серой типичной почве составляет более 50%. Присутствие в гумусовых горизонтах до 20% пылеватых частиц размером меньше 0,25 мм объясняется их эоловым привносом с близлежащих пашен. В черноземе глинисто-иллювиальном обнаружена механически очень прочная структура, что обусловлено присутствием здесь значительного количества гумуса, корней растений, карбонатов.

Содержание в гумусовом горизонте агрономически ценных агрегатов составляет 72%. Хорошая водопрочность агрегатов в черноземе (50% при мокром расसेве) определяет оптимальное сложение и способствует сохранению его структуры в течение длительного времени. В серой типичной почве водопрочность агрегатов намного ниже, их сумма составляет 42%, остальные 58% – это пыль.

В пахотных почвах наблюдается заметное ухудшение структурного состояния, особенно в агродерново-подзолистой почве, в пахотном горизонте которой 60% агрегатов представлены глыбами, остальные 40% – агрономически ценные агрегаты, с глубиной количество глыб уменьшается. При этом совсем не обнаружено пылеватых частиц. В пахотном горизонте агрочернозема глинисто-иллювиального только 20% агрегатов представлено глыбами, однако с глубиной их количество увеличивается. При этом в почве присутствует около 10% пыли. Таким образом, большинство агрегатов представлено агрономически ценным диапазоном. При мокром рассеве произошло полное разрушение глыбистых частиц, причем в пахотном горизонте агродерново-подзолистой почвы частично разрушились и агрономически ценные агрегаты, их осталось всего 23%, остальные 77% – это пыль. В агрочерноземе глинисто-иллювиальном разрушенные глыбистые частицы пополнили диапазон агрономически ценных агрегатов и значительно увеличили количество пыли.

В исследуемых целинных почвах наблюдается минимальная плотность в органогенных горизонтах с постепенным увеличением ее книзу профиля. Причем более рыхлой в верхней части профиля оказалась серая типичная почва по сравнению с черноземом.

В результате работы ходовой части почвообрабатывающих машин произошло увеличение плотности пахотного горизонта агроземов, что также отразилось на общей порозности почвы в сторону ее уменьшения.

Максимальная порозность наблюдалась в верхних горизонтах целинных почв: около 70% в серой типичной почве и 50% в черноземе глинисто-иллювиальном, что является оптимальным. С глубиной ее значения снижаются, что связано с уменьшением количества гумуса и корней. Аналогично распределение пор, занятых воздухом, то есть крупных пор межагрегатной порозности, максимальные значения которой приурочены к гумусовым горизонтам, вниз по профилю ее величины снижаются. Общая порозность в распаханых почвах заметно

ниже, особенно в агродерново-подзолистой почве: её значения уменьшились в 1,5 раза по сравнению с целинной почвой, при этом значения порозности аэрации приблизились к критическим величинам. В агрочерноземе глинисто-иллювиальном изменения общей порозности и порозности аэрации были не столь существенны по отношению к целинной почве.

Значения влаги оказались максимальны вверху и внизу профиля с минимумом в середине. Подобное распределение влаги по профилю региональных почв лесных ландшафтов вызвано спецификой водного режима. По А. А. Родэ, он относится к периодически промывному, в связи с неравномерностью выпадения осадков как по годам, так и в течение года, подтипу – криогенному, за счет недостаточного увлажнения при наличии поздно оттаивающей сезонной мерзлоты. Условия для сквозного промачивания появляются непродолжительное время только в конце августа и в начале сентября.

В распаханых вариантах существенных отклонений в содержании влаги по сравнению с целинными почвами не наблюдалось. В агродерново-подзолистой почве ее было немного больше, а в агрочерноземе глинисто-иллювиальном немного меньше по сравнению с целинным аналогом.

В целом специфика физических свойств исследуемых почв региона заключается в следующем:

1. В гранулометрическом составе преобладают мелкопесчаные и крупнопылеватые фракции, что связано с развитием данных почв в условиях холодного климата, для них характерно преобладание физического выветривания, дробящего обломки пород до фракции крупной пыли. Процессы химического выветривания подавлены.

2. Гранулометрический состав слабо дифференцирован по профилю серых почв, чем они отличаются от европейских аналогов. При этом для чернозема глинисто-иллювиального характерна слабая дифференциация гранулометрических фракций по профилю. При интенсивном использовании данных почв произошло существенное утяжеление гранулометрического состава пахотного горизонта за счет усиления процессов дефляции пылеватых частиц и припахивания подпахотных горизонтов, как правило, более тяжелых по гранулометрическому составу.

3. Агрегатное состояние исследуемых целинных почв, по Н.И. Савинову, можно охарактеризовать как хорошее и отличное, при этом

водопрочность агрегатов оказалась разной. В черноземе обнаружена механически очень прочная структура, что объясняется присутствием здесь значительного количества гумуса, корней растений, карбонатов. В серой типичной почве водопрочность агрегатов намного ниже, больше половины их превращается в пыль.

4. Заметно ухудшение структурного состояния, особенно агродерново-подзолистой почвы, в которой глыбистые части, при сухом расसेве составляющие больше половины, при мокром рассеве полностью разрушаются и переходят в пыль. В агрочерноземе глинисто-иллювиальном преобладают агрегаты агрономически ценного диапазона как при сухом, так и при мокром рассеве.

5. Отмечены значительное увеличение плотности пахотного горизонта агродерново-подзолистой почвы, заметное уменьшение общей порозности, особенно порозности аэрации, за счет работы ходовой части почвообрабатывающих машин.

6. Чернозем глинисто-иллювиальный показал более оптимальные физические свойства, при этом в агроаналоге их изменения были не столь значительны по сравнению с серой типичной почвой и ее агровариантом, что связано с большей устойчивостью свойств чернозема к внешним воздействиям, так как он обладает высокой буферностью.

Литература

1. Классификация и диагностика почв России / авт. и сост. Л.Л. Шишов, В.Д. Тонконогов, И.И. Лебедева, М.И. Герасимова. Смоленск : Ойкумена. 2004. 324 с.
2. Агрохимические методы исследования почв : руководство / под ред. А.В. Соколова. М. : Наука, 1975. 656 с.

PHYSICAL CONDITIONS OF SOIL WEST BAIKAL

Koshkarev A.A.

Irkutsk State University, Irkutsk, dynasty27@mail.ru

Summary. With the increasing now intensification of agriculture is becoming urgent to establish the consequences of its actions on the soil properties. This work is devoted to the study of Agrogene impact on the soil, in terms of changing their physical properties.

Keywords: particle size and aggregate composition; soil density and porosity; soil moisture.

НИЖНЕПЛЕЙСТОЦЕНОВЫЕ ОТЛОЖЕНИЯ ЮЖНОГО УРАЛА: МОРФОЛОГИЯ И СТРАТИГРАФИЧЕСКАЯ КОРРЕЛЯЦИЯ

Е.А. Крылова, А.П. Учаев

*Уральский федеральный университет имени Первого президента России
Б.Н. Ельцина, Екатеринбург, katekr94@gmail.com*

Аннотация. В настоящей работе приведено морфологическое описание осадков и палеопочв Тыннинского и Миасского горизонтов Южного Урала и сопоставлены условия их формирования с реконструированными для аналогичных отложений на других территориях России.

Ключевые слова: палеопочва; нижний плейстоцен; палеоклимат; Южный Урал.

В связи с возможным интенсивным ростом глобальной температуры и поиском аналогичных ландшафтов прошлого в сходных климатических условиях, к концу XX в. существенно возрос интерес к палеогеографическим реконструкциям. В результате использования разносторонних методов для климата плейстоцена установлены циклические изменения: эпохи глубокого похолодания чередовались с межледниковьями, что не могло не оставить следа как в верхней структуре земной поверхности, так и во флоре и фауне [1].

Одним из методов реконструкции климата прошлого является изучение геологических отложений различных территорий, сопровождающееся присвоением разных названий отложениям одного времени. По мнению специалистов в области палеогеографии, межрегиональная стратиграфическая корреляция – одна из самых сложных и дискуссионных проблем как для антропогена, так и для более древних периодов [2]. Проведение корреляции необходимо для уточнения общей картины развития потеплений и похолоданий.

В осадках Миасского карьера, расположенного в провинции восточных предгорий Уральского хребта в долине реки Миасс (Южный Урал), присутствуют признаки древнего почвообразования. Зачистка вскрыла нижнеплейстоценовые отложения, принадлежащие к Тын-

инскому и Миасскому горизонтам [3], которые с позиции палеопочвоведения ранее не изучались.

Корреляция изучаемых на Урале климатостратиграфических горизонтов с их аналогами на других территориях России приведена в табл. 1.

Т а б л и ц а 1

Корреляция климатостратиграфических горизонтов в разных регионах России [4, с дополнениями по Западной Сибири]

Изотопная стадия, возраст (тыс. л.н.)	Урал (Стефановский, 1997)	Европейская Россия (Шик, 2014)	Южное Предуралье (Данукалова, 2010)	Нижне-волжский регион (Шик, 2004)	Западная Сибирь [5]
MIS 18 (760–712)	Тыньинский	Покровский	Минзитаровский	Бакинский (нижний)	Салаирский лесс
MIS 19 (787–760)	Миасский	Петропавловский	Октябрьский	Тюркянский	Евсинский

Палеоклиматические, или палеоландшафтные, реконструкции приведены в табл. 2 только для аналогов Миасского горизонта, поскольку Тыньинский горизонт относится к ледниковым отложениям, которые к настоящему времени мало изучены.

Палеоклиматические реконструкции были осуществлены исследователями различными методами: палинологическими, палеозоологическими и палеопочвенными, но большинство из них основаны на результатах споро-пыльцевого анализа.

Все палеоклиматические реконструкции, соответствующие времени формирования аналогов Миасского горизонта за пределами Урала, выявили теплые условия, для большинства территорий теплее современных. Для всех территорий, кроме Северного Прикаспия, авторы указывают на большее количество годовых осадков по сравнению с их современным уровнем.

Для Миасского горизонта Южного Урала палинологами реконструированы лесные ландшафты [3], а сейчас на этой территории распространены сосново-березовые леса, т.е. климатические условия были близки к современным. В связи с тем что палеоклиматические реконструкции, осуществляемые споро-пыльцевым и палеопочвенным методами, не всегда совпадают (устное сообщение И.В. Иванова), имеется необходимость изучения Миасского горизонта иными методами.

Таблица 2

**Палеоклиматические (палеоландшафтные) реконструкции для отложений
MIS 19 территории России по литературным данным**

Географическое положение объектов исследования	Современные физико-географические условия (ландшафт)	Палеоклиматические (палеоландшафтные) реконструкции
Петропавловский горизонт [по данным 6]		
Юг Русской равнины. Разрез Петропавловка, долина р. Подгорной на Среднем Дону	Атлантико-континентальная европейская зона (степь)	Теплоумеренный климат, близкий к субтропическому, со среднегодовой температурой +12–15°C и количеством осадков 600–800 мм. Лесостепные ландшафты, климат несколько теплее современного. Зона темнохвойной тайги, климат здесь был умеренный и очень влажный
Тюркянский горизонт [по данным 7]		
Северный Прикаспий	Континентальная восточноевропейская область (пустыня и полупустыня)	Степные спектры (80–100% – травянистые растения с господством Chenopodiaceae и Artemisia), согласно данным Гричука (1954). Эту степь «равно можно воображать и холодной – приледниковой, и жаркой и засушливой», по мнению Москвитина (1962). Эпоха жаркого климата, по Чепалыге (1980). Ксерофитный палинокомплекс, согласно данным Филиппова (1997). Аридная и теплая фаза, по мнению Зубаковой (1986)
Евсинская эпоха [по данным 5]		
Приобская увалистая равнина, Новосибирское Приобье, Кузнецкая котловина	Кузнецко-Салаирская горная область (лесостепь)	Климат умеренный, с высокой влаго- и теплообеспеченностью. Среднегодовая температура составляла около +5°C, годовая сумма осадков 700 мм. Степень увлажнения с начала эпохи почвообразования направленно уменьшалась (к концу теплого евсинского этапа сумма осадков уменьшалась до 550 мм)
Миасский горизонт [по данным 3]		
Восточный склон Южного Урала	Южно-Уральская горная область (лес)	Спорово-пыльцевые спектры палеопочв лесного типа

Изучаемые нами нижнеплейстоценовые отложения карьера Миасс имеют следующее морфологическое строение:

ПКС – 0–50 (52) см, песчано-каменистый слой с включениями валунов диаметром до 30 см, буро-палевой окраски, очень плотный, сыпучий, каменистый, бесструктурный, бурно вскипающий от 10% HCl, граница резкая по окраске и плотности, волнистая.

Слой 1 – 50 (52)–100 см, палево-бурая, плотная, крупноплитчатая глина, вскипающая от 10% HCl, с единичными включениями мелких камней и Fe–Mn новообразований. Переход по окраске ясный, граница ровная.

Слой 2 – 100–105 см, палево-бурая, темнее, чем вышележащий слой, плотная, крупноплитчатая глина, вскипающая от 10% HCl. Переход по окраске ясный, граница ровная.

Слой 3 – 105–138 см, палево-бурая, светлее, чем вышележащий слой, плотная, крупноплитчатая глина, вскипающая от 10% HCl, с единичными включениями мелких камней и Fe–Mn новообразований. Переход по окраске ясный, граница ровная.

Слой 4 – 138–148 (150) см, палево-бурая, темная, плотная, крупноплитчатая глина, вскипающая от 10% HCl, с включениями тонких корней и Fe–Mn новообразований. Переход по окраске ясный, граница волнистая.

Слой 5 – 148 (150)–213 см, палевая, плотная, крупноплитчатая глина, вскипающая от 10% HCl, с единичными включениями Fe–Mn новообразований. Переход по окраске ясный, граница ровная.

Слой 6 – 213–233 см, бурая с серыми пятнами, плотная, крупноплитчатая глина, вскипающая от 10% HCl, с единичными включениями камней. Переход по окраске заметный, граница ровная.

Слой 7 – 233–241 см, палево-бурая, плотная глина, вскипающая от 10% HCl, с включениями Fe–Mn конкреций. Переход по окраске заметный, граница ровная.

[А] – 241–345 см и глубже, буро-серый, плотный, крупноплитчатый тяжелый суглинок, вскипающий от 10% HCl, с включениями Fe–Mn конкреций.

Находящийся в верхней части зачистки песчано-каменистый слой мощностью около 50 см относится к Тынинскому горизонту (MIS 18), нижележащая толща – к Миасскому горизонту (MIS 19) [3]. Последний включает в себя осадки мощностью около 2 м, подразделенные нами на отдельные слои по окраске, и гумусовый горизонт палеопочвы, вскрытый на 104 см.

Аналогичные Тыньинскому горизонту холодного времени отложения за пределами Урала представлены разными по гранулометрическому составу фракциями (чаще всего суглинками или песками), в некоторых случаях аллювиального происхождения [5, 8–10].

На некоторых территориях в отложениях, аналогичных Миасскому горизонту Урала, сложенных осадками разного гранулометрического состава (глина, суглинок, песок) [8, 9], выделяются две палеопочвы. В Западной Сибири верхняя представлена лугово-черноземной почвой, нижняя – луговой. Обе мощные, содержат железомарганцевые и карбонатные новообразования. Педогенез этого времени характеризовался интенсивным гумусонакоплением, оглеением и оглиниванием [5]. Гумусовый горизонт палеопочвы Миасской свиты также имеет большую мощность, содержит новообразования CaCO_3 и Fe–Mn и может являться аналогом одной из вышеуказанных почв.

Таким образом, на основании морфологического строения горизонта [A] Миасской палеопочвы можно предположить, что он формировался в благоприятных для гумусообразования и гумусонакопления условиях. Дальнейшее изучение физико-химических характеристик нижнеплейстоценовой палеопочвы и вмещающих ее осадков и особенностей состава и строения их гумусовых веществ позволит уточнить характеристики условий времени их формирования на Южном Урале.

Литература

1. Колтыпин А.В. Оледенения четвертичного периода // Мир в плейстоцене. Великие оледенения и исход с Гипербореи. 2010. URL: http://www.dopotopa.com/oledenenija_chetvertichnogo_perioda.html.
2. Зубаков В.А. Основные проблемы стратиграфии и палеогеографии плейстоцена приенисейской Сибири // Известия всесоюзного географического общества. 1963. № 2. С. 126–133.
3. Стефановский В.В. Плиоцен и квартал Восточного склона Урала и Зауралья. Екатеринбург : ИГГ УрО РАН, 2006. 223 с.
4. Данукалова Г.А. Уточненная региональная стратиграфическая схема квартера предуралья и основные события на территории Южно-уральского региона // Стратиграфия. Геологическая корреляция. 2010. Т. 18, № 3. С. 107–124.
5. Зыкина В.С., Зыкин В.С. Лессово-почвенная последовательность и эволюция природной среды и климата Западной Сибири в плейстоцене. Новосибирск : Гео, 2012. 477 с.
6. Холмовой Г.В., Лаврушин Ю.А., Шпуль В.Г. Эрозия и аллювиальный процесс в новейшей геологической истории на примере бассейна Дона // Вестник ВГУ. Сер. Геология. 2007. № 2. С. 37–49.
7. Янина Т.А. Неоплейстоцен Понто-Каспия: биостратиграфия, палеогеография, корреляция. М. : Географический факультет МГУ, 2012. 264 с.

8. Трегуб А.И. Литология кайнозойских отложений и геологическая история окско-донской депрессии // Вестник ВГУ. Сер. Геология. 2010. № 1. С. 45–53.
9. Карта четвертичных образований территории российской федерации. Масштаб 1: 2 500 000. Пояснительная записка / ФГУП «ВСЕГЕИ». СПб., 2013. 220 с.
10. Данукалова Г.А., Осипова Е.М., Яковлев А.Г. Характеристика горизонтов нижнего неоплейстоцена (Южное Предуралье) // Геологический сборник № 11. Информационные материалы / ИГ УНЦ РАН. Уфа : ДизайнПресс, 2014. 256 с.

EARLY PLEISTOCENE SEDIMENTS OF THE SOUTHERN URALS: MORPHOLOGY AND STRATIGRAPHIC CORRELATION

Krylova E.A., Uchaev A.P.

Ural Federal University named after the First President of Russia B.N. Yeltsin, Ekaterinburg, katekr94@gmail.com

Summary. This paper presents the morphological description of sediments and paleosols of Tyninskiy and Miass horizons of the Southern Urals. The conditions of their formation were compared with the reconstructed conditions for similar sediments in other areas of Russia.

Keywords: paleosol; Lower Pleistocene; paleoclimate; The Southern Urals.

УДК 631.481

DOI: 10.17223/9785946215640/12

ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ПОЧВ ЮЖНОЙ ТАЙГИ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ ПРИ ЗАБОЛАЧИВАНИИ

А.Н. Никифоров

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

Аннотация. Почвы южной тайги Западной Сибири формируются в условиях заболачивания. Проявление признаков гидроморфизма в почвах связано с плоским рельефом, слабой фильтрационной способностью грунтов и близким залеганием грунтовых вод. В таких условиях формируются почвы со специфическим морфологическим строением профиля, которое выражается в мощном гумусовом горизонте, поверхностном и грунтовом оглеении и отмытом от карбонатов профиле, при общей тенденции формирования этих почв на карбонатных породах.

Ключевые слова: южная тайга; заболачивание; гидроморфизм; оглеение.

В исследованиях почв Западной Сибири в целом и южной тайги в частности отмечается их гидроморфность вследствие широкого развития процессов заболачивания. Вместе с тем почвы автономных позиций в южной тайге, в частности на Обь-Шегарском междуречье, где болота не имеют широкого распространения, характеризуются рядом гидроморфных признаков, что ставит задачу выявления факторов, способствующих их проявлению.

Объекты и методы исследования. Согласно Н.Н. Лашинскому [1, 2], южнотаежная подзона, в отличие от других подзон бореального пояса, имеет хорошо выраженную границу своего простираения. В частности, на исследуемой территории в пределах Томской области в южной тайге отмечается коренной характер мелколиственных лесов, в то время как темнохвойные леса представлены единично. Согласно геоморфологическому районированию [3], территория относится к северо-восточной оконечности Барабинско-Пихтовской наклонной равнины. Пологий рельеф имеет незначительные перепады высот и низкую степень расчленения с редкой сетью водотоков (степень вертикального расчленения 0–20 м, местами до 40 м) [4]. На территории широко распространены плоские извилистые ложбины, занятые сырыми и мокрыми лугами, а также обводненными болотами. В качестве почвообразующих пород выступают покровные карбонатные суглинки озерно-аллювиального генезиса. В напочвенном покрове освоенных участков плоских грив преобладают разнотравно-злаковые растительные сообщества, на неосвоенных территориях – березняки «паркового» типа, образующие несплошные контуры, осложненные влажно-луговыми сообществами в западинах. Богатая травянистая растительность, близкое залегание почвенно-грунтовых вод, наличие плоских понижений и карбонатность почвообразующих пород обеспечивают формирование на территории широкого спектра почв.

Обсуждение результатов. Почвы автономных и транзитных позиций отличаются по своим морфологическим признакам и свойствам. Последующее, более детальное, изучение позволило произвести первичную группировку почв по положению в ландшафте и особенностям геохимии на автоморфные слабокислые, автоморфные насыщенные, полугидроморфные кислые и полугидроморфные насыщенные.

Светло-серая почва сформировалась на плоской гриве под березовым лесом с разнотравным напочвенным покровом, профиль которой представлен следующим набором генетических горизонтов:

Av–AEL–ABel–B1–B2–BC–Cca. Сильно осветленный профиль связан с действием процессов элювиального почвообразования. Почвенные горизонты имеют слабокислую реакцию среды (pHв 5,8–6,4, pHс 4,8–5,0), резко сменяющуюся на глубине 120 см щелочной. Значение показателя pH водной суспензии в горизонте Cca составляет 8,2, что указывает на карбонатность почвообразующих пород. Степень насыщенности основаниями возрастает вниз по профилю. Карбонаты сосредоточены в мелких порах, образуя скопления в виде псевдомицелия. Признаки оглеения отсутствуют по всему профилю. Формирование в ландшафте на плоском относительно возвышенном участке, слабокислая реакция, несмотря на формирование на карбонатных почвообразующих породах, осветленный профиль и незначительное участие почвенно-грунтовых вод позволили отнести ее к автономной почве со слабокислой реакцией.

Дерново-подзолистая потечно-гумусовая (AY–AEL–ELB–BThi–BC–BCca), дерново-элювезем глеевый (AY–AEL–AB–B–BM–BCca) и темногумусовая остаточно-карбонатная (AU–AB–ABhh–B–BCca) почвы сформировались на плоских слабодренированных участках под осиновыми и березовыми лесами с разнотравным напочвенным покровом. Им характерен четко оформленный гумусовый профиль, содержащий в гумусоаккумулятивных горизонтах от 4,3 до 7,1% гумуса. Значения показателя pH также возрастают от верхних горизонтов к почвообразующей породе (от 5,7 до 8,5). Карбонаты сосредоточены на глубине 100–110 см. Степень насыщенности основаниями по всему профилю варьирует от 71 до 91%. Оглеение выражено очень слабо и свойственно лишь нижним горизонтам, что указывает на сезонную пульсацию уровня почвенно-грунтовых вод. Почвы с таким набором свойств были отнесены нами к автономным насыщенным.

Занимающие небольшие понижения, плоские западины и края ложбин под осиновыми лесами с вейниково-осоковым и осоковым напочвенным покровом, выделенные нами полугидроморфные кислые почвы представлены текстурно-метаморфической псевдофибровой (Oao–AY–AEL–ELhh–ELB–BT–BC), темногумусовой глееватой (AU–AB–Bhi–BCg) и дерново-элювеземом (AY–AEL–ELg–ELBg–Bg–BCg). Несмотря на довольно хорошо сформированный гумусовый горизонт, в образовании профиля этих почв значительную роль играют элювиальные процессы, проявляющиеся в белесоватых тонах гумусового горизонта и отчетливо выраженном элювиальном горизонте

те. Гумусоаккумулятивные горизонты содержат до 9% гумуса, образование которого связано с деструкцией и гумификацией мортмассы. Значения показателя рН по всему профилю соответствуют слабокислым и только к почвообразующей породе приближаются к нейтральным (рНв 6,8). Это указывает на остаточную карбонатность этих почв. Признаки гидроморфизма проявляются по всему профилю. Они выражены в виде холодных тонов в окраске, интенсивность проявления которых увеличивается вниз по профилю.

На плоских гривах с гривисто-ложбинным микрорельефом, под осиновыми лесами, разреженными березняками «паркового» типа и лугами с осочково-вейниковыми и разнотравно-злаковыми растительным покровом формируются выделенные нами полугидроморфные насыщенные почвы. Их можно условно разделить на две ветви. Первую образуют почвы с поверхностным оглеением: дерново-подзолисто-глеевая со вторым гумусовым горизонтом (AY-ELg-Ahh-Bg-BCg), дерново-подзолистая потечно-гумусовая (AY-EL-ELB-Bhi-BCcag) и элювозем дерновый (AY-AEL-ELB-BThi-BCcag). Современные этапы педогенеза в этих почвах связаны с близким залеганием грунтовых вод, что приводит к сезонному застою влаги на поверхности. В результате формируется кислый осветленный поверхностный горизонт с признаками оглеения. Содержание гумуса в горизонтах AY колеблется от 4,5 до 5,5% и довольно резко снижается по профилю. Граница вскипания карбонатов расположена на глубине 60–70 см и обусловлена, вероятно, их подтягиванием с почвенно-грунтовыми водами и последующей аккумуляцией, о чем свидетельствует остаточная окарбончатенность с глубины 30 см, а щелочная реакция фиксируется уже с середины профиля (рНв 7,5–8,5).

Вторая ветвь полугидроморфных насыщенных почв представлена темногумусовой типичной (AU-AB-Bfg-BCg-Ccag), темногумусовой высококовскающей (AU-AB-Bg-BCcag) и темногумусовой метаморфизованной (AU-AB-Bm-Bca). Их объединяет мощный (до 50 см) темноокрашенный гумусовый горизонт. Его образование связано с отмиранием, деструкцией и последующей гумификацией как надземных, так и подземных остатков травянистой растительности. Содержание гумуса в горизонтах AU варьирует от 6 до 10%. Мигрирующие вниз по профилю гумусовые вещества окрашивают минеральные горизонты, а избыток влаги придает им более темную окраску. Почвенно-грунтовые воды подступают близко к поверхности (70–100 см), и

весь почвенный профиль имеет признаки оглеения. При этом сохранность карбонатов на глубине 45–75 см способствует их гидрогенной аккумуляции в вышележащих горизонтах.

Таким образом, все исследованные нами почвы сформировались на карбонатных почвообразующих породах. Признаки гидроморфности, выявленные в почвах, связаны с их положением в рельефе, степенью дренированности территории и влиянием почвенно-грунтовых вод. Эти факторы способствуют формированию мощных темноокрашенных гумусовых горизонтов за счет богатого отпада травянистой растительности, миграции карбонатов по профилю и оглеения отдельных горизонтов или почвенного профиля в целом. Выявленные особенности морфологии позволили нам произвести первичную группировку почв по их положению в ландшафте и геохимическим особенностям.

Литература

1. Лашинский Н.Н. О понятии «бореальная лесная растительность» и ее распространении на Западно-Сибирской равнине // Интеграция ботанических исследований и образования : традиции и перспективы : сб. / отв. ред. В.Г. Лехачева. Томск : Изд-во Том. ун-та, 2013. 288 с.
2. Лашинский Н.Н., Ветлужских Н.В. Леса класса *Brachypodio Pinnati – Betuletea Pendulae* на северном пределе их распространения // Вестник Томского государственного университета. Биология. 2009. № 3. С. 5–18.
3. Городецкая М.Е., Мещеряков Ю.А. О закономерностях морфоструктурного плана Западно-Сибирской равнины // Структурно-геоморфологические исследования Сибири : сб. науч. тр. / отв. ред. Ю.А. Мещеряков. Новосибирск : Наука, 1970. Вып. 1. 184 с.
4. Ландшафты болот Томской области / Н.С. Евсеева [и др.] ; под ред. Н.С. Евсеевой. Томск : Изд-во НТЛ, 2012. 400 с.

FEATURES OF FORMATION OF SOILS SOUTHERN TAIGA IN WEST SIBERIA AT WATERLOGGING

Nikiforov A.N.

Federal State Institution of Science Institute of Monitoring of Climatic and Ecological Systems, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Tomsk, a.nik-n@mail.ru

Summary. The soils of the southern taiga of Western Siberia formed under waterlogging. Manifestation hydromorphism signs in the soil due to the flat terrain, low filtration capacity of soils and shallow ground water. Under such conditions, the soil formed with a specific morphological structure of the profile, which is expressed in a powerful humus horizon, surface and ground gleying and washed from carbonates profile with the general trend of the formation of these soils on carbonate rocks.

Keywords: southern taiga; formation of marshes; hydromorphism; gleyzation.

ГУМУСНОЕ СОСТОЯНИЕ ПОЧВ ЮЖНОГО ПРЕДБАЙКАЛЬЯ

М.А. Панина

Иркутский государственный университет, Иркутск, next-mail2008@rambler.ru

Аннотация. Актуальность работы заключается в том, что гумусное состояние почвы является важнейшим свойством ее плодородия, которое определяется совокупностью показателей, а именно мощностью гумусового горизонта, содержанием, запасами и типом гумуса, обогащенностью его азотом, кальцием, групповым и фракционным составом гумуса. Целью работы стало установление особенностей гумусного состояния дерново-подзолистых, дерново-карбонатных почв и черноземов Южного Предбайкалья.

Ключевые слова: мощность гумусового горизонта; содержание; запасы; тип и состав гумуса.

Гумусное состояние почв – это совокупность морфологических признаков, общих запасов, свойств органического вещества и процессов его создания, трансформации и миграции в почвенном профиле [1, 2]. Важнейшими его показателями являются содержание, запасы, тип гумуса, обогащенность азотом, кальцием и уровень варьирования этих показателей. Почвы в значительной степени различаются по своему гумусному состоянию, которое зависит от скорости протекания и интенсивности процессов почвообразования. Направленное регулирование количества и качества гумусовых соединений в почвах влечет необходимость их всестороннего изучения с целью выявления изменения гумусовых соединений под влиянием различных факторов и контроля гумусного состояния почв.

Объектами исследования стали дерново-подзолистые, дерново-карбонатные почвы и черноземы Южного Предбайкалья. Показатели гумусного состояния почв были рассмотрены на примере трех разрезов почв, заложенных в Заларинском и Усть-Удинском районах Иркутской области.

Дерново-подзолистые почвы развиваются под пологом светлых (сосновых, лиственничных) и мелколиственных (осиновых,

березовых), травяных, мохово-травяных и бруснично-травяных лесов, как правило, на четвертичных песчаных отложениях. Условия для сквозного промачивания и вымывания легкорастворимых солей за пределы почвенного профиля появляются непродолжительное время только в конце августа и в начале сентября. Этим они принципиально отличаются от аналогичных почв Европейской части России [3–4].

Формирование дерново-карбонатных почв обусловлено физико-географическими особенностями, в частности составом и свойствами карбонатных почвообразующих пород. Они формируются в местах выхода на поверхность карбонатных пород – известняков и доломитов, преимущественно сероцветных нижнекембрийских и красноцветных верхнекембрийских карбонатно-силикатных песчаников, аргиллитов, алевролитов и мергелей [4].

Черноземы не образуют крупных массивов, а располагаются участками и сменяются серыми лесными и лугово-черноземными почвами. Они широко распространены на древних террасах рек, пологих южных склонах коренных берегов и имеют ряд специфических черт, отличающих их от одноименных почв других регионов. Почвообразующими породами обычно являются лессовидные суглинки различного происхождения [5].

Обсуждение результатов. Характерной чертой почв Южного Предбайкалья является сосредоточенность основных запасов органического вещества в верхней части профиля, что связано с местными особенностями почвообразования. Влияние резко континентального климата и невысокой теплообеспеченности сказывается на таких особенностях почв юга Предбайкалья, как пониженная мощность гумусового профиля, небольшие запасы гумуса. Для них характерны поверхностное распространение корневых систем растений, сосредоточение основной их массы в небольшом по мощности слое почвы. Не менее важной причиной малой мощности гумусового горизонта в исследуемых почвах, особенно в черноземе, может служить заторможенность биохимических процессов в условиях резко континентального климата.

Другим информативным показателем гумусного состояния почв является содержание гумуса. Так, в дерново-подзолистой почве макси-

мум гумуса сосредоточен в очень небольшом по мощности верхнем слое, составляющем всего 5 см, однако его количество здесь повышено и составляет 4,5%. Сразу по горизонту АУ наблюдается резкое его падение. В дерново-карбонатной почве и черноземе содержание и распределение гумуса сходно, только мощность гумусового горизонта у чернозема больше на 10 см и граница перехода более постепенная, чем у бурозема.

Наиболее показательными являются значения запасов гумуса в слоях 0–20, 0–100 см. Так, запасы гумуса минимальны в дерново-подзолистой почве, в 20-сантиметровом слое они составляют 25 т/га, в метровом – 59 т/га. Запасы гумуса в дерново-карбонатной почве составляют уже 100 и 150 т/га в 20-сантиметровой и метровой толще соответственно. Максимальные запасы наблюдаются в черноземе, где они составляют в слое 0–20 см 111 т/га и в метровом слое 328 т/га. Необходимо отметить, что послойные запасы гумуса в исследуемых почвах Южного Предбайкалья значительно уступают своим европейским аналогам. Так, метровой толще выщелоченных черноземов Стрелецкой степи они колеблются в пределах от 469 до 587 т/га [5, 6].

Согласно проведенным ранее исследованиям [4, 7], состав гумуса дерново-подзолистых почв рассматриваемого региона может меняться в широких пределах, $S_{гк}/C_{фк}$ в гумусовых горизонтах колеблется от 0,7 до 1,4, и они могут различаться по содержанию агрессивных фульвокислот. В составе гумуса исследуемой дерново-подзолистой почвы содержится примерно равное количество гуминовых и фульвокислот в верхней элювиальной толще (1,2–0,8). С глубиной количество фульвокислот нарастает, а гуминовые кислоты исчезают, кроме гуминовой кислоты третьей фракции, связанной с минеральной частью почвы. Тип гумуса в исследуемой дерново-карбонатной почве – гуматно-фульватный, так как отношение $S_{гк}/C_{фк} < 1$, что является характерным для буроземов. Преобладающей фракцией среди гуминовых кислот является вторая, связанная с кальцием. В гумусовых горизонтах присутствует небольшое количество гуминовых кислот первой фракции, связанной с полуторными оксидами; с глубиной присутствие этой фракции обнаружить не удалось, здесь также увеличивается содержание свободных фульвокислот фракции 1а.

Состав гумуса исследуемого чернозема соответствует черноземному типу, для которого характерно явное доминирование гуминовых кислот второй фракции, связанной с Са, состав гумуса – гуматный, отношение Сгк/Сфк составляет более 2. Все это характерно для верхней гумусированной толщи, однако в горизонте Вса на фоне значительного уменьшения количества гуминовых кислот резко возрастает содержание фульвокислот, связанных с Са. Отмечено почти полное отсутствие свободных фульвокислот фракции 1а.

Для всех исследованных типов почв региона оказалось характерным высокое содержание нерастворимого остатка (содержание гумина более 50%), что объясняется местными гидротермическими условиями континентального климата. Гуминовая кислота под влиянием сильного промораживания зимой и частого просушивания летом, по-видимому, быстрее обезвоживается и переходит в малоподвижную форму – гумин [8, 9]. Этим они отличаются от европейских аналогов, где нерастворимый остаток невелик и составляет менее 30%.

В целом в ходе исследования гумусного состояния почв Южного Предбайкалья установлено:

1. Одной из специфических черт исследуемых почв региона является малая мощность гумусного горизонта, обусловленная биоклиматическими факторами: резкой континентальностью климата, невысокой теплообеспеченностью, небольшой подвижностью гумуса в условиях слабой промачиваемости почв. Этим они принципиально отличаются от аналогичных почв Европейской части России.

2. Максимум гумуса сосредоточен в верхней гумусированной части почв, с глубиной его количество резко снижается, что связано с высокими запасами холода, препятствующими более глубокому проникновению корней. Запасы гумуса, особенно в метровой толще, невелики и значительно уступают европейским аналогам.

3. Состав гумуса исследуемых почв рассматриваемого региона колеблется в широких пределах. Для них характерны фульватно-гуматный и гуматный типы гумуса с преобладанием гуминовых кислот, связанных с Са. Отличительной чертой почв региона является высокое (более 50%) содержание нерастворимого остатка, а также незначительное количество фульвокислот фракции 1а.

4. Исследуемый чернозем обладает набором наиболее оптимальных и благоприятных показателей гумусного состояния. Наихудшие показатели наблюдаются в дерново-подзолистой почве. Дерново-карбонатная почва занимает промежуточное положение.

Литература

1. Александрова Л.Н. Органическое вещество почвы и процессы его трансформации. Л. : Наука, 1980. 288 с.
2. Гришина Л.А., Орлов Д.С. Система показателей гумусного состояния почв // Проблемы почвоведения. М. : Наука, 1978. С. 42–47.
3. Кузнецова А.И. Агрохимическая характеристика почв Иркутской области. Иркутск : Восточ.-Сиб. кн. изд-во, 1964. 100 с.
4. Кузьмин В.А. Почвы Предбайкалья и Северного Забайкалья. Новосибирск : Наука, 1988. 175 с.
5. Афанасьева Е.А. Черноземы среднерусской возвышенности. М. : Наука, 1966. 224 с.
6. Болотина Н.И. Запасы гумуса и азота в основных типах почв СССР // Почвоведение. 1947. № 5. С. 277–286.
7. Воробьева Г.А., Вашукевич Н.В. Органическое вещество современных (голоценовых) почв юга Средней Сибири // Органическое вещество почв юга Средней Сибири / под ред. М.А. Корзуна. Иркутск : Изд-во Иркут. ун-та, 1989. С. 132–146.
8. Волковинцер В.И. Степные криоаридные почвы. Новосибирск : Наука, 1978. 208 с.
9. Ивельский П.К. Состав гумуса лесных почв северо-запада Иркутской области // Вопросы почвенного плодородия. Иркутск, 1968. С. 58–68.

HUMUS STATE CERTAIN TYPES OF SOIL SOUTH PREDBAJKALJA

Panina M.A.

Irkutsk State University, Irkutsk, next-mail2008@rambler.ru

Summary. The relevance of the work lies in the fact that the soil humus state is the most important feature of its fertility, which is determined by a combination of indicators, namely humus horizon, content, reserves and type of humus, enriching it with nitrogen, calcium, group and fractional composition of humus. The aim of the work was to establish characteristics of humus condition of sod-podzolic, sod-calcareous soils and chernozems southern Predbaikalja.

Keywords: humus horizon; content; reserves; the type and composition of humus.

ЗОНАЛЬНЫЕ ОСОБЕННОСТИ СОЛОНЦОВЫХ ПОЧВ ИШИМСКОЙ РАВНИНЫ

В.В. Попов, А.А. Сеньков

*Институт почвоведения и агрохимии СО РАН, Новосибирск,
vik632288@yandex.ru*

Аннотация. Описаны физико-химические свойства солонцовых комплексов, расположенных в разных подзонах Ишимской равнины. Солонцовые почвы, несмотря на общность морфологического строения и однородность подстилающих пород, резко отличаются друг от друга по физико-химическим свойствам в зависимости от экологических факторов.

Ключевые слова: Ишимская равнина; солонцовые комплексы; экологические факторы; физико-химические свойства; природные подзоны.

Солонцы с полным основанием можно отнести к уникальным, удивительным, загадочным и парадоксальным почвенным образованиям. Они распространены в широком спектре климатических и экологических условий: от лесостепной зоны до пустынной, формируются как в гидроморфных, так и в автоморфных условиях, на повышениях и в замкнутых понижениях, на породах различного генезиса.

Пожалуй, ни один тип почв, несмотря на общность морфологического строения, не отличается такими большими различиями физико-химических свойств: по составу поглощенных катионов, по химизму, степени и глубине засоления.

Цель исследования: изучить изменения физико-химических свойств солонцов Ишимской равнины в зональном аспекте (при движении с севера на юг).

Объектами исследования являлись солонцовые комплексы Ишимской равнины в пределах Омской области. Господствующее положение занимают черноземно-луговые почвы на севере региона и маломощные южные черноземы на юге, формирующиеся на автономных позициях рельефа. Площадь солонцовых почв невелика. Солонцы формируются в виде группы пятен на преобладающем фоне черноземов. На исследуемой территории условия почвообразования значительно отличаются друг от друга, поэтому при описании почв даны

экологические особенности, влияющие на формирование почвенного профиля: годовое количество осадков, годовой коэффициент теплового стока [1], мезорельеф, уровень залегания грунтовых вод. Почвогрунты зоны аэрации большей части Ишимской степи сложены однородными породами тяжелосуглинистого состава.

Для характеристики почв были взяты данные четырех типичных по свойствам разрезов, находящихся в разных природных подзонах в пределах Ишимской равнины (северная лесостепь, центральная лесостепь, южная лесостепь и степь). При описании свойств солонцов использовались следующие показатели: рН, содержание гумуса, глубина залегания карбонатов, гранулометрический состав, состав обменных катионов, химический состав почвенных растворов. Аналитические данные получены в результате стандартных методов исследования [2]. Для получения почвенных растворов использовался метод отделения почвенных растворов от твердой фазы почв при помощи давления, разработанный П.А. Крюковым [3].

Солонец корковый северной лесостепи сформировался на вершине микроповышения равнинного участка северо-восточной части Ишимской степи в межколочном пространстве. Годовое количество осадков составляет 500–550 мм, коэффициент теплового стока равен 0,3. Грунтовые воды залегают на глубине 2,25 м. Реакция почвенной среды в профиле сильнощелочная и в подсолонцовом горизонте достигает 10. Содержание гумуса в верхнем горизонте 2,9% и с глубиной постепенно снижается до 0,4%. Карбонаты в виде редких пятен появляются с глубины 25 см, с глубиной их количество резко возрастает до 8% в карбонатно-иллювиальном горизонте (40–50 см).

Гранулометрический состав всего профиля тяжелосуглинистый. В гумусо-элювиальном слое преобладают пылеватые фракции (46%), в подсолонцовом – фракции илистых частиц (45%). В составе поглощенных катионов практически по всему профилю преобладает натрий (от 47 до 72%), и только с глубины 120 см его доля падает до 27%. Роль магния также велика. Его доля с глубиной неуклонно растет от 17 до 54%. Максимальная концентрация кальция локализована в элювиальном горизонте (34%), минимальная – в карбонатном горизонте (3,4%). Незасоленными являются почвенные растворы самого верхнего горизонта. Солонцовый и особенно подсолонцовый горизонты отличаются повышенной засоленностью с максимумом в зоне аккумуляции карбонатов (8,5 г/л). С глубины 100 см концентрация солей в поровых растворах не превышает 1 г/л.

Солонец корковый центральной лесостепи сформировался в понижении ровного участка восточной части Ишимской равнины. Годовое количество осадков составляет 400–450 мм, коэффициент теплового стока равен 0,5. Грунтовые воды залегают на глубине 2,5 метров. Реакция почвенной среды в гумусо-элювиальном и солонцовом горизонтах нейтральная (7,03), с увеличением глубины становится щелочной и в верхней части карбонатного слоя принимает максимальное значение (9,01). Содержание гумуса в верхнем слое составляет 4,57%, а к карбонатному горизонту снижается до 0,67%. С глубины 30 см виден псевдомицелий карбонатов, и на глубине 40–50 см их концентрация становится максимальной (6,5%).

Гранулометрический состав верхних бескарбонатных горизонтов легкоглинистый, карбонатных и гипсовых – тяжелосуглинистый. Весь профиль содержит значительное количество ила (до 45%). В составе поглощенных катионов значение кальция максимально в верхнем горизонте (61%) и вниз по профилю постепенно снижается до 12%. Динамика доли натрия в профиле – прямо противоположная: от 7% в элювиальном горизонте с постепенным увеличением вниз по профилю до 43% в слое, примыкающем к зеркалу грунтовых вод. Изменения доли магния в профиле – аналогичны. Его роль, как и натрия, минимальна в самом верхнем горизонте (27%) и с глубиной неуклонно возрастает, достигая максимальных показателей в гипсовом горизонте (49%). Далее концентрация магния несколько падает. В отличие от предыдущего разреза, засоление почвенных растворов увеличивается с глубиной и достигает наибольших значений в слоях, примыкающих к грунтовым водам.

Солонец мелкий южной лесостепи сформировался на ровном участке в восточной части Ишимской равнины, на 70 км южнее предыдущей точки. Годовое количество осадков составляет 350–400 мм, коэффициент теплового стока равен 0,6. Грунтовые воды располагаются на глубине 3,5 м. Реакция почвенной среды в дерновом горизонте кислая (6,8), с глубины 5 см становится щелочной (8,7) и далее по всему профилю изменяется несильно. Содержание гумуса в самом верхнем слое составляет 8% и с глубиной резко снижается до 0,7% в карбонатном слое. Верхние слои полностью выщелочены от карбонатов. Вскипание от HCl начинается с глубины 30 см. Наивысшая концентрация карбонатов (7,7%) приходится на глубину 70 см.

Гранулометрический состав по всему профилю тяжелосуглинистый, за исключением подсолонцового горизонта и слоев ниже 3 м (легкие глины). Во всем профиле преобладают иловатые фракции (до 49%), за исключением верхних 10 см почвы, где преобладают фракции крупной пыли (37%). Доля кальция в поглощающем комплексе наибольшая в надсолонцовом горизонтах (57%). Далее вниз по профилю она резко падает и в карбонатно-иллювиальном слое (70–80 см) составляет 13%. Затем с глубиной вновь наблюдается рост концентрации кальция, и на глубине 340 см его доля равняется 49%. Роль натрия, по сравнению с гумусо-элювиальным слоем (12%), резко возрастает в солонцовом и особенно подсолонцовом горизонтах до 57%. Далее концентрация натрия сильно падает и в слое, граничащем с грунтовыми водами, имеет минимальное значение (3%). Доля магния в ППК неуклонно растет от 19% в верхнем слое профиля до 44% в самом нижнем. Концентрация солей в почвенных растворах резко возрастает с глубиной от 0,7 г/л в гумусном слое до 16 г/л в подсолонцовом (30–40 см). Далее вниз по профилю она значительно уменьшается, и на глубине 100 см и более почвенные растворы являются незасоленными.

Солонец глубокий сухой степи сформировался в микропонижении равнинного участка юго-восточной части Ишимской равнины. Годовое количество осадков составляет 300–350 мм, коэффициент теплового стока равен 0,67. Грунтовые воды залегают на глубине 5,5 м. Реакция почвенной среды кислая и по всему профилю сильно не изменяется. Верхние слои мощностью 40 см полностью выщелочены от карбонатов. Карбонатно-иллювиальный горизонт расположен на глубине 70–110 см, непосредственно над гипсовым горизонтом (117–135 см). Важной отличительной особенностью является наличие второго гипсового горизонта в зоне аккумуляции карбонатов (62–72 см).

Гранулометрический состав профиля тяжелосуглинистый с преобладанием иловатых фракций от 30% в гумусовом слое до 42% в подсолонцовом горизонте. Доля кальция в поглощающем комплексе имеет максимальное значение в гумусо-элювиальном слое (70%) и минимальное (36%) в карбонатном горизонте. Динамика роли магния в ППК обратная: минимальные значения (22%) – в верхнем слое профиля, максимальные (47%) – в карбонатном горизонте. Роль натрия в профиле возрастает с глубиной: от 3% у поверхности и до 13% в карбонатно-аккумулятивной зоне, и далее с глубиной сильно не изменяется. Концентрация солей в почвенных растворах резко увеличивается в солон-

цовом и подсолонцовом горизонтах и достигает максимальных значений в гипсово-аккумулятивной зоне (37 г/л). Следует обратить внимание на уменьшение минерализации и концентрации хлора в поровых растворах ниже гипсово-аккумулятивной зоны. Главным образом это связано с аридизацией климата, что привело к формированию относительно более минерализованных поровых растворов в гипсово-аккумулятивной зоне и особенно над ней. В аридные фазы климата накопление и концентрирование атмосферных солей происходят в карбонатно-аккумулятивной зоне. В гумидные фазы в связи с увеличением интенсивности внутрипочвенного стока соли сбрасываются в гипсово-аккумулятивную зону.

Таким образом, солонцовые почвы, несмотря на общность морфологического строения и однородность подстилающих пород, резко отличаются друг от друга по физико-химическим свойствам в зависимости от экологических факторов, влияющих на интенсивность и направленность проявлений различных почвообразующих процессов.

Как правило, глубина, степень и химизм засоления почв определяются интенсивностью внутрипочвенного стока, величина которого зависит от условий поверхностного увлажнения элементов микро-рельефа и влагоемкости почвообразующих пород.

Литература

1. Мезенцев В.С. Атлас увлажнения и теплообеспеченности Западно-Сибирской равнины. Омск : Изд-во ОмСХИ, 1961. 66 с. и 35 карт.
2. Теория и практика химического анализа почв / под ред. Л.А. Воробьевой. М. : ГЕОС, 2006. 400 с.
3. Крюков П.А. Горные, почвенные и иловые растворы. Новосибирск : Наука, 1971. 220 с.

ZONAL FEATURES OF SOLONETZES OF THE ISHIM PLAIN

Popov V.V., Senkov A.A.

Institute of Soil Science and Agrochemistry SB of RAS, Novosibirsk,
vik632288@yandex.ru

Summary. We describe the physical and chemical properties of solonetz complexes located in different subareas of the Ishim Plain. Solonetz soils, despite their common morphological structure and the uniformity of the underlying rocks are very different from each other in physical and chemical properties according to the environmental factors.

Keywords: Ishim plane; solonetzic complex; ecological factors; physicochemical properties; subzones.

ПРОБЛЕМЫ ДИАГНОСТИКИ И КЛАССИФИКАЦИИ ДЕРНОВО-КАРБОНАТНЫХ ПОЧВ ИРКУТСКОЙ ОБЛАСТИ ИХ ОТЛИЧИЕ ОТ ЕВРОПЕЙСКИХ АНАЛОГОВ

А.А. Саидова, А.В. Широнова

Иркутский государственный университет, Иркутск, 89501263236@mail.ru

Аннотация. Дерново-карбонатные почвы Иркутской области представляют собой своеобразный местный тип почв, формирующийся в местах выхода на поверхность сероцветных нижнекембрийских и красноцветных верхнекембрийских карбонатных пород. Эти почвы существенно отличаются от европейских аналогов, имеющих малый абсолютный геологический возраст, как правило, послеледниковый.

Ключевые слова: дерново-карбонатные почвы; рендзины; парарендзины; буроземы; карбонатные морены; верхнекембрийские отложения.

Актуальность работы вызвана проблемой диагностики и классификации дерново-карбонатных почв, отсутствие которых в Классификации-2004 [1] привело к значительным сложностям в их диагностике и классификации, тем более что региональные дерново-карбонатные почвы не всегда соответствуют центральному образу типа, охарактеризованному в Классификации-1977 [2].

Целью исследования стали установление диагностических признаков и классификационной принадлежности дерново-карбонатных почв Иркутской области с позиции Классификации-2004 [1] и сравнение их с аналогами Европейской части России.

Объектами исследования стали дерново-карбонатные почвы Иркутской области и Европейской части России.

Результаты и обсуждение. Дерново-карбонатные почвы Европейской части России относят к дерновым почвам – это автоморфные хорошо дренированные почвы с профилем А–С или А–R с мощностью гумусового горизонта более 10 см. В зависимости от характера почвообразующей породы имеет место формирование разных групп типов почв, как правило, это рендзины на карбонатных плотных породах и парарендзины на карбонатных рыхлых породах. К первым относятся темноокрашенные глинистые почвы с профилем А–AR–R на плотных карбонатных породах (известняках, мергелях, мраморах,

мелах). Ко вторым – те же почвы, но с профилем А–АС–С, формирующиеся на рыхлых карбонатных породах (карбонатная морена, карбонатные суглинки и глины и т.п.) [3].

Термин «рендзина», взятый из народной польской терминологии, впервые был использован Н.М. Сибирцевым в его систематике почв. В дальнейшем он широко использовался в Западной Европе, а в бывшем СССР был заменен термином «дерново-карбонатные почвы», под которыми объединились как рендзины, так и парарендзины. Первоначальное значение термина «рендзина» связывают со звуком («рен-дзжик, рен-дзжик»), который производится плугом на глинистой каменистой почве [Там же].

Рендзины формируются на карбонатных породах под широколиственными и хвойно-широколиственными лесами с развитым травяным покровом в условиях гумидного климата и промывного водного режима при хорошем внутрипочвенном дренаже. В основе их эволюции лежит постепенное выщелачивание карбоната кальция породы и остаточное оглинивание профиля. Дальнейшая эволюция рендзин может привести к формированию остаточно-карбонатных буроземов либо остаточно-карбонатных дерново-подзолистых почв и, наконец, буроземов либо дерново-подзолистых почв [Там же].

Наиболее широко распространены рендзины на холмистых равнинах Европы, Восточной Сибири, США и Канады в пределах лесных зон бореального и суббореального поясов либо на горных склонах в этих регионах. Они формируются при промывном водном режиме на фоне обилия атмосферных осадков и малого испарения, хорошей дренированности. Для них характерен малый абсолютный геологический возраст – послеледниковый. Они покрывают большие площади в Прибалтике и северо-западных областях России (Ленинградской, Псковской, Новгородской), но встречаются и в Архангельской, Вологодской, Смоленской областях, в Белоруссии, Молдавии, на Кавказе и в Крыму [Там же].

Дерново-карбонатные почвы Европейской части России характеризуются следующим строением профиля: лесная подстилка небольшой мощности (3–5 см); гумусовый горизонт (10–40 см) темно-серой или коричнево-серой окраски, в котором встречаются обломки карбонатных пород; переходный горизонт бурой или коричневой окраски, зернистой структуры, как правило, карбонатный с обломками пород; почвообразующая порода – карбонатная (плотная или рыхлая). Подстилающими породами, как правило, являются известняки, мергели

мрамора, мел, карбонатная морена, карбонатные суглинки и глины и тому подобные голоценового времени образования [3].

Дерново-карбонатные почвы Иркутской области занимают водоразделы и склоны в южной части Лено-Ангарского плато, на Онотской возвышенности, Иркутско-Черемховской равнине и в Предбайкальской впадине. На равнине значительные площади этих почв распаханы [4].

Они развиваются под сосновыми, лиственничными и смешанными травяными и моховотравяными лесам в условиях климата южной тайги, имеют водный режим промывного или периодически промывного типа. В отличие от европейского аналога, дерново-карбонатные почвы Иркутской области представляют собой своеобразный местный тип почв, формируются в местах выхода на поверхность сероцветных нижнекембрийских и красноцветных верхнекембрийских карбонатных пород, последние имеют большее распространение [5].

По мнению Г.А. Воробьевой [6], красноцветность пород обусловлена палеогеографической обстановкой в регионе в верхнем кембрии. В это время материка и океаны имели иные очертания и расположение в сравнении с современными. Территория Прибайкалья находилась вблизи экватора на окраине Палеосибирского континента. Там, где ныне находятся озеро Байкал и Забайкалье, расстилался обширный Палеоазиатский океан. Приэкваториальное расположение континента (и, как следствие, жаркий и сухой климат), отсутствие органического мира на суше, мелководность верхнекембрийского моря благоприятствовали окислительной обстановке. В результате в верхнекембрийские бассейны с суши сносились сильно окисленные красноцветные карбонатные осадки. Современные почвы унаследовали от пород устойчивую красноцветную окраску и карбонатность.

По содержанию карбонатов тип дерново-карбонатных почв разделяется на 3 подтипа: типичные, вскипающие с поверхности; выщелоченные, вскипающие в нижних горизонтах; оподзоленные, вскипающие в материнской породе и имеющие осветленные участки в нижней части гумусового горизонта [5].

В Классификации-2004 [1] дерново-карбонатные почвы не предусмотрены, что обусловлено кардинальным изменением принципов, поскольку эта Классификация декларируется как профилно-генетическая, и из номенклатуры почв намеренно убраны все факторные показатели. Однако наличие карбонатов в почвенном профиле играет важную

роль в развитии процессов почвообразования. Поэтому в местных классификациях почти во всех типах лесных почв выделен род остаточно-карбонатных [6].

Согласно региональному систематическому списку почв, составленному Г.А. Воробьевой [Там же], типичные дерново-карбонатные почвы встречаются в регионе в основном на пахотных угодьях, суходольных пастбищах. Мощность рыхлой части профиля до 30–50 см, карбонаты присутствуют с поверхности или в нижней части горизонта А, реакция среды – слабощелочная. Большинство пахотных вариантов типичных дерново-карбонатных почв имеют резкую нижнюю границу гумусового горизонта и мощность, равную глубине вспашки. Они характеризуются низкой гумусированностью, что может быть объяснено эродированностью почвенного профиля. Подобные почвы должны быть отнесены к отделу агрообразов, в рамках которого они сопоставимы с типами аккумулятивно-карбонатных и структурно-метаморфических аккумулятивно-карбонатных почв. Хотя дерново-карбонатные почвы принято относить к лесным, естественные типичные дерново-карбонатные почвы региона, как правило, развиваются под степной и сухостепной растительностью. Они распространены в основном на суходолах, используемых в качестве выгона для скота или вообще не используемых из-за мелкоконтуриности, каменистости и крутизны склонов. Гумусовые горизонты этих почв где-то можно рассматривать как темногумусовые (горизонт АU), где-то – как светлогумусовые (горизонт АJ). Значительная скелетность не благоприятствует гумусонакоплению, поэтому большинство щебнистых дерново-карбонатных типичных почв имеет горизонт АJ. Естественные дерново-карбонатные почвы, вскипающие в гумусовом горизонте, зачастую не имеют выраженного срединного горизонта и, следовательно, могут быть отнесены к отделам органо-аккумулятивных почв и литоземов.

Выщелоченные дерново-карбонатные почвы наиболее распространены среди дерново-карбонатных почв региона и встречаются как под лесами, так и на пахотных угодьях. Гумусовые горизонты дерново-карбонатных выщелоченных почв представлены серо-гумусовым и темно-гумусовым горизонтами. Срединные горизонты в основном представлены горизонтом ВМ. Поэтому дерново-карбонатные выщелоченные почвы можно отнести к отделу структурно-метаморфических почв, типам буроземы и буроземы темные. Оподзоленные дерново-карбонатные почвы распространены по вершинам увалов и преимуще-

ственно верхним частям склонов. Верхние горизонты – серо- и темно-гумусовые, в нижней части осветленные, срединные горизонты – ВТ или ВМ. По строению профиля они могут соответствовать серым, иногда темно-серым почвам отдела текстурно-дифференцированных, а также оподзоленным буроземам и оподзоленным буроземам темным отдела структурно-метаморфических почв.

Выводы. Дерново-карбонатные почвы Иркутской области имеют сходные свойства с таковыми в Европейской части России. Их развитие проходит при высокой степени насыщенности основаниями в условиях смены рН от слабощелочной до слабокислой, редко кислой. Они характеризуются высоким содержанием обменных оснований (в основном Са при очень низком содержании обменного натрия) и гумуса, незасоленностью, отсутствием следов оглеения, слабой дифференциацией профиля по гранулометрическому и валовому химическому составу.

Основное отличие состоит в разном генезисе этих почв. Большинство дерново-карбонатных почв равнинных территорий Иркутской области сформировалось на продуктах разрушения и переотложения осадочных пород и имеет полноразвитый профиль с горизонтом В. Почвообразующие породы представляют собой элюво-делювий и делювий ниже- или верхнекембрийских серо- и красноцветных карбонатных пород. Дерново-карбонатные почвы в Европейской части России развиваются на известняках, мергелях, карбонатных моренах, суглинках, глинах, имеющих послеледниковый (голоценовый) возраст, поэтому имеют укороченный профиль дерновой почвы (А–С), не достигший стадии полного развития в виду недостатка времени.

Литература

1. Классификация и диагностика почв России / авт. и сост. Л.Л. Шишов, В.Д. Тонконогов, И.И. Лебедева, М.И. Герасимова. Смоленск : Ойкумена, 2004. 324 с.
2. Классификация и диагностика почв СССР. М. : Колос, 1977. 223 с.
3. Почвоведение : учебник : в 2 ч. / ред. В.А. Ковда, Б.Г. Розанов. М. : Высшая школа, 1988. Ч. 2: Типы почв, их география и использование. 400 с.
4. Беркин Н.С., Филиппова С.А., Бояркин В.М., Наумова Н.А., Руденко Г.В. Иркутская область (природные условия административных районов). Иркутск : Изд-во Иркут. ун-та, 1993. 304 с.
5. Кузьмин В.А. Почвы Предбайкальского участка зоны БАМ // Почвенно-географические и ландшафтно-геохимические исследования в зоне БАМ. Новосибирск : Наука, 1980. С. 11–98.

6. Воробьева Г.А. Почва как летопись природных событий Прибайкалья: проблемы эволюции и классификации почв. Иркутск : Изд-во Иркут. гос. ун-та, 2010. 205 с.

PROBLEMS OF DIAGNOSIS AND CLASSIFICATION RENDZINA IRKUTSK REGION THEIR DIFFERENCES FROM EUROPEAN COUNTERPARTS

Saidova A.A., Shironova A.V.

Irkutsk State University, Irkutsk, 89501263236@mail.ru

Summary. Rendzina Irkutsk region is the local soil type, which are formed in the surface outcrops of carbonate rocks of gray and red lower and upper Cambrian, respectively. In this they differ greatly from European analogues, with small absolute dating, as a rule, post-glacial age.

Keywords: humus-carbonate soil; rendzina soil; pararendzina; brown soil; carbonate moraine; Upper Cambrian deposits.

УДК 631.4

DOI: 10.17223/9785946215640/16

ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ РАЗНООБРАЗИЕ ПОЧВ МИКРОЗАПАДИН ЮГО-ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ*

О.И. Сапрыкин¹, Б.А. Смоленцев², О.Э. Мерзляков³

¹ *Институт водных и экологических проблем СО РАН, Барнаул, oleg_s_2008@mail.ru*

² *Институт почвоведения и агрохимии СО РАН, Новосибирск, pedolog@ngs.ru*

³ *Томский государственный университет, Томск, tolege@mail.ru*

Аннотация. Описано экологическое разнообразие почв микрозападин юго-восточной части Западной Сибири. Рассмотрены их основные свойства и влияние условий почвообразования на эти свойства и на некоторые различия в почвенных профилях.

Ключевые слова: Западная Сибирь; почвы микрозападин; солоди; серые; дерново-подзолистые; подбелы; экологическое разнообразие почв.

Территория юго-восточной части Западной Сибири характеризуется развитостью микрорельефа, способствующего проявлению высокой комплексности почвенного покрова. Особенно это хорошо выра-

* Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ (проект 16-34-50189).

жено в лесостепной зоне. Среди различных форм микрорельефа особое внимание привлекают замкнутые микрозападины суффозионного происхождения, в которых происходит перераспределение атмосферных осадков, приводящее к повышенному увлажнению и формированию лесной растительности, представленной осиной и березой.

Ранее отмечалось, что почвы микрозападин на изучаемой территории представлены солодями, серыми, дерново-подзолистыми почвами и подбелами [1, 2]. Такое почвенное разнообразие обусловлено экологическими особенностями, в которых формируются эти почвы.

Объектом исследований послужили почвы микрозападин лесостепной и северной части степной зон Западной Сибири. На исследуемой территории условия почвообразования значительно отличаются, поэтому при описании исследуемых почв даны экологические особенности, влияющие на формирование почвенного профиля: годовое количество осадков и гидротермический коэффициент (ГТК) по Селянинову [3], нахождение микрозападин в мезорельефе, уровень залегания грунтовых вод, фоновые почвы и почвообразующие породы.

Для характеристики почв были взяты данные шести типичных по свойствам разрезов. При описании свойств почв использовались следующие показатели: глубина залегания карбонатов, рН водной суспензии, гранулометрический состав, степень дифференциации почвенного профиля по илу и поглощенным основаниям [4], содержание гумуса, фракционный состав гумуса, поглощенные основания, гидролитическая кислотность.

Дерново-солодь квазиглееватая мелкоосветленная среднесуглинчатая (АУ-ЕL-BElnn-ВТ-ВТса,q-Сса,q) формируется в микрозападине, расположенной на плоском пониженном равнинном участке в северной части Кулундинской степи в окружении солонцов темных квазиглеевых и черноземов квазиглеевых (координаты: N – 54,40016°, E – 77,04707°). Годовое количество осадков составляет 300–350 мм, ГТК = 0,8–0,9. Уровень грунтовых вод обнаружен на глубине 2,75 м. Карбонаты в виде общей пропитки и редких пятен появляются с глубины 85 см. Реакция почвенной среды в профиле колеблется от кислой и слабокислой в бескарбонатной части профиля (рН = 5,0–6,2) до щелочной в карбонатных горизонтах (рН = 8,3). Содержание гумуса в горизонте АУ составляет 4,54% (Сгк/Сфк = 1) и резко снижается в элювиальном горизонте до 0,72% (Сгк/Сфк = 0,35). В серогумусовом горизонте преобладают свободные гуминовые кислоты: на долю первой фракции приходится 23,7%. Ниже по профилю состав гумуса ста-

новится фульватным, и в элювиальном горизонте преобладают фракция 1а фульвокислот (23,8%) и фракция 3, связанная с полуторными оксидами и глинистыми минералами (21,4%). В субэлювиальном горизонте – фракция 1 (22,4%), в текстурном – фульвокислоты, связанные с кальцием (фракция 2 – 19,4%). В нижней части текстурного горизонта содержание всех фракций фульвокислот практически одинаково и составляет 5,66%. Количество негидролизуемого остатка в горизонтах АУ, ЕLBT_{np} и ВТ варьирует от 36,23 до 44,85%, во время как в горизонтах ЕL и ВТ_{ca} их количество явно отличается и составляет 16,67 и 73,6% соответственно. Гранулометрический состав в гумусово-элювиальном слое среднесуглинистый с преобладанием пылеватых фракций, в текстурном горизонте – легкоглинистый с высоким содержанием ила ($\approx 45\%$). Степень дифференциации профиля по илу – резкая ($S = 2,6$). В составе поглощенных катионов по всему профилю преобладает кальций, на его долю приходится 56–73% от их суммы. Максимальная доля Na^+ составляет 4,4% в субэлювиальном горизонте. Степень дифференциации профиля по сумме поглощенных оснований – резкая ($S = 3,1$).

Дерново-солодь остаточно-солонцеватая мелкоосветленная тяжелосуглинистая (АУ–АЕL–ВТ_{sn}–ВТ_{th}–Вса–ВСаq–Ссаq) формируется в слабовыраженной микрозападине, расположенной на плоском пониженном равнинном участке в северной части Кулундинской степи под осиново-березовым колком (N – 54,39877°, E – 77,04008°). Грунтовые воды обнаружены на глубине 2,2 м. Эта почва находится в непосредственной близости от описанной выше, поэтому количество осадков, ГТК и фоновые почвы фактически не отличаются. Вскипание от HCl отмечено в горизонте Вса с глубины 60 см. Реакция среды в гумусово-элювиальном слое и остаточно солонцеватом горизонте слабкокислая, в текстурном – слабощелочная, ниже – сильнощелочная. Почвообразующие породы этих почв засолены. Степень засоления средняя, тип засоления хлоридный. Содержание гумуса в горизонте АУ составляет 4,23% и постепенно снижается с глубиной до 1,14% в горизонте ВТ_{th}. Фракционный состав гумуса был определен для горизонтов АЕL, ВТ_{sn}, и ВТ_{th}, в которых, согласно полученным данным, преобладают фульвокислоты, $S_{гк}/S_{фк} = 0,44, 08, 0,03$ соответственно. В гумусоэлювиальном горизонте преобладают свободные фульвокислоты (1 фракция – 20,61%), а в нижележащих – фульвокислоты связанный с кальцием (2 фракция). В солонцовой части текстурного горизонта, несмотря на общее преобладание фульвокислот, количество фульво- и гуминовых

кислот, связанных с кальцием (2 фракция), одинаково и составляет 16,26%, в то время как в горизонте ВТth содержание фульвокислот второй фракции составляет уже 39,39%. Количество негидролизуемого остатка увеличивается с глубиной от 25,2 в горизонте АЕL до 41,48–46,99 в нижележащих горизонтах ВТ^{sn} и ВТth. Гранулометрический состав гумусовых горизонтов тяжелосуглинистый с преобладанием фракции крупной пыли. Срединные горизонты легкоглинистые со значительным количеством в них ила (до 44%). Степень дифференциации профиля по илу – резкая ($S = 2,9$). Распределение поглощенных катионов по профилю также имеет элювиально-иллювиальный характер с резкой дифференцированностью профиля по их сумме ($S = 3,1$). Наблюдается повышенное содержание Na^+ в текстурных горизонтах, где на его долю приходится до 10,5% от суммы поглощенных оснований.

Дерново-солодь сегрегационно-отбеленная бескарбонатная глукбокоосветленная легкосуглинистая (АО–АЕL–ЕL–ЕLⁿⁿ–ВЕL–ВI–ВIⁿⁿ) формируется в центральной части микрозападины, расположенной в нижней части склона увалообразного повышения Барабинской низменности между черноземами и солонцами ($N - 54,88725^\circ$, $E - 76,26907^\circ$). Годовое количество осадков 300–350 мм, ГТК = 0,8–0,9. Грунтовые воды до глубины 3 м не обнаружены. Карбонаты в профиле не обнаружены (170 см), однако в почвах на прилегающей территории вскипание обнаружено с глубины 30–50 см. Реакция почвенной среды в гумусо-элювиальном горизонте среднекислая ($\text{pH} = 4,7$), с глубиной этот показатель постепенно меняется, и в нижней части профиля реакция среды становится нейтральной ($\text{pH} = 6,2$). В горизонте АЕL гумус фульватного типа ($\text{Сгк/Сфк} = 0,98$), с глубиной количество гуминовых кислот продолжает падать до значений 0,1 по отношению к фульвокислотам. Гранулометрический состав горизонтов ВЕL и ВI среднесуглинистый, в остальных горизонтах легкосуглинистый. По всему профилю преобладают фракции крупной пыли и мелкого песка. Степень дифференциации профиля по илу очень резкая ($S = 3,9$). В составе поглощенных оснований по всему профилю преобладает кальций. Количество поглощенного натрия среди остальных оснований колеблется в пределах от 0,76 до 1,91%. Степень дифференциации профиля по сумме поглощенных оснований резкая ($S = 2,8$).

Агросеры поверхностно-глееватые почвы (Р–ВЕL_g–ВТ_g–Вса–Сса) (осолоделые по классификации 1977 г.) часто встречаются в микрозападинах грив центральной и северной части Барабинской равнины и на увалах Приобского плато среди черноземов глинисто-

иллювиальных и серых почв. Приводятся данные разреза заложенного в микрозападине формирующейся на гриве в северной части Барабинской низменности (N – 55,43155°, E – 79,05965°). Годовое количество осадков составляет 400–425 мм, ГТК = 1,1–1,3. Грунтовые воды до глубины 3 м не обнаружены. Вскипание от соляной кислоты отмечается в горизонте Вса с глубины 70–85 см. Реакция среды гумусово-аккумулятивного горизонта нейтральная (pH = 6,9), горизонта BEL – слабокислая (pH = 6,4). Ниже идет подщелачивание почвенного раствора и в горизонте ВСа pH достигает максимума (8,3). Содержание гумуса в горизонте АУ составляет 2,53% и резко уменьшается в субэлювиальном горизонте до 0,41%.

Гранулометрический состав верхнего горизонта – среднесуглинистый, текстурного – тяжелосуглинистый. В обоих горизонтах преобладают фракции крупной пыли и ила. Степень дифференциации профиля по илу – средняя (S = 1,6). В составе поглощенных оснований по всему профилю преобладает кальций, на его долю приходится от 70,4 до 82,7% от их суммы. На долю магния приходится от 26,2 до 16,1%, на натрия 3,4–1,2%. Максимум натрия наблюдается в гумусово-аккумулятивном горизонте. Степень дифференциации профиля по сумме поглощенных оснований – резкая (S = 2,6).

Дерново-подзолистая сверхглубокоосветленная легкосуглинистая почва (АУ–АЕL–ЕL–BEL–ВТ–С–D) формируется в микрозападине под березовым колком между террасовым комплексом аллювиального рельефа и водораздельной денудационно-аккумулятивной равниной Приобского плато [5] в окружении серых почв (N – 54,89230°, E – 83,13159°). Годовое количество осадков 400–450 мм, ГТК = 1,1–1,3. Профиль почвы формируется на смеси перевеянных древнеаллювиальных отложений с субаэральными, которые с глубины 143 см подстилаются слоистым делювием. Влияние грунтовых вод на формирование почвенного профиля не выявлено. Карбонаты в профиле не обнаружены, вскипания от соляной кислоты отсутствует. Реакция среды слабокислая по всему профилю с наименьшими значениями в элювиальном горизонте (pH = 5,6) и максимальными в горизонте С (pH = 6,4). Распределение гумуса в профиле типичное для дерново-подзолистых почв: наибольшее содержание отмечается в горизонтах АУ и АЕL, 4,71 и 1,37% соответственно, и резко снижается до 0,22% в горизонте ЕL. Гранулометрический состав почв в гумусово-элювиальной толще легкосуглинистый, в горизонте ВТ – среднесуглинистый. Степень дифференциации профиля по илу – резкая (S = 2,4). Величина суммы

поглощенных оснований низкая и средняя – от 6,2 мг-экв в горизонте EL до 13,5 мг-экв на 100 г почвы в горизонте BT. Насыщенность основаниями от средней в элювиальной части профиля до повышенной в текстурных горизонтах – 62–82%. Степень дифференциации профиля по сумме поглощенных оснований – резкая ($S = 2,3$).

Осиново-березовый колок, под пологом которого развиваются **подбелы темногумусовые глееватые** (AU–AEL–EL_{nn}–BEL–BT_g–C_g), расположен в микрозападине на Привасюганской повышенной равнине среди серых почв ($N = 56,54847^\circ$, $E = 83,75542^\circ$). Годовое количество осадков 400–450 мм, ГТК = 1,1–1,3. Грунтовые воды до глубины 3 м не обнаружены.

Вскипание от соляной кислоты в профиле отсутствует. Значения pH свидетельствуют о кислой среде в верхней части профиля: от темногумусового до субэлювиального горизонтов (pH = 4,8–5,4). В текстурных горизонтах, уходящих до глубины 165 см, реакция среды слабокислая (pH = 5,7–5,9). Горизонт AU характеризуется очень высоким содержанием гумуса (> 8%) фульватно-гуматного состава (Сгк/Сфк = 1,32). В горизонте EL_{nn} содержание гумуса падает до 0,37%, и его состав меняется на фульватный (Сгк/Сфк = 0,25). В горизонтах AU и AEL преобладающими являются гуминовые кислоты 1 фракции, количество негидролизованного остатка составляет 63,74 и 60,28% соответственно. Во всех нижележащих горизонтах преобладающими являются фульвокислоты, связанные с полуторными оксидами и глинистыми минералами (3 фракция), а количество негидролизованного остатка варьирует в диапазоне 44–50%. Гранулометрический состав элювиального горизонта тяжелосуглинистый крупнопылеватый, текстурного – легкоглинистый пылевато-иловатый. Степень дифференциации профиля по илу – резкая ($S = 3,7$). Дифференциация по сумме поглощенных оснований также резкая. В элювиальном горизонте содержится всего 2,4 мг-экв на 100 г почвы поглощенных оснований, тогда как в текстурном горизонте их сумма возрастает до 17,2 мг-экв. Элювиированная толща этих почв в наибольшей степени ненасыщена основаниями по сравнению со всеми исследованными почвами (степень насыщенности основаниями < 30%). Также наблюдается наименьшее количество поглощенного натрия < 0,1 мг-экв на 100 г почвы.

В заключение необходимо отметить следующее. В микрозападинах степной части исследованной территории с семигумидным климатом, среди черноземов квазиглеевых и солонцов квазиглеевых, при влиянии

грунтовых вод на формирование почвенного профиля развиваются дерново-солоди квазиглееватые. В этих же климатических условиях, но без влияния грунтовых вод на почвенный профиль в микрозападинах, расположенных в мезорельефе выше предыдущих, развиваются дерново-солоди бескарбонатные. В условиях более влажного гумидного климата, в микрозападинах, расположенных на верхних элементах мезорельефа, среди распаханых черноземов глинисто-иллювиальных и серых почв развиваются агросерые поверхностно-глееватые почвы. В этих же климатических условиях, но на легких бескарбонатных породах другого генезиса, развиваются дерново-подзолистые почвы. В микрозападинах самой северной части исследуемой территории, расположенных на плоском повышенном равнинном участке, среди серых почв развиваются подбелы темногомусовые.

Литература

1. Сапрыкин О.И., Смоленцев Б.А. Свойства почв микрозападин юго-восточной части Западной Сибири // Отражение био-, гео-, антропоферных взаимодействий в почвах и почвенном покрове : сб. мат. V Междунар. научн. конф., посвящ. 85-летию кафедры почвоведения и экологии почв ТГУ. Томск : Издательский Дом ТГУ, 2015. С. 94–97.
2. Конарбаева Г.А., Смоленцев Б.А., Сапрыкин О.И. Влияние физико-химических свойств солодей Кулундинской равнины на содержание в них йода // Агрохимия. 2015. № 3. С. 72–80.
3. Почвенно-климатический атлас Новосибирской области. Новосибирск : Наука, 1978. 121 с.
4. Розанов Б.Г. Морфология почв. М. : Изд-во Моск. ун-та, 1983. 320 с.
5. Зольников И.Д. [и др.]. Геолого-геоморфологическая основа ландшафтов Академгородка // Динамика экосистем Новосибирского Академгородка. Новосибирск : Изд-во СО РАН, 2013. С. 33–43.

ECOLOGICAL DIVERSITY OF SOILS OF THE MICRO HOLLOWES IN THE SOUTH-EASTERN PART OF WESTERN SIBERIA

Saprykin O.I.¹, Smolentsev B.A.², Merzlyakov O.E.³

¹ Institute for water and environmental problems SB of RAS, Barnaul, oleg_s_2008@mail.ru

² Institute of Soil Science and Agrochemistry SB of RAS, Novosibirsk, pedolog@ngs.ru

³ Tomsk State University, Tomsk, molege@mail.ru

Summary. Described ecological diversity of soils of the micro hollows in the south-eastern part of Western Siberia. Considered their basic properties, the effect of soil conditions on these properties and on some differences in soil profiles.

Keywords: Western Siberia; soils of micro hollows; solodi; gray forest; soddy-podzol; stagen-umbric albeluvisoils; ecological diversity of soils.

РАЗНООБРАЗИЕ ПОЧВ ОКРЕСТНОСТЕЙ ТУРИСТИЧЕСКОГО РЕКРЕАЦИОННОГО НАУЧНО-УЧЕБНОГО ПОЛИГОНА «САРМА»

С.Н. Стадник

Иркутский государственный университет, Иркутск, sergei35698073@mail.ru

Аннотация. Для охраны биоразнообразия озера Байкал – участка Всемирного природного наследия ЮНЕСКО – и его бассейна необходимо знание всего комплекса природных условий и особенно почвенного покрова, несущего функции обеспечения биопродуктивности, санитарно-гигиеническую и туристско-рекреационную. Для решения этой задачи был создан туристско-рекреационный научно-учебный полигон «Сарма», представляющий собой исследовательскую территорию с богатыми природными, историко-культурными и рекреационными ресурсами, объектами туристской инфраструктуры.

Ключевые слова: рекреационные и туристические ресурсы; почвенный покров; антропогенное воздействие.

В последнее время антропогенная нагрузка на ландшафты Прибайкальского национального парка существенно увеличивается, благодаря разрастанию на побережье оз. Байкал десятков туристических баз, расширению так называемого «дикого» туризма, поэтому возникла необходимость проведения тщательного комплексного анализа природной среды, организации постоянного мониторинга химического состава почв и вод [1].

Полигон «Сарма» расположен на западном побережье в средней части оз. Байкал. Эта территория известна как Приольхонье, или западное побережье пролива Малое Море. Полигон охватывает часть побережья, включая участок бассейнов рек Сармы и Курмы и их междуречья, а также примыкающую акваторию пролива Малое Море с островами. Природно-климатические условия Приольхонья определяются его внутриматериковым положением, что обуславливает антициклонический тип циркуляции атмосферы и высокую степень континентальности климата. Главными факторами территориальной неоднородности природных условий выступают горно-котловинный

рельеф и влияние водной массы Байкала. Вся территория полигона по схеме экологического зонирования Байкальской природной территории (БПТ) относится к ее Центральной экологической зоне, соответствующей участку Всемирного природного наследия ЮНЕСКО [2].

Целью исследования является изучение разнообразия почвенного покрова туристско-рекреационного научно-учебного полигона (ТР НУП) «Сарма», расположенного на территории Приольхонья.

Основным **объектом исследования** стали почвы туристических троп прибайкальского национального парка. Почвенный покров представлен такими типами почв, как подбуры, дерново-подзолы, черноземы, каштановые и аллювиальные почвы. Весь необходимый материал был собран во время производственной практики, проходившей в составе комплексной экспедиции, организованной Институтом географии СО РАН им. В.Б. Сочавы летом 2014 г. на базе полигона.

Среди почв с бурым недифференцированным или слабо-дифференцированным профилем в горах Прибайкалья и Восточного Саяна выделяются подбуры. Они отличаются сильноокислой реакцией среды и высокой ненасыщенностью основаниями. Подстилка характеризуется слабой степенью разложения, подвижность органического вещества выше, а содержание поглощенных оснований ниже по сравнению с бурыми почвами.

Разрез № 57 подбура заложен на склоне юго-восточной экспозиции крутизной 5° на выровненной площадке, в месте стоянки туристов. Растительность: лиственничный лес с участием березы и осины с кедром, в подросте кустарниково-разнотравный с синузиями майника и грушанки. Почвообразующие породы – гранито-гнейсы. Не вскипает от 10% HCl по всему профилю. По Классификации-2004 [3] формула профиля: Oao–ВНТ–С, название почвы – подбур грубогумусированный отдела альфегумусовых почв.

Дерново-подзолы диагностируются по сочетанию серогумусового (дернового), подзолистого и иллювиально-железистой модификации альфегумусового горизонта. Разрез № 48 заложен на северном (северо-северо-западном) склоне уклоном 10°. Наблюдаются выходы коренных пород. Растительность: лиственничник с кедром рододендрово-зеленомошный, после пожара. Почвообразующие породы – гранито-гнейсы. Не вскипает от 10% HCl по всему профилю. По Классификации-2004 [Там же] формула профиля: AY–E–BF–C, название почвы – дерново-подзол иллювиально-железистый отдела альфегумусовых почв.

Разрез № 61 чернозема заложен около стационара ИГУ на берегу реки Сарма. Растительность: типчаково-разнотравная степь. Почвообразующие породы: аллювиальный песок, галька. Вскипание от 10% HCl наблюдается с глубины 40 см. По Классификации-2004 [3] формула профиля: AY–AU–BCA–Cca, название почвы – чернозем дисперсно-карбонатный отдела гумусово-аккумулятивных почв.

Разрез № 47 каштановой почвы заложен на юго-западном склоне уклоном 15–20° в 150 м от побережья оз. Байкал, рекреационная зона. Растительность: сухая каменистая петрофитная мелкодерновинная степь. Растительный покров разреженный, пятнами, частично стравленный за счет сильной антропогенной нагрузки. Почвообразующие породы – гранито-гнейсы. Вскипание от 10% HCl по всему профилю. По Классификации-2004 [Там же] формула профиля: AJ–BMK–BM–CAT–Cca, название почвы – каштановая типичная отдела светлогумусовых аккумулятивно-карбонатных почв.

Разрез № 60 аллювиальной почвы заложен около стационара ИГУ на берегу реки Сарма в пойме. Кочкарный микрорельеф. Растительность: осоково-злаковый луг. Почвообразующие породы: аллювиальный песок, галька. Не вскипает от 10% HCl по всему профилю. По Классификации-2004 [Там же] формула профиля: T–TII–G–CG, название почвы – аллювиальная торфянно-глеевая отдела аллювиальных почв синлитогенного ствола.

Химические анализы почвенных образцов проводились общепринятыми методами в лицензированном химико-аналитическом центре Института географии СО РАН им. В.Б. Сочавы.

Обсуждение результатов. Для диагностики и классификации почвы необходима полная ее характеристика с описанием всех горизонтов, начиная с поверхностного и кончая материнской, или подстилающей, породой. Изменения свойств и прежде всего элементного состава почвы по профилю дают представление о почве как едином природном теле, указывают направление почвообразования. Так, исследуемые почвы имеют существенные отличия по элементному составу, что связано с их различиями в генезисе и эволюции, разнообразием почвообразующих пород. Наиболее обедненными элементами оказался дерново-подзол, сумма процентного содержания пяти основных элементов (Fe, Ti, Ca, Mg, Mn) в нем составила менее 4, а в горизонте E – менее 2%. Здесь видна четкая элювиально-иллювиальная

дифференциация профиля почвы. В подбуре наблюдается некоторое увеличение (на 2%) концентрации элементов к низу профиля, особенно Ca и Mg. В остальных почвах элементы равномерно распределены по профилю, немного увеличиваясь в нижней части. Максимальным содержанием элементов (до 13% в сумме), за счет высокой концентрации Ca и Mg, выделяется каштановая почва, что связано с большим количеством в ней карбонатов.

Для подбур и дерново-подзола характерна кислая реакция среды в верхнем гумусированном горизонте с нарастанием щелочности внизу профиля до нейтральных значений. Реакция среды гумусовых горизонтов чернозема дисперсно-карбонатного и каштановой почвы слабощелочная, вниз по профилю щелочность нарастает до щелочных значений вслед за увеличением содержания карбонатов. Аллювиальная торфяно-глеевая почва показала слабокислую реакцию среды вверху профиля и нейтральную – в нижних горизонтах.

Верхние горизонты подбур и аллювиальной торфяно-глеевой почвы обогащены слаборазложившейся органикой. Определение процента потери при прокаливании (% ППП) показало, что ее масса составила более 50% от массы почвы. Сразу под органогенными горизонтами содержание органического вещества резко падает до 1,0–1,5%. Количество гумуса в черноземе дисперсно-карбонатном и каштановой почве максимально в гумусовом горизонте, постепенно снижается с глубиной, что характерно для почв степных ландшафтов.

Интересны данные по содержанию обменных кальция и магния, высокое содержание которых наблюдалось в дерново-подзоле, что весьма необычно, а также в аллювиальной торфяно-глеевой почве, что для нее обычно. Невысокая концентрация обменных оснований обнаружена в черноземе дисперсно-карбонатном и каштановой почве и совсем низкая – в подбуре, содержащем малое количество мелкозема и соответственно имеющем низкую емкость поглощения.

Выводы:

1. В целом разнообразие почв данного региона довольно высоко. Они резко отличаются по морфологии, свойствам и условиям почвообразования. Подбур и дерново-подзол развиваются в условиях тайги под лесной растительностью, почвообразующими породами выступают гранито-гнейсы. Общими для них являются кислая реакция среды, большое количество неразложившейся органики. Различия заключаются в распределении элементов по профилю: равномерное в

подбуре и элювиально-иллювиальное в дерново-подзоле. Также они различаются по содержанию обменных оснований, которых оказалось заметно больше в дерново-подзоле.

2. Чернозем дисперсно-карбонатный и каштановая почва формируются в условиях горной степи под скудной травянистой растительностью, вскипают от 10% HCl, имеют слабощелочную реакцию среды, невысокое количество гумуса, постепенно снижающееся вниз по профилю. Элементный состав равномерно распределен по профилю с максимальными значениями Са в каштановой почве, связанными с высоким содержанием в ней карбонатов.

3. Аллювиальная торфяно-глиевая почва по морфологическим признакам была отнесена к отделу аллювиальных почв синлитогенного ствола, имеет пестрокрашенный профиль с сочетанием сизых и охристых пятен, темно-коричневых полос. В растительном покрове преобладают осока и злаки, поэтому содержание органического вещества в ней высокое. Не вскипает от 10% HCl по всему профилю, реакция среды – слабокислая.

4. Анализ морфологии и свойств исследуемых почв показал высокую их подверженность антропогенной нагрузке, а также проявлениям процессов естественной эрозии, что связано с разреженностью растительного покрова, уплотненностью почв, малой мощностью гумусового горизонта и профиля почв в целом. Низкое содержание гумуса, обменных оснований указывает на слабую буферную способность, низкую сопротивляемость почв к внешним воздействиям, высокую уязвимость к антропогенной нагрузке, что требует постоянного мониторинга состояния растительности и почв.

Литература

1. Абалаков А.Д., Берсенева В.О., Новикова Л.С., Овдин Е.Д. Геоэкологические основы организации научно-учебного полигона на особо охраняемых природных территориях: Забайкальский национальный парк. Иркутск : Изд-во Иркут. гос. ун-та, 2010. 147 с.
2. Абалаков А.Д., Дроков В.В., Панкеев Н.С. Организация научно-учебного полигона «Сарма» в Байкальском регионе // Известия Иркутского государственного университета. Сер. Науки о Земле. 2012. Т. 5, № 2. С. 3–18.
3. Классификация и диагностика почв России / авт. и сост. Л.Л. Шишов, В.Д. Тонконогов, И.И. Лебедева, М.И. Герасимова. Смоленск : Ойкумена. 2004. 324 с.

DIVERSITY OF SOIL SCIENCE AND RECREATIONAL TOURISM TRAINING RANGE «SARMA»

Stadnik S.N.

Irkutsk State University, Irkutsk, sergei35698073@mail.ru

Summary. To protect the biodiversity of Lake Baikal – Site UNESCO World Heritage Site and it is necessary to pool the knowledge of the whole complex of natural conditions, and in particular of the soil cover, the carrier providing bioefficiency function, sanitary and tourist and recreational function. To solve this problem was a tourist and recreational scientific training ground «Sarma», which is the research area with rich natural, historical, cultural and recreational resources, objects of tourist infrastructure.

Keywords: Recreation and tourism resources; the soil cover; anthropogenic impact.

УДК 631.47

DOI: 10.17223/9785946215640/18

ХАРАКТЕРИСТИКА ПОЧВ ВЫСОКОЙ ПОЙМЫ НА ИЗЛУЧИНАХ РЕКИ БЕЛАЯ (ПРИБАЙКАЛЬЕ)

Д.В. Тимофеева

Иркутский государственный университет, Иркутск, timofeevadarya@inbox.ru

Аннотация. Почвы высокой поймы на излучинах реки Белая образуются на доломитах нижнего кембрия и отличаются от почв на «классических» поймах реки Белая. Специфика образования и тектоники реки Белая вносит особенности в строение ее аллювиальных почв, поэтому они значительно отличаются от аллювиальных почв европейской части России.

Ключевые слова: аллювиальные почвы; пойма; излучина.

Актуальность работы обусловлена тем, что почвы на излучинах реки Белая изучаются впервые.

Цель исследования – охарактеризовать почвы высокой поймы, а также выявить особенности их формирования.

Объектами исследования послужили почвы пяти разрезов на участке вблизи пос. Холмушино, на высокой пойме реки Белая на шпорах двух излучин в Усольском районе Иркутской области.

Методы исследования: определение рН водной вытяжки потенциометрически, морфологическое и мезоморфологическое описание почвы, определение содержания карбонатов по Голубеву.

Результаты и обсуждение. Река Белая – крупный левый приток реки Ангары. Река Белая берет начало на высоте 2 500 метров в Восточных Саянах. Её отличительной особенностью является наличие большого количества излучин (меандр).

Дождевые осадки – главный поставщик питания реки Белой, летний паводок по объему и высоте больше весеннего, т.е. основное накопление пойменного аллювия на поймах происходит в летний период. В сильные паводки уровень подъема воды может достигать 8 м. Поверхности на высоте 6–8 м заливаются редко, и их относят к высокой пойме [1].

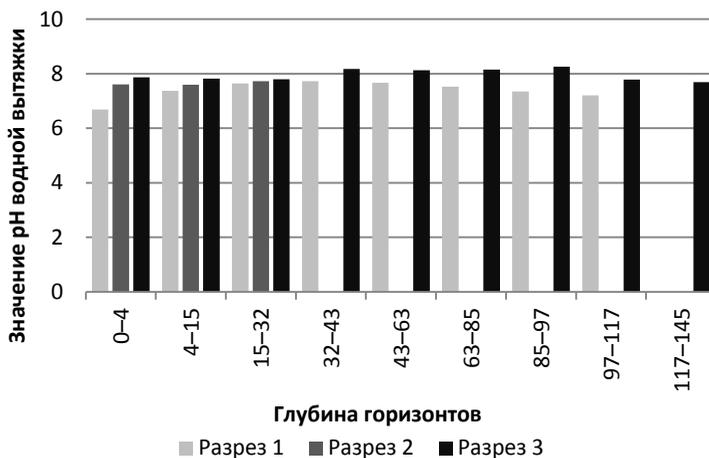


Рис. 1. pH водной вытяжки в аллювиальных почвах реки Белая

Исследования показали, что на изучаемом участке на высокой пойме формируются аллювиальные серогумусные почвы с профилем АУ–С(са)~. Почвы характеризуются различной средой, от слабокислой до щелочной (рис. 1), наличием достаточно мощной дернины, перемешанностью верхних горизонтов и ярко выраженной слоистостью в нижней части профиля.

Мезоморфологические исследования показали неоднородность пойменных наносов с чередованием крупнозернистых песков с заиленными легкими суглинками. При увеличении структуры под бинокляром видна мелкая слоистость, распадающаяся на чешуйчатые отдельности. В верхних горизонтах обнаружены следы копрогенной структуры, что свидетельствует о переработке их энтомофауной. Во многих прослоях присут-

ствует большое количество принесенных паводком растительных остатков (куски древесины, кора деревьев, ветки, сухая трава и др.), в дальнейшем, при благоприятных условиях, более мелкие органические остатки перегнивают и служат дополнительным источником поступления питательных веществ в почву. В некоторых разрезах отмечается наклон слоев в противоположную сторону от русла реки.

Наличие карбонатов (до 3,6%) в профиле, иногда с поверхности почвы, обусловлено особенностью подстилающих горных пород-доломитов нижнего кембрия и наличием нескольких сухих сезонов, когда водный режим почв имел выпотной характер и карбонаты подтягивались ближе к поверхности. Присутствие карбонатов в почвах благоприятно сказывается на ее структуре, агрегаты становятся более прочными. Оглеения горизонтов в почвах высокой поймы не наблюдается, и почвы в верхней части профиля имеют очень низкую влажность. В одном из почвенных профилей обнаружены следы от тектонического взброса, это подтверждает факт того, что долина реки Белая находится в зоне активных тектонических движений. Наличие тектонической трещиноватости пород приводит к сбросу влаги по трещинам вниз, и этим объясняется отсутствие оглеения в почвенном профиле.

Выводы. Почвы, формирующиеся на шпорах излучин, в отличие от почв на «классических» поймах реки Белая, имеют меньшую гумусированность верхних горизонтов с более отмытыми зернами минералов, более легкий гранулометрический состав и ярко выраженную слоистость, Это в первую очередь связано со спецификой осадконакопления на шпорах излучин.

Литература

1. Воробьева Г.А. Почва как летопись природных событий Прибайкалья. Иркутск : Изд-во Иркут. гос. ун-та, 2010. 205 с.

CHARACTERISTICS OF SOIL HIGH FLOODPLAIN RIVER BEND WHITE (BAIKAL REGION)

Timofeeva D.V.

Irkutsk State University, Irkutsk, timofeevadarya@inbox.ru

Summary. Soils high in the floodplain of the river bends White formed in the dolomites of the Lower Cambrian and different from soils in the "classic" White floodplain soils. The specifics of education and tectonics White River making especially in the structure of its alluvial soils, so they differ significantly from the alluvial soils of the European part of Russia.

Keywords: alluvial soil; alluvial valley; meander.

ЗАСОЛЕННЫЕ ПОЧВЫ о. ОЛЬХОН

Е.Р. Хадеева

Институт географии им. В.Б. Сочавы СО РАН, Иркутск, war_ker@mail.ru

Аннотация. Засоленные почвы в Приольхонье и на о. Ольхон формируются вокруг засоленных озер. Вокруг оз. Шара-Нур на о. Ольхон площадь засоленных почв увеличивается в связи с его усыханием. Таким образом, происходит изменение почвенного покрова.

Ключевые слова: о. Ольхон; почвенный покров; засоленные почвы; минерализованные озера.

Изменение почвенного покрова в Приольхонье и на о. Ольхон связано с усыханием минерализованных озер. На месте высохших озер формируются засоленные почвы. В связи с этим целью исследования стало изучение изменения почвенного покрова на о. Ольхон вокруг высохшего оз. Шара-Нур (рис. 1). Почвенный покров исследовался методом трансект-катены, почвенные образцы отбирались по горизонтам.

Ольхон является самым крупным островом озера Байкал, его длина составляет около 72 км, ширина – 15 км, площадь – 730 км² [1]. Количество осадков на острове незначительно: около 200 мм в год. Ветры на Ольхоне бывают часто, в среднем 150 дней в году, скорость их в основном достигает примерно 15 м/с. Преобладающее направление ветров северо-западное. Климат острова формируется в результате сложного взаимодействия всех климатообразующих условий и зависит от свойств подстилающей поверхности. В формировании климата большую роль играет рельеф местности [2].

Район исследования находится в горно-котловинной провинции Приольхонья и Станового нагорья, низкогорного округа о. Ольхон и Приольхонья [3]. Почвенный покров района характеризуется большим разнообразием как по составу почв, так и по особенностям их строения.

Озеро Шара-Нур расположено в горной части острова на высоте 750 м над уровнем моря, имеет площадь 13,8 га [4] Длина озера в многоводный период составляла 400 м, ширина – 170 м, глубина – 3 м.

Озеро по берегу заболочено, заросло болотной травой. В зимнее время промерзает до дна [5].

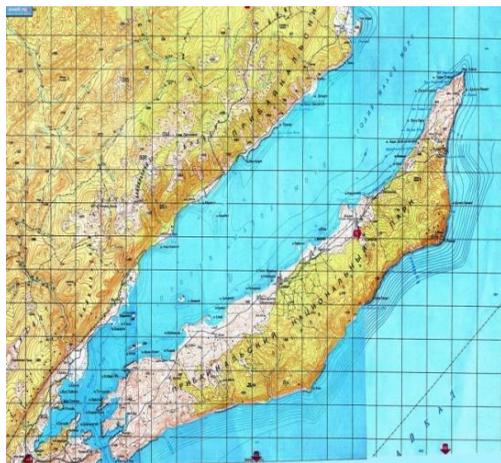


Рис. 1. Исследуемая территория о. Ольхон

В настоящее время озеро пересохло, что связано с засушливым летним периодом. Высохшая площадь озера покрыта солевой коркой толщиной 2–5 см.

Разрез № 9 заложен на дне озера Шара-Нур. Рельеф: дно озера. Растительность: отсутствует. ррт – 10, рН – 6,2. Высота 750 м.

№ разреза	Глубина разреза, см	Описание
9	0,5	Солевая корка, светло-серая, белесоватая, плотная, вскипает от HCl
	1–4	Темно-бурый, влажный, комковато-порошистый, рыхлый, тяжелый суглинок – глина, включения: единичные корни растений, НО нет, вскипает бурно, характер перехода ясный по цвету, граница перехода карманная
	4–27	Буровато темно-серый, оглеен, мокрый, рыхлый, бесструктурный, иловатый, глина, включения: единичные корни растений, вскипает бурно, переход неясный по цвету, граница перехода неровная
	27–45 и ниже	Сизый, глеевый, мокрый, рыхлый, бесструктурный, включения: нет, НО нет, бурно вскипает

Разрез № 10 заложен на приозерном понижении озера Шара-Нур. Рельеф: приозерное понижение. Растительность: злаки: мятлик луговой, вострец; разнотравье: горец, осока. ррт – 0,3, рН – 8,1. Высота 746 м.

№ разреза	Глубина разреза, см	Описание
10	0–7 (10)	Буроватый, плотный, свежий, порошистый, легкий суглинок, включения: обильные корни растений, в нижней части горизонта встречаются гравелиты, граница перехода четкая по цвету и плотности, характер перехода неровный, мелкокарманистый
	7 (10)–15	Буровато темно-серый, более минерализованный, свежий, более рыхлый, порошистый, средний суглинок, включения: корни растений, гравелиты, характер перехода четкий по цвету и наличию камней, граница перехода волнистая
	15 (20)–35	Светло-серый, рыхлый, свежий, прослойка камней различной окатанности и размеров, в нижней части горизонта более крупные неокатанные камни, легкий, средний суглинок, характер перехода четкий по цвету и наличию камней
	35–73	Цвет неоднородный: от сизовато-оливкового до охристого, полосчатый, глина, влажный, уплотнен, включения: единичные корни растений, встречаются линзы песка крупнозернистого, серо-сизого цвета 15 × 20 см, характер перехода четкий по цвету, плотности и грансоставу
	73–96	Сизовато-бурый, бурого цвета больше, полосчатость, менее уплотнен, липкий, вязкий, влажный, глина, частично опесчанен, бесструктурный, вскипает

Разрез № 11 заложен в межгорном понижении озера Шара-Нур. Рельеф: межгорное понижение; микрорельеф: бугристо-западинный. Растительность: бобовые (мышинный горошек), злаки (мятлик луговой, пырей ползучий), разнотравье (кровохлебка лекарственная, жабник

полевой, лапчатка гусиная, лапчатка поднимающаяся, полынь, осока). Ассоциация: лапчатко-осоковый луг. На глубине 10–12 см: ррт – 0,16, рН – 8,65. На глубине 30–40 см: ррт – 0,33, рН – 8,32. Высота 748 м.

№ раз-реза	Глубина разреза, см	Описание
11	0–6	Буровато темно-серый, уплотнен, влажный, порошисто-комковатый, легкий суглинок, включения: обильные корни растений, встречаются гравелиты, характер перехода постепенный по количеству корней и камней, вскипает средне
	6–15	Буровато темно-серый до черного, свежий, уплотнен, порошистый, мелкокомковатый, легкий суглинок – средний суглинок, включения: обильно камни, характер перехода резкий по цвету, плотности и степени вскипания, граница перехода – неровная
	15 (17)–38	Сильно сцементированный, карбонатный горизонт, очень плотный, белесоватый, сухой, средний суглинок, местами встречается карманы с наполнением камней, граница перехода четкая по цвету и степени вскипания
	38–60 и ниже	На буром фоне светлые (белесые) пятна карбонатов, вскипают только они, структура неясно выражена, криогенная, по карбонатным пятнам пылит, плотный, свежий, тяжелый суглинок, встречаются небольшие кротовины заполненные гумусом

Разрез № 12 заложен на склоне межгорного понижения озера Шара-Нур. Рельеф: склон межгорного понижения; микрорельеф: ровный. Растительность: I ярус – сосна обыкновенная. Травы: бобовые – нет; злаки – ковыль Крылова, житняк гребенчатый, змеевка растопыренная, вострец; разнотравье – лапчатка поднимающаяся, вероника седая, гониолимон красивый, гвоздика лесная, подмаренник настоящий, астра альпийская, полынь холодная. Ассоциация: полынево-ковыльная степь. Высота 766 м.

№ раз-реза	Глубина разреза, см	Описание
12	0–8	Буровато темно-серый, рыхлый, сухой, пылевато слабокомковатый, средний суглинок – легкий суглинок, включения: обильные корни растений, встречаются гравелиты, характер перехода резкий по цвету, плотности и грансоставу, граница перехода волнистая, не вскипает
	8–20	Буровато светло-серый, сухой, уплотнен, пылит, слабокомковатая, легкий суглинок, включения: обильно камни, характер перехода постепенный по цвету, плотности, характер перехода – нечеткий

	20–49	Бурий однородный, свежий, сильно опесчаненный суглинок, очень плотный, комковатый, включения: камни по всему горизонту, но меньше, чем в верхнем горизонте, единичные корни растений, не вскипает
--	-------	---

Разрез № 13 заложен в межгорном понижении, на приозерной возвышенности с южной стороны озера Шара-Нур. Рельеф: приозерная возвышенность; микрорельеф: ровный. Травы: бобовые – нет; злаки – мятлик луговой, пырей ползучий, тонконог; разнотравье – горец. Ассоциация: мятликовый луг. На глубине 0–10 см: ppt – 1,00, рН – 9,9. Высота 752 м.

№ разреза	Глубина разреза, см	Описание
13	0–10	Буровато темно-серый, рыхлый, сухой, пылевато слабокомковатый, средний суглинок – легкий суглинок, вскипает, включения: обильные корни растений, встречаются гравелиты, характер перехода резкий по цвету, плотности и грансоставу, граница перехода волнистая
	10–20	Светло-серый с буроватым оттенком, плотный, свежий, структура пылевато слабокомковатая, супесь – легкий суглинок, вскипает от HCl, включения: единичные корни растений, характер перехода резкий по цвету, граница перехода слабоволнистая
	20–35	Палевый (на желтовато-буром фоне более темные затеки из верхнего горизонта), плотный, свежий, структура порошистая, слабокомковатая, легкий суглинок, более опесчанен, вскипает от HCl, NO – карбонатная пропитка, включения: камни, гравий различного размера, характер перехода неявный по цвету, граница перехода неровная – языковатая
	35–57	Серовато-бурый, плотный, свежий, структура слабокомковатая, легкий суглинок – супесь, вскипает от HCl, включения: единичные корни растений, камни, NO – карбонатная пропитка, характер перехода постепенный по цвету, грансоставу, граница перехода неровная – карманная
	57–70	Охристо-бурый, очень плотный, свежий, структура порошисто слабокомковатая, легкий суглинок, вскипает от HCl, включения: единичные корни растений, камни, NO – карбонатная пропитка

Разрез № 14 заложен в межгорном понижении, на приозерной возвышенности с южной стороны озера Шара-Нур. Рельеф: приозерная возвышенность; микрорельеф: ровный. Растительность: травы – бобовые (термопсис ланцетный); злаки – вострец, тонконог, змеевка рас-

топыренная; разнотравье – володушка козелецелистная, вероника седая, гониолимон красивый, астра альпийская, лапчатка пижмолистная, полынь холодная. Ассоциация: вострцово-володушко козелецелистная степь. Высота 746 м.

№ раз-реза	Глубина разреза, см	Описание
14	0–15	Темно-серый, рыхлый, свежий из-за дождя, структура слабо комковатая, легкий суглинок – средний суглинок, не вскипает, включения: густо переплетен корнями растений, НО – нет, характер перехода резкий по цвету, плотности, граница перехода неровная, затечная
	15–34 (35)	Однородный по цвету – палево-белесый, плотный, свежий, структура пылеватая, осложнена плитчатостью, средний суглинок, встречаются единичные поры, вскипает, включения: единичные корни растений, отдельные неокатанные камни, характер перехода постепенный по цвету, граница перехода ровная
	34 (35)–62	Желтовато-бурый, очень плотный, свежий, структура пылевато-комковатая, вскипает, НО – карбонатная пропитка, включения: камни

Литература

1. Атлас Иркутской области: экологические условия. М. ; Иркутск, 2004. 90 с.
2. Иметхенов А.Б., Долгонова Э.З., Елбаскин П.Н. Ольхон – край родной. Улан-Удэ : Изд-во Бурят. гос. ун-та, 1997. С. 5–21.
3. Кузьмин В.А. Опыт почвенно-географических исследований на территории Байкальской Сибири // География и природ. ресурсы. 2007. № 3. С. 197–205.
4. Лопатовская О.Г., Кондратьева Г.В., Людвиг Д. Педо-гало-геохимические особенности засоленных почв соленых озер острова Ольхон : деп. ВИНТИ. № 195-В2006. 27.02.2006.
5. Блохин Ю.И. Гидрологические и инженерно-геологические условия территории Западного Прибайкалья // Иркутские фонды. ИГУ. 1962.

SALINE SOILS THE ISLAND OF OLGKHON

Khadeeva E.R.

Institute of geography V.B. Sochava RAS, Irkutsk, war_ker@mail.ru

Summary. Saline soils of Priolkhonie and on Olkhon island, formed around salted lakes. The area of saline soils around lake Shara-Nur on Olkhon island increases due to dry out. As a result the change of soil cover.

Keywords: Olkhon island; soil landscape; saline soils; saline lakes.

**СЕКЦИЯ 2. ЭФФЕКТИВНОЕ
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ И ОХРАНА
ПОЧВЕННЫХ РЕСУРСОВ.
МОНИТОРИНГ И ЭКОЛОГО-
ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА**

НАКОПЛЕНИЕ РАСТИТЕЛЬНЫХ ОСТАТКОВ НА ПОВЕРХНОСТИ ПОЧВЫ В ТЕХНОЛОГИИ NO-TILL В ЮЖНОЙ ЧАСТИ НОВОСИБИРСКОЙ ОБЛАСТИ

А.Г. Башук

*Институт почвоведения и агрохимии СО РАН, Новосибирск,
bashuk2011@yandex.ru*

Аннотация. Показана возможность накопления мульчирующего слоя при возделывании зерновых культур по технологии No-till. Данный показатель составил 38,8 ц/га, что в три раза больше относительно варианта с механической обработкой почвы.

Ключевые слова: технология No-till; мульчирующий слой; урожайность.

В последнее время широкое распространение в земледелии Сибири получила система возделывания культур по технологии No-till. Особенностью данной технологии является выращивание сельскохозяйственных культур без механической обработки почвы, что способствует образованию на поверхности почвы слоя мульчи из растительных остатков. В результате этого снижается испарение влаги из почвы, повышается устойчивость к водной и ветровой эрозии, уменьшаются температурные колебания в верхнем (0–10 см) слое почвы. Это создает более комфортные условия произрастания растений и позволяет более полно реализовать потенциал продуктивности сельскохозяйственных культур.

В то же время при переходе от классической технологии к технологии No-till в начальный период времени (первые 3–5 лет) увеличивается засоренность полей, возрастает необходимость правильного применения средств защиты растений и минеральных удобрений. Кроме этого, у некоторых земледельцев одним из основных факторов, сдерживающих внедрение технологии No-till, является недостаточное количество растительных остатков. В результате не пред-

ставляется возможным формирование слоя мульчи на поверхности почвы, что приводит к образованию большого количества глубоких трещин в весенний период и пересыханию верхнего слоя почвы. На таких полях получают изреженные всходы с низкой урожайностью. Поэтому при переходе к системе No-till нужно учитывать возможность накопления необходимого слоя мульчи за один вегетационный период.

В настоящей статье обсуждаются размеры накопления мульчи при использовании технологии No-till в течение 7 лет. Для этого осенью 2015 г. на производственных полях ООО «Рубин» Краснозерского района Новосибирской области и близкорасположенных полях нескольких фермерских хозяйств были отобраны образцы почвы с мульчей по слоям 0–5 и 5–10 см в ненарушенном сложении. ООО «Рубин» с 2007 г. полностью перешло на выращивание сельскохозяйственных культур по технологии No-till с полным комплексом защиты растений (протравливание семян, перед посевом поля обрабатывают смесью глифосат + 2.4-Д эфир, по вегетации обрабатывают посеvy против злаковых и двудольных сорняков, также применяют фунгициды и инсектициды), использованием минеральных удобрений и специальной техники. Технология возделывания зерновых на близкорасположенных полях фермерских хозяйств предусматривает осеннюю и предпосевную культивацию на 10–12 см, посев сеялкой СЗП-3,6, обработку посева по вегетации только против двудольных сорняков, минеральные удобрения не использовали. Отбор образцов проводили до уборки зерновых культур кольцами диаметром 10 см и высотой 5 см, повторность шестикратная.

На всех вариантах опыта было отмечено наличие растительных остатков на поверхности почвы. В варианте с механической обработкой почвы это было связано с плохой заделкой прошлогодней соломы и отсутствием обработки посева против злаковых сорняков. В результате на поверхности почвы было накоплено 13,6 ц/га растительных остатков. В посевах пшеницы по технологии No-till толщина слоя мульчи составила около 2 см, а ее вес был в три раза больше в сравнении с вариантом с механической обработкой почвы. Кроме этого, длительное возделывание зерновых культур по технологии No-till в 4 раза увеличило запасы мортмассы в слое почвы 0–5 см относительно клас-

сической технологии. Однако в слое почвы 5–10 см данный показатель был одинаковым (таблица).

Вероятно, полученные различия между технологиями по накоплению органического вещества связаны не только со снижением скорости разложения растительных остатков, но и с большей урожайностью культур при использовании технологии No-till, что обеспечивало на этом фоне и большее поступление в почву растительных остатков.

**Влияние технологии возделывания зерновых на накопление
мульчи и мортмассы в почве**

Технология возделывания	Средняя урожайность на поле, ц/га	Вес мульчи, возд. сух. ц/га	Мортмасса по слоям почвы, ц/га	
			0–5 см	5–10 см
Классическая	10–12	13,6	6,1	2,3
No-till	24–32	38,8	25,4	2,1
НСП ₀₅		2,1	1,7	0,3

Таким образом, переход на более интенсивные технологии возделывания культур не только увеличивает урожайность, но и создает предпосылки для формирования необходимого слоя мульчи.

THE ACCUMULATION OF PLANT RESIDUES ON THE SOIL SURFACE IN NO-TILL TECHNOLOGY IN THE SOUTHERN PART OF THE NOVOSIBIRSK REGION

Bashchuk A.G.

Institute of Soil Science and Agrochemistry SB of RAS, Novosibirsk, bashuk2011@yandex.ru

Summary. The possibility of accumulation of the mulching layer at cultivation of grain crops on the No-till technology is shown. This indicator has made 38,8 c/hectare that is three times more concerning option with machining of the soil.

Keywords: the No-till technology; the mulching layer; productivity.

ХАРАКТЕРИСТИКА ОСНОВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ РЕКУЛЬТИВАЦИИ

И.Н. Госсен

*Институт почвоведения и агрохимии СО РАН, Новосибирск,
igor-gossen@yandex.ru*

Аннотация. В работе рассмотрены технологии рекультивации, применяемые на техногенно-нарушенных территориях Сибири. Каждая технология требует определенных подготовительных работ. Значительные площади могут быть возвращены в сельскохозяйственное использование при условии проведения горнотехнического этапа рекультивации на высоком уровне. В настоящее время разработано достаточно много разнообразных технологий рекультивации, направленных на создание сельскохозяйственных и лесных угодий на техногенно нарушенных территориях.

Ключевые слова: техногенный ландшафт; рекультивация; биологический этап; планировка поверхности; технологии рекультивации.

Как известно, целью рекультивации является не столько временное, частичное преобразование нарушенных земель, сколько создание на их месте продуктивных и рационально организованных антропогенных (техногенных) ландшафтов. В зависимости от планов дальнейшего использования этих ландшафтов они могут преобразоваться в агроландшафты или другие, близкие к естественным ландшафтам. При проведении рекультивационных работ во всех случаях стремятся к оптимизации и улучшению условий природной среды. При этом очень важно провести на высоком уровне горнотехнический этап рекультивации, но еще важнее разработать надежные приемы последующего ухода за восстановленными площадями. Так как рекультивированные земли спустя несколько лет могут деградировать в обратном направлении до состояния, близкого к нарушенным [1].

В Кемеровской области в настоящее время площадь нарушенных земель составляют около 100 тыс. га [2]. При этом большая часть нарушенных территорий находится на различных стадиях естественного восстановления или представляет собой участки, рекультивированные

по разным направлениям согласно ГОСТ 17.5.1.01-83. Таким образом, все нарушенные и рекультивированные участки можно разделить на следующие категории в зависимости от проведенных рекультивационных работ.

1. Самозарастание без предварительной подготовки поверхности отвала. Естественное восстановление техногенных ландшафтов в Кузбассе распространено наиболее широко. Можно утверждать, что основные площади нарушенных земель в Кузбассе восстанавливаются только под действием естественных, природных процессов.

2. Самозарастание после полной или частичной планировки поверхности. Этот вариант восстановления техногенного ландшафта также встречается достаточно часто.

3. Лесная рекультивация – наиболее распространенное направление рекультивации. Может выполняться после полной или частичной планировки поверхности. Основными древесными породами являются сосна, лиственница, береза. Из кустарников используются облепиха и лох.

4. Сельскохозяйственная рекультивация посредством рыхления предварительно спланированной поверхности отвалов и посева различных трав (травосмесей). Этот вариант рекультивации по площади распространения уступает лишь площадям с лесной рекультивацией.

5. Сельскохозяйственная рекультивация с отсыпкой плодородного слоя почвы (ПСП). Площади, рекультивированные по такой технологии незначительны и на территории Кузбасса составляют несколько гектаров. Используются они исключительно под посевы трав.

6. Сельскохозяйственная рекультивация с использованием различных почвоулучшителей (сидераты, цеолиты, потенциально плодородные породы (ППП) и др.). Площади, рекультивированные по такой технологии, также невелики.

Рекультивации подлежат нарушенные земли всех категорий, а также прилегающие земельные участки. В настоящее время рекультивационные мероприятия по восстановлению нарушенных земель проводят, как правило, в три этапа.

Подготовительный этап – обследование нарушенных территорий, определение направления рекультивации, технико-экономическое обоснование и составление проекта рекультивации [3].

Горно-технический этап рекультивации предусматривает выполнение мероприятий по подготовке территории к последующему целевому использованию. К ним относятся:

- планировка поверхности;
- выколаживание и (или) террасирование откосов отвалов и бортов карьерных выемок;
- селективное снятие, транспортирование, складирование (при необходимости) и нанесение на рекультивируемые земли ППП и ПСП;
- ликвидация последствий осадки отвалов горных пород и противоэрозионные мероприятия;
- засыпка породой или заполнение водой остаточных карьерных выемок;
- комплекс мелиоративных мероприятий, направленных на улучшение химических и физических свойств отвальных грунтов, слагающих поверхностный слой рекультивируемых земель (при необходимости);
- строительство дорог и гидротехнических сооружений и др.

На горнотехническом этапе выполняются следующие виды планировки:

- полная планировка – выравнивание поверхности с формированием уклонов, допустимых для сельскохозяйственного или механизированного лесохозяйственного освоения;
- частичная планировка – выборочное выравнивание поверхности, обеспечивающее создание благоприятных условий для целевого освоения земель;
- выколаживание откосов – земляные работы с целью уменьшения углов откосов отвалов и бортов карьерных выемок. Выколаживание откосов может быть сплошным или террасным.

При этом частичную планировку отвала рекомендуется проводить в период его отсыпки по мере продвижения фронта отвальных работ, а полную – перед нанесением на поверхность плодородного слоя почвы, потенциально плодородных пород или перед производством лесопосадочных работ.

Заключительный – биологический – этап рекультивации включает мероприятия по освоению рекультивируемых земель и формированию растительного покрова согласно поставленной цели рекультивации. В Кузбассе выделяются следующие основные направления биологической рекультивации:

- а) сельскохозяйственное – пашни, кормовые угодья (сенокосы, пастбища), многолетние насаждения;
- б) лесохозяйственное – лесонасаждения общего хозяйственного и иного назначения;
- в) рекреационное – создание зон отдыха;
- г) санитарно-гигиеническое – восстановление устойчивого растительного покрова на нарушенных землях.

Целью биологического этапа при сельскохозяйственном направлении является создание на рекультивируемых землях условий, обеспечивающих получение стабильной урожайности сельскохозяйственных культур. Достигается это за счет применения соответствующих агротехнических, фитомелиоративных мероприятий, направленных на восстановление и повышение почвенного плодородия.

В самом общем виде технологии выполнения рекультивационных работ по сельскохозяйственному направлению можно разделить на три основные группы. Во-первых, это создание рекультивированных земель путем отсыпки на поверхность спланированных отвалов потенциально-плодородных пород и плодородного слоя почвы. Мощность отсыпки этих субстратов может изменяться в широких пределах и в основном зависит от наличия сохранных объемов материала ПСП и ППП. Во вторую группу можно отнести технологии создания сельскохозяйственных угодий путем внесения в субстрат техногенных ландшафтов удобрений и почвоулучшителей. В результате свойства техногенных почв улучшаются, и такие участки могут использоваться для выращивания некоторых сельскохозяйственных культур. Третья группа технологий создания сельскохозяйственных угодий не предусматривает никаких мелиоративных или агрохимических мероприятий и заключается только в механической обработке нарушенных земель и посадке нетребовательных к почвенному плодородию культур.

Как правило, при сельскохозяйственном направлении рекультивации перед вводом земель в интенсивный сельскохозяйственный оборот проводится мелиоративный этап освоения рекультивированных земель. Мелиоративный период освоения рекультивированных участков необходим для восстановления биологических, агрохимических и агрофизических свойств в искусственно созданном корнеобитаемом

слое. На этом этапе в большинстве случаев вносят минеральные и органические удобрения и возделывают травосмеси, в том числе и на сидераты, которые способствуют накоплению питательных веществ и созданию благоприятных агрофизических условий в этом слое. Без мелиоративного этапа освоения рекультивированных почв невозможно дальнейшее интенсивное использование этих участков в сельскохозяйственном производстве.

Лесная рекультивация проводится тогда, когда нецелесообразна сельскохозяйственная, но требуются улучшение экологической обстановки в районе размещения техногенных объектов и защита прилегающих земель от эрозии и дефляции. При лесном направлении рекультивации создаются искусственные лесонасаждения различного назначения: а) сплошные крупно массивные насаждения хозяйственно ценных хвойных и лиственных пород (эксплуатационные леса); б) сплошные насаждения временного характера древесными и кустарниковыми породами мелиоративного типа, способными фиксировать атмосферный азот и нетребовательными к плодородию грунтов; в) полосные или сплошные насаждения на выположенных или террасированных откосах противоэрозионного и санитарно-гигиенического назначения; г) насаждения по бровкам отвалов и карьеров, водозадерживающих валов, водопоглощающих канав, водоемов, водоохранные и другие насаждения; д) полезащитные и водорегулирующие лесные полосы; е) насаждения рекреационного типа для удовлетворения эстетических потребностей людей. В особо сложных условиях рекомендуется создавать лесонасаждения многоцелевого назначения.

В Кузбассе лесное направление рекультивации выполняется в основном на частично спланированной поверхности породных отвалов и поверхности шахтных полей. При этом создаются насаждения лесохозяйственного, рекреационного и лесозащитного назначения. Основные требования к древесным и кустарниковым породам, которые используются для проведения лесной рекультивации, – это устойчивость к неблагоприятным условиям техногенных ландшафтов, а также хорошая биологическая продуктивность на бедных субстратах. Специфика субстратов, рельефа и микроклиматических условий техногенных ландшафтов не позволяет использовать многие древесные ви-

ды, произрастающие в Сибири. Только растения, способные хорошо произрастать на техногенно нарушенных территориях, могут обеспечить заметный природовосстановительный эффект.

Таким образом, в настоящее время разработано достаточно много разнообразных технологий рекультивации, направленных на создание сельскохозяйственных и лесных угодий на техногенно нарушенных территориях. Между тем, как показывает практика выполнения рекультивационных работ, наибольшая эффективность рекультивации достигается только при проведении комплексных мероприятий, которые объединяют в единый процесс работы подготовительного, горно-технического и биологического этапов. В любом случае в результате проведения рекультивационных работ, а также под влиянием развития гипергенных процессов техногенные ландшафты постепенно преобразуются, и на их поверхности формируется своеобразный почвенный покров, значительно отличающийся от зонального, свойственно-го ненарушенным ландшафтам.

Литература

1. Курачев В.М., Андроханов В.А. Классификация почв техногенных ландшафтов // Сибирский экологический журнал. 2002. № 3 С. 255–261.
2. Водолеев А.С., Андроханов В.А., Клековкин С.Ю. Почвоулучшители: рекультивационный аспект. Новосибирск : Наука, 2007. 148 с.
3. Сметанин В.И. Рекультивация и обустройство нарушенных земель. М. : Колос, 2003. 96 с.

CHARACTERISTICS OF THE MAIN REMEDIATION TECHNOLOGIES

Gossen I.N.

Institute of Soil Science and Agrochemistry Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences (ISSA SB RAS), Novosibirsk, igor-gossen@yandex.ru

Summary. The paper discusses the remediation technologies used in the technologically-disturbed areas of Siberia. Each technology requires a certain amount of preparatory work. Large areas can be returned to agricultural use under the condition of the mine technical phase of reclamation at a high level. There are currently a lot of different remediation technologies aimed at the establishment of agricultural and forest land to anthropogenic disturbed areas.

Keywords: technogenic landscape; recultivation; the biological stage; the layout of surface; technology of remediation.

СВОЙСТВА ОДНОКРАТНО МЕЛИОРИРОВАННЫХ СОЛОНЦОВ БАРАБЫ В УСЛОВИЯХ ПУЛЬСАЦИИ ГРУНТОВЫХ ВОД

Н.В. Елизаров

Институт почвоведения и агрохимии СО РАН, Новосибирск, elizarov_89@mail.ru

Аннотация. Исследования мелиорированных солонцов корковых гидроморфных проводились в стационарных опытах, заложенных в 1986 г. в северной лесостепной подзоне Барабы. Установлено, что однократное применение гипса продолжало оказывать положительное влияние на физические и химические свойства солонцов более 30 лет после внесения. При подъеме уровня минерализованных грунтовых вод в 2013 г. зафиксировано вторичное засоление почвенного профиля, которое продолжалось после опускания уровня залегания грунтовых вод.

Ключевые слова: солонец корковый; химическая мелиорация; гипсование; грунтовые воды.

На большей части территории Барабинской равнины и всего юга Западной Сибири (около 60%) почвенно-грунтовые воды залегают не глубже 6 м. Только на гривах, высоких террасах и хорошо дренируемых приречных участках уровень залегания грунтовых вод находится глубже 15 м [1]. Грунтовые воды лесостепной зоны Западной Сибири залегают в четвертичных отложениях, подстилаемые региональным водоупором, который представлен неогеновыми глинами. Пополнение грунтовых вод происходит атмосферными осадками через различные локальные понижения, такие как колочные западины и межгривные понижения, которые являются аккумуляторами стоковых вод [2]. Уровень грунтовых вод подвержен колебаниям в разные по влагообеспеченности годы от 1,5 до 2–3 и более метров [3] и изменяется от весны к осени. Максимальная амплитуда колебаний грунтовых вод на опытном участке достигала трех метров за весь период наблюдений (от 350 до 50 см) [4], а в течение одного вегетационного периода – до 120 см. Такая «пульсация» минерализованных грунтовых вод (степень минерализации 1,5–2 г/л) на слабо дренированной

территории вместе с хорошей теплообеспеченностью и дефицитом осадков обусловила развитие галогенного процесса почвообразования и формирование гидроморфных засоленных почв в лесостепной и степной зонах Западно-Сибирской равнины. В лесостепной зоне Барабинской равнины засоленные и солонцеватые почвы встречаются очень часто, причем не только в аккумулятивных позициях рельефа, но и в трансэллювиальных ландшафтах. На долю солончаков, солонцов и солодей приходится почти 20% территории Барабы [1].

Среди засоленных почв Барабинской равнины преобладают солонцы корковые, мелкие и глубокие, которые являются резервом сельскохозяйственного использования, так как обладают высоким потенциальным плодородием. С 1986 по 1990 г. химическая мелиорация была проведена на 145 тыс. га солонцов Омской и Новосибирской областей [4]. Однако мелиорированные солонцы остались под действием природных факторов засоления, таких как пульсация минерализованных грунтовых вод, что не могло не отразиться на их свойствах.

Объекты и методы. Полевые исследования проводились в мелкоделяночных опытах, расположенных в Чулымском районе Новосибирской области на плоском выровненном пространстве между колками, с выраженным микрорельефом в виде неглубоких блюдцеобразных понижений. Опыты заложены в 1986 г. [Там же]. Изучаемые почвы – химически мелиорированные солонцы черноземно-луговые корковые сульфатно-содового засоления слабо- и средnezасоленные глубоко карбонатные многонариевые. Дозы гипса рассчитаны по среднему образцу с интервалом 0,25 нормы по натрию – от 0 до 1,25 нормы: контроль (без гипса), гипс 11 т/га, гипс 23 т/га, гипс 36 т/га, гипс 45 т/га, гипс 56 т/га. Делянки на опытах были обтянуты полиэтиленовой пленкой на глубину 30–40 см с небольшим поверхностным напуском, во избежание бокового и поверхностного стока. Площадь делянки 4 м², расстояние между делянками 1 м. С 1986 по 1994 г. на опыте возделывали севооборот пар – озимая рожь – пшеница – овес – овес. В 1994 г. была посеяна смесь люцерны с донником, больше опытный участок не обрабатывался [5].

Результаты и обсуждение. Длительное действие одноразового внесения гипса изменило профиль мелиорированного солонца. На месте солонцового столбчатого горизонта сформировался уплотненный горизонт темно-серого цвета с белесоватостью и комковато-

зернистой структурой. В варианте без внесения гипса в иллювиальном горизонте отчетливо видна глыбисто-ореховатая структура с глянецом на гранях структурных отдельностей. В результате исследований выявлено уменьшение запасов солей в профиле мелиорированных солонцов по сравнению с контролем.

При изучении физических свойств солонцов установлено, что в контрольных вариантах плотность слоя 0–20 см достаточно высокая и составила 1,28–1,30 г/см³. При такой плотности большинство сельскохозяйственных растений плохо развивается, воздухо- и водообмен их низкий. Поэтому на них практически отсутствовала даже естественная растительность. На поверхности сформировалась мощная почвенная корка. С глубиной плотность увеличивалась, достигая максимума в слое 80–100 см (1,63 г/см³).

Длительное воздействие на солонцы полной и повышенной доз гипса (45 и 56 т/га) снизило плотность почвы по всему метровому слою. В верхнем 20-сантиметровом слое плотность находилась в пределах оптимальной для возделывания сельскохозяйственных культур (1,01 г/см³). На данных вариантах отсутствовала почвенная корка, и слой почвы был довольно рыхлым. С глубиной происходило постепенное увеличение плотности, и её максимум приходился на слой 80–100 см.

В результате исследований выявлено уменьшение запасов солей в профиле мелиорированных солонцов по сравнению с контролем. В контроле максимум солей приходился на слой 20–40 см – 11, 12 т/га. В слое 40–60 см количество солей резко снижалось (до 5,4 т/га), а затем шло их постепенное уменьшение. Примерно такое же распределение солей по профилю характерно для целинных солонцов, в которых, как правило, максимум солей находится в горизонте В₂ (примерно слой 20–40 см), т.е. в залежном состоянии на контрольных вариантах солонцов восстановилась не только столбчато-ореховая структура, но и солевой профиль.

В слое 0–20 см многонатриевых немелиорированных солонцов количество солей в 2 и более раз превышало запасы солей мелиорированных вариантов на той же глубине (5,54 и 2,93, 2,31 и 1,41 т/га – контроль и доза гипса 11, 45, 56 т/га). На вариантах 45 и 56 т/га в метровой толще количество солей было примерно одинаковым – 16,34 и 16,50 т/га, что наглядно показывает нецелесообразность увеличения дозы гипса выше расчетной.

В 2013 г. уровень грунтовых вод поднялся до 50 см, что способствовало значительному засолению почвенного профиля как в контрольном варианте, так и в варианте с внесением мелиорантов. В солевом составе грунтовых вод преобладали анионы HCO_3^- и SO_4^{2-} и в небольшом количестве присутствовал ион CO_3^- . В солевом составе водных вытяжек почв преобладали анионы HCO_3^- и Cl^- . Высокое содержание солей в профиле по сравнению в предыдущими годами свидетельствовало о проявлении вторичного засоления.

Величина pH была высоко щелочной – изменялась в интервале от 8,8 до 10,6. Во всех слоях, за исключением слоя 0–20 см (11 т/га гипса), присутствовала сода. В вариантах с дозами гипса 45 и 56 т/га сода отсутствовала только в слое 0–20 см. Во всех мелиорированных солонцах зафиксирована меньшая щелочность по всей метровой толще по сравнению с контрольными вариантами.

В 2015 г. грунтовые воды не поднимались выше 90–120 см. При понижении уровня грунтовых вод осенью 2013 г. снизилось и содержание натрия в грунтовых водах. В анионном составе грунтовых вод преобладали ионы HCO_3^- и в небольшом количестве присутствовали ионы SO_4^{2-} и Cl^- . В катионном составе грунтовых вод преобладал ион Na^+ и зафиксировано значительное содержание Mg^{2+} . Таким образом, грунтовые воды имели гидрокарбонатно-магниевно-натриево-евый тип засоления. Минерализация грунтовых вод в контроле была выше, чем в мелиорированных вариантах.

В конце весеннего периода 2015 г. содержание солей в профиле солонцов, мелиорированных полной дозой гипса по Гедройцу (45 т/га), было меньше, чем в контроле и варианте с дозой 11 т/га. Таким образом, эффект гипсования сохранялся и после засоления почвы грунтовыми водами, через 29 лет после внесения.

Осенью 2015 г. зафиксировано увеличение количества обменного натрия в почвенном поглощающем комплексе во всех вариантах. Таким образом, засоление почвенного профиля продолжалось после опускания грунтовых вод.

При проведении корреляционного анализа данных солевого состава грунтовых вод и длительно мелиорированных солонцов была выявлена тесная связь этих показателей на глубине 40–100 см (коэффициенты корреляции Пирсона составили от 0,91 до 0,99). Корреляционная связь между верхними слоями почвы (0–20 и 20–40 см) и

грунтовыми водами гораздо ниже (0,24 и 0,57), так как под действием значительного количества атмосферных осадков легкорастворимые соли из верхних слоев (0–20 и 20–40 см) промылись в нижележащие горизонты почвы.

Заключение. Применение химической мелиорации является средством коренного улучшения физических и физико-химических свойств и продуктивности засоленных почв Барабинской равнины с длительностью действия более 25–30 лет.

Под влиянием длительного действия одноразового внесения гипса в больших дозах улучшились и на длительное время сохранились в хорошем состоянии физические свойства мелиорированных солонцов, тогда как пониженная доза не оказала ощутимого эффекта.

За весь период наблюдений на экспериментальном участке, начиная с 1986 г., только весной 2013 г. был зафиксирован подъем уровня залегания минерализованных грунтовых вод до 50 см. При этом произошло засоление почвенного профиля солонцов.

Осенью 2013 г. произошло опускание уровня грунтовых вод, вместе с тем в грунтовых водах снизилось содержание натрия. Дальнейшие наблюдения в 2015 г. показали продолжающееся засоление почвенного профиля почв, происходило увеличение содержания обменного натрия во всех вариантах опыта.

Между солевым составом грунтовых вод и солевым составом солонцов установлена тесная корреляционная связь на глубине 40–100 см.

Литература

1. Курачев В.М., Рябова Т.Н. Засоленные почвы Западной Сибири. Новосибирск : Наука, 1981. 152 с.
2. Орловский Н.В. Особенности генезиса и освоения содовых засоленных почв Сибири // Агрохимия. 1964. № 9.
3. Семендяева Н.В., Добротворская Н.И. Теоретические и практические аспекты химической мелиорации солонцов Западной Сибири. Новосибирск : НГАУ, 2005. 156 с.
4. Галеев Р.Ф. Особенности химической мелиорации солонцов с различным содержанием обменного натрия : автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. Новосибирск, 1994. 16 с.
5. Стройнов В.К., Колебер В.Г. Мелиоративные приемы повышения продуктивности малоплодных солонцовых почв в Западной Сибири // Проблемы рационального использования малоплодородных земель. Омск, 2009. С. 140–144.

PROPERTIES OF SOLONETZES WHICH SINGLE RECLAIMED IN THE BARABA UNDER THE INFLUENCE PULSE GROUND WATER

Elizarov N.V.

Institute for Soil Science and Agrochemistry SB of RAS, Novosibirsk, elizarov_89@ mail.ru

Summary. We conducted studies of chemical amelioration of solonetz cortical hydromorphous stationary tests laid down in 1986 in the northern forest-steppe sub-zone of Baraba. It was found that a single application of gypsum continued to have a positive impact on the physical and chemical properties of solonetz more than 30 years after application. Raising the level of mineralized groundwater in 2013 caused salinization of the soil profile, which continued after the lowering of the level of groundwater.

Keywords: cortical Solonetz; chemical reclamation; gypsuming; groundwater.

УДК 633.282:631.46

DOI: 10.17223/9785946215640/23

ВЛИЯНИЕ МИСКАНТУСА СОРТА «СОРАНОВСКИЙ» НА ДЫХАТЕЛЬНУЮ АКТИВНОСТЬ ПОЧВЫ

С.Ю. Капустянчик¹, А.А. Данилова²

¹ СибНИИРС – филиал ИЦиГ СО РАН, Краснообск, *kapustjanchiksv@mail.ru*

² СибНИИЗиХ СФНЦА РАН, Краснообск, *danilova7alb@yandex.ru*

Аннотация. Исследования проведены в лесостепи Новосибирского Приобья в 2015 г. на полях СибНИИРС – филиала ИЦиГ СО РАН. Почва – серая лесная. В благоприятных гидротермических условиях 2015 г. урожайность мискантуса первого года вегетации составила 2,8 т/га. Дыхательная активность слоя почвы 0–20 см при этом была на 15% выше в сравнении с парующей почвой, что свидетельствует о значимом накоплении органического вещества в почве даже под однолетней культурой мискантуса.

Ключевые слова: биоэнергетика; мискантус; продуктивность; дыхательная активность почвы.

В настоящее время в мире используются невозполнимые источники энергетического сырья: нефть, газ, уголь, торф. При постоянном потреблении они в конечном итоге будут исчерпаны. Поэтому приоритетным направлением является использование биоэнергетических ресурсов [1–4]. Стимулом к использованию биоэнергии также являет-

ся стремление различных стран к сокращению вредных выбросов в атмосферу. В связи с этим ведутся исследования и создаются энергоплантации с целью как эффективной редукации ими атмосферного углекислого газа, так и использования их биомассы для получения энергии (прямое сжигание, получение горюче-смазочных материалов и биогаза) [5]. Продолжаются подбор и оценка продуктивности богатых целлюлозой растений как перспективных источников сырья для химической промышленности [6].

В Институте цитологии и генетики СО РАН проводится поиск альтернативных источников целлюлозосодержащего сырья среди видов, подходящих для выращивания в условиях Западной Сибири. В настоящее время культивируется новая техническая культура – мискантус сорта Сорановский, внесенный в Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию с 2013 г. [7].

Значительное внимание в мире уделяется проблеме переработки биомассы с целью получения биотоплива. При этом остаются слабо изученными вопросы влияния энергетических культур на свойства почв. В частности, с экологической точки зрения важна проблема накопления органического вещества в почве в результате произрастания данных культур. Эти данные необходимы для расчетов количества атмосферного углерода, связываемого плантациями. Актуальность проблемы секвестрирования атмосферного углерода (закрепление углерода в составе сложных органических веществ почвы) существенно возрастает в связи с мероприятиями по снижению эмиссии парниковых газов в атмосферу [8].

Как известно, количество накопившегося за один вегетационный период углерода почвы сложно оценить прямыми методами [9]. Для сравнительных оценок возможно использование данных по продукции CO_2 почвой (дыхание).

Цель работы: оценить продуктивность культуры первого года вегетации и выявить ее влияние на дыхательную активность почвы.

Объекты и методы исследования. Исследования проводились в условиях лесостепи Новосибирского Приобья в 2015 г. на полях СибНИИРС – филиала ИЦиГ СО РАН. Почва опытного поля – серая лесная. В пахотном слое содержание гумуса составляло 3,4%, мощность гумусового горизонта 30–35 см. Обеспеченность почвы подвижным фосфором (P_2O_5 – 39,1 мг/100 г) высокая, обменным калием (K_2O_5 – 11,4 мг/100 г) повышенная, подвижным азотом (3,3 мг/кг) –

недостаточная. Реакция почвенного раствора (рН солевое) – 6,6. Данные почвенные характеристики являются оптимальными для выращивания мискантуса [5]. Посадка корневищ мискантуса осуществлялась весной 14 мая на глубину почвы 10–15 см при среднесуточной температуре воздуха 16°C и влажности почвы 42%. Данные метеостанции Огурцово по температуре воздуха и осадкам позволяют охарактеризовать вегетационный период 2015 г. как умеренно увлажненный с ГТК по Селянинову 1,3. Для определения динамики накопления сухой массы и продуктивности культуры отбирали растительные образцы с 0,25 м² по фазам развития культуры – всходы, кушение, начало колошения, цветение, отмирание побегов. Дыхательную активность почвы определяли в лабораторном опыте по методу И.Н. Шаркова [10]. Для предварительных оценок сравнивали показатели почвы после однолетней культуры мискантус и после однолетнего пара. Образцы почвы были отобраны по слоям 0–10 и 10–20 см в сентябре 2015 г.

Результаты и обсуждение

Продуктивность мискантуса первого года вегетации. Вегетационный период является одним из основных биологических признаков растений и имеет решающее значение для получения высокого урожая [11]. Начало появления всходов мискантуса отмечено 2 июня, 8 июня всхожесть достигла 77%. Густота стеблестоя составила 43 шт./м². С начала всходов происходит постепенное накопление биомассы растений (рис. 1).



Рис. 1. Динамика накопления биомассы мискантуса первого года вегетации

Высота растений к фазе цветения культуры составила 89,7 см. К фазе отмирания побегов наблюдается потеря сухого вещества за счет частичного опада листьев. В конце вегетации были отобраны пробные снопы для определения продуктивности культуры в первый год вегетации. Продуктивность мискантуса с нормой посадки корневищ 1,4 т/га составила 2,8 т/га. Обычно мискантус первого года выращивания не скашивают из-за низкого выхода биомассы, не превышающего 1–2 т/га. В нашем исследовании, благодаря благоприятным условиям вегетационного периода, продуктивность культуры была выше, чем отмечено в литературных источниках.

Дыхательная активность почвы. Источником продукции CO_2 почвой являются прежде всего легкодоступные для микробной утилизации свежие органические вещества, т.е. оценивая этот показатель, мы можем судить о количестве последних. В первый год исследований сделали ориентировочные оценки (рис. 2 и 3).

В начальный период опыта дыхательная активность почвы под мискантусом была достоверно выше, чем в почве без растений, что свидетельствует о более высоком содержании органического вещества в первом варианте. Следовательно, даже за один год произрастания культура мискантуса связывает в органическом веществе почвы значимое количество углерода. Однако достаточно быстро (через 14 дней инкубации) показатели вариантов сравнились, т.е. накопленный углерод находился в доступной для микробной утилизации форме и очень быстро разлагался.

Следующий шаг наших исследований заключался в уточнении слоя почвы, подверженного влиянию однолетней культуры мискантуса. Как видно из рис. 3, отмеченная выше закономерность наблюдалась в обоих изученных слоях, то есть при произрастании мискантуса обогащение органическим веществом происходило во всем слое 0–20 см.

Средние данные в целом по опыту показывают достоверное повышение дыхательной активности слоев почвы при произрастании мискантуса. Различия были достоверны в обоих слоях и составили 15%. Таким образом, произрастание мискантуса в течение одного вегетационного периода способствовало значимому повышению запасов органического вещества в почве.

Отметим, что представленные данные носят предварительный характер и для количественных оценок исследования будут продолжены.

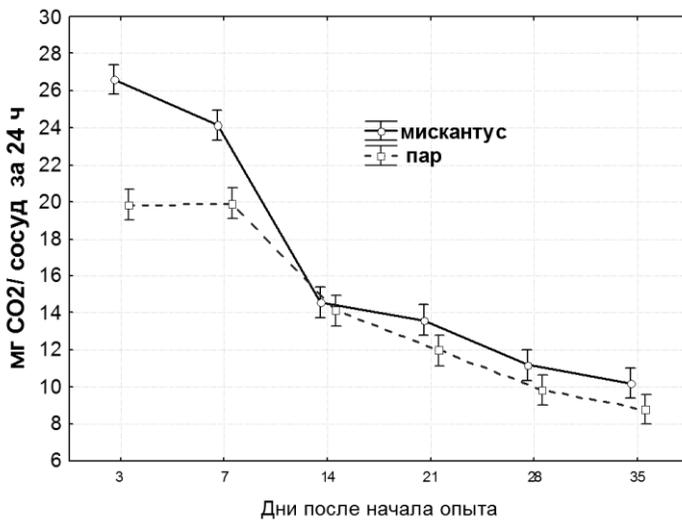


Рис. 2. Дыхательная активность почвы под мискантусом и паром (слой 0–20 см)

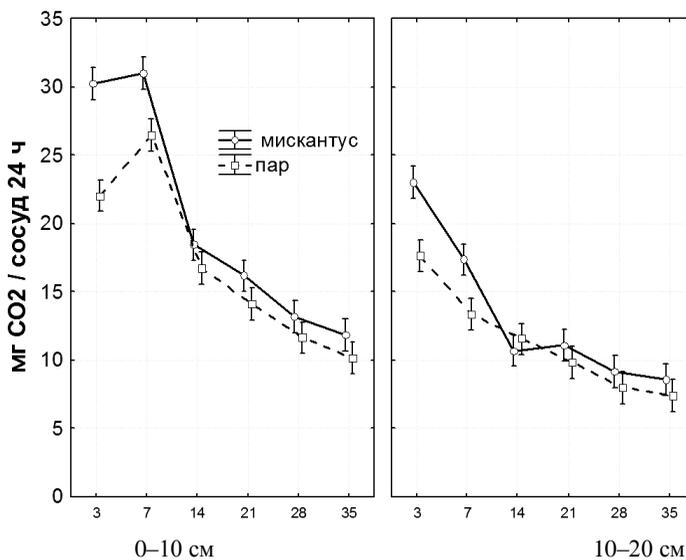


Рис. 3. Дыхательная активность почвы в зависимости от варианта опыта и глубины отбора образцов

Выводы:

1. Гидротермические условия 2015 г. были благоприятными для выращивания мискантуса, что отразилось на урожайности, составившей 2,8 т/га. Эта величина превышает известный в литературе уровень продуктивности однолетней культуры мискантуса.

2. Отмечено повышение дыхательной активности слоя почвы 0–20 см при произрастании культуры в течение одного вегетационного периода на 15% в сравнении с парующей почвой, что свидетельствует о значимом накоплении органического вещества в почве даже под однолетней культурой мискантуса.

Литература

1. Панцхава Е.С., Шипилов М.М. Биоэнергетика в агропромышленном комплексе России // Энергия. Экономика. Техника. Экология. 2007. № 8. С. 30–34.
2. Логвинов И.И. Развитие биогазовой отрасли в Омской области // Инновации. Технологии. Решения. 2005. № 5. С. 22–23.
3. Осадчий Г.Б. Солнечная энергия, её производные и технологии их использования : (введение в энергетику ВИЭ). Омск : ИПК Макшеевой Е.А., 2010. 572 с.
4. Селин В.В. К вопросу о разработке концепции использования биотоплива в энергодобавке Калининградской области // Электрика. 2006. № 8. С. 9–12.
5. Ключков А.В., Кацер Д.В. Биоэнергетика в сельском хозяйстве : науч.-метод. пособие. Горки : Белорус. гос. сельскохоз. акад., 2009. 64 с.
6. Heaton E.A., Dohleman F.G., Long S.P. Meeting US biofuel goals with less land: the potential of Miscanthus // Global Change Biol. 2008. Vol. 14. P. 2000–2014.
7. Шумный В.К. [и др.]. Поиск возобновляемых источников целлюлозы для многоцелевого использования // Вестник ВОГиС. 2010. Т. 14, № 13. С. 569–578.
8. Семенов В.М., Когут Б.М. Почвенное органическое вещество. М. : Геос, 2015. 232 с.
9. Нечаева Е.Х., Марковская Г.К., Мельникова Н.А. Параметры оценки биологической активности почвы // Эпоха науки. 2015. № 4. С. 495–498.
10. Шарков И.Н. Совершенствование абсорбционного метода определения CO₂ из почвы в полевых условиях // Почвоведение. 1987. № 1. С. 127–138.
11. Гущина В.А. Динамика роста и развития мискантуса гигантского первого года жизни // Энергосберегающие технологии в ландшафтном земледелии : сб. материалов : Всероссийской научно-практической конференции. Пенза, 2016. С. 204–207.

INFLUENCE OF MISCANTHUS CV. SORANOVSKII ON THE RESPIRATORY ACTIVITY OF THE SOIL

Kapustyanchik S.Yu.¹, Danilova A.A.²

¹The Siberian research institute of plant and selection, Krasnoobsk, kapustjanchiksv@mail.ru

²The Siberian research institute of soil management and chemicalization of agriculture, Krasnoobsk, danilova7alb@yandex.ru

Summary. The studies were in the forest of Novosibirsk Ob' region in 2015 in the fields of Siberian research institute of plant and selection. Soil was gray forest. Yields miscanthus first year of vegetation was 2.8 t/ha in favorable hydrothermal conditions in 2015. The respiratory activity of the soil layer 0-20 cm was 15% higher in comparison with the fallow soil. Это свидетельствует о значимом накоплении органического вещества в почве даже под однолетней культурой мискантуса. This shows significant accumulation of organic matter in the soil even in the annual miscanthus.

Keywords: bioenergetics; miscanthus; productivity; respiratory activity of the soil.

УДК 631.4

DOI: 10.17223/9785946215640/24

ПРИМЕНЕНИЕ ГУМАТОВ КАЛИЯ И НАТРИЯ В УСЛОВИЯХ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ РЕКУЛЬТИВАЦИИ ТЕХНОЗЁМОВ КУЗБАССА

Т.А. Лужных, С.Л. Быкова

*Новосибирский государственный аграрный университет, Новосибирск,
Tanya.luzhnykh@mail.ru*

Аннотация. В данной работе рассматриваются проблемы деградации почвенного покрова Листвянского угольного разреза, а также пути восстановления техногенно нарушенных почв. Проводилась сравнительная оценка влияния гуматов Na и K на биологическую активность многолетних трав в условиях техногенных ландшафтов. Опыты проводились как в полевых, так и в лабораторных условиях.

Ключевые слова: инициальные эмбриоземы; лессовидные суглинки вскрышных пород; гуматы; многолетние травы.

Проблемы деградации экосистем, в частности их базовой основы – почвы, имеют, как известно, глобальный характер. Однако в некоторых регионах, таких как, например, Кузбасс, они приобретают особую актуальность, поскольку десятилетия экстенсивного развития промышленности привели здесь к развитию глубокого и разностороннего экологического кризиса, охватившего все аспекты природопользования. В настоящее время не менее 70% площади почвенного

покрова земледельческой части региона в той или иной степени деградировано, около 100 тыс. га уничтожено полностью [1].

Для всех этих территорий характерны техногенные ландшафты, сложенные хаотичной смесью вскрышных (лессовидные суглинки) и вмещающих пород (аргиллиты, алевролиты и песчаники). В состав субстрата отвалов также входит уголь, содержание которого может достигать 30% от массы мелкозема.

Рекультивация нарушенных земель является необходимым способом восстановления разрушенных экосистем, сохранения биологического разнообразия и увеличения экологической емкости территории.

Цель работы заключается в изучении влияния гуматов натрия и калия на рост и развитие культур в условиях сельскохозяйственной рекультивации на техноземах Кузбасса.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

1) выяснить влияние различных форм гуматов натрия и калия на рост и развитие сельскохозяйственных культур в условиях техногенно нарушенных ландшафтов;

2) изучить влияние различных способов внесения гуминовых препаратов на рост и развитие сельскохозяйственных культур.

Объекты и методы исследований. Исследования проводились на отвалах Листвянского угольного разреза и Атамановском стационаре Института почвоведения и агрохимии СО РАН, расположенных в лесостепной зоне Кузнецкой котловины.

Используемые гуматы калия и натрия получены из рядового и бурого угля и его естественно-окисленной формы – сажистого угля (участок Кайчакский, пласт Итатский, месторождение относится к Канско-Ачинскому бассейну бурого угля). В качестве субстратов для закладки экспериментальных площадок были выбраны инициальные эмбриоземы, представленные техногенным элювием углевмещающих пород и лессовидными суглинками вскрышных пород.

Для оценки эффективности применения гуматов натрия и калия в качестве стимуляторов роста сельскохозяйственных культур в условиях техногенных ландшафтов были размещены опытные делянки площадью 2 м². Опыт закладывали в трехкратной повторности. Поскольку использование концентрированных растворов гуминовых препаратов оказывает на растения угнетающее действие, их концен-

трацию разбавляли до 0,02%. Аналитическую работу выполняли общепринятыми методами.

Таблица 1

Основные физические и агрохимические свойства субстратов

Субстрат	Плотность, г/см ³	Порозность %	Содержание частиц, %		рН _{H2O}	N-NO ₃	P ₂ O ₅ легкоп.	K ₂ O обмен.
			< 0,01 мм	< 1 мм				
I	1,82	36,4	4,8	15,3	7,3	3,8	0,3	127
II	1,21	43,3	56,8	96,7	8,3	2,9	0,1	254

Примечание. I – техногенный элювий; II – лессовидный суглинок [2].

Закладку и проведение опыта проводили в соответствии с ГОСТ 12038-84 «Семена сельскохозяйственных культур – Методы определения всхожести». Биологическую активность гуматов исследовали на семенах редиса сорта «Престо» и клевера сорта «Малиновый лужок».

Результаты исследований по определению биологической активности гуматов натрия и калия. Результаты аналитической работы показали, что наибольшая биологическая активность характерна для гуматов натрия, что проявляется в усилении энергии прорастания семян редиса, увеличении длины корней и высоты проростков; поражение плесневыми грибами не наблюдалось (рис. 1, 2).

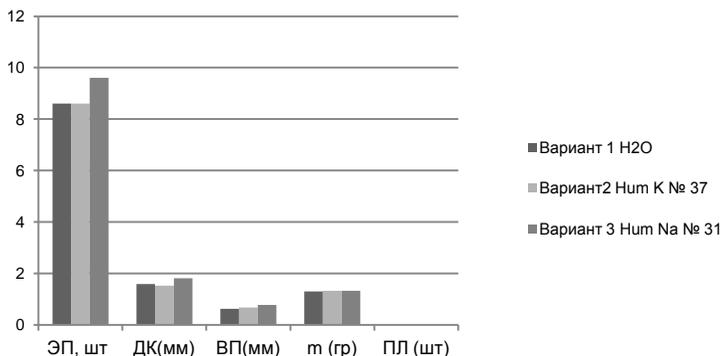


Рис. 1. Показатели биологической активности гуминовых препаратов при выращивании семян редиса «Престо» (опыт 1): ЭП – энергия прорастания; ДК – длина корней; ВП – величина проростка; ПЛ – степень поражения семян плесневыми грибами

На рисунке видно, что наибольшую биологическую активность проявляет гумат Na № 31 по сравнению с контролем и гуматом K № 37.

Семена редиса закладывались в трёхкратной повторности, по 10 шт. в каждой чашечке Петри.

В данном опыте гумат K № 33 и гумат Na № 39 показали низкую биологическую активность по сравнению с контролем. При сравнении самих гуматов активнее себя проявил гумат K № 33.

При определении всхожести многолетних трав (рис. 3, 4) гумат натрия № 31 проявил себя более результативно в сравнении с другими вариантами, при этом всхожесть увеличилась до 27% (рис. 3). На рис. 4 прослеживается низкая биологическая активность по сравнению с контрольным вариантом.

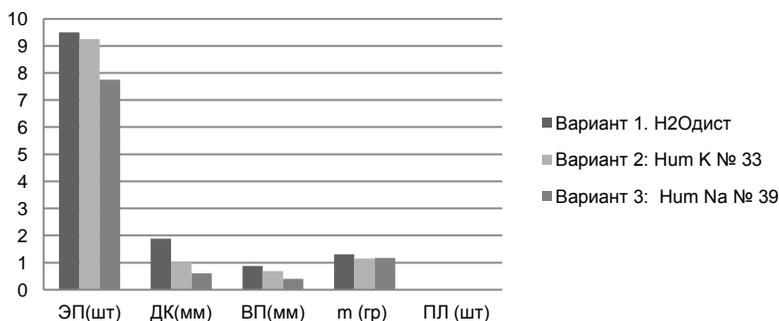


Рис. 2. Показатели биологической активности гуминовых препаратов при выращивании семян редиса «Престо» (опыт 2)

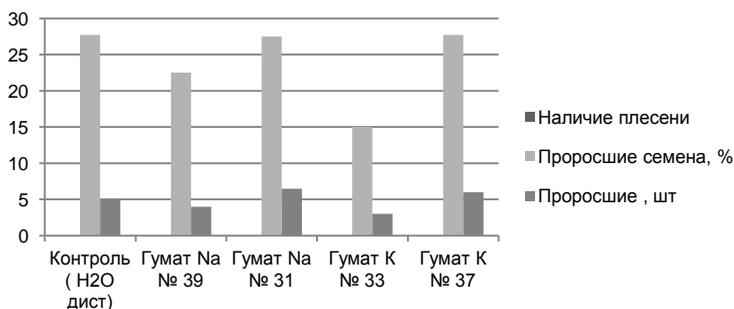


Рис. 3. Показатели прорастания семян клевера

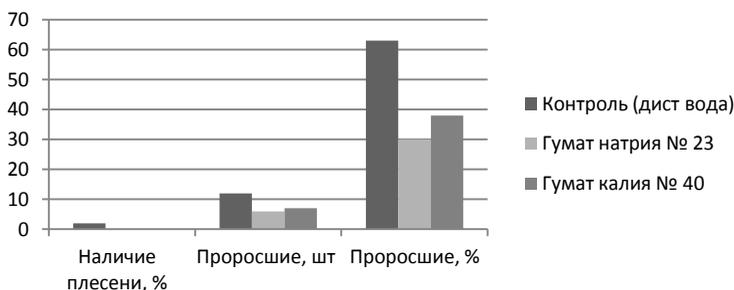


Рис. 4. Показатели прорастания семян клевера

Полевые исследования. В первом варианте полевых опытов гуматы использовали в качестве стимуляторов роста: семена растений замачивали в растворе на 1 сутки, а затем высевали. Во втором варианте опытов препараты вносили непосредственно в субстраты с поливом после высева семян. Концентрация растворов гуминовых препаратов при поливе была такая же, как и в вариантах при замачивании семян.

По результатам исследований стоит отметить, что всхожесть семян многолетних трав после их обработки гуминовыми препаратами увеличилась незначительно по сравнению с контролем. При внесении гуматов с поливом всхожесть семян на субстратах превысила контрольные варианты на 8,5 и 4,7%. В варианте с замачиванием семян отмечено некоторое увеличение всхожести на 10,5% (техногенный элювий), на лесовидном суглинке увеличилась до 6,5%. В то же время применение гуминовых препаратов при посеве многолетних трав положительно сказывается на величине надземной фитомассы в последующие годы (рис. 5).

Увеличение надземной фитомассы многолетних трав при использовании гуматов составила 25% в вариантах с лесовидным суглинком и 60% на техногенном элювии (табл. 2). Использование препаратов с поливом результативнее на субстратах с меньшей водоудерживающей способностью, что позволяет выявить адаптогенные свойства гуматов калия и натрия. Согласно ряду исследований, преимущества гуминовых препаратов заключаются в том, что они повышают усваивание питательных веществ, а значит, нужно меньше минеральных удобрений без ущерба для урожая [2].

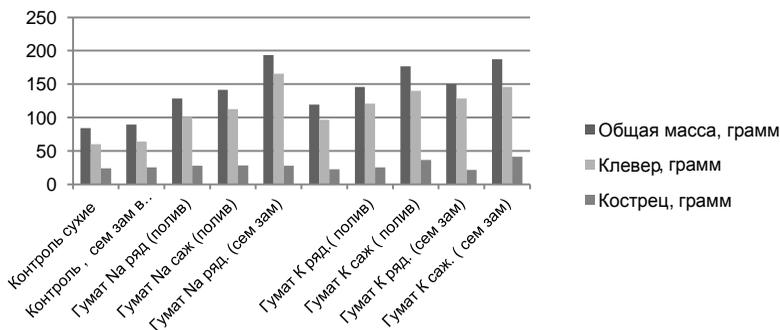


Рис. 5. Учёт скошенной массы многолетних трав (кострец, клевер) на участках с применением гуматов калия и натрия (лессовидный суглинок)

Таблица 2

Превышение надземной фитомассы многолетних трав по сравнению с контролем (второй год), %

Субстрат	Полив		Замачивание семян	
	Гумат натрия	Гумат калия	Гумат натрия	Гумат калия
Лессовидный суглинок	11,3	51,9	10,5	48
Техногенный элювий	29	64	25	62

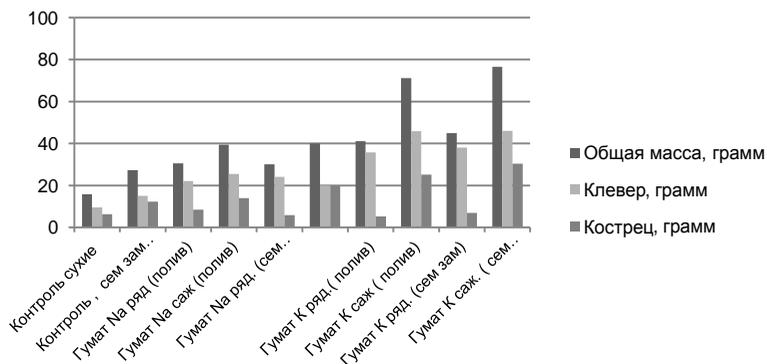


Рис. 6. Учёт скошенной массы многолетних трав (кострец, клевер) на участках с применением гуматов калия и натрия (техногенный элювий)

Использование многолетних трав в условиях техногенных ландшафтов способствует улучшению ряда свойств изучаемых субстра-

тов, в результате чего корневая система трав, проникая в толщу уплотненного техногенного субстрата, способствует коренному и качественному изменению его свойств.

Использование многолетних трав позволит ускорить процесс гумусообразования, улучшить структурно-агрегатное состояние субстрата, уменьшить плотность сложения.

Выводы:

1. Применение гуматов натрия и калия при возделывании сельскохозяйственных культур в условиях техногенно-нарушенных ландшафтов стимулирует всхожесть семян, увеличивает количество надземной фитомассы.

2. Наибольший эффект от применения различных форм гуминовых препаратов достигается при внесении их с поливом в условиях дефицита влаги.

Литература

1. Безуглова О.С. Гуминовые препараты стимуляторы роста // Удобрения и стимуляторы роста. Ростов н/Д : Феникс, 2002. 320 с.
2. Соколов Д.А., Быкова С.Л., Нечаева Т.В., Жеребцов С.И., Исмагилов З.Р. Оценка эффективности применения гуматов натрия и калия в качестве стимуляторов роста // Вестник НГАУ. 2012. № 3 (24). С. 25–30.
3. Гаджиев И.М., Курачев В.М., Андроханов В.А. Стратегия и перспективы решения проблем рекультивации нарушенных земель. Новосибирск : ЦЭРИС, 2001. 31 с.
4. Манаков Ю.А. Особенности формирования растительного покрова в карьерно-отвальных ландшафтах Кузбасса : автореф. дис. ... канд. биол. наук. Новосибирск, 2000. 16 с.
5. Трофимов С.С., Таранов С.А., Рагим-Заде Ф.К., Фактулин Ф.А., Кандрашин Е.Р. Рекультивация и почвообразование // Проблемы сибирского почвоведения. Новосибирск : Наука, 1977. С. 52–72.

APPLICATION OF HUMATES OF POTASSIUM AND SODIUM IN THE CONDITIONS OF AGRICULTURAL RECULTIVATION OF TEKHNZOZYOM OF KUZBASS

Luzhnykh T.A., Bykova S.L.

Novosibirsk State Agricultural University, Novosibirsk, Tanya.luzhnykh@mail.ru

Summary. In this work problems of degradation of a soil cover of Listvyansky coal mine, and also ways of restoration tekhnogenno of the broken soils are considered. Comparative assessment of influence of humates of Na and To, on biological activity of long-term herbs in the conditions of technogenic landscapes was carried out. Experiments were made both in field conditions, and in laboratory.

Keywords: initial embriozema; lessovidny loams of overburden breeds; humates; long-term herbs.

УДК 631.445.42:631.452:631.459.01

DOI: 10.17223/9785946215640/25

ОЦЕНКА ПРОСТРАНСТВЕННОЙ ИЗМЕНЧИВОСТИ СВОЙСТВ ПОЧВ СКЛОНОВОГО АГРОЛАНДШАФТА ПРЕДСАЛАИРЬЯ

Т.В. Нечаева¹, Н.В. Гопп¹, Н.В. Смирнова^{1, 2}, О.А. Савенков¹

¹ *Институт почвоведения и агрохимии СО РАН, Новосибирск, taya_@inbox.ru*

² *Новосибирский государственный университет экономики и управления, Новосибирск*

Аннотация. Приводятся и анализируются данные по комплексу физических, физико-химических и агрохимических свойств пахотного горизонта почв Предсалаирья, расположенных на разных элементах рельефа: вершине водораздела, верхней, средней и нижней частях склона, ложбине стока. Результаты указывают на снижение параметров плодородия почв склонового агроландшафта в результате многолетнего экстенсивного земледельческого использования, наиболее существенные изменения происходят в средней и нижней частях эрозионно-опасного склона.

Ключевые слова: Предсалаирье; эрозионно-опасный склон; пахотные почвы; фракции физической глины; органический углерод; валовые и подвижные формы макроэлементов.

Известно, что большую часть суши составляют склоны. Почвы склоновых агроландшафтов при интенсивном развитии эрозионных процессов теряют плодородие в связи с выносом органического вещества, минеральных элементов питания растений, трансформацией исходных почвенных свойств, что в конечном итоге приводит к снижению продуктивности и качества выращиваемых культур [1–3]. В то же время переотложение мелкозема с формированием смыто-намытых комплексов почв и конусов выноса на поверхности пашни способствует усложнению почвенного покрова, усилению его фрагментарности и проявлению общей деградации почвенного покрова [4–5]. Это обуславливает необходимость проведения более детальных агрохимических обследований пахотных почв на эрозионно-опасных склонах для

поддержания почвенного плодородия и получения планируемого урожая выращиваемых культур.

Цель настоящей работы – оценить пространственную изменчивость комплекса физических и физико-химических свойств почв склонового агроландшафта.

Исследование проводили на территории Предсалаирской дренированной равнины (Предсалаирье) на юго-востоке Западной Сибири (с. Усть-Каменка, Тогучинский район, Новосибирская область), где пахотные почвы в наибольшей степени подвержены эрозии [4]. Обследованный участок пашни площадью 245 га включает в себя вершину и эрозионно-опасный покатый склон (с уклоном 3–5°) водораздела рек Ирба и Хайрузовка. Отмечены локальные линейные эрозионные формы в виде ложбин стока, которые сосредоточены в местах с большей крутизной склона (4–5°). На момент проведения наблюдений (июль 2013 г.) пашня была занята овсяно-гороховой смесью (овес посевной (*Avena sativa*), горох посевной (*Pisum sativum*)) и ячменем (*Hordéum vulgáre*).

Согласно классификации почв СССР (1977), изученные почвы относятся к черноземам оподзоленным и выщелоченным, темно-серым и серым лесным и лугово-черноземным почвам. Почвообразующие породы – лессовидные карбонатные суглинки.

Координаты точек отробования определены с помощью системы геопозиционирования (GPS, Garmin eTrex Vista), погрешность привязки – 5 м. Отбор почвенных проб ($n = 57$) проведен из пахотного горизонта (0–30 см) по нерегулярной сетке.

Почвы проанализированы на содержание органического углерода ($C_{орг}$) по Тюрину, общего азота ($N_{общ}$) по Кьельдалю, легкоподвижного фосфора ($P_{легкопод}$) и нитратного азота ($N-NO_3$) по Карпинскому–Замятиной – экстрагент 0,03 н. K_2SO_4 , подвижных фосфора и калия по Чирикову ($P_{Чириков}$ и $K_{Чириков}$) – экстрагент 0,5 н. CH_3COOH , подвижного фосфора по Николову ($P_{Николов}$) – экстрагент 0,2 н. яблочнокислый аммоний, обменных калия, кальция и магния по Масловой ($K_{Маслова}$, $Ca_{обм}$ и $Mg_{обм}$) – экстрагент 1 н. CH_3COONH_4 , легкообменного калия по Голубевой ($K_{легкообм}$) – экстрагент 0,005 н. $CaCl_2$, гранулометрический состав по Качинскому, pH водной суспензии (pH_{H_2O}) потенциометрическим методом. Содержание валовых фосфора, калия, кальция и магния определено в порошкообразных образцах методом атомно-эмиссионного анализа.

Комплекс физических, физико-химических и агрохимических свойств изученных почв склонового агроландшафта Предсалаирья

представлен в таблице. В целом почвы склона имели слабокислую реакцию, значения pH_{H_2O} изменялись незначительно по элементам рельефа. По содержанию физической глины почвы относятся к тяжелосуглинистым с тенденцией к облегчению в верхней и средней частях склона, а также в ложбине стока. Более детальное рассмотрение фракций физической глины дает возможность установить снижение содержания мелкой пыли и увеличение ила в почвах склона и ложбины стока по сравнению с вершиной водораздела.

Углерод, азот. Содержание органического углерода, общего и нитратного азота было наибольшим на вершине водораздела, в почвах склона данные параметры уменьшились (в среднем в 1,8, 1,7 и 1,4 раза соответственно), наиболее существенно в средней и нижней частях склона (см. таблицу). Наименьшее содержание органического углерода, общего и нитратного азота было отмечено в почвах ложбины стока. На момент исследования содержание нитратов в почвах склона было низким, что предполагает первоочередное обеспечение почв азотными удобрениями.

Установлены корреляции высокой силы связи между $C_{орг}$ и $N_{общ}$ ($r = 0,94$ при $p < 0,05$ и $n = 57$), $C_{орг}$ и пылью мелкой ($r = 0,85$), $N_{общ}$ и пылью мелкой ($r = 0,80$), а также корреляции средней силы связи между $C_{орг}$ и $N-NO_3$ ($r = 0,60$), $C_{орг}$ и илом ($r = -0,50$), $N_{общ}$ и $N-NO_3$ ($r = 0,61$), что указывает на тесное их взаимодействие в процессе почвообразования.

Фосфор. Почвы склонов в основном наследуют содержание подвижных форм фосфора, свойственное почвам плакоры [6]. Однако потери фосфора из почвы при эрозии могут быть значительны, особенно в результате смыва тонкодисперсных минеральных частиц и органического вещества, в составе которых содержится основная масса соединений фосфора.

Содержание валового фосфора в почвах Предсалаирья на вершине водораздела было наибольшим, в почвах склона и ложбины стока – ниже в 1,3 раза (см. таблицу). Отмечена тенденция к постепенному снижению содержания валового фосфора как от верхней к нижней частям склона (от 0,22 до 0,18%), так и от относительно высоких отметок высот к нижним в почвах ложбины стока (от 0,22 до 0,15%). В распределении подвижных форм фосфора по элементам рельефа была установлена обратная закономерность: в почвах склона и ложбины стока по сравнению с вершиной водораздела содержание $P_{цириков}$ увеличилось

в 1,7 и 4,8 раза, $P_{\text{Николов}}$ – в 1,4 и 1,3 раза, $P_{\text{легкопод}}$ – в 1,4 и 1,5 раза соответственно. Несмотря на высокое содержание в почвах склонового агроландшафта $P_{\text{Чириков}}$, доступность растениям запасов растворимых фосфатов по содержанию $P_{\text{Николов}}$ соответствовала среднему уровню, а степень подвижности фосфатов по содержанию $P_{\text{легкопод}}$ была низкой.

Комплекс физических, физико-химических и агрохимических свойств пахотного горизонта почв склонового агроландшафта Предсалаирья

Свойства почв	Элементы рельефа				
	Вершина водораздела (n = 16)	Части склона			Ложбина стока (n = 5)
		верхняя (n = 12)	средняя (n = 19)	нижняя (n = 5)	
pH_{H_2O}	5,84 ± 0,18	5,73 ± 0,14	5,75 ± 0,17	5,83 ± 0,16	5,80 ± 0,14
Пыль средняя, %	12,4 ± 1,3	13,4 ± 1,9	11,1 ± 1,3	10,8 ± 0,6	12,6 ± 2,1
Пыль мелкая, %	20,8 ± 1,7	16,8 ± 1,4*	15,5 ± 1,5*	16,5 ± 1,6*	14,3 ± 1,1*
Ил, %	16,7 ± 3,8	15,6 ± 3,0	19,2 ± 3,8	23,5 ± 6,0	17,2 ± 3,6
Физ. глина, %	49,9 ± 3,0	45,8 ± 2,9	45,7 ± 3,0	50,8 ± 5,4	44,0 ± 2,0*
$S_{орг}$, %	4,27 ± 0,86	2,99 ± 0,71	2,13 ± 0,49*	2,11 ± 0,44*	1,76 ± 0,73*
$N_{общ}$, %	0,34 ± 0,06	0,25 ± 0,07	0,18 ± 0,04*	0,19 ± 0,04*	0,17 ± 0,05*
$N-NO_3$, мг/кг	7,6 ± 2,0	6,4 ± 2,6	5,1 ± 1,8	5,0 ± 2,1	4,8 ± 1,2
Фосфор (расчет на P_2O_5)					
$P_{вал}$, %	0,25 ± 0,07	0,22 ± 0,07	0,19 ± 0,05	0,18 ± 0,04	0,19 ± 0,03
$P_{\text{Чириков}}$, мг/кг	132,0 ± 37	233 ± 49*	260 ± 36*	196 ± 38	630 ± 223*
$P_{\text{Николов}}$, мг/кг	26 ± 15	30 ± 13	41 ± 12	38 ± 15	34 ± 24
$P_{\text{легкопод}}$, мг/кг	0,29 ± 0,15	0,30 ± 0,24	0,47 ± 0,33	0,29 ± 0,20	0,42 ± 0,31
Калий (расчет на K)					
$K_{вал}$, %	1,56 ± 0,17	1,64 ± 0,15	1,53 ± 0,26	1,33 ± 0,09	1,82 ± 0,24
$K_{\text{Чириков}}$, мг/кг	136 ± 22	108 ± 17	111 ± 18	137 ± 23	195 ± 54
$K_{\text{Маслова}}$, мг/кг	201 ± 27	153 ± 13*	163 ± 28	197 ± 46	226 ± 35
$K_{\text{легкообм}}$, мг/кг	10,0 ± 2,0	8,8 ± 1,3	9,5 ± 2,5	10,6 ± 3,6	19,4 ± 7,0*
Кальций					
$Ca_{вал}$, %	0,89 ± 0,19	0,80 ± 0,14	0,71 ± 0,20	0,65 ± 0,16	0,75 ± 0,24
$Ca_{обм}$, смоль(ЭКВ)/кг	20,5 ± 2,8	17,3 ± 2,6	16,1 ± 3,0	16,0 ± 1,6	15,3 ± 3,8
Магний					
$Mg_{вал}$, %	0,81 ± 0,15	0,86 ± 0,18	0,80 ± 0,13	0,84 ± 0,09	0,91 ± 0,12
$Mg_{обм}$, смоль(ЭКВ)/кг	4,0 ± 0,4	2,8 ± 0,4*	2,7 ± 0,4*	2,8 ± 0,2*	2,5 ± 0,2*

* Показатели, статистически значимо ($p < 0,05$) отличающиеся от таковых на вершине водораздела. Представлены: среднее значение, стандартное отклонение ($M \pm s$) и объем выборки (n).

Между $C_{\text{орг}}$ и $P_{\text{вал}}$ установлена положительная корреляция высокой силы связи ($r = 0,70$ при $p < 0,05$ и $n = 57$), между $C_{\text{орг}}$ и $P_{\text{чириков}}$ – отрицательная корреляция средней силы связи ($r = -0,61$). Подобная закономерность по снижению содержания валового фосфора и увеличению подвижного фосфора в смытых почвах Западной Сибири в сравнении с несмытыми и тесная связь валового фосфора с гумусом были отмечены и ранее [7].

Калий. Главная статья расхода подвижного (обменного) калия складывается из отчуждения его с урожаем и выноса с твердым и жидким стоком вследствие сильно развитых эрозионных процессов на почвах склоновых агроландшафтов. При этом больше всего теряется обменного калия за счет выноса илистых частиц, обогащенных этим элементом [1].

Статистически значимых различий в содержании валового и подвижных форм калия в почвах Предсалаирья на вершине водораздела и эрозионно-опасном склоне установлено не было. Однако от верхней к нижней части склона отмечено постепенное снижение количества валового калия и увеличение содержания его подвижных форм (см. таблицу). В почвах ложбины стока по сравнению с вершиной водораздела и склоном содержание подвижного $K_{\text{чириков}}$ было выше в 1,4 и 1,6 раза, обменного $K_{\text{маслова}}$ – в 1,2 и 1,5 раза, $K_{\text{легкообм}}$ – в 1,9 и 2,1 раза соответственно.

Согласно грациям агрохимслужбы, содержание в почвах склона калия соответствовало высокому уровню, в то же время по грациям В.Н. Якименко [8] содержание подвижного $K_{\text{чириков}}$ соответствовало низкому уровню, обменного $K_{\text{маслова}}$ варьировало от неустойчивого до низкого уровня, $K_{\text{легкообм}}$ было неустойчивым, что свидетельствует об истощении эффективного плодородия почв в отношении калия.

Установлены корреляции высокой и средней силы связи между подвижным $K_{\text{чириков}}$ и обменным $K_{\text{маслова}}$ ($r = 0,91$ при $p < 0,05$ и $n = 57$), подвижным $K_{\text{чириков}}$ и $K_{\text{легкообм}}$ ($r = 0,87$), обменным $K_{\text{маслова}}$ и $K_{\text{легкообм}}$ ($r = 0,67$); значимые корреляции невысокой силы связи – между обменным $K_{\text{маслова}}$ и физической глиной ($r = 0,46$), обменным $K_{\text{маслова}}$ и илом ($r = 0,29$).

Кальций, магний. Известно, что чем сильнее расчленена территория и больше на неё выпадает твердых и жидких осадков, стимули-

рующих развитие эрозионных процессов, тем выше ежегодные потери соединений углерода, азота, кальция и магния.

В почвах Предсалаирья отмечено постепенное снижение содержания валового кальция от вершины водораздела к нижней части склона в 1,4 раза (см. таблицу). Содержание валового магния варьировало незначительно, и различий по элементам рельефа установлено не было. Содержание обменных кальция и магния в почвах на вершине водораздела было наибольшим, на склоне и ложбине стока их содержание уменьшилось, и наиболее существенно для магния (в 1,4 и 1,6 раза соответственно). Это, на наш взгляд, может быть связано как с различной насыщенностью обменными основаниями пахотного горизонта, унаследовавшего такой уровень содержания от почвообразующих пород, так и миграцией кальция и магния с твердым и жидким стоком.

Установлены тесные корреляционные связи между $Ca_{обм}$ и $Mg_{обм}$ ($r = 0,68$ при $p < 0,05$ и $n = 57$), а также обменных кальция и магния с органическим углеродом ($r = 0,60$ и $0,81$), пылью мелкой ($r = 0,54$ и $0,76$), подвижным фосфором по Чирикову ($r = -0,54$ и $-0,58$).

Таким образом, в почвах склона и ложбины стока по сравнению с вершиной водораздела происходит перераспределение фракций физической глины, выражающееся в увеличении ила и уменьшении пыли мелкой, а также снижение содержания органического углерода, общего и нитратного азота, валовых фосфора и кальция, обменных кальция и магния. В распределении подвижных форм фосфора отмечено более высокое их содержание в почвах склона (особенно в средней части) и ложбины стока. Существенных различий в содержании различных форм калия по элементам рельефа установлено не было. Однако от верхней к нижней части склона отмечено постепенное снижение валового калия при увеличении легкообменного и подвижных форм калия. Содержание валового кальция, обменных кальция и магния в почвах на вершине водораздела было наибольшим, на склоне и ложбине стока их содержание уменьшилось, и наиболее существенно для обменного магния.

В целом плодородие почв склонового агроландшафта Предсалаирья в условиях многолетнего экстенсивного использования невысокое, что вызывает потребность во внесении удобрений. Особенности в пространственной изменчивости почвенных свойств на эрозионно-

опасных склонах необходимо учитывать при разработке адаптивно-ландшафтных систем земледелия для эффективного использования природных и производственных ресурсов.

Литература

1. Явтушенко В.Е., Макаров Н.Б. Потери органического вещества и элементов питания растений из почвы в результате водной эрозии // *Агрохимия*. 1996. № 4. С. 117–123.
2. Жилко В.В., Жукова И.И., Черныш А.Ф., Цыбулька Н.Н., Тишук Л.А. Потери гумуса и макроэлементов, вызываемые водной эрозией, из дерново-палево-подзолистых почв Белоруссии // *Агрохимия*. 1999. № 10. С. 41–46.
3. Кирюхина З.П., Пацукевич З.В. Эрозионная деградация почвенного покрова России // *Почвоведение*. 2004. № 6. С. 752–758.
4. Танасиенко А.А., Чумбаев А.С., Якутина О.П., Миллер Г.Ф. Условия и интенсивность эрозионно-аккумулятивных процессов в лесостепи Предсалаирья // *Почвоведение*. 2013. № 11. С. 1397–1408.
5. Губина Д.А. Изменение гранулометрического состава пахотных почв подтаежной зоны Томской области при водной эрозии // *Плодородие*. 2014. № 6. С. 23–24.
6. Наконечная М.А. К вопросу содержания подвижного фосфора и калия в смытых почвах // *Бюллетень ВИУА*. 1984. № 71. С. 73–76.
7. Якутина О.П., Нечаева Т.В., Смирнова Н.В. Режимы основных элементов питания и продуктивность растений на эродированных почвах юга Западной Сибири // *Проблемы агрохимии и экологии*. 2011. № 1. С. 16–22.
8. Якименко В.Н. Диагностика обеспеченности калием пахотных почв Западной Сибири // *Сибирский вестник сельскохозяйственной науки*. 2007. № 4 (172). С. 15–22.

ASSESSMENT OF SPATIAL VARIABILITY OF SOIL PROPERTIES SLOPING AGROLANDSCAPES OF THE SALAIR AREA

Nechaeva T.V.¹, Gopp N.V.¹, Smirnova N.V.^{1,2}, Savenkov O.A.¹

¹ Institute of Soil Science and Agrochemistry of SB RAS, Novosibirsk, taya_inbox@inbox.ru

² Novosibirsk State University of Economics and Management, Novosibirsk

Summary. Presented and analyzed data of the physical and physicochemical properties of the arable layer of soils which located on different elements of the terrain in the Salair: the top of the watershed, the upper, middle and lower part of the slope, shallow gully of the flow. Decrease of parameters of soil fertility on the slope agricultural landscape is presented. The most significant changes have occurred on the middle and lower parts of the erosion-dangerous slopes as a result of perennial extensive land use.

Keywords: Salair area; erosion-dangerous slopes; fraction of physical clay; soil organic carbon; total and mobile forms of macronutrients.

ИЗМЕНЕНИЕ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ И БИОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ТЕМНО-СЕРЫХ ЛЕСНЫХ ПОЧВ ПРЕДСАЛАИРЬЯ В ПРОЦЕССЕ ЭРОЗИИ

Т.В. Нечаева¹, Н.В. Смирнова^{1,2}, А.С. Шкитина³

¹ *Институт почвоведения и агрохимии СО РАН, Новосибирск, taya_@inbox.ru*

² *Новосибирский государственный университет экономики и управления, Новосибирск*

³ *Новосибирский государственный аграрный университет, Новосибирск*

Аннотация. Исследования показали, что с увеличением степени смытости темно-серых лесных почв Предсалаирья происходит снижение содержания и запасов $C_{\text{орг}}$ и $N_{\text{общ}}$, параметров физической глины и ЕКО. В среднесмытой почве по сравнению с несмытой зафиксировано существенное увеличение кумулятивного количества $C-CO_2$ и уменьшение минерализуемости ПОВ. Последствия эрозии отчетливо проявились на продуктивности растений при переходе от сенокосного использования почв склона к выращиванию зерновых культур.

Ключевые слова: эрозия; Предсалаирье; органический углерод; общий азот; минерализация почвенного органического вещества; продуктивность растений.

Эрозия – один из наиболее масштабных и опасных видов прогрессирующей деградации почвенного покрова. Поскольку территория Западной Сибири сильно расчленена, много пахотных земель располагается на склонах крутизной 1–3° и более, что, в свою очередь, способствует интенсивному развитию эрозионных процессов и формированию эродированных (смытых) почв [1]. В результате эрозии почвы склоновых агроландшафтов теряют плодородие в связи с выносом органического вещества, минеральных элементов питания растений, трансформацией исходных почвенных свойств, что в конечном итоге приводит к снижению продуктивности и качества выращиваемых культур [2–5 и др.].

Цель настоящей работы – оценить изменение физико-химических и биологических свойств темно-серых лесных почв склонового агроландшафта в лесостепи Предсалаирья, а также продуктивность луговых трав и структуру урожая яровой пшеницы.

Исследование проводили на территории Предсалаирской дренированной равнины (Предсалаирье) на юго-востоке Западной Сибири (с.

Усть-Каменка, Тогучинский район, Новосибирская обл.), где пахотные почвы в наибольшей степени подвержены эрозии [1]. Почвы – несмытая, слабо- и среднесмытые темно-серые лесные среднесильноглинистые, расположенные на склоне северо-западной экспозиции с углом наклона около 3°. На период исследований в 2006–2009 гг. почвы склона были заняты естественной луговой растительностью, в 2011 г. – яровой пшеницей, в 2013 г. – овсяно-гороховой смесью.

Почвенные образцы отбирали из метровых профилей (2006 и 2009 гг.) и полюям (2013 г.); растительные образцы – рамкой 50 × 50 см в четырехкратной повторности. Почвы проанализированы на содержание органического углерода ($C_{\text{орг}}$) по Тюрину, общий азот ($N_{\text{общ}}$) по Кьельдалю, pH водной суспензии ($\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$), емкость катионного обмена (ЕКО) по Бобко–Аскинази в модификации ЦИНАО. Дыхательная активность почв и минерализация почвенного органического вещества (ПОВ) оценивались в инкубационном эксперименте при температуре 24°C и 50% от ВП в течение 18 дней на респирометре Respicond IV.

Смытые почвы характеризовались меньшей мощностью гумусового слоя, при этом запасы гумуса и общего азота в слое 0–40 см слабосмытой почвы по сравнению с несмытой снизились на 21 и 30%, в среднесмытой почве – на 44 и 42% соответственно (рис. 1).

При рассмотрении физико-химических свойств пахотного слоя (0–20 см) почв склона прослеживалась четкая закономерность: чем больше степень смытости (несмытая → слабосмытая → среднесмытая), тем меньше содержание $C_{\text{орг}}$ (3,04 → 2,22 → 1,96%), $N_{\text{общ}}$ (0,22 → 0,17 → 0,5%), физической глины (46,6 → 43,2 → 40,1%) и ниже ЕКО (34,1 → 31,6 → 20,5 мг-экв/100 г). Следует также отметить, что в метровой толще несмытой почвы содержание $C_{\text{орг}}$ и $N_{\text{общ}}$ снижалось постепенно и достигло минимума в слое 80–100 см, тогда как в среднесмытой почве резкое снижение этих параметров отмечено уже в слое 20–40 см.

При оптимальных гидротермических условиях для почвенных микроорганизмов отмечены существенные различия в процессе дыхания и минерализации ПОВ (рис. 2).

Установлено увеличение в 2 раза кумулятивного количества выделившегося $C\text{-CO}_2$ в среднесмытой почве по сравнению с несмытой. При этом в 0–10 и 10–20 см слое несмытой почвы индекс стабильности ПОВ (отношение устойчивого к минерализации углерода к потенциально-минерализуемому) был выше в 3,5 и 4,8 раза соответственно.

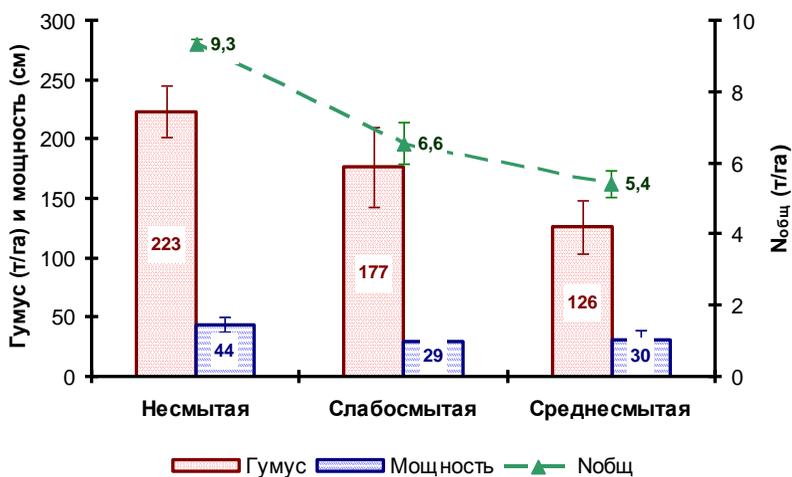


Рис. 1. Запасы гумуса и общего азота в слое 0–40 см, мощность гумусового слоя (гор. $A_{\text{пах}} + A_2B$) почв склона. Здесь и далее представлены следующие статистические параметры: среднее значение и стандартное отклонение ($M \pm s$), объем выборки $n = 18$

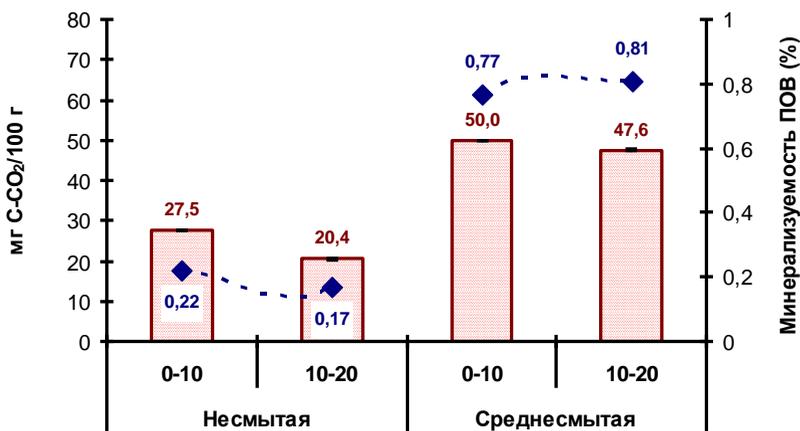


Рис. 2. Минерализация ПОВ в несмытой и среднесмытой почве в период инкубации, $n = 8$

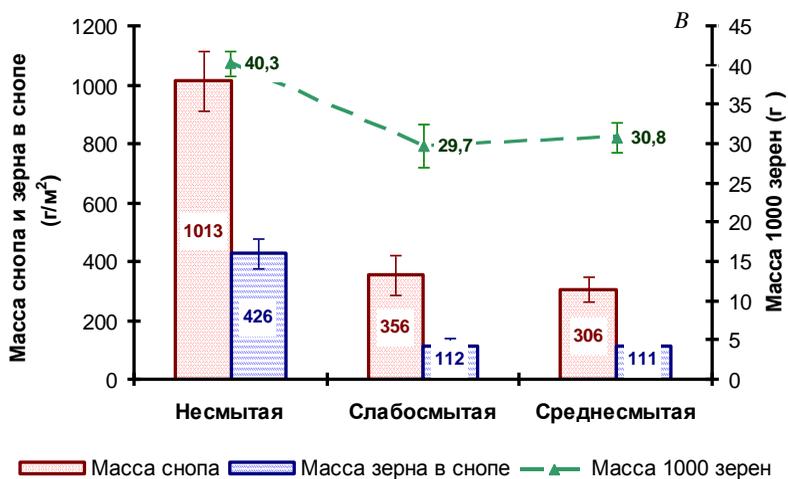
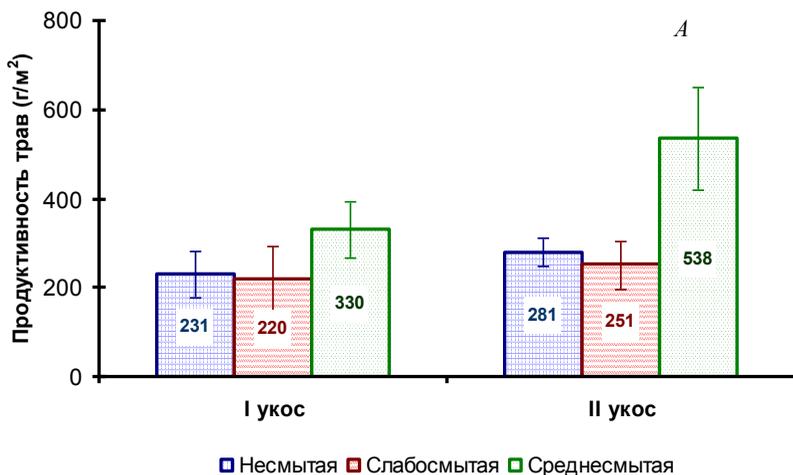


Рис. 3. Продуктивность луговых трав (сухая надземная масса) на почвах склона в среднем за 2006–2008 гг., $n = 54$ (A) и структура урожая яровой пшеницы в 2011 г., $n = 12$ (B)

Увеличение доли минерализуемого ПОВ в среднесмытой почве свидетельствует о дестабилизирующем эффекте эрозионных процессов на склоне, что связано с разрушением почвенных агрегатов и переходом части защищенного почвенного органического вещества в потенциально-минерализуемый, являющийся дополнительным источником эмиссии CO_2 , что было отмечено также в исследованиях В.М. Семенова, А.С. Тулиной [6].

При естественном зарастании почв склонового агроландшафта луговой растительностью (2006–2008 гг.) было выявлено, что с усилением степени их смытости в ботаническом составе трав бобовые растения доминировали над злаками и разнотравьем, чем объясняется более высокая продуктивность трав на среднесмытой почве (рис. 3, А), где особенно во второй укос преобладал клевер луговой (*Trifolium pratense* L.). Так, на несмытой почве доля бобовых во всей фитомассе трав составила 39%, на слабо- и среднесмытых – 50 и 55% соответственно. По-видимому, при снижении в почве содержания соединений азота вследствие эрозионных потерь верхнего горизонта бобовые «выиграли борьбу» за элементы питания со злаками и разнотравьем благодаря способности фиксировать атмосферный азот [7]. Однако при последующей распашке и выращивании в 2011 г. на почвах склона яровой пшеницы ситуация изменилась на противоположную: максимальные показатели массы снопа и зерна пшеницы, а также массы 1 000 зерен были получены на несмытой почве, на слабо- и среднесмытых почвах данные показатели существенно снизились (рис. 3, В).

Таким образом, в пахотных темно-серых лесных почвах Предсалаирья, расположенных на склоне и подверженных эрозии, изменяются физико-химические и биологические свойства, выражающиеся в существенном уменьшении содержания и запасов органического углерода и общего азота, снижении параметров физической глины и емкости катионного обмена, увеличении кумулятивного количества выделившегося $\text{C}-\text{CO}_2$ и доли минерализуемого почвенного органического вещества. При естественном зарастании почв склона луговой растительностью с доминированием бобовых над злаками и разнотравьем продуктивность трав на смытых почвах может быть не только ниже, но и выше по сравнению с несмытой. Однако последующая распашка залуженных склоновых земель и выращивание зерновых культур без внесения удобрений привели к значительному снижению на смытых

почвах структуры урожая яровой пшеницы. Все вышесказанное свидетельствует о деградации плодородия почв склоновых агроландшафтов в результате многолетнего экстенсивного землепользования и активного развития эрозионных процессов.

Литература

1. Танасиенко А.А. Специфика эрозии почв в Сибири. Новосибирск : Изд-во СО РАН, 2003. 176 с.
2. Явтушенко В.Е., Макаров Н.Б. Потери органического вещества и элементов питания растений из почвы в результате водной эрозии // *Агрохимия*. 1996. № 4. С. 117–123.
3. Кирюхина З.П., Пацукевич З.В. Эрозионная деградация почвенного покрова России // *Почвоведение*. 2004. № 6. С. 752–758.
4. Дубовик Е.В., Дубовик Д.В. Агрохимические свойства серых лесных почв склонового агроландшафта // *Агрохимия*. 2013. № 11. С. 19–25.
5. Комиссаров М.А., Габбасова И.М. Эрозия почв при снеготаянии на пологих склонах в южном Предуралье // *Почвоведение*. 2014. № 6. С. 734–743.
6. Семенов В.М., Тулина А.С. Сравнительная характеристика минерализуемого пула органического вещества в почвах природных и сельскохозяйственных экосистем // *Агрохимия*. 2011. № 12. С. 53–63.
7. Якутина О.П., Нечаева Т.В., Смирнова Н.В. Режимы основных элементов питания и продуктивность растений на эродированных почвах юга Западной Сибири // *Проблемы агрохимии и экологии*. 2011. № 1. С. 16–22.

CHANGES OF PHYSICO-CHEMICAL AND BIOLOGICAL PROPERTIES OF THE DARK- GREY FOREST SOIL IN THE SALAIR'S AREA DUE TO ERODED PROCESSES

Nechaeva T.V.¹, Smirnova N.V.^{1,3}, Shkitina A.S.²

¹ Institute of Soil Science and Agrochemistry of SB RAS, Novosibirsk, taya_@inbox.ru

² Novosibirsk State Agrarian University, Novosibirsk

³ Novosibirsk State University of Economics and Management, Novosibirsk

Summary. Decrease of organic carbon, total nitrogen, physical clay and cation exchange capacity due to increase of an erosion degree on the dark gray forest soils in the Salair's area is shown into the present investigation. Rise of cumulative amount of C-CO₂ and the share of mineralized soil organic carbon was fixed on the medium-eroded soil in compared with non-eroded. The consequences of erosion processes have clearly influenced on the plant productivity during transition from the haymaking to growing of crops.

Keywords: erosion; Salair's area; soil organic carbon; total nitrogen; mineralization of soil organic matter; plant productivity.

ВЛИЯНИЕ УРОВНЯ БОЛОТНЫХ ВОД НА ПРОЦЕССЫ ТРАНСФОРМАЦИИ РАСТЕНИЙ-ТОРФООБРАЗОВАТЕЛЕЙ В ТОРФЯНОЙ ПОЧВЕ ОЛИГОТРОФНЫХ БОЛОТ

Л.Г. Никонова¹, Е.А. Головацкая¹, Н.Н. Терещенко²

¹ *Институт мониторинга климатических и экологических систем СО РАН, Томск*

² *Томский государственный университет, Томск, lili112358@mail.ru*

Аннотация. Приведены экспериментальные данные по разложению растений-торфообразователей в торфяных почвах олиготрофных болот с разными гидрологическими характеристиками. Получены количественные оценки скорости разложения основных видов-торфообразователей, проведен микробиологический анализ. Выявлено, что наиболее интенсивные процессы разложения протекают на начальном этапе разложения, затем скорость разложения снижается. Наиболее устойчивы к разложению сфагновые мхи. Кустарнички характеризуются средней скоростью разложения. Интенсивнее процессы разложения протекают в более благоприятных условиях Тимирязевского болота.

Ключевые слова: болотные фитоценозы; растения-торфообразователи; скорость деструкции.

Территория Западной Сибири отличается особенно высокой заболоченностью, и большую часть занимают болота олиготрофного типа. Болотные экосистемы характеризуются более низкими, по сравнению с продуктивностью, скоростями трансформации органического вещества растений, за счет чего и происходит постоянное накопление органического вещества в виде торфа. Количественные оценки продуцирования и потерь растительного вещества требуют динамических наблюдений в различных типах болот, определяющих режим их функционирования [1]. Следует отметить, что работ, посвященных динамике разложения растений-торфообразователей в болотах, сравнительно немного, что подчеркивает актуальность проводимых исследований.

Цель работы: изучить динамику деструкционных процессов в торфяной почве типичных для южно-таежной подзоны Западной Сибири олиготрофных болот, характеризующихся разными гидрологическими условиями.

Исследования проводились на территории стационара «Васюганье» (ИМКЭС СО РАН) на олиготрофном болоте «Бакчарское» (Бакчарский район Томской области), а также на территории Обь-Томского междуречья на олиготрофном болоте «Тимирязевское» [2]. Конкретными пунктами исследования стали сосново-кустарничково-сфагновые фитоценозы – рямы. Гидрологический режим исследуемых болот существенно различается: на Тимирязевском болоте УБВ в течение вегетационного периода (за исключением периода снеготаяния) на 20–40 см ниже по сравнению с Бакчарским болотом. Согласно данным метеостанций «Бакчар» и «Томск», погодные условия в Бакчарском районе прохладнее по сравнению с Томском, а количество осадков в среднем выше в Томске, за исключением летних месяцев [3].

Объектами исследования послужили основные растения-торфообразователи олиготрофных болот: кустарнички *Andromeda polifolia* L., *Chamaedaphne calyculata* Moench., *Ledum palustre* L.; сфагновый мох – *Sphagnum fuscum* Klinggr.

Для определения скорости разложения отдельных растений-торфообразователей применялся метод закладки растительности в торф [4]. Опыт закладывался в конце вегетационного периода 2013 г. У кустарничков для эксперимента брали прошлогодние листья, у мха – очес. Собранные растения высушивали до воздушно-сухого веса, затем раскладывали в нейлоновые мешочки; масса навески составляла 10 г. Приготовленные образцы закладывались в торфяную залежь фитоценоза, соответствующего произрастанию того или иного образца, на глубину 10 см от поверхности в пятикратной повторности. Образцы извлекались через 8, 12, 24 мес. после начала эксперимента, высушивались до воздушно-сухого веса, взвешивались для определения убыли массы растительного вещества весовым методом [5]. Активность микрофлоры изучалась методами прямого микроскопирования прижизненных и фиксированных окрашенных препаратов, а также при помощи камеры Горяева–Тома для учета общей численности микроорганизмов и анализа их систематической принадлежности, посева на жидкие и твердые селективные среды для учета численности жизнеспособных аэробных и факультативно анаэробных микроорганизмов, метода «стекло-ловушек» для изучения скорости линейного роста гиф микромицетов в аэрируемых и микроаэрофильных областях торфяной залежи с целью анализа распределения в ней зон с повышенной и пониженной окислительной активностью.

В результате проведенного исследования определено, что потери массы растительного вещества за первые 8 мес. составили от 13 (*Sph. fuscum*) до 23% (*Andromeda polifolia*), за 24 мес. – от 26 (*Sph. fuscum*) до 57% (*Chamaedaphne calyculata*) на Тимирязевском болоте. На Бакчарском болоте за первые 8 мес. потери составили от 8 (*Sph. fuscum*) до 26% (*Chamaedaphne calyculata*), за 24 мес. – от 22 (*Sph. fuscum*) до 41% (*Ledum palustre*) (рис. 1). Минимальной скоростью разложения характеризуется *Sph. fuscum*, потери массы за два года составляют от 22% в торфяной залежи Бакчарского болота до 26% в торфяной залежи Тимирязевского. Для *Sph. fuscum* характерно менее интенсивное разложение в более влажных и прохладных условиях Бакчарского болота. Скорость разложения листьев кустарничков выше по сравнению со сфагновыми мхами – потери массы составляют в среднем за два года 45%. На начальном этапе (8 мес.) процесс разложения более интенсивно протекает в условиях Бакчарского болота, характеризующегося более высокими уровнями болотных вод по сравнению с Тимирязевским. Однако в дальнейшем более аэрируемые условия торфяной залежи Тимирязевского болота способствуют более активным процессам трансформации растительных остатков листьев кустарничков, о чем свидетельствуют потери массы за периоды первого и второго года. Максимальные потери массы среди кустарничков в условиях Тимирязевского рьяма получены в образцах *Chamaedaphne calyculata* (56%), а в условиях Бакчарского болота – в образцах *Ledum palustre* (42%). Минимальные потери массы среди кустарничков в условиях как Тимирязевского, так и Бакчарского болота – у *Andromeda polifolia*: 51 и 33% соответственно (рис. 1).

Исходя из полученных данных, исследуемые растения по скорости разложения в торфяной залежи Тимирязевского болота можно расположить в ряд: *Chamaedaphne calyculata* > *Ledum palustre* > *Andromeda polifolia* > *Sph. fuscum*. В условиях Бакчарского болота растения располагаются в порядке уменьшения следующим образом: *Ledum palustre* > *Chamaedaphne calyculata* > *Andromeda polifolia* > *Sph. fuscum*. В условиях Тимирязевского болота с более низкими уровнями болотных вод к концу второго года эксперимента потери массы листьев кустарничков и сфагновых мхов в 1,3–1,6 раз выше по сравнению с Бакчарским болотом.

Поскольку активность микроорганизмов является одним из основных факторов, влияющих на процессы трансформации растительных остатков, нами было проведено исследование состава и активности

микроорганизмов на начальном этапе деструкции органического вещества. В результате исследования выявлено, что общая биомасса бактерий и грибов в 1,5–2 раза выше на Бакчарском болоте.

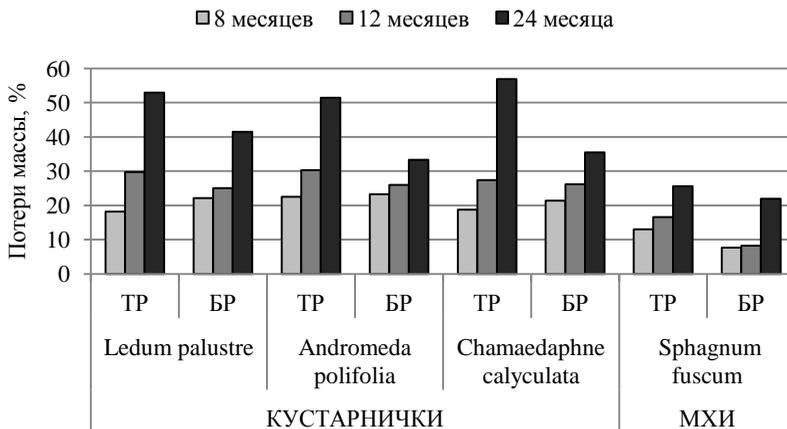


Рис. 1. Потери массы при разложении растений-торфообразователей (потери массы приведены в % от исходной величины):
 BP – Бакчарский рям; TP – Тимирязевский рям

Количество грибов в растительных остатках исследуемых растений в 3 и 10 раз превышает количество бактерий в условиях Бакчарского и Тимирязевского болот соответственно. Образцы растительных остатков, расположенные в торфяной залежи Тимирязевского болота (с низким уровнем болотных вод), характеризуются более высоким содержанием бактерий и более интенсивными процессами трансформации по сравнению с Бакчарским болотом. Корреляционный анализ выявил зависимость биомассы грибов от количества азота в растительных остатках ($r = -0,40$), т.е. при высоком содержании азота снижается биомасса грибов и, соответственно, увеличивается биомасса бактерий.

Сравнение микробиологических характеристик образцов одних и тех же растений, экспонированных на разных участках, показало, что активность во многом обусловлена условиями залегания, а не только составом растений. Например, микробиологическая активность в образцах *Sphagnum fuscum* на сосново-кустарничково-сфагновых участ-

ках Тимирязевского и Бакчарского болот имеет значительные различия. Такая же тенденция наблюдается при разложении *Chamaedaphne calyculata*.

В соответствии с данными микробиологического анализа торфа (среды, в которой протекают процессы трансформации), выявлено, что наиболее активно процессы трансформации органического вещества идут в торфах Тимирязевского болота. При этом в торфе Тимирязевского рьяма более активна микрофлора, задействованная в превращениях лигноцеллюлозного комплекса. Торфы Бакчарского болота характеризуются меньшей активностью микробиологических процессов, чем торфы Тимирязевского болота. Причем здесь так же, как и в торфах Тимирязевского болота, преобладает микрофлора цикла углерода. Прямая зависимость между численностью денитрификаторов и олигонитрофильных грибов в исследованных торфах может свидетельствовать о трофической сопряженности процессов гетеротрофной нитрификации, осуществляемой олигонитрофильными грибами, и денитрификации.

В результате проведенных исследований было выявлено, что в условиях рьяма на Тимирязевском болоте, которое характеризуется более сухими и теплыми условиями, потери массы выше по сравнению с Бакчарским болотом. Среди исследуемых видов наиболее медленно разлагается *Sphagnum fuscum* (потери массы в течение года составляют 8–17%), скорость разложения кустарничков несколько выше (потери массы 25–30%). На участках сосново-кустарничково-сфагновых фитоценозов Бакчарского и Тимирязевского болот наиболее активно процессы деградации растительных остатков протекают в сентябре (возможно, из-за улучшения аэрации и прогревания верхнего слоя торфяной залежи). Активность минерализационных процессов в значительной степени обусловлена физико-химическими параметрами среды, а не только химическим составом остатков.

Литература

1. Паршина Е.К. Деструкция растительного вещества в болотных экосистемах таежной и лесотундровой зон Западной Сибири : автореф. дис. ... канд. биол. наук. Томск, 2009. 23 с.
2. Дюкарев А.Г., Пологова Н.Н. Трансформация природной среды в зоне действия Томского водозабора // ENVIROMIS : труды междунар. конф. Томск : ИОА, 2002. С. 244–251.

3. Головацкая Е.А., Никонова Л.Г. Разложение растительных остатков в торфяных почвах олиготрофных болот // Вестник Томского государственного университета. Биология. 2013. № 3 (23). С. 137–151.
4. Козловская Л.С., Медведева В.М., Пьявченко Н.И. Динамика органического вещества в процессе торфообразования. Л. : Наука, 1978. 176 с.
5. Агрохимические методы исследования почв. М. : Наука, 1975. 656 с.

THE INFLUENCE OF BOG WATER LEVELS ON THE PROCESSES OF TRANSFORMATION PEAT-FORMING PLANTS IN PEAT SOILS OF OLIGOTROPHIC BOGS

Nikonova L.G.¹, Golovatskaya E.A.¹, Tereshenko N.N.²

¹ Institute of Monitoring of Climatic and Ecological System SB RAS, Tomsk

² Tomsk State University, Tomsk, lili112358@mail.ru

Summary. Experimental data on the decomposition of peat-forming plants in peat soils of oligotrophic bogs with different hydrological characteristics are presented. The quantitative estimates of decomposition rate of the main types of peat-forming plants and results of microbiological analysis are given. It was revealed that the most intensive processes of decomposition proceed at the initial stage of decomposition, and then the decomposition rate are decreased. *Sphagnum fuscum* are characterised most slow the rate of decomposition. The favorable hydrological conditions Timiryazevskoe bog contribute to more intensive processes of decomposition plant residues as compared to the Bakcharskoe bog.

Keywords: wetland plant communities; peat-forming plants; speed of destruction.

УДК 631. 42

DOI: 10.17223/9785946215640/28

КИСЛОТНОСТЬ ПОЧВ УЧЕБНО-БОТАНИЧЕСКОГО САДА В УСЛОВИЯХ РАЗЛИЧНОГО ХОЗЯЙСТВЕННОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ

О.И. Подурец, Р.Р. Гильфанова

*Новокузнецкий институт (филиал) Кемеровского государственного университета,
Новокузнецк, Glebova-Podurets@mail.ru, renatagirl95@gmail.com*

Аннотация. Длительное использование почв учебного ботанического сада университета в учебно-практической и хозяйственной деятельности повлияло на ряд агрохимических показателей. Одним из важных показателей состояния почв является кислотность среды. В статье приводится анализ мониторинга данных pH водной вытяжки.

Ключевые слова: кислотность среды; почва; учебно-ботанический сад; мониторинг; агрохимическая картограмма.

Территория агробиостанции Новокузнецкого педагогического института, переименованная в 2010 г. в учебную станцию естественно-географического факультета КузГПА, а далее в 2014 г. в Научно-образовательный центр «Учебно-ботанический сад» НФИ КемГУ, используется в хозяйственной деятельности с 1956 г. На этой территории проводились различные предметные учебные полевые практики для студентов географического факультета. Территория претерпевала организационно-хозяйственные перестройки в связи с различными потребностями в ее использовании. До 1980-х гг. в хозяйственную деятельность была вовлечена вся территория, но затем наблюдался спад в сельскохозяйственном использовании. На протяжении нескольких лет наибольшая часть территории не использовалась и была представлена залежью. Для проведения учебных полевых практик с основами сельского хозяйства для студентов-биологов интенсивно использовались всего несколько одних и тех же участков, незначительных по площади. С учётом длительности использования почв в хозяйственной деятельности, агрохимического прессинга, связанного с внесением различных химических препаратов в рамках полевых опытов, использования различных технологий обработки почв для выращивания различных культур, стала актуальна проблема корректировки агрохимической картограммы почвенной кислотности. Это позволит в дальнейшем более эффективно использовать территорию и решить задачи, поставленные перед ныне организованным на данной территории учебным ботаническим садом университета. В связи с этим была организована работа с целью проведения экологического мониторинга кислотности почв учебного ботанического сада на основании данных предыдущих исследований и современных данных.

Объектом исследования являются почвы учебного ботанического сада, предметом – процессы изменения кислотности почвенной среды на основе анализа многолетних данных (1968–2015 гг.). В работе использовалась общепринятая методика определения рН водной вытяжки и составления картограмм [1, 2]. Экологическая оценка почв и изучение влияния реакции среды (рН) на их основные свойства осуществлялись на основании классификации почв по степени кислотности и щелочности [3].

Почвенный покров учебного ботанического сада представлен серыми лесными и лугово-болотными типами почв. Наибольшую площадь территории занимают темно-серые лесные слабоподзоленные, доля площади серых лесных глееватых и лугово-болотных незначительна (> 10%). Лучшими физическими свойствами отличаются темно-серые почвы, они характеризуются большей влагоемкостью, высоким содержанием доступной для растений влаги, меньшей плотностью твердой фракции. Для почв характерен периодически промывной тип водного режима. В почвах просматриваются процессы оглеения, диагностируемые железистыми новообразованиями в нижней части профиля у серой лесной почвы и почти по всему профилю у лугово-болотной. По грансоставу почвы среднесуглинистые и довольно распылены, от крупнозернистой до глыбистой структуры [4].

Кислотность почвенного раствора является важным агрохимическим показателем экологического состояния почв и влияет на рост и развитие растений, которые не только находятся в зависимости от среды, но сами способны воздействовать на величину pH, приспосабливаясь к своим потребностям. Кислотность почвы зависит не только от общего содержания в ней кислоты или щелочи, но и от соотношения концентрации свободных водородных и гидроксидных ионов. Реакция среды по величине pH делится на группы от резкокислой (pH 3,0–5,0) до резкощелочной (pH 10–12) [3].

Анализ данных за 1968 г. выявил, что диапазон значений pH водной вытяжки изменялся от сильнокислой (min pH 5,0) до нейтральной (max pH 6,8). Изолинии картограммы совпадают с изолиниями рельефа естественных понижений. Сильнокислая реакция pH характерна для серых лесных глееватых почв, которые были приурочены в ландшафте к мезопонижениям; в организационно-хозяйственном отношении агробиостанции на них располагался фруктовый сад. Лугово-болотные почвы, сформированные на более пониженной части надпойменной террасы, характеризуются слабокислой реакцией pH. Наибольшая часть территории, где был выделен данный тип почв, использовалась под лесополосы и была заболочена. Темно-серые лесные почвы, которые на тот период времени были все распаханы, задействованы в основном для выращивания полевых культур, а некоторая часть занята под питомник с плодово-ягодными культурами. Преимущественно почвы характеризовались нейтральной pH с пере-

ходом к слабокислой на пограничных с мезопонижениями участках. По данным 1984 г., диапазон значений изменялся от сильнокислой (min pH 5,5) до нейтральной (max pH 7,2). Прослеживается сдвиг изолиний картограммы, приуроченность сильнокислых почв к участкам с наибольшей антропогенной сельскохозяйственной нагрузкой. Организационно-хозяйственная структура агробиостанции изменяется, наибольшая часть территории используется для выращивания картофеля. Для проведения полевых опытов используется постоянно один и тот же участок, работы по уходу за плодовой садом и дендропарком частично прекращены. Динамика по сокращению вовлечения почв в хозяйственную деятельность сохраняется до 2008–2010 гг. Наибольшую площадь бывших сельскохозяйственных полей представляет залежь, плодовой сад и дендропарк саморазвиваются, происходит активное самозаращение территории, работы по уходу полностью прекращены. Наиболее активно задействованы два участка: первый используется для выращивания картофеля в рамках полевых опытов и различных экспериментальных работ, второй – под полевые и паропропашные культуры. Спектр данных по pH водной вытяжки расширяется от сильнокислой (min pH 5,0) до слабощелочной (max pH 8,2). В картограмме кислотности почвы за 2008 г. появляются ареалы щелочных почв (диапазон pH 7,5–8,2), которые ранее не прослеживались в данных. Приуроченность ареала к геоморфологическим особенностям, а также к виду проводимой на тот период хозяйственной деятельности и к видам растительности, выращиваемым на этом участке, не выявлена. Вероятно, сдвиг pH в щелочную сторону связан с внесением каких-либо удобрений или препаратов, сильно изменивших почвенную среду. Спектр данных и картограмма кислотности почвы 2014 г. [5] характеризуются наибольшей вариабильностью показателей и мозаичностью ареалов групп кислотности от резкокислых (min pH 4,8) до слабощелочных (max pH 8,3). Выявить причины изменения кислотности среды не представляется возможным, приуроченность ареалов кислотности к геоморфологическим особенностям не выявлена; можно предположить, что мозаичность кислотности связана с локальными внесениями препаратов или удобрений в рамках полевых опытов или какими-то другими видами хозяйственной деятельности, повлиявшими на почвенную среду.

На основании изученного полевого и картографического материала были сделаны следующие выводы:

1. Длительный сельскохозяйственный прессинг определил современное агрохимическое состояние почв. При изменении хозяйственного использования соотношение элементов в почве и, как следствие, рН изменяются.

2. Появление мозаичности и широкого диапазона значений рН для сравнительно небольшой территории определяет необходимость проведения мероприятий по стабилизации кислотности среды, что является одним из условий при проведении организационно-хозяйственных мероприятий на территории учебного ботанического сада.

Литература

1. Подурец О.И. Практикум по географии почв с основами почвоведения. Новокузнецк : РИО Куз ГПА, 2009. 41 с.
2. Пособие по проведению анализов почв и составлению агрохимических картограмм. М. : Россельхозиздат, 1965. 332 с.
3. Вальков В.Ф., Елисеева Н.В., Имгрунт И.И., Казеев К.Ш., Колесников С.И. Справочник по оценке почв. Майкоп : ГУРИПП Адыгея, 2004. С. 130–140.
4. Подурец О.И., Прошкин Б.В. Агрохимическая характеристика почв учебно-ботанического сада НФИ КемГУ // Теоретические и прикладные вопросы науки и образования. Тамбов : Юком, 2015. С. 107–110.
5. Подурец О.И. Гильфанова Р.Р. Оценка динамики кислотности почв учебного ботанического сада НФИ КемГУ // Современные тенденции развития науки и технологий. Белгород : АПНИ, 2016. № 4–1. С. 102–104.

SOIL ACIDITY TRAINING AND BOTANICAL GARDEN IN THE VARIOUS COMMERCIAL USE

Podurets O.I., Gilfanova R.R.

Novokuznetsk Institute (branch) of Kemerovo State University, Novokuznetsk, Glebova-Podurets@mail.ru, renatagirl95@gmail.com

Summary. Long-term use of soil academic botanical garden in the university teaching and practical and economic activity has affected a number of agrochemical parameters. One of the important indicators of soil condition is acidity. The article provides an analysis of data for monitoring the pH of the aqueous extract.

Keywords: acidity; soil; educational Botanical garden; monitoring; agrochemical cartogram.

К ДИАГНОСТИКЕ АЗОТНОГО ПИТАНИЯ КУЛЬТУР СОСНЫ НА ПОРОДНЫХ ОТВАЛАХ

А.Д. Прибура, Т.А Спорыхина

*Сибирский Федеральный университет, Институт леса им. В.Н. Сукачева СО РАН,
Красноярск, nastya_pribura@mail.ru, sporykhina_tatyana@mail.ru*

Аннотация. Исследование посвящено изучению потенциала молодых почв к мобилизации минеральных форм азота. Результаты лабораторного эксперимента показали, что изучаемая техногенная почва обладает достаточно высоким потенциалом для мобилизации азота. В отклике на добавление дополнительных порций легкогидролизуемого азота структура запасов минерального азота изменялась в сторону преобладания аммонийных форм.

Ключевые слова: породные отвалы; рекультивация; азотный фонд; литостраты; минерализация.

В ходе добычи угля открытым способом полностью уничтожается природный ландшафт, при этом происходит изъятие из оборота продуцирующих земель. На месте природного ландшафта формируются породные отвалы, сложенные хаотичной смесью вмещающих и вскрышных пород [1]. Следовательно, рекультивация таких земель и возвращение их в хозяйственное использование являются весьма актуальной экологической проблемой.

Исследования проводятся на территории Бородинского буроугольного разреза, расположенного в восточной части Канско-Ачинского угольного бассейна. Это один из самых крупных разрезов бассейна. Исследования проводились на отвале, спланированном в 2006 г.; через 2 года на его поверхность, без восстановления почвенного профиля, рядами были высажены 2–3-летние саженцы сосны. На современном этапе (2015 г.) растительный покров участка представляют два растительных комплекса: 1) искусственный – культуры сосны обыкновенной и 2) естественный – спонтанная травянистая растительность.

При анализе почвенных образцов определяли органические и минеральные формы азота. В основе выделения групп органических соединений азота – их устойчивость к щелочному гидролизу: легкогид-

ролируемые (1 н NaOH), трудногидролизуемые (6 н NaOH) и негидролизуемые формы. Содержание валового азота оценивали методом К.Е. Гинсбурга с соавторами [2].

Получено, что запасы валового азота в слое 0–10 см на участках, занятых травянистой растительностью, составляют 3,8 т/га, на участках под культурами сосны – 3,58 т/га. Из них минеральная фракция занимает в междурядье 4%, в рядах – лишь 0,4%.

По запасам валового азота техногенные почвы уступают схожим территориям. По данным Л.С. Шугалей, для территории Назаровского угольного разреза запасы валового азота составляют 4–9 т/га [3]. При этом доля минеральной фракции занимает 1–2% от валового содержания. В работе Э.П. Поповой запас валового азота естественных почв под сосновыми насаждениями бруснично-зеленомошного, багульниково-зеленомошного и разнотравно-брусничного типов леса оценивается в пределах от 2,2 до 2,4 т/га. Доля минерального азота 0,9–2,6%.

Низкое содержание минеральной фракции азота в изучаемых литостратах, вероятно, обусловлено низкой относительной долей его легкогидролизуемой фракции, которая для междурядий составляет 1%, для рядов 0,6%. При этом аналогичный показатель для естественной почвы (серая лесная, чернозем выщелоченный) составляет 5,8–4,1% [4]. Напрашивается вывод о замедленности процесса трансформация трудногидролизуемых форм азота.

Для выявления причин низкой интенсивности минерализации азотсодержащей органики в литостратах проводили оценку потенциальной способности молодых почв к процессам аммонии- и нитрификации посредством закладки лабораторного эксперимента.

В варианте № 1 для оценки степени влияния факторов тепла и влаги образцы в течение 4 недель компостировали при оптимальных условиях – температуре 28°C и влажности почвы 60% от полной влагоемкости.

В результате компостирования запас минеральных форм азота в литостратах рядов увеличился в 6 раз и составил 102 кг/га. В междурядьях запас увеличился незначительно (в 0,5 раза) и составил 215 кг/га. Таким образом, можно предположить, что на интенсивность минерализации азотсодержащей органики значительное влияние могут оказывать факторы тепла и влаги. Учитывая хорошую прогреваемость поверхности отвалов [1], логичнее предположить, что лимитирующим фактором выступает именно количество активной влаги.

В варианте № 2 в почву добавляли дополнительный источник легкоминерализуемого азота (пептон). При его добавлении общий запас минеральных форм увеличился на 18%. При этом запас аммиачных форм увеличился на 85%, а запас нитратов сократился в 18 раз в сравнении с контролем (вариант № 1). Следовательно, большая часть азота иммобилизована в составе микробного пула.

Заключение. Результаты экспериментальных исследований показано, что изучаемая техногенная почва обладает достаточно высоким потенциалом для мобилизации азота. В отклике на добавление дополнительных порций легкогидролизуемого азота структура минерального азота изменяется в сторону преобладания аммонийных форм, большая часть минерального азота, вероятно, иммобилизуется в составе микробного пула. Относительно низкая доля минерального азота в структуре запаса элемента в ризосфере культур Бородинского разреза, скорее всего, обусловлена дефицитом влаги.

Литература

1. Андроханов В.А., Овсянникова С.В., Курачев В.М. Техноземы: свойства, режимы, функционирование. Новосибирск : Наука, 2000. 200 с.
2. Гинзбург К.Е., Щеглова Г.М., Вульфийс Е.В. Ускоренный метод сжигания почв и растений // Почвоведение. 1963. № 5. С. 89–96.
3. Шугалей Л.С, Бодикова Н.В. Азотный фонд инициальных почв под культурами сосны на вскрышных породах // Вестник КрасГАУ. 2014. № 8. С. 41–47.
4. Попова Э.П., Лубите Я.И. Биологическая активность и азотный режим почв Красноярскрй лесостепи. Красноярск : Красноярское книжное издательство, 1975. 271 с.

FOR THE DIAGNOSIS OF NITROGEN NUTRITION PINE CULTURES ON COAL DUMPS

Pribura A.D., Sporykhina T.A.

Siberian Federal University, V.N Sukachev Institute of Forest, Krasnoyarsk, nastya_pribura@mail.ru, sporykhina_tatyana@mail.ru

Summary. The research is investigate the potential of young soils to mobilize mineral forms of nitrogen, as well as the response litostrats to add additional servings of hydrolyzable nitrogen. As a result, it was found that the studied technogenic soil has a sufficiently high potential for nitrogen mobilization, and adding additional portions of hydrolyzable nitrogen mineral nitrogen structure changed towards the predominance of ammonium forms.

Keywords: waste dumps; reclamation; nitrogen; litostrats; mineralization.

ПОКАЗАТЕЛИ ПЛОДОРОДИЯ ПОЧВ СЕЛЬХОЗУГОДИЙ ХОЗЯЙСТВ, РАСПОЛОЖЕННЫХ В БОХАНСКОМ РАЙОНЕ ИРКУТСКОЙ ОБЛАСТИ

И.Е. Слепухина

Иркутский государственный университет, Иркутск, iriska-ira94@mail.ru

Аннотация. В настоящее время проблема агрогенного воздействия на почву является одной из наиболее прогрессирующих и актуальных тем, затрагивающей важнейший аспект почвоведения – плодородие почв, которое является материальной основой урожая и характеризуется комплексом показателей. Целью исследования является изучение изменения уровня плодородия пахотных почв сельхозугодий хозяйств Боханского района за 6-летний период по ряду показателей.

Ключевые слова: плодородие почв; комплекс показателей; агрохимическое обследование.

Актуальность работы вызвана тем, что агрогенная трансформация почв представляет собой самый длительный и масштабный вид эволюции почвенного покрова под воздействием антропогенного фактора, в результате которого меняется общий уровень плодородия почв [1, 2].

В основе проводимого агрохимической службой мониторинга плодородия почв лежит комплекс определяемых интегральных показателей различных свойств почв и других факторов, от которых зависит урожайность сельскохозяйственных культур [3].

Агрохимическому обследованию подлежат все типы сельскохозяйственных угодий – пашня (в том числе орошаемая и осушенная), кормовые угодья (сенокосы и пастбища), многолетние насаждения, плантации и залежь. Его проводят специалисты отделов почвенно-агрохимических изысканий государственных центров (станций) агрохимслужбы (ГЦАС, ГСАС). При производственной необходимости к проведению этих работ могут привлекаться специалисты других подразделений ГЦАС (ГСАС), а также районных (межрайонных), хозяйственных (межхозяйственных) агрохимических лабораторий, которые прошли соответствующие курсы повышения квалифика-

ции и получили в установленном порядке лицензии на проведение таких работ [4].

В качестве объектов исследования были выбраны 6 хозяйств Боханского района Иркутской области. Почвы хозяйств представлены одним типом (серыми лесными почвами) и одним видом сельхозугодий – пашней.

Проведено сравнение результатов агрохимического обследования почв земель сельскохозяйственных угодий выбранных хозяйств за 2009 и 2015 гг. Обследование почвенных образцов проводилось в лаборатории ФГБУ ЦАС «Иркутский» в соответствии с нормативными документами и перечнем анализов согласно «Методическим указаниям по проведению комплексного мониторинга плодородия почв земель сельскохозяйственного назначения» [3].

Обсуждение результатов. Полученные данные показали, что реакция среды почвы всех исследуемых хозяйств – слабокислая, значения показателя $pH(KCl)$ колебались в пределах 5,3–5,9, что является характерным для серых лесных почв и говорит о слабой нуждаемости почв к известкованию. При этом наблюдаются заметные изменения кислотности почв по хозяйствам за 6-летний период. Особенно они коснулись ООО им. П.С. Балтахинова и ИП ГКФХ О.А. Бажеева. В первом наблюдалось некоторое увеличение кислотности $pH(KCl)$, что, возможно, связано с увеличением подвижной серы, данные о которой будут приведены далее. Во втором хозяйстве обнаружено подщелачивание почвы $pH(KCl)$, что говорит о своевременном проведении известкования, которое заметно улучшило кислотность почвы, понизив ее до оптимальных значений. Снижение кислотности наблюдалось также в почвах хозяйств ИП ГКФХ А.Г. Бодонов и ИП ГКФХ Ф.М. Балханов, но оно не было столь существенным, что, по-видимому, требует проведения дополнительных мероприятий (внесения извести, золы и т.д.). В двух хозяйствах – ИП ГКФХ А.В. Петухова и ИП ГКФХ С.М. Хасанов – не было выявлено изменений кислотности, в течение 6 лет она оставалась на одном уровне 5,4, что указывает на некоторый избыток обменного водорода и требует его нейтрализации известью или золой.

В течение 6 лет наблюдались заметные изменения в содержании гумуса в почвах исследуемых хозяйств. Так, содержание гумуса в почвах двух хозяйств – ИП ГКФХ О.А. Бажеева и ИП ГКФХ А.Г. Бодонов за 2015 г. – оказалось значительно выше значений, полученных

в 2009 г., на 3 и 2% соответственно. Это, по-видимому, связано с правильной агротехникой, проводимой хозяйствами, а именно внесением компоста, регулярной обработкой грунта, внесением органических удобрений. В почвах четырех хозяйств – ООО им. П.С. Балтахинова, ИП ГКФХ Ф.М. Балханов, ИП ГКФХ А.В. Петухова, ИП ГКФХ С.М. Хасанов – наблюдается заметное снижение содержания гумуса. Это может быть вызвано с резким снижением внесения органических удобрений, уменьшением органических остатков, усилением минерализации из-за осушения и орошения почвы, ветровой и водной эрозии почвы, увеличением площади паров.

В почвах исследуемых хозяйств выявлены существенные колебания в содержании подвижного фосфора. Так, в почвах двух хозяйств – ИП ГКФХ О.А. Бажеева и ИП ГКФХ А.В. Петухова – наблюдалось увеличение подвижного фосфора, причем в первом более заметное – с 98,5 до 144,8 мг/кг, достигнув повышенного содержания, что возможно только за счет внесения значительных доз фосфорных удобрений. В почвах второго хозяйства увеличение подвижного фосфора было незначительным – от 75,4 до 89,7 мг/кг, что пока еще относит их к низкообеспеченным этим элементом. Три хозяйства выделились резким снижением количества подвижного фосфора в почвах сельхозугодий за 6 лет с переходом из почв с повышенным содержанием фосфора к среднеобеспеченным. К ним относятся ООО им. П.С. Балтахинова (150,4–97,3 мг/кг), ИП ГКФХ А.Г. Бодонов (136,5–92,0 мг/кг), и ИП ГКФХ Ф.М. Балханов (149,5–95,5 мг/кг).

В почвах практически всех хозяйств, за исключением ИП ГКФХ О.А. Бажеева, наблюдается либо резкое (ИП ГКФХ А.В. Петухова, НИП ГКФХ С.М. Хасанов), либо менее заметное (ООО им. П.С. Балтахинова, ИП ГКФХ А.Г. Бодонов, ИП ГКФХ Ф.М. Балханов) снижение обменного калия с повышенных и высоких значений до средних. Снижение содержания подвижного фосфора и обменного калия в почвах хозяйств, по-видимому, связано с внесением недостаточных доз удобрений и снижением влажности, влияющей на подвижность этих элементов. В почвах хозяйства ИП ГКФХ О.А. Бажеева за 6 лет произошло резкое увеличение обменного калия от 104,0 до 146,3 мг/кг, переводящее почвы из среднеобеспеченных в высокообеспеченные этим элементом. Это может быть обусловлено постоянным внесением калийных удобрений.

В агрохимических исследованиях информативным показателем состояния микроэлементов является содержание их подвижных форм. Так, содержание подвижного марганца за 6 лет более чем в 2 раза увеличилось в ИП ГКФХ Бажеева О.А., т.е. из самого низкого среди почв исследуемых хозяйств до среднего. В остальных хозяйствах также наблюдалось заметное увеличение подвижного марганца в почвах с 2009 по 2015 г., где-то очень заметно – ИП ГКФХ А.В. Петухова, НИП ГКФХ С.М. Хасанов, а где-то менее – ООО им. П.С. Балтахинова, ИП ГКФХ А.Г. Бодонов. В хозяйстве ИП ГКФХ Ф.М. Балханов значительных изменений в содержании подвижного марганца не наблюдалось. Количество подвижного цинка увеличилось незначительно за 6 лет в почвах трёх хозяйств (ООО им. П.С. Балтахинова, ИП ГКФХ О.А. Бажеева, ИП ГКФХ А.В. Петухова), но все равно осталось низким. В почвах остальных трёх хозяйств содержание уменьшилось, причем в хозяйстве ИП ГКФХ Ф.М. Балханов перешло из среднего в низкое. Что касается подвижной меди, то ее содержание в почвах почти всех хозяйств повысилось, причем в хозяйстве ИП ГКФХ О.А. Бажеева более чем в 2 раза – со среднего до высокого уровня содержания. Снижение наблюдалось только в ООО им. П.С. Балтахинова и незначительно в ИП ГКФХ Ф.М. Балханов, но при этом все равно оставалось высоким.

За последние 6 лет наблюдались заметные изменения в концентрации подвижной серы в почвах хозяйств, содержание которой является важным показателем плодородия почв. Так, в четырёх хозяйствах наблюдалось существенное увеличение её содержания с низкого до среднего уровня (ООО им. П.С. Балтахинова, ИП ГКФХ А.В. Петухова, ИП ГКФХ А.Г. Бодонов, ИП ГКФХ С.М. Хасанов). В хозяйстве ИП ГКФХ Ф.М. Балханов выявилось некоторое снижение количества подвижной серы, но все равно оно оставалось на среднем уровне. Исключение составляет хозяйство ИП ГКФХ О.А. Бажеева, где произошло существенное снижение ее концентрации со среднего до низкого уровня.

Выводы. В результате проведенного мониторинга почв хозяйств Боханского района за период 2009–2015 гг. можно отметить следующее.

1. Произошло существенное изменение в уровне плодородия почв сельхозугодий хозяйств Боханского района в основном в сторону ухудшения. Хозяйство, у которого за 6 лет существенно снизились все параметры, за исключением подвижной серы и плодородия почв,

оказалось самым крупным по площади – ООО им. П.С. Балтахинова. Большая площадь (примерно в 10 раз больше, чем у остальных хозяйств), по-видимому, не позволила качественно и в срок проводить необходимые агрохимические и агротехнические мероприятия.

2. Наблюдается снижение уровня плодородия почв за счет антропогенного воздействия, так как почвенный покров хозяйств представлен одним типом почв (серыми лесными) и одним видом сельхозугодий – пашней. Поэтому расхождение в уровне плодородия связано с причинами, связанными с ненадлежащим и несвоевременным уходом за полями, возможно, также повлиял и диспаритет цен.

3. Заметное улучшение плодородных свойств почв отмечено за 6-летний период только в одном хозяйстве – ИП ГКФХ О.А. Бажеева – по всем показателям, за исключением содержания подвижной серы, что, по-видимому, связано с правильным ведением агрохимических и агротехнических мероприятий, заботливым отношением фермера к почвам сельхозугодий хозяйства.

4. Для повышения уровня плодородия исследуемых почв хозяйств рекомендуется проводить безотвальную и минимальную вспашку, на бедных почвах внесение органических и минеральных удобрений, компостов, проведение сидерации (бобовые и капустные растения), на средне- и сильнокислых почвах – известкование, пестициды применять в случае достижений пороговой ситуации по количеству сорных растений.

5. Применение минеральных и органических удобрений, средств химизации должно быть рентабельным. Для этого надо осуществить не только правильный выбор приемов, сроков, способов внесения и заделки удобрений в почву, но и достаточно точно определить экономически оправданные нормы и дозы их внесения. Только рентабельное применение удобрений и средств химизации можно считать рациональным и поэтому эффективным.

Литература

1. Агрочвоведение / под ред. В.Д. Муха. М. : КолосС, 2004. 528 с.
2. Державин Л.М., Фрид А.С. О комплексной оценке плодородия пахотных земель // Агрохимия. 2001. № 9. С. 5–12.
3. Методические указания по проведению комплексного мониторинга плодородия почв земель сельскохозяйственного назначения / под ред. Л.М. Державина, Д.С. Булгакова. М. : Росинформагротех, 2003. 240 с.

4. Общесоюзная инструкция по почвенным обследованиям и составлению крупномасштабных почвенных карт землепользований / ред. Т.А. Ищенко. М. : Колос. 95 с.

INDICATORS OF SOIL FERTILITY OF FARMLAND FARMS LOCATED IN BOKHANSKY DISTRICT IRKUTSK REGION

Slepuhina I.E.

Irkutsk State University, Irkutsk, iriska-ira94@mail.ru

Summary. The problem now Agrogene impact on the soil is one of the most progressive and relevant topics that affect the most important aspect of soil science - soil fertility, which is the material basis for crop and is characterized by a set of indicators. Loss of soil fertility leads to its degradation, causing not only a huge economic losses, but also violate the ecological balance and communication, which worsens the social conditions of people. The aim of the study is the arable soil fertility level changes of farmland farms Bokhansky District 6-year period.

Keywords: soil fertility; a set of indicators; agrochemical survey.

УДК 631.452:631.459.01: 332.365

DOI: 10.17223/9785946215640/31

ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПОСЛЕДСТВИЯ ЭРОЗИИ ПОЧВ В УСЛОВИЯХ НОВОСИБИРСКОЙ ОБЛАСТИ

Н.В. Смирнова^{1,2}, Т.В. Нечаева¹, И.В. Абросимова²

¹ *Институт почвоведения и агрохимии СО РАН, Новосибирск,
nvsmirnova28@gmail.com*

² *Новосибирский государственный университет экономики и управления,
Новосибирск*

Аннотация. Произведена эколого-экономическая оценка негативных последствий эрозии склоновых агроландшафтов при экстенсивном типе землепользования. На склоне происходит достоверное снижение агрохимических показателей эродированных почв, и как следствие, снижение экономической эффективности производства зерна. Показано, что выращивание яровой пшеницы на почвах склонов неэффективно и нерентабельно в силу высоких производительных затрат, связанных с поддержанием почвенного плодородия и необходимостью проведения ряда противоэрозионных мероприятий.

Ключевые слова: эрозия; Новосибирская область; черноземы; плодородие; пшеница; эколого-экономическая оценка; рентабельность.

Эрозия почв является наиболее масштабным и вредоносным видом деградации земель. В Российской Федерации эрозионные процессы остаются одним из главных факторов, обуславливающих снижение плодородия почв и урожая, ухудшение окружающей среды. В целом по стране в составе эродированных (смытых) сельскохозяйственных угодий средне- и сильноэродированные почвы занимают около 26%, из них пашни – 14,9%, сенокосы – 1,2 и пастбища – 9,3% [1]. Однако ежегодно отмечается неуклонное увеличение доли эродированных и дефлированных земель в сельскохозяйственном землепользовании. Установлено, что в течение последних 20 лет темпы прироста нарушенных водной эрозией земель достигают 1,5 млн га в год.

Известно, в Сибири наиболее ценными в хозяйственном отношении почвами, доминирующими в структуре почвенного покрова, являются черноземы (выщелоченные и оподзоленные) и серые лесные почвы, вовлеченные в сельскохозяйственный оборот более 100 лет назад. Резко континентальный климат в сочетании с широким развитием лессовидных почвообразующих пород и значительным расчленением рельефа обуславливает интенсивное развитие процессов водной эрозии в период весеннего снеготаяния на склоновых почвах Новосибирской области (НСО). По статистическим данным, в области высокой освоенностью характеризуются 49% земельного фонда, причем на долю пахотных угодий приходится 22% общей площади сельскохозяйственных земель, из которых большая часть эродирована. Смыв минеральных элементов питания растений, усиление почвенной засухи, ухудшение физических свойств почв, снижение их биологической активности на эрозионно-опасных склонах приводят к негативным последствиям для сельского хозяйства [2]. Однако, несмотря на рост площадей земель, подверженных эрозии, в сибирском регионе, исследований, направленных на оценку экологических и экономических изменений плодородия эродированных почв, явно недостаточно.

Цель данной работы – оценить эколого-экономические последствия эрозии почв в условиях Новосибирской области.

Климатические условия являются одним из ведущих факторов почвообразования и продуктивности сельскохозяйственных земель, поскольку в зависимости от приходящей солнечной энергии определяется скорость круговорота химических элементов и энергии в сис-

теме почвы–растения [3]. Новосибирская область расположена в центральной части материка Евразия, почти в центре Российской Федерации, на юго-востоке Западно-Сибирской низменности – одной из величайших равнин мира. Установлено, что сумма активных температур ($> 10^{\circ}\text{C}$) в НСО достигает $1\ 830\text{--}1\ 850^{\circ}$, среднегодовая температура $0,2^{\circ}\text{C}$, средняя температура января -18°C , средняя температура июля $-18,6^{\circ}\text{C}$, среднегодовое количество осадков в лесостепной зоне составляет 476 мм, из них 39% – твердые, 53% – жидкие, 8% – смешанные [4]. В зимний период почвы промерзают на глубину 180–200 см. Вегетационный период длится 130 дней, и его краткость компенсируется лишь обилием солнечной радиации.

В работе рассматривается территория НСО, охватывающая следующие административные районы: Болотнинский, Тогучинский и Искитимский. Исследуемые территории были сильно распаханы, но, ввиду экономической обстановки в стране, на сегодняшний день засеивается лишь небольшая часть пашни, а удобрения не применяются совсем. В связи с этим часть территории используется под сенокосы и пастбища, а основной массив пахотных земель превратился в залежь. Объектом исследования был выбран чернозем (выщелоченный и оподзоленный) как наиболее плодородный и широко используемый в сельском хозяйстве тип почвы. В силу холмисто-увалистого рельефа и большой расчлененности ландшафта, изучаемые почвы расположены на склоновых территориях с углом наклона от 1 до 6° .

Изменение плодородия смытых черноземов было оценено на основании сравнения данных, полученных для несмытых почв (табл. 1). В пахотном слое смытых почв обнаружено снижение содержания гумуса в 1–3 раза, валового азота в 1,3–4 раза, а отношение C/N было существенно шире. Прямая корреляция между C/N и степенью смытости почв ($r = +0,40$ при $p < 0,05$ и $n = 9$) показали строгую взаимосвязь содержания этих элементов на склоне.

Согласно градации, разработанной Г.П. Гамзиковым с соавторами [5], содержание нитратного азота в несмытых и, тем более, смытых почвах было низким и очень низким. Содержание легкоподвижного фосфора и обменного калия в несмытых почвах плакора было оптимальным либо повышенным, и даже в случае эродированных почв содержание легкоподвижного фосфора остается высоким, а обменного калия – оптимальным, что подтверждает высокое потенциальное плодородие сибирских черноземов.

Таблица 1

**Агрохимическая характеристика пахотного слоя (0–20 см)
черноземов склона**

Степень смытости почв	рН вод.	С _{орг} (по Тю- рину)	N _{вал} (по Кьель- далю)	C/N	Рл-п (по Карпин- скому– Замятиной)	К _{обм} (по Масло- вой)	N–NO ₃ (по Карпин- скому– Замятиной)
		%			мг/кг		
Чернозем выщелоченный (Болотнинский район, залежь 7 лет)							
Несмытый	6,8	3,9	0,35	11	1,2	218	4,3
Среднесмытый	6,6	1,5	0,09	17	0,9	192	3,0
Чернозем оподзоленный (Искитимский район, пашня)							
Несмытый	7,1	3,1	0,21	15	0,6	100	3,5
Среднесмытый	6,8	2,6	0,14	19	2,0	120	4,7
Чернозем выщелоченный (Тогучинский район, залежь 9 лет – пашня)							
Несмытый	6,0	4,4	0,4	11	0,3	нп	6,4
Сильносмытый	5,8	1,9	0,2	10	0,4	нп	4,1

Примечание. нп – не определено.

Экспериментальные данные, полученные при оценке запасов основных биогенных элементов в метровой толще, свидетельствуют также о существенном ухудшении почвенного плодородия: снижение запасов гумуса и азота в изученных почвах отмечалось по всему почвенному профилю ($r = -0,87$ при $n = 36$ и $p < 0,05$). Потери гумуса в смытом черноземе выщелоченном по сравнению с несмытым составили в среднем 60%, в черноземе оподзоленном – 20%. Потери общего азота в смытом черноземе выщелоченном по сравнению с несмытым составили 62%, в черноземе оподзоленном – 33%. Величины и темпы снижения важнейших показателей почвенного плодородия свидетельствуют не только об обеднении верхних горизонтов, но и о деградации потенциального почвенного плодородия.

Качество оценки земель зависит от обеспечения необходимой информацией всех этапов выполнения оценки, поэтому обязательным требованием методик экономической оценки почв является наличие данных о размерах площадей, современном состоянии и степени деградации почвенного покрова, степени сохранности естественных экосистем. Качественная оценка земель приводит к принятию решений для разных категорий землепользований, оказывающих значимое воздействие на состояние окружающей среды. Поэтому необходимым условием

информационного обеспечения для экономической оценки сельскохозяйственных земель и земель природоохранного назначения является включение экологических факторов в общую систему показателей [6].

Экологическая оценка земель сельскохозяйственного назначения проводится как по оценке продукции (качество, скорость накопления надземной биомассы, урожай), так и по содержанию гумуса и основных биогенных элементов (NPK) в почве, характеризующих плодородие используемых земель. Урожайность сельскохозяйственных культур во многом определяется региональными особенностями почвенно-климатических условий и спецификой используемых приемов возделывания культур. В наших исследованиях на черноземах НСО было выявлено снижение урожайности яровой пшеницы и продуктивности многолетних трав с усилением степени эродированности почв (табл. 2). Урожайность выращиваемых культур существенно снижается на смытых почвах в сравнении с ненарушенными (40–60%), что обусловлено снижением потенциального плодородия почв на склоне.

Таблица 2

Урожайность и качество выращенных культур на черноземах склона

Степень смытости почв	Урожайность, г/м ²	Качество урожая (% на сухую массу)		
		N	P	K
Чернозем выщелоченный (Болотнинский район, залежь 7 лет, травы) ¹				
Несмытая	139	0,90	0,43	2,21
Среднесмытая	56*	0,88	0,69	3,07
¹ Чернозем выщелоченный (Болотнинский район, микрополевой опыт, пшеница)				
Несмытая	364	1,06	нп	нп
Среднесмытая	213*	1,28	нп	нп
Чернозем оподзоленный (Искитимский район, залежь 9 лет, пашня, пшеница)				
Несмытая	52	0,97	0,49	0,41
Среднесмытая	96	0,90	0,49	0,41

¹ – данные получены при внесении фосфорно-калийных удобрений в дозе 60 кг/га.

* Значения, отличающиеся на 5%-ном уровне значимости по фактору «смытость».

Укрепление и совершенствование систем оценки земельных ресурсов с учетом эколого-экономических условий хозяйствования – задача комплексного подхода к планированию и рациональному использованию земельных ресурсов, заложенного в «Повестке дня на XXI век» – основном плане действий, принятом на Конференции ООН по окружающей среде и развитию в 1992 г. Система эколого-

экономической оценки сельскохозяйственных земель основывается на принципе альтернативной стоимости. В случае деградации земель и ухудшения свойств почв происходит их обесценивание за счет снижения плодородия, и, как следствие, землепользователям приходится искать замену земельным участкам с целью получения лучших экономических результатов. Такой подход противоречит принципу рационального использования и охраны земельных ресурсов. Экономическая эффективность сельскохозяйственного производства определяется внешними факторами, не зависящими от хозяйственной деятельности (ценообразование, налогообложение, инфляция и др.) и внутренними факторами (урожайность, продуктивность животных, себестоимость продукции и др.). Экологические последствия эрозии почв определяются не только свойствами эродированных почв, но и социально-экономическими условиями и технологией использования данной категории земель. По мере увеличения эродированности почвы экономическая эффективность производства зерна снижается, т.е. уменьшаются стоимость валовой продукции, уровень чистого дохода и рентабельность.

Таблица 3

Влияние степени эродированности почв на экономическую продуктивность сельскохозяйственного предприятия

Показатели	Степень смытости почв		
	Несмытая	Средне-смытая	Сильно-смытая
Урожайность, ц/га	40	10	2,5
Стоимость продукции, руб. с 1 га	3 055	2 886	2 400
Себестоимость 1 т зерна, руб.	8 576	9 586	9 922
Условный чистый доход (руб.) в расчете:			
на 1 т	3 750	2 670	1 840
на 1 га	150 000	90 319	3 204,85
Уровень рентабельности, %	43,7	27,8	18,5

Наши исследования показали, что урожайность яровой пшеницы составляет в среднем на несмытом черноземе выщелоченном 40 ц/га, слабо- и среднесмытом – 10–12 ц/га. На черноземе оподзоленном отмечена подобная закономерность, а существенное снижение урожайности происходит на сильносмытых почвах. Нами был рассчитан эко-

номический ущерб сельскохозяйственному производству от водной эрозии для оподзоленного и выщелоченного черноземов Новосибирской области разной степени эродированности (табл. 3). По мере увеличения эродированности почвы экономическая эффективность производства зерна снижается, т.е. уменьшаются стоимость валовой продукции, уровень чистого дохода и рентабельность.

Основываясь на проделанной работе, можно сделать вывод, что выращивание яровой пшеницы на эродированных почвах неэффективно и нерентабельно в силу высоких производительных затрат, связанных с поддержанием почвенного плодородия склоновых земель и необходимостью проведения ряда противоэрозионных мероприятий, направленных на поддержание, сохранение и рациональное использование нарушенных почв на склоне.

Литература

1. О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2005 г. : государственный доклад : на 1 января 2006 г. / Земельный фонд Российской Федерации. М. : МПР, 2006.
2. Якутина О.П., Нечаева Т.В., Смирнова Н.В. Режимы основных элементов питания и продуктивность растений на эродированных почвах юга Западной Сибири // Проблемы агрохимии и экологии. 2011. № 1. С. 16–22.
3. Воронина Л.В., Гриценко А.Г. Климат и экология Новосибирской области. Новосибирск : СГГА, 2011. С. 16–51.
4. Агроклиматический справочник НСО. Новосибирск, 1959. 186 с.
5. Гамзиков Г.П., Ильин В.Б., Назарюк В.М. [и др.]. Агрохимические свойства почв и эффективность удобрений. Новосибирск : Наука, 1989. 254 с.
6. Лысенко Е.Г. Эколого-экономическая эффективность использования земли : (теория, методология, практика). Ростов н/Д : Полиграф, 1994. 199 с.

ECOLOGICAL-ECONOMICS ASSESSMENT OF EROSION OF SOIL UNDER CONDITIONS OF NOVOSIBIRSK AREA

Smirnova N.V.^{1,2}, Nechaeva T.V.¹, Abrosimova I.V.²

¹ Institute of Soil Science and Agrochemistry of SB RAS, Novosibirsk, nvsmirnova28@gmail.com

² Novosibirsk State University of Economics and Management, Novosibirsk

Summary. The ecological and economic assessment of the negative effect of erosion on sloping agricultural landscapes under extensive land-use type is represented. Significant decrease of agrochemical parameters on eroded soils and as a consequence, reduced of economic efficiency of grain production on slope was obtained. Was shown,

the cultivation of spring wheat on the sloping soils is not effective and cost-effective due to the high cost of production related to the maintenance of fertility on disturbed soil and the need for a series of anti-erosion measures.

Keywords: erosion; Novosibirsk area; Chernozem; soil fertility; wheat; ecological-economis assessment; profitability.

УДК 528.8

DOI: 10.17223/9785946215640/32

РЕТРОСПЕКТИВНЫЙ МОНИТОРИНГ ВОДОЕМОВ СЕВЕРНОЙ ЧАСТИ БАРАБИНСКОЙ РАВНИНЫ С ПРИМЕНЕНИЕМ ДАННЫХ ДДЗЗ

Н.А. Соколова

*Институт почвоведения и агрохимии СО РАН, Новосибирск,
nasokolova30@yandex.ru*

Аннотация. Площадь водной поверхности малых озер на территории Барабы подвержена значительным колебаниям в зависимости от степени аридизации климата в связи с их небольшой глубиной. Ретроспективный мониторинг с применением космических снимков показывает, что площадь и количество озер, кроме того, подвержены влиянию антропогенных факторов.

Ключевые слова: ретроспективный мониторинг; космические снимки; площадь озер.

Изменения природно-территориальных комплексов озер юга Сибири и Казахстана давно привлекают внимание исследователей, поскольку связаны с глобальными изменениями климата [1]. Особенно это относится к состоянию озера Чаны, пульсирующий режим которого был нарушен в 1970-х гг. путем искусственного отчленения Юдинского плеса [2]. Колебания уровня восточной части озера с тех пор были незначительными. В то же время на территории Барабинской равнины существует более 2 500 мелких озер, количество и площадь водной поверхности которых, в силу их незначительной глубины, очень сильно варьирует в зависимости от степени аридизации

климата, вплоть до полного пересыхания. В многоводные годы такие озера вновь наполняются водой и функционируют в обычном режиме.[3] Однако мелкие озера подвержены влиянию не только климата, но других факторов, в том числе антропогенных. Ретроспективный мониторинг водной поверхности мелких озер может позволить выявить тренд изменения как природно-территориальных комплексов в пределах Барабы, так и климатических условий.

Барабинская равнина представляет собой наклонную слаборасчлененную поверхность, почти повсеместно перекрытую чехлом рыхлых четвертичных отложений. В ее пределах отсутствуют крупные реки, поэтому дренаж поверхностных вод затруднен. В связи с этим по всей Барабе широко распространены явления застоя поверхностных талых вод и связанные с этим суффозионные просадочные явления. Впоследствии в таких понижениях аккумулируется почвенная влага и даже начинается заболачивание [4]. При этом мезофитная растительность на таких участках изреживается и сменяется на мезофитно-гигрофитную, что хорошо заметно на аэрокосмических снимках.

Соответственно, целью данной работы являлась регистрация наличия мелких озер и измерение площади их водного зеркала в динамике при помощи аэрокосмических снимков.

В качестве объектов исследования были выбраны ключевые участки, расположенные на территории Барабинской равнины, в Коченевском, Чулымском и Убинском районах НСО. Следует отметить, что два из трех исследуемых участков находятся к югу от железной дороги и федеральной трассы М-51, а один – к северу.

Для достижения поставленной цели использовались данные, полученные путем оцифровки бумажных носителей (почвенные карты ключевых участков с выделением водоемов, созданные на основе аэрофотосъемки, 1987 г.), а также серия разновременных снимков со спутников Landsat 7 (2000 г.) и Landsat 8 (2015 г.). При выборе снимков учитывалось время проведения съемки в силу сезонного колебания уровня воды в озерах, все использованные снимки были сделаны в период летней межени (18 июля – 3 сентября). Регистрация водных объектов проводилась с использованием комбинации снимков ближнего и среднего ИК и видимого красного канала. Поверхность озер выглядит темно-синей, почти черной (вода поглощает почти все ИК излучение), низинные болота с наличием застойной влаги на поверхности – темно-фиолетовыми. На основе обработки снимков в пакете QGIS создавался

векторный слой водных объектов с последующим расчетом их общей площади. Дополнительно был создан слой с дорожной сетью, включающий железную дорогу, федеральную трассу М-51 и внутрирайонные дороги.

Обсуждение результатов. Площадь и количество водоемов на территории ключевых участков менялись неодинаково. В пределах первого участка (Коченевский район, к северу от железной дороги и трассы М-51) площадь озер уменьшилась на 2% к 2000 г. и вновь увеличилась на 11,6% к 2015 г. Количество же водных объектов в течение всего периода увеличивалось – за 1987–2000 гг. на 14,6%, а за 2000–2015 гг. – еще на 6%. Это связано с распадом более крупных водоемов на мелкие и появлением вновь образованных озер. На третьем участке (Убинский район, к югу от железной дороги и трассы М-51) наблюдалась обратная динамика: площадь водных объектов увеличилась 63% к 2000 г. и вновь уменьшилась на 7,5% к 2015 г. Количество же водных объектов увеличивалось, что также связано с распадом более крупных водоемов на мелкие. Площадь малых озер на втором участке (Чулымский район, к югу от железной дороги и трассы М-51) менялась незначительно – в пределах 0,17–0,19 км², несмотря на то что количество водоемов к 2000 г. увеличилось почти вдвое – на 92,6%, а затем к 2015 г. уменьшилось на 51,9% (таблица).

Такая неоднозначная динамика не связана напрямую с изменениями климата. Так, метеорологи отмечают в течение последних 70 лет повышение среднегодовой температуры на фоне уменьшения осадков в теплый период года, когда испаряемость с территории наибольшая. Это свидетельствует о наличии тенденции к усилению аридизации климата и, как следствие, уменьшению водности рек и площади озер [5]. Тем не менее наблюдаемая тенденция не соответствует тренду климатических изменений.

Динамика изменения количества и площади поверхности водоемов на ключевых участках

Показатель	1 участок			2 участок			3 участок		
	1987 г.	2000 г.	2015 г.	1987 г.	2000 г.	2015 г.	1987 г.	2000 г.	2015 г.
$S, \text{ км}^2$	1,49	1,46	1,63	0,17	0,19	0,18	0,92	1,47	1,36
n	130	149	158	27	52	25	21	74	110
$\Delta S, \%$	100	-2,0	+11,6	100	+11,8	-5,3	100	+63,0	-7,5
$\Delta n, \%$	100	+14,6	+6,0	100	+92,6	-51,9	100	+252,0	+48,6

В то же время динамику площади мелких озер можно объяснить с точки зрения влияния антропогенных объектов (дорожной сети). Барабинская равнина представляет собой выровненную поверхность с небольшим уклоном с северо-востока на юго-запад и пересекается с запада на восток крупными транспортными магистралями – железной дорогой и федеральной трассой М-51, строительство которой было закончено в 1999 г. На первом ключевом участке, расположенном к северу от этих двух дорог, в период с 2000 по 2015 г. площадь и количество озер изменяются в сторону увеличения, что подтверждает влияние дорог. Следует отметить при этом, что площадь водоемов, удаленных от дорог, уменьшалась (вплоть до исчезновения), зато появление новых водных объектов приурочено к территории, прилегающей к основным транспортным магистралям. На третьем ключевом участке, расположенном к югу от главных транспортных магистралей, внутрирайонные дороги проходят в основном с северо-запада на юго-восток, то есть перпендикулярно уклону местности. Соответственно, к 2000 г. наблюдается увеличение количества водных объектов, связанное с подтоплением дорог (возникновение новых водоемов), а затем постепенное обсыхание территории. В пределах второго ключевого участка, расположенного к югу от крупных транспортных артерий, внутрирайонные дороги проходят с северо-востока на юго-запад, то есть параллельно общему уклону поверхности, поэтому наблюдается соответствующее общему изменению климата небольшое снижение обводненности. В основном исчезают искусственно созданные водохранилища.

Выводы:

1. На разных участках Барабинской равнины изменения площади и количества водных объектов происходят неодинаково: на первом и третьем ключевых участках наблюдается увеличение количества и площади водоемов, на втором участке изменения незначительны.

2. При наличии антропогенных объектов (дорог), представляющих препятствие для естественного стока поверхностных и внутрипочвенных вод, происходит увеличение количества водоемов на ключевых участках. Если же антропогенные объекты не препятствуют общему стоку, изменения площади водных объектов соответствуют общему климатическому тренду.

Литература

1. Зольников И.Д., Глушкова Н.В., Лямина В.А., Смоленцева Е.Н., Королук А.Ю., Безуглова Н.Н., Зинченко Г.С., Пузанов А.В. Индикация динамики природно-территориальных комплексов юга Западной Сибири в связи с изменениями климата // География и природные ресурсы. 2011. № 2. С. 155–160.
2. Анопченко Л.Ю. Динамика обсыхания причановской территории Барабы по данным космических снимков // Интерэкспо Гео-Сибирь. 2011. С. 245–248.
3. Максимов А.А., Сипко Л.Л., Крайнов В.М. Озерный внутривековой природный цикл // Экология озера Чаны. Новосибирск : Наука, 1986. С. 28–57.
4. Дитц Л.Ю. Методологические аспекты ландшафтно-индикационного изучения почвенного покрова (на примере Барабинской лесостепи). Новосибирск : Изд-во СО РАН, 2003. С. 7–13.
5. Анопченко Л.Ю. Климат в XX веке и обсыхание озер Барабинской равнины // Интерэкспо Гео-Сибирь. 2005. С. 124–128.

RETROSPECTIVE MONITORING OF LAKES IN NORTHERN PART OF BARABA PLAIN BY REMOTE SENSING DATA USE

Sokolova N.A.

Institute of Soil Science and Agrochemistry SB of RAS, Novosibirsk,
nasokolova30@yandex.ru

Summary. Area of water surface of small lakes in Baraba plain is exposed to significant fluctuations depending on climate aridity because of they shallow depth. Retrospective monitoring by remote sensing data using show that number and area of lakes are effected of antropogenic factors.

Keywords: retrospective monitoring; satellite images; water area.

УДК 630*114.2

DOI: 10.17223/9785946215640/33

ЛЕСОРАСТИТЕЛЬНЫЕ СВОЙСТВА ЛИТОСТРАТОВ

Т.А. Спорыхина¹, А.Д. Прибура²

¹ Сибирский федеральный университет, Красноярск, *sporykhina_tatyana@mail.ru*

² Институт леса им. В.Н. Сукачева СО РАН, Красноярск, *nastyu_pribura@mail.ru*

Аннотация. Вывод о лесовосстановительных свойствах почв производился на основе комплексного анализа как основных и актуальных свойств молодых почв, так и индикационно-диагностических параметров состояния формирующихся растительных сообществ. В результате было

выявлено, что лесорастительные свойства почв характеризуются как удовлетворительные.

Ключевые слова: лесная рекультивация; угольные отвалы; культуры сосны; свойства почв.

В числе способов восстановления породных отвалов, возникших при открытой добыче полезных ископаемых, – лесная рекультивация. Породные отвалы выравниваются и / или террасируются, а на их поверхность высаживаются древесные породы, нетребовательные к начальному уровню плодородия почвогрунтов [1]. Одной из немногочисленных древесных пород, безусловно пригодных для облесения нарушенных земель, является сосна обыкновенная (*Pinus sylvestris* L.). Исследования по выращиванию культур сосны проводятся на отвалах Кузбасса, западной части КАТЭКа [2, 3].

Цель настоящей работы: оценить лесорастительные свойства литостратов породного отвала, отведенного под лесную рекультивацию.

Поверхностные техногенные образования на отвалах (подгруппа литостраты, группа натурфабрикаты) имеют специфическое строение и состав, которые зависят от множества факторов: технологии добычи угля и отсыпки отвалов, а также от природно-климатических факторов. Таким образом, проведение региональных исследований лесорастительных свойств отвалов не теряет своей актуальности.

Объектом исследования служат культуры сосны, высаженные на породном отвале, сформированном в 2006 г. Работа проводится на экспериментально-мониторинговом полигоне Института леса им. В.Н. Сукачева СО РАН, на базе лаборатории техногенных лесных экосистем.

Заключение о лесорастительных свойствах сделано на основе анализа как показателей роста, динамики прироста, структуры фитомассы, так и ряда характеристик плодородия литостратов.

В числе параметров состояния молодых почв в рядах и междурядьях (м/р) культур определяли: содержание гумуса (по Тюрину), подвижного фосфора (по Чирикову), нитратов (с дисульфобензиловой кислотой), аммония (с реактивом Несслера), рН (потенциометрически).

Таксационные данные, характеризующие культуры сосны, любезно предоставлены к.б.н. Р.Т. Мурзакматовым, оценки запасов и структуры надземной части фитомассы сосняков – О.В. Трефиловой.

Масса живых корней фитocenоза оценивалась авторами настоящего сообщения методом «монолитов» ($15 \times 15 \times 10$ см, $n = 5$), запас фитомассы травянистого покрова – методом укусов с учетных площадок площадью $0,25 \text{ м}^2$ ($n = 10$).

Обсуждение результатов. При оценке биометрических параметров культур сосны выявлено, что величина верхушечного прироста увеличилась от 24 до 56 см, а показатель напряжения роста снизился от 24 до 7 (период наблюдений – 2009–2014 гг.), что указывает на устойчивый рост культуры.

За истекший период фитомасса культур достигла 63 ц/га, треть данного количества приходится на стволовую древесину в коре, столько же на хвою, относительная доля веток и скелетных корней – 25 и 15% соответственно. Преобладающая часть корневой системы сосен сосредоточена в верхнем слое 0–10 см.

Необходимо отметить, что по таксационным параметрам, запасу и структуре фитомассы изучаемые культуры сосны не уступают посадкам сосны близкого возраста, произрастающим на естественных почвах Назаровского [3] и Южно-Ангарского районов [4] Красноярского края.

Изучаемые литостраты нейтральны (рН 6,7–7). Обеспеченность доступными формами фосфора, характеризуется как очень низкая: 0,4–3,6 мг/100 г почвы в рядах под культурой и 0,4–1,2 под травянистой растительностью. Почвы хорошо обеспечены минеральным азотом; содержание нитратов уменьшается по профилю от 40,3 до 1,6 мг/100 г почвы в междурядьях и от 1,75 до 0,9 мг/100 г почвы в рядах; содержание аммония меняется от 1,2 до 1,8 под травянистой растительностью и от 1,1 до 2,2 мг/100 г почвы под лесной. По содержанию гумуса как в междурядьях, так и в рядах почвы характеризуются, как мало гумусированные (таблица).

Агрохимические показатели литостратов

Глубина, см	N–NO ₃		N–NH ₄		P ₂ O ₅		Углерод, %	
	мг/100 г почвы						М/р	Ряды
	М/р	Ряды	М/р	Ряды	М/р	Ряды		
0–1	40,3	1,75	1,8	2,2	1,2	3,6	2,8	3,1
1–2	5,6	1,9	1,3	1,6	0,4	0,5	2,7	2,4
2–4	4,8	1	1,3	1,4	0,8	0,6	2,5	2,5
4–6	7,7	1	1,4	1,1	0,8	0,4	2,5	2,1
6–10	1,6	0,9	1,2	1,1	1,2	0,5	2,5	1,2

Заключение. Несмотря на специфику эдафических свойств техногенных поверхностных образований, их лесорастительные свойства можно признать удовлетворительными. По предварительным результатам, можно рекомендовать использование фосфатных удобрений, для улучшения агрономических свойств почв.

Необходимо отметить, что данное заключение распространяется только для начальных этапов формирования сосны. Положительный прогноз динамики лесорастительных свойств изучаемых отвалов видится нам возможным, но преждевременным из-за отсутствия многолетних натуральных наблюдений за ростом культур в пределах Бородинского буроугольного разреза.

Литература

1. Сметанин В.И. Рекультивация и обустройство нарушенных земель. М. : Колос, 2000. 96 с.
2. Баранник Л.П. Экологическое обоснование и опыт лесной рекультивации в техногенных условиях Кузбасса // Программа и методика изучения техногенных биогеоценозов. М. : Наука, 1974. С. 159–165.
3. Шугалей Л.С., Яшихин Г.И. Формирование искусственных лесных биогеоценозов на отвалах угольных разрезов КАТЭКа // Современное состояние биогеоценозов зоны КАТЭКа. Л. : Гидрометеиздат, 1990. С. 175–186.
4. Огиевский В.В. Искусственное лесоразведение в Сибири. 1962.

FOREST RESTORATION PROPERTIES OF SOIL

Sporykhina T.A.¹, Pribura A.D.²

¹ Siberian Federal University, Krasnoyarsk, sporykhina_tatyana@mail.ru

² Institute of Forest names V.N. Sukachev SB of RAS, Krasnoyarsk, nastya_pribura@mail.ru

Summary. Conclusion about reforestation properties of soils is made on the basis of comprehensive analysis of both the main and actual properties of young soils and indicator and diagnostic parameters of the state of emerging plant communities. As a result, based on the findings, it was discovered that soils' silvicultural properties are characterized as satisfactory.

Keywords: forest reclamation; coal piles; pine; soil properties.

ЭКОЛОГО-АГРОХИМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ЗАЛЕЖНЫХ ЗЕМЕЛЬ АСТРАХАНСКОЙ ОБЛАСТИ

А.А. Уталиев, Л.В. Яковлева

Астраханский государственный университет, Астрахань, ars.utaliev@mail.ru

Аннотация. Сохранение плодородия почвы является главной задачей всего агропромышленного комплекса России. Астраханская область столкнулась с проблемами стремительного развития процессов деградации почв и освоением брошенных и залежных земель, ранее использованных под сельскохозяйственное производство. Статья посвящена агрохимической оценке обеспеченности залежных земель органическим веществом и основными элементами питания для разработки перспективных планов их дальнейшего использования в сельском хозяйстве.

Ключевые слова: залежные земли; агрохимическое состояние; почвы; почвенное плодородие; гумус.

За последние 15 лет на территории Астраханской области сформировались обширные площади (0,15 млн/га) залежных земель. На этой территории активно протекает естественный процесс почвообразования, сопровождающийся изменениями морфологических и физико-химических свойств бывших пахотных почв [1–2]. Выявление закономерностей таких изменений важно для прогнозирования развития залежных почв, что имеет большое значение для планирования их дальнейшего хозяйственного использования в Астраханской области.

В качестве объекта исследования были выбраны залежные земли Лиманского района Астраханской области. Территория находится в пределах низменного сельскохозяйственного ландшафта с сильным техногенным и биологическим воздействием в результате строительной деятельности, сооружений объектов инфраструктуры, гидротехнических сооружений, использования части территории под орошаемое земледелие (оросительные и дренажные каналы). В пределах исследуемой территории выделены бурые полупустынные (аридные) почвы, лугово-бурые почвы и агроземы. Почвообразующими порода-

ми являются морские хвалыньские отложения суглинистого гранулометрического состава.

Содержание валовых и подвижных форм азота в слое 0–30 см определяли по А.В. Ряховскому [3]. Содержание гумуса определяли по методу Тюрина, подвижный фосфор (P_2O_5) и обменный калий (K_2O) – по Мачигину [4].

Почвы характеризуются отсутствием деления профиля на генетические горизонты. Во время проведения исследований сельскохозяйственные поля находились в залежном состоянии и не использовались по назначению около 15 лет.

Физическое состояние почв оценивалось на основе трех основных показателей: плотности, содержания агрономически ценных агрегатов и гранулометрического состава. Плотность почв пахотного слоя не превышает $1,38 \text{ г/см}^3$, что свидетельствует о средней уплотненности почв орошаемых сельскохозяйственных угодий исследуемой территории.

Бурые полупустынные почвы относятся к связно песчаной разновидности по классификации почв Н.А. Качинского [5], лугово-бурые и агрозоны – к почвам супесчаного гранулометрического состава. Таким образом, исследуемые почвы слабоустойчивы к ветровой и водной эрозии на лишенных растительности поверхностях. Это необходимо учитывать при проектировании мелиоративных систем и эксплуатации почв данного ландшафта.

Результаты агрохимического обследования свидетельствуют о том, что содержание гумуса на исследуемой территории составляет 1,50–2,31%. Средневзвешенное содержание гумуса в пределах исследуемого ландшафта составило 1,73% к весу воздушно-сухой почвы, что характеризует почвы как средне гумусированные.

Ориентировочным показателем эффективного плодородия почв по содержанию азота часто является содержание легкогидролизуемого азота. Почвы обследованных участков по содержанию легкогидролизуемого азота характеризуются очень низкой степенью его обеспеченности. Наибольшее содержание азота зафиксировано в агрозомах. Средневзвешенное содержание этого элемента в ландшафте составляет 67,03 мг/кг.

На обследованных участках степень обеспеченности почв фосфором варьирует от 38,8 до 61,3 мг/кг. Средневзвешенное содержание

этого элемента в целом по участку составило 48,32 мг/кг, что характеризует исследуемые почвы как высоко обеспеченные фосфором.

Калий является одним из основных элементов питания растений после азота и фосфора. Основным показателем обеспеченности растений этим элементом в настоящее время принято считать содержание обменного калия в почве. Содержание обменного калия варьирует от 90,2 мг/кг в бурых аридных почвах до 202,6 мг/кг в агроземах. Средневзвешенное содержание этого элемента составило 164,36 мг/кг, что характеризует исследуемые почвы как средне обеспеченные калием.

Проведенное исследование почвенного покрова залежных земель Лиманского района Астраханской области выявило деградацию почвенного плодородия. Отсутствие внесения удобрений вызывает процесс дальнейшего падения плодородия. Исследуемые почвы отличаются низким содержанием гумуса и элементов питания растений, за исключением агроземов, где сыграл роль «остаточный эффект» от бывшего их использования в сельском хозяйстве. Однако при дальнейшем использовании данных почв необходимо учитывать полученные показатели при разработке системы удобрений под ту или иную сельскохозяйственную культуру.

Литература

1. Бармин А.Н., Валов М.В., Шуваев Н.С. Почвенный покров дельты Волги: метеогидрологические изменения как факторы влияния на геохимические особенности миграции легкорастворимых солей // Научные ведомости. Сер. Естественные науки. 2015. № 15 (212), вып. 32. С. 145–155.
2. Яковлева Л.В., Федотова А.В. Состояние почвенно-растительного покрова в антропогенном измененном ландшафте центральной части дельты Волги // Ресурсный потенциал почв – основа продовольственной и экологической безопасности России : материалы Междунар. науч. конф. СПб. : Издательский дом С.-Петербург. гос. ун-та, 2011. С. 257–258.
3. Ряховский А.В., Батурич И.А. Агрономическая химия в приложении к условиям степных районов РФ. Оренбург : Южный Урал, 2004.
4. Теория и практика химического анализа почв / под ред. Л.А. Воробьевой. М. : ГЕОС, 2006.
5. Полевые и лабораторные методы исследования физических свойств и режимов почв : методическое руководство / под ред. Е.В. Шеина. М. : Изд-во МГУ, 2001. 200 с.

ECOLOGICAL AND AGROCHEMICAL VALUE OF LONG-FALLOW LANDS CONDITION IN THE ASTRAKHAN REGION

Utaliev A.A., Yakovleva L.V.

Astrakhan State University, Astrakhan, ars.ataliev@mail.ru

Summary. Soil conservation is a major concern for the agricultural sector of the Russian Federation. The Astrakhan region faced problems of rampant development of soil degradation processes and taming of abandoned and long-fallow land. They have been previously used for farm production. The article dwells upon agrochemical value of long-fallow lands with organic substance and basic fertilizer elements to work out a plan for their further use in agriculture.

Keywords: fallow land; agro-chemical condition of the soil; soil fertility; humus.

УДК 581.52:581.55

DOI: 10.17223/9785946215640/35

ДИФФЕРЕНЦИАЦИЯ НАПОЧВЕННОГО ПОКРОВА КАК ФАКТОР ПОЧВООБРАЗОВАНИЯ В ЛЕСНЫХ ФИТОЦЕНОЗАХ НА ОТВАЛАХ ВСКРЫШНЫХ ПОРОД КУЗБАССА*

В.И. Уфимцев¹, И.П. Беланов², В.А. Андроханов²

¹ Федеральный исследовательский центр угля и углехимии СО РАН, г. Кемерово,
iwy2079@gmail.com

² Институт почвоведения и агрохимии СО РАН, г. Новосибирск, bel_ivan@rambler.ru

Аннотация. В соответствии с зонами влияния деревьев в трех градациях сомкнутости крон насаждений сосны обыкновенной на отвалах изучены параметры напочвенного покрова: видовой состав подчиненного яруса, надземная фитомасса вегетирующих растений, тип и мощность лесной подстилки. Установлена степень дифференциации напочвенного покрова по градациям насаждений и определены условия формирования молодых почв.

Ключевые слова: Кузбасс; отвалы; *Pinus sylvestris* L.; фитогенные поля; структура сообществ; общее проективное покрытие (ОПП); эмбриоземы.

Лесная рекультивация является наиболее распространенным направлением создания растительного покрова на нарушенных угледо-

* Работа проводится при поддержке гранта РФФИ (проект 16-34-50068).

бычей землях. Древесные культуры на отвалах Кузбасса занимают около 15 тыс. га, а с учетом естественного лесовозобновления – значительно больше. Около 70% площади техногенных лесов занимает сосна обыкновенная (*Pinus sylvestris* L.), что позволяет считать ее одним из главных эдификаторов лесных сообществ отвалов.

Благодаря мощному фитогенному полю, виды-эдификаторы изменяют условия среды и «перестраивают» структуру сообщества [1]. Ввиду различий способов и норм высадки, степени сохранности материала при облесении, степени обсемененности и конкуренции со стороны травянистых видов при естественном лесовозобновлении, формирующиеся на отвалах насаждения характеризуются значительными, как минимум на порядок, различиями густоты, полноты древостоев и сомкнутости крон [2]. До недавнего времени ранжированию древостоев по данным признакам на отвалах не уделялось должного внимания, вместе с тем они в значительной степени определяют напряженность влияния видов-эдификаторов на структуру фитоценоза и, следовательно, трансформацию техногенного элювия отвалов и формирование молодых почв-эмбриоземов [3].

Целью настоящей работы явилось изучение влияния древостоев сосны обыкновенной на состояние напочвенного покрова отвалов угольной промышленности. В ходе исследования выполнены следующие задачи:

- 1) выделить зоны влияния древостоев на напочвенный покров;
- 2) изучить особенности распределения травянистого покрова в зависимости от зон влияния;
- 3) оценить по зонам влияния характеристики напочвенного покрова, определяющие направленность эволюции эмбриоземов.

Объекты и методы. Исследования проводились на территории Кедровского угольного разреза, расположенного в подзоне северной лесостепи Кузнецкой котловины. Объектами исследования выбраны насаждения II класса возраста (30 лет) сосны обыкновенной. В насаждениях заложено по 3 пробные площади размером 25 × 25 м, различающиеся по сомкнутости крон: 20–30% (редины), 50–60% (средне-сомкнутые) и 80–90% (высокосомкнутые). В пределах каждой пробной площади методом картирования по признакам зонирования индивидуальных фитогенных полей [4] устанавливалась доля подкороновых, прикороновых и внешних зон от площади общего массива.

По каждому типу зон проводилось описание напочвенного покрова, определялись характеристики растительного опада.

Результаты и их обсуждение. Сосна обыкновенная. Высокомкнутые древостои мертвопокровные, сплошной травянистый ярус не формируется. Внешние зоны отсутствуют, подкروновые и прикroновые зоны хорошо выражены. В подкroновых зонах травянистые виды присутствуют единично, отмечено 7 видов. Подстилка состоит исключительно из опада хвои, средняя мощность подстилки составляет 4 см, состоит из двух слоев – опадного и ферментативного. Прикroновые зоны составляют до 30% общей площади, имеют некоторые признаки подкroновых: низкую инсоляцию (5–10 тыс. лк) и значительный – в среднем 2 см – слой подстилки, состоящий преимущественно из опада сосны. Проективное покрытие мхов, несмотря на высокую увлажненность, достигает не более 20%. ОПП травостоя составляет 10%, количество видов – в 3 раза больше, чем в подкroновых зонах – 21. Доминантами выступают *Agrostis gigantea* Roth. (проективное покрытие – 5%), *Amoria repens* (L.) C. Presl. (5%), *Elytrigia repens* (L.) Desv. Ex Nevski (1%). Вследствие низкой величины надземной фитомассы – $(78 \pm 11,6) \text{ г/м}^2$ – участие травянистых видов как фактор генезиса эмбриоземов, вероятно, несущественно.

В среднесомкнутых древостоях внешние зоны не идентифицируются, распределение на подкroновые и прикroновые зоны выражено как по физическим параметрам, так и по характеристикам напочвенного покрова. Подкroновые зоны по площади преобладают – до 40%, подстилка состоит в основном из опада сосны, достигает средней мощности 6 см. ОПП травостоя возрастает до 3%, число видов минимально – 8, преобладает подрост *Pinus sylvestris* в угнетенном состоянии (3%). Прикroновые зоны обладают повышенной увлажненностью, средней степенью освещенности – 25–45 тыс. лк. В подстилке присутствует опад сосны мощностью до 1 см, доля мхов в формировании яруса D достигает 30%. Доминантами выступают *Melilotus officinalis* L. (10%) и *Agrostis gigantea* (5%), индикаторным видом является *Gypsophila perfoliata* (1%), присутствие которого в других зонах не отмечается. Надземная фитомасса травостоя достигает в среднем $(156 \pm 18) \text{ г/м}^2$.

В редицах отмечается четкое выделение подкroновых, прикroновых и внешних зон. Подкroновые зоны достигают 30% площади мас-

сива, характеризуются подстилкой средней мощности (8 см) и развитием травянистого яруса с ОПП 25%. Отмечено 12 травянистых видов, доминантами выступают злаки – *Poa angustifolia* L. (15%) и *Agrostis gigantea* (5%), равномерно представлен подрост *Pinus sylvestris* (10%). В прикромовых зонах опад сосны присутствует единично, доля мохового покрытия достигает 70%. Травостой формируют 16 видов, его ОПП в среднем достигает 40%, его основу, как и в среднесомкнутых древостоях, составляет *Melilotus officinalis* – 40%. Фитомасса достигает фоновых значений (510 ± 42) г/м². Совокупность внешних зон представляет собой разнотравно-злаково-бобовую луговину со спорадически встречающимся благонадежным подростом *Pinus sylvestris*. Количество видов – 21, ОПП составляет 90%. Доминанты: *Dactylis glomerata* L. (30%), *Potentilla anserina* L. (20%), *Achillea millefolium* L. (15%), *Amoria hybrida* (L.) C. Presl. (10%), *Pimpinella saxifraga* L. (5%). Надземная фитомасса – (408 ± 26) г/м².

Обсуждение. Характер распределения растительного опада и его составляющие в значительной степени зависят от сомкнутости крон древостоев. В высокосомкнутых насаждениях сосны лесная подстилка почти целиком формируется за счет соснового опада, что определяет формирование органоаккумулятивных эмбриоземов. Горизонтальная дифференциация обусловлена лишь наличием некоторой доли – 1–10% от всей площади массива – инициальных эмбриоземов в прикромовых зонах, где подстилка не формируется.

В среднесомкнутых древостоях исключительное влияние опада деревьев отмечается только в подкромовых зонах, где формируются органоаккумулятивные эмбриоземы по такому же принципу, как и в высокосомкнутых. В подкромовых пространствах влияние опада деревьев существенно ослабевает, однако их косвенное влияние, главным образом в виде отенения поверхности, подавляет травянистую растительность и способствует сохранению в структуре почвенного покрова существенной доли инициальных эмбриоземов.

В редирах складываются более благоприятные условия для почвообразования. В подкромовых зонах сосны, благодаря высокой доле участия злаков, создаются предпосылки для формирования дерновых эмбриоземов. В прикромовых пространствах злаковый компонент выпадает из травостоя, что, вероятно, приводит к формированию органоаккумулятивных эмбриоземов на фоне значительного опада травянистых растений. Во внешних зонах формирование травостоя по лу-

говому типу способствует формированию дерновых эмбриоземов, а присутствие бобового компонента создает условия для формирования некоторой доли (до 5–10%) гумусовоаккумулятивных эмбриоземов. В сосняках, однако, при интенсивном формировании подроста в редицах процессы эволюции эмбриоземов в дальнейшем, вероятно, могут переориентировать направленность в сторону органоаккумулятивных.

Выводы:

1. Дифференциация напочвенного покрова в высокосомкнутых древостоях сосны обыкновенной II класса возраста не выражена, а в среднесомкнутых – слабо выражена, вследствие низкого проективного покрытия подчиненного яруса и равномерного распределения опада деревьев основного яруса. Происходит формирование органоаккумулятивных эмбриоземов.

2. В редицах сосны обыкновенной на отвалах возникает контрастная мозаичность напочвенного покрова, обусловленная влиянием фитогенных полей деревьев. Создаются условия для формирования дерновых эмбриоземов как во внешних зонах, так и в подкороновых пространствах на фоне большого количества опада сосны.

Литература

1. Уранов А.А. Фитогенное поле // Проблемы современной ботаники. М. ; Л. : Наука, 1965. Т. 1. С. 251–254.
2. Уфимцев В.И. Современное состояние лесонасаждений и проблемы лесной рекультивации на отвалах угледобычи в Кузбассе // Известия ИрГУ. 2013. Т. 6, № 3. С. 63–69.
3. Андроханов В.А., Куляпина Е.Д., Курачев В.М. Почвы техногенных ландшафтов: генезис и эволюция. Новосибирск, 2004. 151 с.
4. Уфимцев В.И., Беланов И.П., Бочаров Д.А. Зонирование фитогенных полей деревьев сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.), произрастающих на породных отвалах угольной промышленности // Вестник КемГУ. 2015. № 1–2 (61). С. 44–48.

DIFFERENTIATION OF THE GROUND COVER AS THE SOIL FORMATION FACTOR IN FOREST PHYTOCENOSIS ON DUMPS OF KUZBASS

Ufimtsev V.I.¹, Androkhonov V.A.², Belanov I.P.²

¹ Federal research Center of Coal and Coal Chemistry of the SB RAS, Kemerovo
uwy2079@gmail.com

² Institute of Soil Science and Agrochemistry SB of RAS, Novosibirsk,
bel_ivan@rambler.ru

Summary. According to zones of influence of trees in three gradation of a density of kroner of plantings of a pine forestry on dumps ground cover parameters are studied: specific structure of a subordinate tier, elevated phytoweight of plants, type and capacity of a forest laying. Extent of differentiation of a ground cover on gradation of plantings is established and conditions of forming of young soils are determined.

Keywords: Kuzbass; dumps; *Pinus sylvestris* L.; phytogenous fields; structure of communities; general projective covering (GPC); embriozems.

**СЕКЦИЯ 3. СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ
ИССЛЕДОВАНИЯ И ПОДХОДЫ
К ОЦЕНКЕ СОСТОЯНИЯ ПОЧВ
И ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА**

АНАЛИЗ МЕЗОРЕЛЬЕФА ЗАЛЕЖНЫХ ЭКОСИСТЕМ ПО МАТЕРИАЛАМ ДЗЗ

М.С. Балукнов, Л.В. Березин

Омский государственный аграрный университет, Омск, balukov.omgau@yandex.ru

Аннотация. В данной работе рассматриваются принципы дешифрирования особенностей мезорельефа залежных земель центральной лесостепи Омской области на примере Горьковского района с использованием возможностей современных ГИС-технологий. Даны рекомендации по очередности введения в сельскохозяйственный оборот земель по степени их пригодности. При анализе мультиспектральных космических снимков использовался метод кластеризации для выявления объектов, разных по спектральным характеристикам. На изучаемой территории было выявлено шесть залежных массивов с различной комплексностью почвенного покрова, при их освоении и вовлечении в сельскохозяйственный оборот будут использованы индивидуальные рекомендации для каждого поля.

Ключевые слова: дистанционное зондирование земли (ДЗЗ); почвенный покров; залежь; мезорельеф.

После распада СССР и проведения ряда реформ землепользования в Омской области были выведены из пашни около 1 200 тыс. га [1] сельскохозяйственных земель. Восстановление в пашне заброшенных земель относится к одному из наиболее приоритетных направлений «Государственной программы развития АПК на период до 2020 года» и позволяет решить ряд задач, предусмотренных данным проектом.

Использование материалов ДЗЗ для выявления массивов потенциально плодородных почв и введения их в сельскохозяйственное использование позволит уменьшить затраты на почвенное обследование территории. В последних работах Е.А. Балдина (2012) говорится, что для выявления залежных массивов на основе геоинформационных данных нужно знание не только принципов обработки изображений различной разрешающей способности, но и хорошее знание особенностей территории.

Цель исследования – на основе почвенного дешифрирования космической информации определить очередность и целесообразность повторного освоения залежных массивов на территории лесостепной зоны Западной Сибири.

Объектом исследования являются залежные массивы хозяйства ООО «Нива» Горьковского района Омской области на правом берегу реки Иртыш.

Детальное изучение комплексности почвенного покрова залежных массивов, намечаемых руководством хозяйства к освоению, проводилось на основе мультиспектрального космического снимка высокого разрешения (5 м в пикселе), полученного с КА «RapidEye». Для обработки космической информации использовался программный комплекс «ENVI» (США). Автоматизированный кластерный анализ проводился с помощью модуля K-Means (кластеризация без обучения на 5–10 классов). Места отбора почвенных проб проводились с точной географической привязкой на местности с помощью GPS + Glonas Garmin E-Trex 20.

Характер почвенного покрова изучаемых массивов определялся по синтезированному изображению, полученному сочетанием снимков в диапазонах съемки по элементам спектра солнечной радиации от 0,4 до 0,9 нм. Изучалось 20 вариантов синтеза, из которых были выбраны Red-Green-Blue; Nir-Red-Green.

Различный характер отражения компонентов спектра позволил провести типологию всех выделяемых почвенных разностей, заблаговременно определив по снимку типичные контуры почвенных ареалов, и запланировать до проведения полевого обследования местоположение (координаты) закладываемых точек почвенного опробования: прикопок, полуям и почвенных разрезов.

Для анализа геоморфологического профиля мезорельефа изучаемой территории использовался географический программный комплекс «Geoscontext-profiler», который позволяет с помощью космических снимков создать детальный профиль рельефа с точностью до 10 см.

Общая картина мезорельефа изучаемого землепользования, а также расчет кривых мезорельефа каждого обследованного массива строились с привязкой к Иртышу – основной речной магистрали региона.

Результаты исследований и их обсуждение. Рельеф, оказывая воздействие на распределение и циркуляцию воздушных масс, сток и испарение с поверхности осадков, а также приход солнечной энергии, является одним из ведущих факторов формирования ландшафтов [2].

Изучаемые массивы залежных земель расположены на границе Барабинской низменности, наиболее пониженной части Обь-Иртыш-

ского междуречья, имеющей равнинный характер, но неоднородный мезо- и микрорельеф, разное строение и мелиоративные условия [3] террас Иртыша.

Построенный на основе данных ДЗЗ профиль муниципального района позволяет довольно четко выделить границы Прииртышского увала, а также проследить характер изменения мезорельефа изучаемой территории. Наиболее высокая отметка по правому берегу Иртыша достигает 130 м над уровнем моря, а затем плавно переходит в Приомскую равнину ($\approx 105\text{--}110$ м), которая имеет множество западин, что способствует распространению заболачивания, поднятию легкорастворимых солей к поверхности и тем самым осолонцеванию. Роль этих факторов по мере продвижения на восток возрастает.

На основе данных, полученных путем кластеризации и анализа построенного геоморфологического профиля изучаемой территории, были намечены массивы, подлежащие обследованию для установления очередности введения их в сельскохозяйственный оборот. Общая площадь залежных земель хозяйства составляет 3 000 га и представлена шестью типичными массивами (рис. 1).

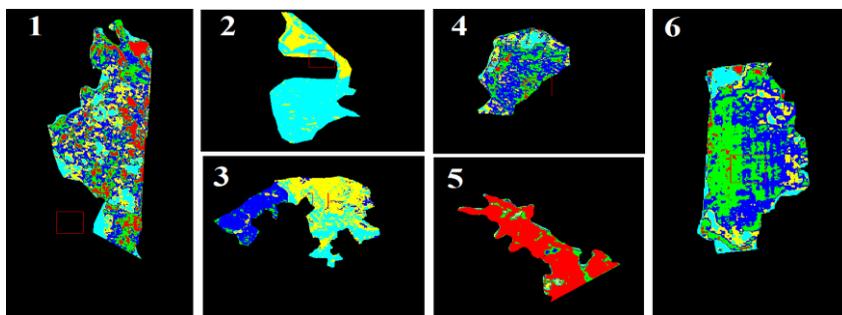


Рис. 1. Изображения залежных массивов на космическом снимке Правобережья Иртыша после их кластеризации (1–6 – порядковые номера участков)

Изображения залежных экосистем, полученные в ходе проведения кластеризации, условно можно разделить на две группы.

Сложная структура экосистем на участках № 1, 4 и 6 обусловлена высокой комплексностью почвенного покрова. Достаточно типичным для данной природной зоны является залежный массив № 1 (рис. 2, а). И хотя он расположен на относительно повышенной равнинной части

территории землепользования на высоте 126–128 м над уровнем моря, его почвенный покров характеризуется весьма высокой комплексностью при мелкоконтурности почвенных компонентов. Данный участок состоит из комплекса солонца лугово-черноземного глубокого, занимающего повышенные формы рельефа. При перепадах в 1 м явно проявляется смена подтипа на солонец черноземно-луговой глубокий (рис. 2, а).

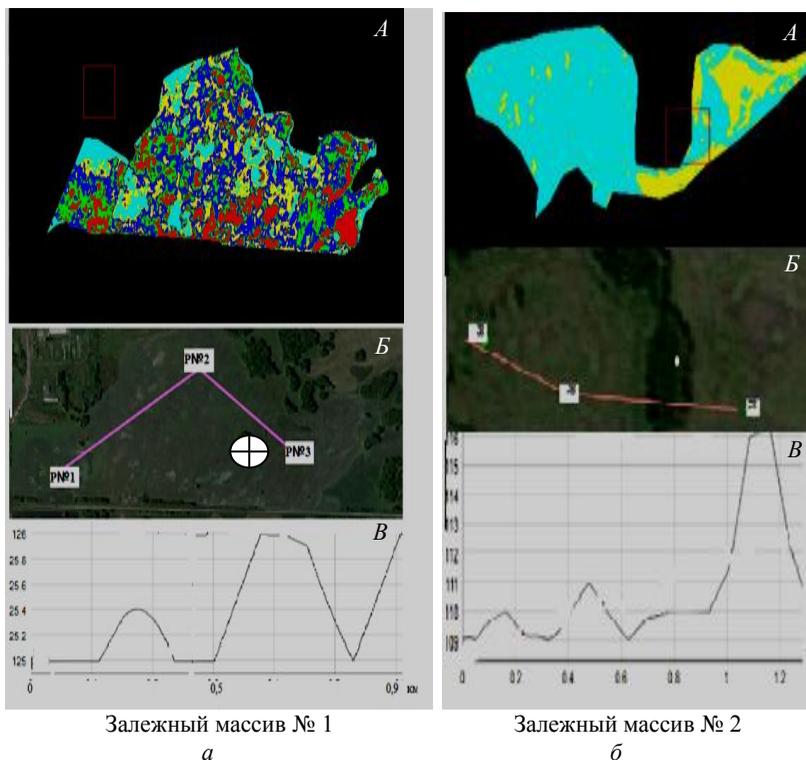


Рис. 2. Залежные массивы № 1 и № 2 ООО «НИВА»: А – вариант кластеризации; Б – космическое изображение; В – гипсометрический профиль территории

Массивы № 2, 3, 5 расположены в основном на солонце глубоком. Относительная однородность почвенного фона этих экосистем подтверждена почвенными разрезами и прикопками. Данные массивы могут осваиваться в первую очередь силами самого хозяйства без ис-

пользования химической мелиорации. Учитывая наличие солонцового горизонта на глубине 16–18 см, целесообразно при освоении таких массивов применять не вспашку, а мелиоративную обработку современным глубокорыхлителем типа РН-4, который в момент обработки целинного (или стерневого) участка измельчает дерновый слой мощностью до 10–12 см и заделывает измельченную массу вместе с плодородной почвой в разрыхленный подпахотный слой на глубину 18–28 см.

Исходя из рис. 2, б, можно сделать следующие выводы. Изучаемая территория, представленная лугово-черноземной почвой в комплексе солонцами черноземно-луговыми корковыми глыбистыми, имеет на протяжении 1 300 м перепады в пределах 1 м, микропонижения заняты солонцовыми почвами и являются в дождливые периоды естественным стоком временных водных потоков.

Заключение. По результатам проведенных исследований была проведена оценка, а также даны рекомендации по очередности освоения изучаемых залежных массивов. Полевое обследование показало, что заблаговременно выделенные по снимку ареалы контуров светотражения характеризуют различные типы почв. По данным обследования залежных земель ООО «Нива» будет введено в сельскохозяйственный оборот около 800 га. Впервые проведенный анализ особенностей рельефа лесостепной зоны Западной Сибири по данным дистанционного зондирования земли показал возможность применения их для выявления микрозападинности рельефа и выявления комплексности почвенного покрова.

Литература

1. Люри Д.И. [и др.]. Динамика сельскохозяйственных земель России в XX веке и постагрогенное восстановление растительности и почв. М. : ГЕОС, 2010.
2. Павлова А.И. Морфометрический анализ рельефа с помощью ГИС // ИНТЕРЭКСПО ГЕО-СИБИРЬ. 2013. Т. 3, № 4.
3. Угланов И.Н. Мелиорируемая толща почв и пород юга Западной Сибири. Новосибирск : Наука, 1981.
4. Березин Л.В., Шаяхметов М.Р., Веретельникова И.В., Чопозов А.П. Использование материалов ДЗЗ для оценки потенциально плодородных залежных земель лесостепной зоны Западной Сибири // Сборник научных трудов ГНУ СНИИЖК. 2014. № 7.

ANALYSIS OF MESORELIEF OF FALLOW ECOSYSTEM ON ERS MATERIALS

Balukov M.S., Berezin L.V.

Omsk State Agrarian University, balukov.omgau@yandex.ru

Summary. This paper discusses the principles of deciphering features mesorelief and fallow lands of the central steppe of Omsk region on the example of the Gorky region using modern GIS technology capabilities. Recommendations for priority introduction of agricultural land turnover in terms of their suitability. In the analysis of multispectral satellite images clustering method was used to identify objects of different spectral characteristics. In the study area were identified six fallow arrays with different complexity of the soil cover, in their development and the involvement of the individual recommendations for each field to be used for agricultural purposes.

Keywords: remote sensing (ERS); soil cover; deposit; mesorelief.

УДК 504.054

DOI: 10.17223/9785946215640/37

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ВЫБРОСОВ АЛЮМИНИЕВОГО ЗАВОДА НА ЭКОТОКСИКОЛОГИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ПРИЛЕГАЮЩИХ ТЕРРИТОРИЙ МЕТОДАМИ БИОТЕСТИРОВАНИЯ

Т.В. Васильева

*Красноярский государственный аграрный университет, Красноярск,
info@kgau.ru*

Аннотация. В статье производится оценка анализа почвы на предмет токсичности методами биотестирования.

Ключевые слова: биотестирование; экотоксичность; фитотоксичность; почва; инфузории; кресс-салат; алюминий; анализ; завод.

Почвенный покров Земли – важнейший компонент биосферы. Почва представляет собой сложную систему, которая взаимодействует с остальными компонентами биосферы. При нарушении функционирования данной системы необратимо нарушится и весь порядок взаимодействия компонентов биосферы в целом. Поэтому необходи-

мо уделять внимание контролю состояния почвенного покрова, его использования в деятельности человека [1, 2, 5]. Эффективным методом оценки потенциальной опасности химического, физического и биологического воздействия на почву считается биотестирование. Биотестирование осуществляется экспериментально с использованием тест-культур путем регистрации изменений биологически важных показателей (тест-реакций), таких как выживаемость, ингибирование роста. Состояние тест-культур оценивается в соответствии с выбранными критериями токсичности (в данном случае по критерию Стьюдента).

Целью исследования является токсикологическая оценка почв, отобранных с территории, прилегающей к алюминиевому заводу, по выживаемости инфузорий *Paramecium caudatum* и активности проростков семян кресс-салата *Lepidium sativum* L.

Объекты и методы исследования. Для определения степени токсичности исследуемых почв, взятых с окрестностей алюминиевого завода, проводились эксперименты по выживаемости тест-культуры инфузории *Paramecium caudatum* и ингибированию роста корней и ростков семян кресс-салата *Lepidium sativum* L. [3, 4, 6]. Статистическая обработка результатов проводилась с использованием программы Excel дисперсионно и корреляционно.

Пробы почвы отбирались в июле 2013–2015 гг. из поверхностного горизонта почвы с глубины 0–10 см, перегнойного (гумусового) горизонта с глубины 10–30 см, горизонта вымывания (элювиального) с глубины 30–45 см, перехода элювиального горизонта в иллювиальный с глубины 45–60 см со станций, находящихся в зоне влияния алюминиевого завода в г. Красноярске. Местоположение отбора проб:

- станция 1 – 100 м от территории предприятия;
- станция 2 – 500 м от территории предприятия на северо-восток;
- станция 3 – 1 км от территории предприятия на северо-восток;
- станция 4 – 5 км от территории предприятия на северо-восток;
- станция 5 – 10 км от территории предприятия на северо-восток;
- станция 6 – 20 км от территории предприятия на северо-восток.

Отбор проб производился в трехкратной повторности; далее путем перемешивания готовилась интегральная проба. Станции отбора проб были установлены согласно стабильности направления ветра (розы ветров) для данной территории.

Один из методов определения токсичности, используемых в анализе, – метод индивидуальных линий парамедий (*Paramecium caudatum*). Выживаемость тест-культуры, которая фиксируется по числу выживших парамедий, информирует о наличии токсичности.

Достоверность различий между контрольными и опытными вариантами оценивалась по индексу токсичности и по критерию Стьюдента:

$$T_i = ((T_{ik} - T_{io}) / T_{ik}) \cdot 100\%,$$

где $T_i = 0-0,25$, токсичность допустимая; $T_i = 0,26-0,70$, токсичность умеренная; $T_i > 0,71$, токсичность высокая.

Достоверное различие контрольных и опытных показателей по критерию Стьюдента является показателем стрессового воздействия, т.е. токсичности.

Тест-объектом был выбран кресс-салат *Lepidium sativum* L. По каждому варианту вычислялся процент угнетения роста корней и побегов по сравнению с контрольным образцом. Фитотоксическая активность в процентах ингибирования вычислялась по формуле:

$$A_{\phi} = 100 - (D_x / D_k) \cdot 100,$$

где A_{ϕ} – фитотоксическая активность ингибирования, %; D_x – средняя длина корней / побегов на опытном варианте, мм; D_k – средняя длина корней / побегов на контроле, мм.

Ингибирование роста корней и побегов тест-культуры на 50% является критерием вредного воздействия. Достоверность различий опытных и контрольных показателей определяется по критерию Стьюдента.

Результаты исследования и их анализ. Анализ проб почвенного покрова, взятых со станций отбора в районе алюминиевого завода и исследованных методом индивидуальных линий парамедий, показал следующие результаты: показатели проб, отобранных со станций 3 и 4, – на уровне высоко токсичных ($T_i = 0,71-0,78$; $p > 0,05$), пробы со станций 1 и 2 – умеренно токсичны ($T_i = 0,15-0,54$; $p > 0,05$). Пробы, отобранные с горизонтов станций 5 и 6, показали низкий уровень токсичности ($T_i = 0,03-0,18$; $p < 0,05$).

Пробы почвы также подверглись оценке по фитотоксической активности роста корней и побегов кресс-салата *Lepidium sativum* L.

Анализ фитотоксической активности роста корней тест-культуры показал следующие результаты: пробы почвенного покрова, взятые со станций 3 и 4, оцениваются как достоверно токсичные ($I_p = 80-92\%$; $p > 0,05$). Пробы со станций 1 и 2 показали малотоксичные результа-

ты ($I_p = 20\text{--}44\%$; $p > 0,05$). Показатели токсичности проб, взятых со станций 5 и 6, указывают на отсутствие токсичности ($I_p = 6\text{--}32\%$; $p < 0,05$) т.е. состав данных проб не вызывает видимого ингибирования роста корней семян тест-культуры.

Анализ фитотоксической активности роста побегов семян тест-культуры показал достоверно токсичные результаты ($I_p = 58\text{--}98\%$; $p < 0,05$). Исключение составили пробы, отобранные со станций 5 и 6, фитотоксические показатели которых находятся на уровне малотоксичных и нетоксичных ($I_p = 20\text{--}45\%$; $p > 0,05$), т.е. почвенный покров не вызывает видимого ингибирования роста побегов семян тест-культуры.

По результатам проведенного анализа почвенных проб по ингибированию роста корней и побегов семян кресс-салата *Lepidium sativum* L. токсичность почвенного покрова в районе алюминиевого завода оценивается по фитотоксической активности в основном как токсичные ($I_p = 80\text{--}92\%$; $I_p = 58\text{--}98\%$), за исключением проб, отобранных со станций 5 и 6, где отмечены низкие показатели фитотоксичности (1–42%). Фитотоксический эффект проявился в пределах 43% и выше.

Заключение. Пробы почвенного покрова, отобранные со станций в районе алюминиевого завода и подвергнутые анализу методом индивидуальных линий парамедий, показали результаты на уровне высоко токсичных ($T_i = 0,71\text{--}0,78$; $p > 0,05$) и умеренно токсичных ($T_i = 0,15\text{--}0,54$; $p > 0,05$). Исключение составили пробы, отобранные со станции 5 и 6, которые показали низкий токсичный результат ($T_i = 0,03\text{--}0,29$; $p < 0,05$). Анализ фитотоксической активности роста побегов и корней семян кресс-салата оценивается как достоверно токсичный в пробах, взятых со станций 3 и 4 ($I_p = 47,4\text{--}94,4\%$; $p < 0,05$). Исключение составили пробы, отобранные со станций 5 и 6, которые показали малотоксичный и нетоксичный результат ($p > 0,05$). Такой показатель проявляется при незначительном ингибировании роста корней и побегов семян тест-культуры ($I_p = 6\text{--}32\%$).

Литература

1. Бойкова Д.Е. Применение простейших в токсикологических исследованиях // Экспериментальная водная токсикология. 1991. Вып. 15. С. 155–164.
2. Бурдин К.С. Основы биологического мониторинга. М. : Изд-во МГУ, 1985. 155 с.
3. Бурковский И.Б. Экология свободноживущих инфузорий. М. : Изд-во МГУ, 1984. 208 с.

4. Жмур Н.С. Государственный и производственный контроль токсичности вод методами биотестирования в России. М. : Международный Дом Сотрудничества, 1997. 144 с.
5. Инфузории в биотестировании : тезисы докладов международной заочной научно-практической конференции. СПб. : Архив ветеринарных наук, 1998. 304 с.
6. Терехова В.А. Биотестирование почв: подходы и проблемы // Почвоведение. 2011. № 2. С. 190–198.

ASSESSMENT OF INFLUENCE OF EMISSIONS OF THE ALUMINUM PLANT ON ECOTOXICOLOGICAL INDICATORS ADJACENT AREAS BY BIOTESTING METHODS

Vasilyeva T.V.

Krasnoyarsk State Agrarian University, Krasnoyarsk, info@kgau.ru

Summary. In this article evaluates the soil analysis on the subject of toxicity by biotesting methods.

Keywords: Biotest; Ecotoxicity; phytotoxicity; soil; insects; watercress; aluminum; analysis; plant.

УДК 631.618

DOI: 10.17223/9785946215640/38

МОРФОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ЭМБРИОЗЕМОВ ТЕХНОГЕННЫХ ЛАНДШАФТОВ ГОРЛОВСКОГО УГОЛЬНОГО БАССЕЙНА

К.В. Зиновик¹, В.Г. Двуреченский²

¹ *Томский государственный университет, Томск, Ksenia_1@sibmail.com*

² *Институт почвоведения и агрохимии СО РАН, Новосибирск, dvu-vadim@mail.ru*

Аннотация. В.В. Докучаев утверждал, что почвы формируются согласно действию пяти факторов почвообразования. В последнее время все сильнее проявляется шестой фактор – антропогенное воздействие. Там, где происходит добыча полезных ископаемых, антропогенез проявляет себя в большей степени. Морфологические свойства показывают качество почв, формирующихся в ландшафтах, подвергающихся действию шестого фактора почвообразования. Формирующиеся почвы резко отличаются от фоновых.

Ключевые слова: эмбриоземы; техногенный ландшафт; морфология почв.

Там, где совсем недавно были сельскохозяйственные угодья с самыми качественными почвами Сибири – черноземами выщелоченными, – сегодня формируются техногенные ландшафты с карьерными выемками и транспортными отвалами горных пород. Подобные ландшафты кардинально отличаются от окружающих естественных ландшафтов. Восстановить первоначальный вид территории никогда не получится, так как по законам генетического почвоведения, если изменен хотя бы один фактор почвообразования, то другими будут и почвы. В нашем случае изменен такой фактор, как материнская порода, и прибавился антропогенез. Тем не менее улучшать территорию с помощью приемов рекультивации необходимо, чтобы минимизировать воздействие нарушенных ландшафтов на окружающие территории.

Исходя из этого, целью данной работы стало изучение морфологических свойств почв и сравнение их с фоновыми черноземами выщелоченными.

В качестве объектов исследования использовались эмбриоземы техногенных ландшафтов Горловского угольного месторождения. Месторождение расположено на правом берегу р. Обь в административных границах Новосибирской области в 100 км к югу от Новосибирска, в Искитимском районе. Разработчик – компания «Сибирский Антрацит». Угольный бассейн характеризуется повышенной угленасыщенностью. Угли представлены антрацитами и отличаются высоким качеством: малозольные, малосернистые, высокоуглеродистые, с низким удельным электросопротивлением, высокой механической прочностью и термической стойкостью.

Для реализации поставленной цели исследования в работе использовалась классификация почв техногенных ландшафтов [1].

Эмбриоземы формировались около 30 лет на субстрате, который состоит из смеси вскрышных и вмещающих пород. Данная смесь включает в себя в различном сочетании и количестве песчаники, аргиллиты, алевролиты и уголь. В качестве почв сравнения (фоновых) взяты наиболее распространенные в районах исследования черноземы выщелоченные, сформированные на лессовидных суглинках.

Морфологическое описание почв

Разрез 8. Чернозем выщелоченный. Невспаханый участок поля со злаково-бобовой растительностью.

А_д (0–11 см) – черный, тяжелосуглинистый, рыхлый, густо пронизан корнями, зернисто-комковатый; переход по плотности, структуре и количеству корней.

А₁ (11–21 см) – серовато-черный, комковато-зернистый, сухой, рыхлый, тяжелосуглинистый; переход заметный по сложению и окраске; много корней травянистых растений.

А_{1В} (21–50 см) – темно-серый с буроватым оттенком, с гумусовыми затеками и бурыми пятнами, зернисто-комковатый, тяжелосуглинистый, слабо уплотнен; переход заметный по цвету с языковатыми гумусовыми затеками; встречаются корни растений.

В₁ (50–65 см) – неоднородно окрашенный, с кармановидными гумусовыми затеками, тяжелосуглинистый, несколько плотнее предыдущего горизонта, зернисто-комковатый; при высыхании заметна кремнеземистая присыпка; переход постепенный по окраске; встречаются единичные корни растений.

В₂ (65–90 см) – светло-бурый, тяжелосуглинистый, комковатый, крупнопористый, влажный; при высыхании на комках обильная кремнеземистая присыпка; переход постепенный по окраске.

В_к (90–100 см) – бурый, влажный, тяжелый суглинок, бурно вскипающий от HCl в нижней части; переход заметный по вскипанию.

С_к (> 100 см) – бурый лессовидный тяжелый суглинок с мелким карбонатным псевдомицелием.

Разрез 1. Эмбриозем инициальный. Заложен на 30-летнем отвале Горловского углераза. Участок южного склона. Растительность отсутствует.

С₁ (0–8 см) – мелкокаменистый слой серого цвета с черными включениями в виде антрацита; среднесуглинистого гранулометрического состава. В петрографическом составе преобладают полуразложившиеся обломки алевролитов, реже встречаются обломки песчаника и аргиллитов; имеются единичные корни растений; сухой; крупнозема до 93%; переход по цвету заметный.

С₂ (8–20 см) – темно-серая каменная порода с черными включениями в виде антрацита; присутствуют признаки физического выветривания; среднесуглинистого гранулометрического состава, количество крупнозема составляет до 90%, свежий.

Разрез 2. Эмбриозем органо-аккумулятивный. Заложен на 30-летнем отвале Горловского углераза. Участок южного склона. Присутст-

вует древесная и травянистая растительность (береза, донник, полынь, мать-и-мачеха, чертополох, осот).

A_0 (0–2 см) – бурая подстилка, состоящая из прошлогоднего многочисленного опада древесной и травянистой растительности. Отмечается четкий переход по смене состава субстрата.

C_1 (2–10 см) – серый мелкокаменистый слой с черными включениями в виде антрацита; среднесуглинистого гранулометрического состава. В петрографическом составе преобладают полуразложившиеся обломки алевролитов, реже встречаются обломки песчаника и аргиллитов; имеются многочисленные корни растений; сухой; крупнозема до 80%; переход по влажности заметный.

C_2 (10–20 см) – темно-серая невыветрившаяся смесь обломочного материала различного размера (преимущественно углистых алевролитов) и мелкозема; количество крупнозема составляет до 95%.

Разрез 3. Эмбриозем инициальный. Заложен на 30-летнем отвале Горловского углераза на его выположенной площадке с горизонтальной поверхностью. Растительность отсутствует.

C_1 (0–10 см) – мелкокаменистый слой серого цвета с черными включениями в виде антрацита; среднесуглинистого гранулометрического состава. В петрографическом составе преобладают полуразложившиеся обломки алевролитов, реже встречаются обломки песчаника и аргиллитов; сухой; крупнозема до 93%; переход по цвету заметный.

C_2 (10–20 см) – темно-серая каменная порода с черными включениями в виде антрацита; среднесуглинистого гранулометрического состава, количество крупнозема составляет до 96%, свежий.

Разрез 4. Эмбриозем органо-аккумулятивный. Заложен на 30-летнем отвале Горловского углераза. Выположенная площадка отвала с горизонтальной поверхностью. Сплошной покров мать-и-мачехи.

A_0 (0–3 см) – 2-летний опад полуразложившейся растительности.

C_1 (3–7 (9) см) – мелкокаменистый слой серого цвета с черными включениями в виде антрацита; среднесуглинистого гранулометрического состава. В петрографическом составе преобладают полуразложившиеся обломки алевролитов, реже встречаются обломки песчаника и аргиллитов; имеются многочисленные корни растений; свежий; крупнозема до 80%; переход по цвету заметный. Граница волнистая.

C_2 (7 (9)–25 см) – темно-серая каменная порода с черными включениями в виде антрацита, палево-охристые пятна в виде полуразложившихся песчаников; количество крупнозема составляет до 96%, влажный.

Разрез 5. Эмбриозем органо-аккумулятивный. Разрез заложен на 30-летнем отвале Горловского углеразреза. Выположенная площадка отвала с горизонтальной поверхностью. Осиновая роща, единично встречаются березы. Из травянистой растительности присутствуют мать-и-мачеха, полынь, донник.

$A_{0(1)}$ (0–3 см) – спрессованный опад прошлого года в основном из листьев деревьев.

$A_{0(2)}$ (3–6 см) – спрессованный опад прошлых лет, много корней деревьев и травянистой растительности.

C_1 (6–16 см) – мелкокаменистый слой темно-серого цвета с черными включениями в виде антрацита; среднесуглинистого гранулометрического состава. В петрографическом составе преобладают полуразложившиеся обломки алевролитов, реже встречаются обломки песчаника и аргиллитов; имеются многочисленные корни растений; свежий; крупнозема до 70%; переход по цвету незаметный. Граница перехода определяется по плотности.

C_2 (16–20 см) – темно-серая каменная порода с черными включениями в виде антрацита; количество крупнозема составляет до 96%; влажный; плотнее предыдущего.

Разрез 6. Подошва отвала. 100%-ное проективное покрытие растительностью. Органо-аккумулятивная сукцессия. Растительность: мать-и-мачеха, осот, мышиный горошек, осока, львиный зев, береза, сосна.

A_0 (0–2 см) – слой многолетней подстилки, состоящий из неразложившихся и полуразложившихся остатков травянистых растений.

C_1 (2–10 см) – мелкокаменистый слой серого цвета с черными включениями в виде антрацита; среднесуглинистого гранулометрического состава. В петрографическом составе преобладают полуразложившиеся обломки алевролитов, реже встречаются обломки песчаника и аргиллитов; имеются многочисленные корни растений; свежий; крупнозема до 70%; переход по цвету малозаметный. Ярко выраженный переход по плотности.

C_2 (10–40 см) – темно-серая смесь с черными включениями в виде антрацита; крупнозем практически невыветрившийся, включающий в себя камни большего размера, чем в вышележащих горизонтах.

C_3 (> 40 см) – сплошной слой крупных камней.

Разрез 7. Эмбриозем органо-аккумулятивный. Заложен на 30-летнем отвале Горловского углеразреза на его выположенной площадке

с горизонтальной поверхностью. Отмечается рудеральная растительность с преобладанием полыни.

A_0 (0–3 см) – бурая подстилка, состоящая из прошлогоднего многочисленного неразложившегося опада древесной и травянистой растительности. Отмечается четкий переход по смене состава субстрата.

C_1 (3–9 см) – мелкокаменистый слой серого цвета с черными включениями в виде антрацита; среднесуглинистого гранулометрического состава. В петрографическом составе преобладают полуразложившиеся обломки алевролитов, реже встречаются обломки песчаника и аргиллитов; сухой; крупнозема до 93%; переход по цвету заметный.

C_2 (9–20 см) – темно-серая каменная порода с черными включениями в виде антрацита; среднесуглинистого гранулометрического состава, количество крупнозема составляет до 96%, свежий.

В посттехногенный период развития ландшафтов Горловского месторождения антрацита в результате естественного восстановления формируется специфический почвенный покров, в составе которого в условиях горной тайги преобладают два типа эмбриоземов: эмбриоземы инициальные и эмбриоземы органо-аккумулятивные.

Эмбриоземы инициальные – тип почв, морфологическим признаком которых является примитивность (или отсутствие) профиля, обусловленная неблагоприятными условиями почвообразования или лимитирующими факторами: высокой каменистостью субстрата, склоновыми и инсолируемыми поверхностями и др., что вызывает медленное преобразование субстрата отвала из-за отсутствия или слабого развития на его поверхности биоценозов.

Эмбриоземы органо-аккумулятивные – следующая стадия развития почв техногенных ландшафтов. В исследуемых эмбриоземах профиль еще не дифференцирован, но на поверхности формирующейся почвы уже присутствует типодиагностический горизонт, представляющий собой слои подстилки разной степени разложения.

Сравнив морфологические особенности эмбриоземов техногенных ландшафтов и фоновых черноземов выщелоченных необходимо отметить следующее: 1) во всех типах эмбриоземов определяется сильная каменистость профиля и невысокое содержание мелкозема; 2) в отличие от черноземов выщелоченных, которые имеют развитый почвенный профиль с выраженным, мощным гумусовым горизонтом (20 см и более), в эмбриоземах профиль развит слабо, а гумусового горизонта вовсе не отмечается; 3) в черноземах выщелоченных присутствуют

карбонаты в виде псевдомицелия, в эмбриоземах техногенных ландшафтов таких включений не наблюдается, зато имеется большое количество углистых частиц; 4) черноземы выщелоченные более дифференцированы по цвету профиля, эмбриоземы имеют темно-серый оттенок профиля; 5) если «захват» профиля эмбриоземов корнями растений составляет около 10–15 см, то в черноземах выщелоченных такой «захват» достигает 60 см [2].

Выводы:

1. Эмбриоземы техногенных ландшафтов Горловского угольного бассейна следует считать азональными почвенными образованиями. Азональность эмбриоземов приводит к появлению новых экологических систем с рядом отличительных особенностей по сравнению с зональными.

2. Почвенно-экологическое состояние ландшафта считается неудовлетворительным, так как по истечении 30 лет с момента начальной фазы техногенеза в почвенном покрове определяются эмбриоземы инициальные и органо-аккумулятивные, и отсутствуют эмбриоземы дерновые, тем более гумусово-аккумулятивные.

Литература

1. Курачев В.М., Андроханов В.А. Классификация почв техногенных ландшафтов // Сибирский экологический журнал. 2002. № 3. С. 255–261.
2. Двуреченский В.Г. Сравнительная морфологическая характеристика почв техногенных степных и горно-таежных ландшафтов // Почвоведение и агрохимия. 2014. № 3. С. 5–14.

MORPHOLOGICAL CHARACTERISTICS OF EMBRYOZEMS OF MAN-MADE LANDSCAPES OF GORLOVSKY COAL BASIN

Zinovik K.V.¹, Dvurechenskiy V.G.²

¹ Tomsk State University, Tomsk, seredina-v@mail.ru

² Institute of Soil Science and Agricultural Chemistry of SB RAS, Novosibirsk, dvu-vadim@mail.ru

Summary. V.V. Dokuchaev insisted that the soils are formed, according to the action of 5 factors of soil formation. In recent years, more and more evident sixth factor - anthropogenic influence. Wherever there is mining, anthropogenesis manifests itself to a greater extent. Morphological properties indicate the quality of soil, emerging in the landscapes, subjected to the action of the sixth factor of soil formation. Emerging soils are very different from background soil.

Keywords: embryozems; anthropogenic landscape; soil morphology.

ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ЭМБРИОЗЕМОВ ОТВАЛОВ ГОРЛОВСКОГО УГОЛЬНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

К.В. Зиновик¹, В.Г. Двуреченский², В.П. Середина¹

¹ *Томский государственный университет, Томск, Ksenia_1@sibmail.com*

² *Институт почвоведения и агрохимии СО РАН, Новосибирск, dvu-vadim@mail.ru*

Аннотация. Исследование физико-химических свойств эмбриоземов техногенных ландшафтов Горловского угольного месторождения, а также зональной почвы окружающих месторождение естественных ландшафтов, позволило выявить их кардинальные различия. Почвенный покров созданных человеком техногенных экосистем представлен несвойственными лесостепной биоклиматической зоне Сибири азональными молодыми почвенными образованиями.

Ключевые слова: эмбриоземы; техногенный ландшафт; физико-химические свойства почв.

Физико-химические исследования почв принято считать одними из доступных, недорогих и достоверных. Такие исследования, как измерение рН, окислительно-восстановительного потенциала и другие, можно проводить непосредственно в полевых условиях, что дает наиболее точную картину происходящего в почвенном профиле в данный момент времени.

Известно, что физико-химические свойства почв – это совокупность свойств, определяющих способность почвы поддерживать физико-химическое равновесие между фазами почв, составом почвенных растворов и поглощенных оснований в почвенном поглощающем комплексе, кислотно-щелочной и окислительно-восстановительный потенциал, состав и количество доступных растению питательных веществ, буферность – способность противостоять изменению свойств почвы при поступлении в нее веществ извне. Каждый тип почв характеризуется своими показателями физико-химических свойств, отличающих его от других типов, что используется в диагностике почв при их классификации.

Исходя из этого, целью данной работы стало изучение физико-химических свойств почв и сравнение их с фоновыми черноземами вы-

щелочными. В работе рассматривалась только часть свойств: рН, емкость катионного обмена, органический углерод и содержание гумуса.

В качестве объектов исследования использовались эмбриоземы техногенных ландшафтов Горловского угольного бассейна. Данное месторождение находится в 100 км к югу от г. Новосибирска и представлено тремя участками. Для данной работы пробы почв брались с отвалов самого старого Горловского участка возрастом около 30 лет.

Для реализации поставленной цели исследования в работе использовалась классификация почв техногенных ландшафтов [1].

При определении физико-химических свойств почв использовались общепринятые методы исследования [2, 3]. Углерод определялся по схеме Тюрина в модификации Вадюниной и Корчагиной [4].

Субстрат отвалов, являющихся элементами техногенного ландшафта, состоит из смеси вскрышных и вмещающих пород. Данная смесь включает в себя в различном сочетании и количестве песчаники, аргиллиты, алевролиты и антрацит. В качестве почв сравнения взяты зональные черноземы выщелоченные, сформированные на лесовидных суглинках.

В посттехногенный период развития ландшафтов Горловского месторождения антрацита в результате естественного восстановления формируется специфический почвенный покров, в составе которого на данный момент преобладают два типа эмбриоземов начальной эволюционной фазы: эмбриоземы инициальные и эмбриоземы органо-аккумулятивные.

Эмбриоземы инициальные – тип почв, морфологическим признаком которых является примитивность (или отсутствие) профиля, обусловленная неблагоприятными условиями почвообразования и (или) лимитирующими факторами, что вызывает медленное преобразование субстрата отвала из-за отсутствия или слабого развития на его поверхности микробоценозов, растительных и других ценозов.

Эмбриоземы органо-аккумулятивные – следующая стадия развития почв техногенных ландшафтов. В эмбриоземах органо-аккумулятивных профиль еще не дифференцирован, но на поверхности присутствуют слои подстилки разной степени разложения.

Черноземы выщелоченные отличаются высокой емкостью поглощения в верхних горизонтах (таблица). Реакция среды изменяется от слабокислой в верхних горизонтах до нейтральной и слабощелочной в карбонатных. Содержание гумуса в верхнем слое (0–20 см) достигает 9%.

Физико-химические свойства

Горизонт, глубина, см	pH _(H₂O)	ЕКО	С, %	Гумус, %
Разрез 8. Чернозем выщелоченный				
A _д (0–11)	5,70	57,90	4,75	8,22
A ₁ (11–21)	6,40	49,70	5,24	9,07
AB (21–50)	6,30	38,70	2,89	5,00
B ₁ (50–65)	6,70	35,20	0,31	0,54
B ₂ (65–90)	6,90	12,70	0,24	0,42
B _к (90–100)	8,00	11,30	0,28	0,48
C _к (> 100)	8,00	12,90	0,22	0,38
Разрез 1. Склон отвала. Эмбризем инициальный				
C ₁ (0–8)	7,37	9,20	3,47	5,98
C ₂ (8–20...)	8,81	9,60	1,80	3,09
Разрез 2. Склон отвала. Эмбризем органо-аккумулятивный				
A ₀ (0–2)	–	–	–	–
C ₁ (2–10)	8,24	6,40	1,41	2,42
C ₂ (10–20...)	8,73	7,20	0,39	0,68
Разрез 3. Вершина отвала. Эмбризем инициальный				
C ₁ (0–10)	8,52	7,60	0,79	1,37
C ₂ (10–20...)	8,45	7,60	0,77	1,32
Разрез 7. Вершина отвала. Эмбризем органо-аккумулятивный				
A ₀ (0–3)	–	–	–	–
C ₁ (3–9)	8,44	7,30	0,75	1,30
C ₂ (9–20...)	8,30	7,29	0,71	1,23
Разрез 4. Вершина отвала. Участок под мать-и-мачехой. Эмбризем органо-аккумулятивный				
A ₀ (0–3)	–	–	–	–
C ₁ (3–9)	8,30	7,00	2,16	3,73
C ₂ (9–25...)	8,63	5,20	1,89	3,26
Разрез 5. Вершина отвала. Участок под осинником. Эмбризем органо-аккумулятивный				
A ₀ (0–6)	–	–	–	–
C ₁ (6–16)	7,30	5,60	1,66	2,86
C ₂ (16–20...)	8,00	9,00	3,03	5,21
Разрез 6. Подошва отвала. Эмбризем органо-аккумулятивный				
A ₀ (0–2)	–	–	–	–
C ₁ (2–10)	8,05	6,80	1,76	3,04
C ₂ (10–40..)	8,35	11,00	2,04	3,52

В эмбриоземах емкость катионного обмена сравнительно невысокая. Реакция среды изменяется от близкой к нейтральной до слабощелочной и сильнощелочной (таблица). Содержание гумуса в одном из разрезов

доходит до 5,98%. Содержание органического вещества, вероятнее всего, связано с наличием углистых частиц, входящих в состав породы [5]. Какой-либо закономерности изменения физико-химических свойств внутри профиля эмбриоземов не наблюдается. Можно говорить о хаотичности. Тем не менее сравнение физико-химических свойств зональных почв и эмбриоземов позволило сделать некоторые заключения.

Выделяются следующие основные различия между черноземами выщелоченными и эмбриоземами техногенных ландшафтов в генетическом плане:

1) в черноземах выщелоченных между нижней границей гумусово-аккумулятивного горизонта и верхней границей карбонатного пояса существует зона выщелачивания, являющаяся подтиповым диагностическим признаком; в профилях эмбриоземов такой зоны нет, а есть сплошная зона выщелачивания и промывания [6];

2) в черноземах выщелоченных, сформированных на лессовидных суглинках, в зависимости от степени выщелоченности, на определенной глубине формируется карбонатный горизонт за счет пульсирующего восходящего-нисходящего движения воды, поступающей в почву с атмосферными осадками; источником карбонатов является материнская порода – лессовидный суглинок, в котором исходно присутствуют карбонаты кальция; при почвообразовании карбонаты кальция мигрируют внутри почвообразующей толщи и на определенной глубине оседают, в зависимости от гидротермических условий лесостепной зоны, в виде либо мучнистой присыпки, либо псевдомицелия. В эмбриоземах, которые также формируются в автоморфных условиях, при таком же количестве осадков, во-первых, породы очень мало содержат карбонатов, и они хорошо закреплены в субстрате пород, поэтому передвигаться по профилю нечему; во-вторых, породы сильно каменистые, из-за этого водный режим в принципе не может быть пульсирующим, а только нисходящим, промывным, с низкой водоудерживающей способностью, поэтому эмбриоземы, даже на поздней стадии эволюции (гумусово-аккумулятивной), относятся к промытым почвам [Там же];

3) на первый взгляд создается впечатление, что по емкости катионного обмена мелкозем эмбриоземов не уступает черноземам выщелоченным; в черноземах выщелоченных емкость катионного обмена в верхних горизонтах обеспечивается преимущественно гумусовыми веществами, а в нижних горизонтах главным образом илистыми фракциями; в мелкоземе эмбриоземов емкость катионного обмена

поддерживается на достаточно высоком уровне хаотично распределенными в толще субстрата углистыми частицами, которые сами по себе являются хорошими катионообменниками [6];

4) реакция среды черноземов выщелоченных дифференцирована по профилю: в верхних и нижних горизонтах она слабокислая, а в карбонатном горизонте, переходя через границу нейтральной, становится слабощелочной; в профиле эмбриоземов наблюдается более сложная ситуация – в эмбриоземах из-за отсутствия органического вещества вся толща субстрата слабощелочная. За счет чего происходит подщелачивание, пока не ясно. Вероятно, щелочность обусловлена свойствами пород, слагающих отвал.

Таким образом, по природе кислотности, характеру дифференциации кислотности в профиле, свойствам органического вещества эмбриоземы техногенных ландшафтов Горловского угольного бассейна не похожи на черноземы выщелоченные. Различия определяются несколькими факторами: 1) дефицитом влаги, обусловленным высокой каменистостью; 2) дефицитом мелкозема, а в нем илистой фракции; 3) зональные почвы и эмбриоземы техногенных ландшафтов образуются на различных породах; 4) несопоставимо время формирования профиля почв.

Литература

1. Курачев В.М., Андроханов В.А. Классификация почв техногенных ландшафтов // Сибирский экологический журнал. 2002. № 3. С. 255–261.
2. Агрохимические методы исследования почв. М. : Наука, 1965. 436 с.
3. Аринушкина Е.В. Руководство по химическому анализу почв. М. : Изд-во МГУ, 1970. 487 с.
4. Вадюнина А.Ф., Корчагина З.А. Методы исследования физических свойств почв и грунтов. М. : Высшая школа, 1973. 400 с.
5. Двуреченский В.Г. Особенности содержания гумуса в эмбриоземах техногенных ландшафтов и в зональной почве лесостепной зоны Кузбасса // Сибирский экологический журнал. 2011. № 5. С. 707–712.
6. Двуреченский В.Г. Географо-генетическая характеристика форм железа в эмбриоземах Кузбасса : автореф. дис. ... канд. биол. наук. Новосибирск, 2011. 19 с.

PHYSICAL AND CHEMICAL PROPERTIES OF EMBRYOZEMS OF DUMP GORLOVSKY COAL DEPOSIT

Zinovic K.V.¹, Dvurechenskiy V.G.², Seredina V.P.¹

¹ Tomsk State University, Tomsk, Ksenia_1@sibmail.com

² Institute of Soil Science and Agricultural Chemistry of SB RAS, Novosibirsk, dvu-vadim@mail.ru

Summary. Research of physical and chemical properties of embryozems of man-made landscapes of Gorlovsky coal deposits, as well as zonal soil surrounding the field of natural landscapes, revealed their fundamental differences. The soil cover of man technogenic ecosystems represented not characteristic forest-steppe bioclimatic zone of Siberia azonal young soil formations.

Keywords: embryozems; anthropogenic landscape; physicochemical properties of soils.

УДК 631.618

DOI: 10.17223/9785946215640/40

ОСНОВНЫЕ ХИМИЧЕСКИЕ И ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ЭМБРИОЗЕМОВ РАЗЛИЧНЫХ ТЕХНОГЕННЫХ ОБЪЕКТОВ г. НОВОКУЗНЕЦКА

О.С. Исаева¹, В.Г. Двуреченский²

¹ *Иркутский государственный университет, Иркутск, dvi-vadim@mail.ru*

² *Институт почвоведения и агрохимии СО РАН, Новосибирск*

Аннотация. Одними из основных свойств техногенных почв считаются химические и физико-химические. Они определяют качественный и количественный состав как самой почвы, так и почвенного покрова всего техногенного ландшафта. Данные свойства можно проанализировать доступными и сравнительно недорогими методами.

Ключевые слова: эмбриоземы; техногенный ландшафт; физико-химические и химические свойства почв.

Химические и физико-химические исследования почв, несмотря на «почтенный возраст» методик, и в наше время остаются актуальными, так как доступны для проведения в почвенной лаборатории, а многие – в полевых условиях; при этом остаются сравнительно недорогими и, самое главное, имеют большую точность.

Объектами исследования послужили почвы техногенных ландшафтов – эмбриоземы, формирующиеся на хвостохранилище Абагурской агломерационной фабрики, золоотвале Томь-Усинской ГРЭС и отвале Байдаевского угольного разреза. Все объекты находятся в черте г. Новокузнецка Кемеровской области.

При определении химических и физико-химических свойств почв использовались общепринятые методы исследования [1, 2]. Углерод определялся по схеме Тюринга в модификации Вадюниной и Корчагиной [3].

Обсуждение результатов

1. Кислотно-щелочные условия (рН)

Концентрация водородных ионов в почвенных растворах оказывает огромное влияние как на развитие и жизнедеятельность живых организмов, чувствительных к ее изменению, так и на ход и направленность разных химических и биохимических процессов в почвах, растворимость и подвижность химических элементов, доступность их растениям. Породы в отвалах, ставшие почвообразующими для молодых почв, различны по величине рН, но в целом находятся в интервале 6–8,9 (таблица), т.е. в пределах, пригодных для произрастания растений.

Анализ показал, что во всем профиле эмбриозема инициального на хвостохранилище ОАО «Абагурская ОАФ» уровень рН остается одинаковым (8,2–8,4), что связано с литогенной и техногенной специфичностью этого объекта. Из-за подобного рода специфичности уровень рН от 6,6 до 7,5 сохраняется и на эмбриоземах золоотвала Томь-Усинской ГРЭС. На отвале Байдаевского угольного разреза величина рН изменяется в пределах от 7,8 до 9,0.

2. Общий органический углерод (гумус)

Гумус – органическое вещество почвы, содержащее питательные вещества, необходимые высшим растениям. Гумус составляет 85–90% органического вещества почвы и является важным критерием при оценке ее плодородия.

На участке хвостохранилища ОАО «Абагурская ОАФ» в профилях органо-аккумулятивного и инициального эмбриоземов содержание гумуса низкое – 0,22–0,73%. На участке с эмбриоземами инициальными золоотвала ГРЭС гумуса содержится 0,24%, на участках с органо-аккумулятивными эмбриоземами – от 0,17 до 0,67%. На отвале Байдаевского углереза в инициальном эмбриоземе содержание гумуса около 0,87%. На участке с эмбриоземами дерновыми наблюдается максимальное содержание гумуса, по сравнению с остальными разрезами, оно составляет 0,88%. Это связано с более продвинутой стадией эволюции растительных сукцессий.

**Основные физико-химические свойства
эмбриоземов объектов исследования**

Горизонт (глубина, см)	C _{общ} , %	Гумус, %	pH	Σ обм. осн-ий	CНО, %	ЕКО, мг-экв/100 г	Fe _{вал} , %	P, мг/100 г
Хвостохранилище Абагурской ОАФ								
<i>Приядерная зона</i>								
Точка 1. Эмбриозем инициальный								
C ₁ (0–10)	0,13	0,22	8,38	66,10	99,70	66,33	3,70	0,19
C ₂ (10–20)	–*	–	8,20	66,10	99,70	66,33	3,64	–
<i>Участок лесной рекультивации</i>								
Точка 2. Эмбриозем органо-аккумулятивный								
C ₁ (1–10)	0,43	0,73	7,10	46,80	99,00	47,17	3,91	0,31
C ₂ (10–20)	–	–	7,69	64,80	99,60	65,03	3,98	0,21
Золоотвал Томь-Усинской ГРЭС								
<i>Нерекультивированный участок</i>								
Точка 3. Эмбриозем инициальный								
C ₁ (0–5)	0,24	0,42	7,04	–	–	–	0,12	1,24
C ₂ (5–30)	–	–	7,46	–	–	–	0,09	0,42
<i>Нерекультивированный участок (примерно в 5 м от предыдущего)</i>								
Точка 4. Эмбриозем органо-аккумулятивный								
C ₁ (5–10)	0,10	0,17	7,17	–	–	–	1,26	2,29
C ₂ (1–20)	–	–	7,49	–	–	–	2,39	0,89
<i>Старый участок ГРЭС (пойма реки Томь)</i>								
Точка 5. Эмбриозем органо-аккумулятивный								
C ₁ (4–10)	0,39	0,67	6,65	–	–	–	1,02	6,19
C ₂ (>10)	–	–	6,62	8,30	76,70	10,82	1,68	4,50
Отвал Байдаевского угольного разреза								
Точка 6. Эмбриозем инициальный								
C ₁ (0–5)	0,51	0,87	8,13	47,30	99,00	47,65	2,31	5,03
C ₂ (5–35)	–	–	8,57	60,50	99,60	60,73	9,69	0,31
<i>Выполженная площадка отвала</i>								
Точка 7. Эмбриозем дерновый								
A _d (1–5)	0,51	0,88	8,15	57,90	–	–	7,46	3,33
C ₁ (5–23)	–	–	8,69	34,90	99,10	35,23	7,61	2,12
C ₂ (>23)	–	–	8,99	47,70	99,50	47,93	9,71	0,77
<i>Участок лесной рекультивации</i>								
Точка 8. Эмбриозем органо-аккумулятивный								
C ₁ (4–11)	–	–	7,84	65,90	99,10	66,50	4,78	2,29
C ₂ (11–20)	–	–	7,98	64,10	98,00	65,23	3,76	3,33
C ₃ (20–50)	–	–	8,30	64,80	99,00	65,17	2,86	0,19

Примечание. «–» – не определялось.

3. Катионообменная способность (ЕКО)

Катионообменная способность почв и емкость катионного обмена (ЕКО) являются важными диагностическими признаками и оказывают большое влияние на физические и химические свойства почв. Известно, что величина ЕКО зависит от гранулометрического состава, рН, содержания гумуса. Значительное влияние оказывает также минералогический состав пород.

Почвы объектов имеют достаточно высокую емкость катионного обмена. Максимальное значение – в эмбриоземе органо-аккумулятивном на отвале «Байдаевский» – 66,5 мг-экв/100 г почвы. Минимальное значение на старых участках (48 лет) с лесной рекультивацией – 8,3 мг-экв/100 г почвы.

Емкость катионного обмена эмбриоземов имеет величины, сопоставимые с фоновыми почвами [4].

4. Степень насыщенности основаниями (СНО)

Техногенные почвы данных объектов имеют высокую степень насыщенности основаниями (до 99,7%), за исключением эмбриозема органо-аккумулятивного на золоотвале ГРЭС, где степень насыщенности основаниями составляет 76,7%.

5. Валовое железо

В почвоведении всегда большое значение уделялось и уделяется химическим элементам, определяющим формирование диагностических признаков эволюции почв. Железо диагностирует направление почвообразования, типовые особенности многих почв, а также определяет различную их окраску. В полной мере сказанное относится и к формирующимся почвам техногенных ландшафтов.

В исследованиях определено общее (валовое) содержание железа. Известно, что одновременно с уменьшением содержания валового железа в эмбриоземах может происходить увеличение содержания оксидов железа, которое при недостатке органического вещества и дисперсных глинистых минералов приводит к деградации почв.

На золоотвале ГРЭС максимальное содержание валового железа определяется на старых участках (превышает 2,39%), а минимум приурочен к нерекультивированному участку и равен 0,09%. В фоновых почвах содержание железа колеблется в пределах 4,88–5,74%.

Максимальное содержание валового железа выявлено на отвале Байдаевского угольного разреза. Железо изменяется в пределах от 2,31 до 9,71%, причем максимум наблюдается на глубине ниже 20 см.

На Абагурской ОАФ содержание валового железа практически не дифференцировано и изменяется от 3,64 до 3,98%.

6. Фосфор

Фосфор является одним из главных элементов питания растений. Большое количество фосфора в почве подавляет железо: чем больше в ней фосфора, тем меньше железа. Фосфор входит в состав многих органических соединений. Он делится на подвижные и неподвижные формы. Чем кислее почва, тем больше в ней подвижного фосфора, и наоборот. Большее содержание подвижных форм фосфора на начальных этапах почвообразования (в эмбриоземах) свидетельствует о почвенных процессах накопления и образования органического вещества, повышении питательной способности. Другими словами, наличие фосфора и органического вещества, оптимизация рН свидетельствуют о качественном улучшении почв техногенных ландшафтов.

На Абагурском хвостохранилище наблюдаются минимальные значения содержания фосфора: от 0,19 до 0,31 мг/кг. На отвале Байдаевского угольного разреза содержание фосфора изменяется в пределах от 0,31 до 5,03 мг/кг. Здесь наблюдаются плавные изменения по профилю, обратно пропорциональные изменению содержания валового железа. На золоотвале ГРЭС наблюдается максимум на старом участке лесной рекультивации. Здесь содержание фосфора составляет от 4,50 до 6,19 мг/кг (снизу-вверх по профилю). На остальных участках показания колеблются в пределах от 0,42 до 2,29 мг/кг.

На объектах исследования реакция почвенной среды изменяется от нейтральной до щелочной, тем самым подтверждая, что в почвах содержится мало подвижного фосфора. Также прослеживается закономерность изменения содержания по профилю фосфора с изменением содержания валового железа – при увеличении значений железа наблюдаются наименьшие значения содержания фосфора.

Сопоставив химические показатели эмбриоземов со свойствами естественных почв [4], можно сделать следующие **выводы**:

1. В черноземах выщелоченных величина рН увеличивается вниз по профилю от слабокислой до нейтральной; в эмбриоземах же величина рН практически не дифференцируется.

2. Емкость катионного обмена эмбриоземов имеет величины, сопоставимые с фоновыми почвами. В фоновых почвах емкость кати-

онного обмена в верхних горизонтах обеспечивается преимущественно гумусовыми веществами, а в нижних горизонтах главным образом илистыми фракциями, тогда как в эмбриоземах емкость катионного обмена поддерживается хаотично распределенными в толще субстрата углистыми частицами.

3. Содержание валового железа в естественных ландшафтах плавно увеличивается вниз по профилю; в эмбриоземах содержание валового железа так же увеличиваются вниз по профилю, тем не менее его показатели изменяются в более широких пределах.

Литература

1. Агрохимические методы исследования почв. М. : Наука, 1965. 436 с.
2. Аринушкина Е.В. Руководство по химическому анализу почв. М. : Изд-во МГУ, 1970. 487 с.
3. Вадюнина А.Ф., Корчагина З.А. Методы исследования физических свойств почв и грунтов. М. : Высшая школа, 1973. 400 с.
4. Двуреченский В.Г. Географо-генетическая характеристика форм железа в эмбриоземах Кузбасса : автореф. дис. ... канд. биол. наук. Новосибирск, 2011. 19 с.

BASIC CHEMICAL AND PHYSICAL AND CHEMICAL PROPERTIES OF VARIOUS EMBRYOZEMS OF MAN-MADE OBJECTS OF NOVOKUZNETSK CITY

Isaeva A.S.¹, Dvurechensky V.G.²

¹ Irkutsk State University, Irkutsk, dvu-vadim@mail.ru

² Institute of Soil Science and Agricultural Chemistry of SB RAS, Novosibirsk, dvu-vadim@mail.ru

Summary. Chemical and physico-chemical properties of man-made soils are considered as one of the basic properties. They determine how the qualitative and quantitative composition of the soil itself, as well as qualitative and quantitative composition of the soil cover of all man-made landscape. These properties can be analyzed available and comparatively inexpensive methods.

Keywords: embryozems; anthropogenic landscape; physicochemical and chemical properties of soils.

ПРИМЕНЕНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ФЕРМЕНТАТИВНОЙ АКТИВНОСТИ ДЛЯ ДИАГНОСТИКИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПОЧВ

Н.В. Кожевников

Кемеровский государственный университет, Кемерово, Koghevnikov_NV@mail.ru

Аннотация. Интенсивное сельскохозяйственное использование земельных ресурсов сопровождается снижением почвенного плодородия и урожайности выращиваемых культур. В связи с обострением экологических проблем в сельском хозяйстве, актуальной является диагностика почвенного состояния. Проведенные исследования показали эффективность применения показателей ферментативной активности для оперативной диагностики сельскохозяйственного использования почв. Из рассмотренных в работе показателей инвертазы является наиболее чувствительным индикатором.

Ключевые слова: чернозем обыкновенный; ферментативная активность; сельскохозяйственное использование.

По мере развития сельскохозяйственных экосистем, создаваемых для получения максимума продукции, воздействие на почвенный покров постоянно возрастает. В агроэкологических системах это проявляется изменением количественных и качественных характеристик составляющих их природных компонентов, снижением устойчивости и падением продуктивности возделываемых культур. В результате усложняется достижение целевой функции – стабильного производства сельскохозяйственной продукции.

Для поддержания экологического равновесия и сохранения потенциала самоочищения и самовосстановления сельскохозяйственных экосистем от воздействия антропогенных факторов, которые вызывают деградацию почв и снижение плодородия, необходимо проводить постоянные наблюдения за состоянием сельскохозяйственных земель. В качестве критериев оценки антропогенного влияния на почвенный покров рассмотрены показатели ферментативной активности.

Исследования почвенного покрова в естественных условиях и на участках сельскохозяйственного использования проводились на территории опытно-производственного хозяйства «Минино» Краснояр-

ского НИИСХ. Объектом исследований выступал чернозем обыкновенный среднемощный среднесуглинистый. Пахотные варианты находятся в непосредственной близости от их целинных аналогов, что позволяет корректно сравнивать их между собой.

Для оценки сельскохозяйственного воздействия использовались различные технологических приемы обработки: зяблевая вспашка, осеннее и весеннее дискование и прямой посев без обработки почвы. В качестве сельскохозяйственной культуры выступали посевы пшеницы, овса и ячменя. Отбор почвенных образцов производился в сроки, соответствующие фазе кущения, трубкования яровых зерновых, и после уборки урожая.

Определение ферментативной активности почв проводилось на основе учета количества переработанного в процессе реакции субстрата или образования продукта реакции в оптимальных условиях температуры, рН среды, концентрации субстрата и навески почвы. Активность каталазы и уреазы измеряли по методикам Галстяна, инвертазы и дегидрогеназы – по методам Галстяна в модификации Хазиева [1, 2]. Для оценки применимости ферментативной активности в диагностике сельскохозяйственного использования почв определяли общий гумус по методу Тюрина в модификации Никитина [3].

Многочисленными исследованиями установлено, что ферментативная активность почв объективно отражает изменения, происходящие при сельскохозяйственном использовании. Она характеризуется устойчивостью, чувствительностью и даёт чёткое представление о процессах, протекающих в почве [4, 5].

При оценке влияния антропогенных факторов различной природы на состояние почвенного покрова должен быть определен конкретный набор наиболее информативных показателей. Для проведения комплексных экологических исследований за состоянием почв при сельскохозяйственном использовании наибольшее значение имеют ферменты класса оксидоредуктаз и гидролаз [4, 6]. Оценка разных показателей ферментативной активности для целей диагностики и мониторинга сельскохозяйственного использования почв приведена в табл. 1.

Применение показателя содержания гумуса очень эффективно при оценке последствий сельскохозяйственного использования почв. Показатель прост в применении, его использование не требует сложного оборудования и реактивов. Однако для оперативной диагностики он малоприменим в силу своей большой консервативности.

Таблица 1

Оценка показателей ферментативной активности и гумуса для диагностики сельскохозяйственного использования почв по десятибалльной системе [6]

Показатель	Чувствительность	Сложность анализа	Точность определения	Средний балл по методу
Каталаза	3	10	10	7,6
Инвертаза	10	6	9	8,3
Дегидрогеназа	10	7	9	8,6
Уреаза	10	7	9	8,6
Гумус	10	8	10	9,3

Дегидрогеназа, уреазы и инвертазы являются достаточно чувствительными ферментами, их активность значительно изменяется под влиянием сельскохозяйственного использования. Но методы определения этих ферментов достаточно сложны, требуют затрат на реактивы и значительного количества посуды и оборудования. Инвертаза получила меньший балл из-за значительного варьирования, что делает необходимым соблюдать большую повторяемость.

Активность каталазы имеет наименьшую чувствительность при оценке сельскохозяйственного использования. Но, благодаря высокой точности, доступности и простоте определения, является важным диагностическим показателем [4, 6].

В наших исследованиях для диагностики сельскохозяйственного использования почв оценивалась активность каталазы и инвертазы как наиболее изученных и чаще всего применяемых в экологических исследованиях представителей своих классов. Кроме того, определялась активность дегидрогеназы и уреазы.

Сельскохозяйственное использование черноземов оказывает слабое влияние на нижние генетические горизонты почвенных профилей. Иное положение в самых верхних слоях, которые различаются по ряду показателей в целинных черноземах и их распаханых аналогах. Распашка обыкновенных черноземов приводит к резкому снижению органического вещества в пахотном горизонте в 1,7 раза. Уровень активности ферментов почв в целинном состоянии превосходил уровень в почвах опытного поля по каталазе в 1,17 раза, уреазе – 1,39, дегидрогеназе – 1,41 и инвертазе – 1,55 раза. Следовательно, сравнение уровней ферментативной активности верхних горизонтов в целинном аналоге и обрабатываемых вариантах отражает те изменения, которые происходят в почве при сельскохозяйственном использовании.

Влияние сельскохозяйственного использования на ферментативную активность верхних горизонтов чернозема обыкновенного ОПХ «Минино» приведено в табл. 2.

Сельскохозяйственное использование оказывает наибольшее влияние на активность инвертазы и приводит к значительному снижению фермента (на 35%). Существенное влияние обработка оказывает на уреазу и дегидрогеназу и приводит к значительному снижению их активности: на 28 и 29% соответственно. Активность каталазы меняется незначительно (14%). Сельскохозяйственное освоение не приводит к значительному снижению активности этого фермента.

Т а б л и ц а 2

Влияние сельскохозяйственного использования на ферментативную активность чернозема обыкновенного ОПХ «Минино»

Показатель	Единица измерения	Целинный аналог	Опытное поле			
			Зяблевая вспашка	Дискование	Прямой посев	Среднее значение
Каталаза	О ₂ см ³ /г за 1 мин	3,92	3,52	3,38	3,19	3,36
Уреазы	мг NH ₄ на 10 г за 24 ч	22,09	15,46	16,27	15,79	15,84
Дегидрогеназа	мг ТТФ на 10 г за 24 ч	29,82	20,24	21,96	21,04	21,08
Инвертаза	мг глюкозы на 1 г за 24 ч	26,39	16,13	17,90	17,11	17,05
Гумус	%	6,68	3,83	3,94	4,01	3,93

Для диагностики сельскохозяйственного использования почв рассчитана чувствительность определяемых ферментов – степень снижения значений, выраженная в процентах от целинного аналога. Степень чувствительности ферментативной активности чернозема обыкновенного приведена в табл. 3.

Из рассмотренных в работе показателей ферментативной активности инвертаза является наиболее чувствительным биохимическим показателем для оперативной диагностики сельскохозяйственного использования почв. Высокая информативность инвертазы связана с прямолинейной коррелятивной зависимостью между активностью фермента и содержанием гумуса. Менее чувствительными были уреазная и дегидрогеназная активность. Каталазная активность является

наименее чувствительном показателем для диагностики сельскохозяйственного использования почв.

Т а б л и ц а 3

Степень чувствительности (степень снижения значений) ферментативной активности чернозема обыкновенного, % от целинного аналога

Показатель	Зяблевая вспашка	Дискование	Прямой посев	Среднее значение
Каталаза	89,67	86,10	81,38	85,71
Уреаза	69,99	73,63	71,46	71,69
Дегидрогеназа	67,87	73,64	70,54	70,69
Инвертаза	61,12	67,83	64,84	64,60
Гумус	57,34	58,98	60,03	58,83

Таким образом, проведенные исследования показали эффективность применения показателей ферментативной активности для оперативной диагностики и мониторинга состояния сельскохозяйственных земель. Активность инвертазы является наиболее чувствительным биохимическим показателем при оценке влияния сельскохозяйственного использования почв.

Литература

1. Купревич В.Ф. Почвенная энзимология // Научные труды. Минск : Наука и техника, 1974. Т. 4. 404 с.
2. Хазиев Ф.Х. Методы почвенной энзимологии. М. : Наука, 1990. 189 с.
3. Орлов Д.С., Гришина Л.А. Практикум по химии гумуса. М. : Изд-во Моск. унта, 1981. 272 с.
4. Даденко Е.В. Методические аспекты применения показателей ферментативной активности в биодиагностике и биомониторинге почв : дис. ... канд. биол. наук. Ростов н/Д, 2004. 158 с.
5. Dick R.P. Soil enzyme activities is integrative indicators of soil health // Biological indicators of Soil Health / eds. by C.E. Pankhurst, B.M. Doube. V.V.S.R. Gupta. CAB International, 1997. P. 121–156.
6. Казеев К.Ш., Колесников С.И., Вальков В.Ф. Биологическая диагностика и индикация почв: методология и методы исследований. Ростов н/Д : Изд-во ЦБВР, 2003. 350 с.

APPLICATION OF ENZYMATIC ACTIVITY INDICIES FOR DIAGNOSIS OF AGRICULTURAL USE

Koghevnikov N.V.

Kemerovo State University, Kemerovo, Koghevnikov_NV@mail.ru

Summary. The intensive use of land resources is accompanied by changes in soil properties and the increase of negative processes which reduce soil fertility. Due to the environmental problems aggravation in the development of agriculture, the diagnosis of ecological condition of soils is highly relevant. Comparative evaluation of soils of natural and agricultural ecosystems showed the possibility of diagnosing the ecological state of the soil with the help of enzymatic activity indicators. Out of the discussed indicators the most sensitive biochemical indicator is invertase.

Keywords: ordinary black soil; enzymatic activity; agricultural use.

УДК 631.4

DOI: 10.17223/9785946215640/42

МИКРОБИОМОРФНЫЙ АНАЛИЗ ЧЕРНОЗЕМНЫХ ПОЧВ С РАЗНОЙ СТЕПЕНЬЮ АНТРОПОГЕННОЙ НАГРУЗКИ

Н.Ю. Лада

Институт почвоведения и агрохимии СО РАН, Новосибирск, notka_55@mail.ru

Аннотация. Проведенные исследования количественных и качественных характеристик микробиоморфного профиля гумусового горизонта и гранулометрического состава черноземных почв различного агрогенного использования позволили выявить границу плужной подошвы девятидесятилетней залежи, используемой в настоящее время в качестве пастбища с восстановленным степным разнотравьем.

Ключевые слова: фитоциты; микробиоморфный анализ; агрочернозем; Западная Сибирь.

Основной проблемой в изучении антропогенно нарушенных почв является плохая сохранность маркеров нагрузки в прошлом [1–3].

Достоверность результатов почвенных исследований и основанных на них реконструкций состояния природной среды определяется, прежде всего, точностью диагностики почв. Разработанный А.А. Гольевой метод биоморфного анализа почв позволяет характеризовать конкретные условия и факторы почвообразования [4]. Характер накопления фитоцитов по профилю изучаемых почв дает возможность выявить признаки антропогенной нагрузки. Так, в естественных почвах наблюдается аккумулятивный характер распределения фитоцитов с максимумом в верхнем горизонте и убыванием вниз по профилю.

Использование почвы под пашню вызывает нисходящую миграцию и аккумуляцию фитолитов в плужной подошве, которая служит плотным барьером и накапливает в себе максимальное количество фитолитов [5].

Данное сообщение посвящено описанию особенностей формирования биолитных профилей гумусовых горизонтов агрогенно-преобразованных почв степной зоны Западной Сибири по данным микробиоморфного и физико-химических анализов.

Объектом исследования являлись черноземные почвы различного хозяйственного использования под девяностолетней залежью (по данным Отдела архивной службы администрации Баганского района Новосибирской области), используемой в настоящее время в качестве пастбища с восстановленным степным разнотравьем. Исследуемая территория находится на юге Баган-Карасукской озерно-аллювиальной равнины в пределах Обь-Иртышского междуречья.

Климат континентальный, отличается жарким засушливым летом и холодной малоснежной зимой. Средняя температура января от -17 до -19°C , июля – 19 – 22°C . Годовое количество осадков 250 – 350 мм. Зимой снежный покров нередко разрушается сильными степными ветрами. Растительный покров представлен разнотравно-злаковыми настоящими степями с вкраплением осиново-березовых колков [6, 7].

Рельеф территории представляет собой чередование грив и межгривных понижений. Почвы изученных участков относятся к двум стволам почвенной классификации: постлитогенного (черноземы, солонцы, солончаки) и синлитогенного почвообразования (стратозема-мы), находящимся на разных этапах развития [8].

В почвах определялись основные физико-химические свойства (актуальная (в водной суспензии) кислотность, общее содержание углерода, содержание CaCO_3) по общепринятым методикам [9, 10]. Для определения микробиоморфного состава в отобранных почвенных образцах применялась методика А.А. Гольевой [4].

Результаты и их обсуждение

Физико-химические свойства. Сравнивая процентное содержание общего углерода трех исследуемых черноземов (рис. 1), можно заметить, что наименьшее его количество отмечается в агрочерноземе за счет интенсивного сельскохозяйственного использования и составляет $1,5\%$, тогда как в черноземе дисперсно-карбонатном – 2% , черноземе дисперсно-карбонатном постагрогенном – $2,5\%$, благодаря ин-

тенсивному перемешиванию гумусового слоя и вновь привнесенному растительному веществу.

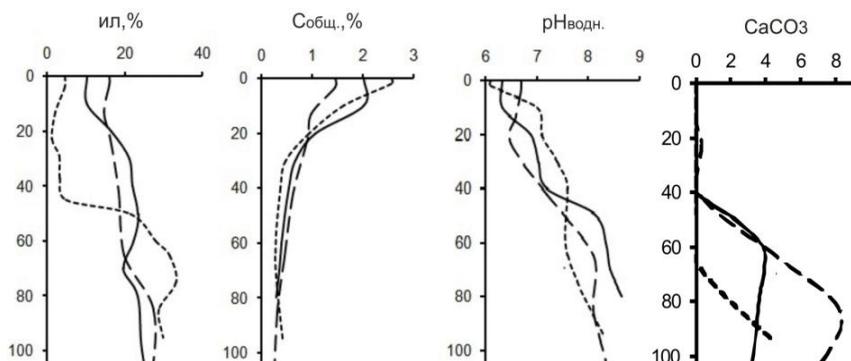


Рис. 1. Физико-химические свойства почв

(— чернозем естественный, -- чернозем постагрогенный, -.- агрочернозем)

Значения рН водной суспензии и содержание карбонатов CaCO_3 не выявили существенных различий.

По гранулометрическому составу в исследуемых черноземах преобладающей фракцией является песок, который равномерно распределен по почвенному профилю. Содержание илистой фракции также практически равномерно распределено по профилю агрочернозема и целинного чернозема. Для агрочернозема заметно расчленение профиля на две части: верхняя (до 30 см) супесчаного гранулометрического состава, идентифицирующая пахотный горизонт, и нижняя часть – легкосуглинистого.

Микробиоморфный анализ. Согласно микробиоморфному составу чернозема дисперсно-карбонатного (рис. 2), установлено, что наибольшим разнообразием и количеством биолитов отличается верхняя часть гумусового горизонта. Преобладающей фракцией являются степные злаки (60% от общего количества). Вниз по профилю их количество постепенно сокращается. На глубине 25 см доля степных злаков снижается, замещаясь биоморфами двудольных трав. Их количество возрастает до 60% от общего количества.

Общее содержание микробиоморф в агрочерноземе верхних трех сантиметров составляет 200 зерен. В нижней части гумусового горизонта сумма фитолитов возрастает, достигая максимума на глубине 16 см.

Количество степных злаков составляет на данной глубине 50% от общего количества, чуть меньше двудольных трав – 40%. Вниз по профилю наблюдается снижение количества микробиоморф. Содержание степных и луговых злаков сокращается до полного их отсутствия.

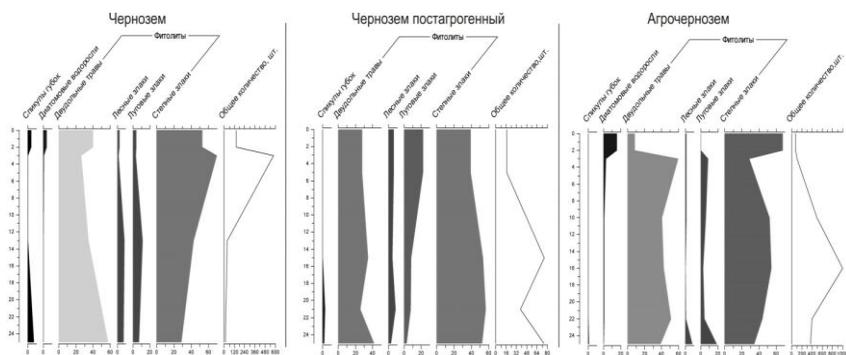


Рис. 2. Распределение микробиоморф в гумусовых горизонтах чернозема дисперсно-карбонатного, чернозема дисперсно-карбонатного постагрогенного и агрочернозема дисперсно-карбонатного (% от общего количества)

По микробиоморфным данным в черноземе постагрогенном выявлено два пика распределения фитоцитов. В верхних четырех сантиметрах пахотного горизонта доминируют степные злаки (40%), меньше двудольных трав (30%) и луговых злаков (20%), 10 % лесных злаков. С глубиной содержание фитоцитов постепенно возрастает и достигает максимума на глубине 16 см. Количество степных злаков возрастает до 50%, а луговых злаков сокращается до 10%. Вниз по профилю содержание фитоцитов сокращается в два раза на глубине 21 см. Микробиоморфный состав практически не изменился. В нижней части гумусового горизонта вновь фиксируется второй максимум фитоцитов, по количественным характеристикам соответствующий глубине 16 см. Данное распределение идентифицирует плужную подшву. Обнаружены кутикулярные слепки растений, пыльца и споры, что характеризует поверхностный горизонт.

Заключение. Аналитические данные показали снижение количества гумуса в постагрогенной почве почти в два раза по сравнению с пахотным и целинным черноземами.

В профилях целинной и постагрогенной почв распределение илистой фракции практически равномерно по профилю. Для агрочернозема заметно расчленение профиля на две части: верхняя (до 30 см) супесчаного гранулометрического состава, идентифицирующая патхотный горизонт, и нижняя часть – легкосуглинистого.

Полученные сравнительные характеристики микробиоморфных профилей агрогенно-преобразованных и целинных черноземов степной зоны Западной Сибири позволили диагностировать агрогенную нарушенность девяностолетней залежи, используемой в настоящее время в качестве пастбища с восстановленным степным разнотравьем. В нижней части гумусового горизонта постагрогенного чернозема фиксируется второй максимум фитолитов на глубине 16 см. Распределение фитолитов по профилю с двумя максимумами идентифицирует плужную подошву. В профиле ненарушенного чернозема наибольшее количество фитолитов концентрируется в верхнем трехсантиметровом слое с постепенным убыванием вниз до полного их отсутствия. Полученные нами данные не противоречат данным, полученным Гольевой [4] для степей Европейской зоны России.

Литература

1. Караваева Н.А. Агрогенные почвы: условия среды, свойства и процессы // Почвоведение. 2005. № 12. С. 1518–1529.
2. Гольева А.А., Зазовская Э.П. Особенности интерпретации антропогенной памяти почв // Память почв: почвы как память биосферно-геосферно-антропосферных взаимодействий. М. : Изд-во ЛКИ, 2008. С. 617–637.
3. Свирида Н.М., Гольева А.А. Диагностика средневековой распашки при помощи фитолитного анализа на примере археологических памятников Кукарки и Княжич Московской области // Динамика окружающей среды и глобальные изменения климата. 2016. Т. 7, № 1 (13). С. 116–131.
4. Гольева А.А. Фитолиты и их информационная роль в изучении природных и археологических объектов. Москва ; Сыктывкар ; Элиста : Полтекс, 2001. 140 с.
5. Гольева А.А. Микробиоморфные комплексы природных и антропогенных ландшафтов: генезис, география, информационная роль. М. : Изд-во ЛКИ, 2008. 240 с.
6. Ковалев Р.В., Панин П.С., Панфилов В.П., Селяков С.Н. Почвенно-мелиоративное районирование южной равнинной части Обь-Иртышского междуречья // Почвы Кулундинской степи. Новосибирск : Наука, 1967. С. 5–77.
7. Почвенно-климатический атлас Новосибирской области / отв. ред А.П. Сляднев. Новосибирск : Наука, 1978. 122 с.

8. Шишов Л.Л., Тонконогов В.Д., Лебедева И.И., Герасимова М.И. Классификация и диагностика почв России. Смоленск : Ойкумена, 2004. 342 с.
9. Аринушкина Е.В. Руководство по химическому анализу почв. М. : Изд-во МГУ, 1970. 488 с.
10. Тюрин И.В. К методике анализа для сравнительного изучения состава почвенного перегноя и гумуса // Тр. Почв. ин-та АН СССР. 1951. Т. 38. С. 5–21.

MICROBIOMORPHIC ANALYSIS OF CHERNOZEM SOILS WITH VARYING DEGREES OF ANTHROPOGENIC PRESS

Lada N.Y.

Institute of Soil Science and Agrochemistry, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Novosibirsk, notka_55@mail.ru

Summary. The characteristics microbiomorphic profile and size distribution of the humus horizon of chernozem soils with varying degrees of anthropogenic press. As a result, the boundary plow sole of deposit of age ninety years old was found. The deposit is currently used as pasture with a restored steppe grasses.

Keywords: phytolith; microbiology analysis; agrocenoses; Western Siberia.

УДК 631.42

DOI: 10.17223/9785946215640/43

ЭЛЕМЕНТНЫЙ ХИМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ПОЧВ – ОСНОВНЫЕ ОШИБКИ И ПОГРЕШНОСТИ

М.А. Лебедева, Т.И. Сиромля

*Институт почвоведения и агрохимии СО РАН, Новосибирск,
MarinaMyadelets@yandex.ru*

Аннотация. Рассмотрены ошибки и погрешности, наиболее часто встречающиеся при элементном химическом анализе почв и приводящие к существенному искажению получаемых результатов.

Ключевые слова: почва; химические элементы; определение; нормирование.

Элементный химический анализ почв является одним из наиболее важных средств познания природы, генезиса и эволюции почв, их плодородия, а также лежит в основе экологического и агрохимического мониторинга. Получение достоверных данных, их грамотная интерпретация и корректный сравнительный анализ содержания хи-

мических элементов в почве должны основываться на соблюдении всех правил на каждом этапе исследования. В общей схеме элементного химического анализа почв можно выделить следующие основные этапы: предполевой – проектирование и изготовление камерального варианта схемы геохимических ландшафтов; 1) преаналитический (долабораторный) – отбор образцов и доставка их в лабораторию; 2) аналитический доприборный этап (пробоподготовка) – подготовка лабораторной и аналитической пробы, озоление, приготовление экстрактов и т.п.; 3) приборный – измерение аналитического сигнала как функции содержания в пробе определяемых компонентов; 4) постаналитический – статистическая обработка данных, оценка по критериям (гигиеническим, биогеохимическим, агрохимическим и т.д.) полученных результатов.

Целью данной работы является обзор основных источников ошибок при проведении элементного химического анализа почв и интерпретации полученных результатов.

Остановимся на некоторых ошибках и погрешностях, наиболее часто встречающихся в литературе и приводящих к существенному искажению получаемых результатов.

При отборе проб почв необходимо учитывать ряд факторов. Способ и масса отбираемого образца зависят от вида исследуемого объекта (загрязненные или фоновые территории), типа грунта (скальные, песчаные, биогенные, насыпные, тепличные и т.д.) и тому подобного и регламентируются рядом нормативных документов (ГОСТ 17.4.3.01-83, ПНД Ф 12.1:2:2.2:2.3:3.2-03, ГОСТ 17.4.4.02-84, ГОСТ 28168-89, ГОСТ 12071-2014, ГОСТ 27753.1-88 и др.). Число проб определяется масштабом и площадью обследования территории [1, 2], а при закладке полевых опытов – пространственной неоднородностью состава и свойств почв в пределах поля или делянки опыта [3, 4]. Содержание в почвах подвижных форм химических соединений может существенно варьировать (50–200%) на одних и тех же участках в зависимости от гидротермических условий сезона и сроков отбора образцов [5].

Переходя к рассмотрению этапа пробоподготовки, следует отметить, что срок и способ хранения образцов до начала лабораторных испытаний зависит от определяемых параметров.

Стадия пробоподготовки – очень важная и зачастую вносящая основную погрешность в полученный результат. При этом погрешность вносится на различных этапах: в процессе пробоотбора, взвешивания,

разделения на компоненты, измерения объема, добавления реагентов и др. [6]. Прежде чем приступить к анализу, необходимо уточнить, с какой погрешностью требуется получить ответ, чтобы он был информативен [7]. Следует учитывать, что на точность анализа влияет величина навески подвергаемого исследованию образца, степень его измельчения, способ и условия разложения и т.п. Например, установлено, что для извлечения Cd, Pb, Co, Ni из чернозема и дерново-подзолистой почвы целесообразнее использовать микроволновое разложение, ультразвуковая пробоподготовка применима только для Hg, Zn, Cu, Pb, эффективность извлечения Zn, Cu независимо от типа почвы и метода пробоподготовки составляет 80–100% [8, 9].

При исследовании подвижных форм соединений химических элементов используется широкий перечень методов их экстракции, существенно различающихся по составу и концентрации экстрагентов, времени взаимодействия, количеству обработок и т.п. [10–12], поэтому исследователям необходимо подробно описывать используемую методику. Применение стандартных методик без учета особенностей конкретной почвы может в определенных случаях привести к необъективной оценке подвижности элементов – так, например, вытяжка 1 н HCl должна использоваться для некарбонатных почв, либо следует делать поправку на инактивацию кислотой почвенных карбонатов [13].

Использование инструментальных методов анализа, не требующих предварительного разложения пробы, облегчает пробоподготовку и исключает некоторые приведенные выше погрешности, однако чувствительность метода РФА обычно ниже, чем у ААС, ИСП-АЭС или ИСП-МС [9].

Для проверки правильности полученных данных самым надежным является сравнение результатов анализа с результатом, полученным другим независимым методом, где в основу определения компонента положен существенно другой принцип [7], однако этот способ зачастую труднореализуем на практике из-за возможных ограничений материально-технической базы. В связи с этим в обязательном порядке необходимо использовать стандартные образцы состава и свойств почв, причем непременным условием их применения является совпадение состава и свойств стандартного образца и анализируемой пробы.

Не менее важной стадией химического анализа является математическая обработка результатов измерений. Одна из наиболее распространенных ошибок – несоблюдение условий применения критерия

Стьюдента (нормальности распределения, равенства генеральных дисперсий и т.д.), делающее несостоятельным и сомнительным сравнение средних значений данных с помощью критерия Стьюдента [14]. Дополнительно нужно отметить, что критерий Стьюдента не применим для сравнения парных выборок (в исследованиях типа «до-после»), а также для попарного сравнения трех и более групп.

В большинстве работ исследователи приводят средние значения содержания ХЭ и ошибки среднего (либо стандартное отклонение). Из этого следует, что при обработке данных они принимают нормальный закон распределения величин, однако рассчитанные коэффициенты вариации во многих случаях превосходят 50%, либо значение ошибки или стандартного отклонения настолько велико, что диапазон «три сигмы» уходит в область отрицательных значений, а это указывает на логнормальный или экспоненциальный закон распределения. Таким образом, приводимое среднее значение будет существенно завышено, что сильно исказит реальную картину. В литературе много доказательных примеров как нормального, так и логарифмического распределения содержания ХЭ в природных объектах, что подтверждает необходимость проверки нормальности распределения полученных значений в каждом конкретном случае.

В ряде случаев исследователи используются более сильные экстрагенты (1 н HCl), чем ААБ [15, 16], и на основе полученных результатов рассчитывают различные биогеохимические коэффициенты которые между собой несопоставимы.

Заключительным этапом химического анализа почв является оценка и интерпретация полученных результатов. Она проводится на основе разных критериев (гигиенических, биогеохимических, агрохимических и т.д.). В России для санитарно-гигиенической оценки почв обычно используют предельно допустимые и ориентировочно допустимые концентрации (ПДК и ОДК) загрязняющих веществ. При этом следует иметь в виду, что санитарно-гигиенические показатели лишь частично отвечают своему назначению, поскольку предельно допустимые концентрации территориально не дифференцированы, не учитывают свойства почв, их устойчивость, виды землепользования (земли сельскохозяйственного назначения, лесные, городов, промышленности и т.д.), а в пределах города – характер использования земель по категориям. ПДК в России одни для почв сельскохозяйственных угодий и почв промышленных зон крупных городов. Более подробно

данный вопрос рассматривается в работах [17–19 и др.]. Кроме того, при оценке полученных результатов по гигиеническим нормативам необходимо обращать внимание на вид экстрагента, указанный в соответствующем нормативном документе.

Литература

1. Экогеохимия Западной Сибири. Тяжёлые металлы и радионуклиды / ред. Г.В. Поляков. Новосибирск : Изд-во СО РАН, НИЦ ОИГГМ, 1996. 248 с.
2. Алексеенко В.А. Геохимия ландшафта и охрана окружающей среды. М. : Недра, 1990. 142 с.
3. Самсонова В.П. Пространственная изменчивость почвенных свойств на примере дерново-подзолистых почв. М. : Изд-во ЛКИ, 2008. 160 с.
4. Фоменко Т.Г., Попова В.П., Пестова Н.Г., Черников Е.А. Пространственная неоднородность почв садовых ценозов в условиях локального применения удобрений и водных мелиораций // Агрохимия. 2015. № 2. С. 13–22.
5. Водяницкий Ю.Н., Смагин А.В., Яковлев А.С. Факторы изменчивости содержания подвижных форм тяжелых металлов в почве // Экологический вестник Северного Кавказа. 2016. № 1. С. 27–38.
6. Аналитическая химия: химические методы количественного анализа. Томск : Томский государственный университет, 2013. 167 с.
7. Долманова И.Ф. Погрешности в химическом анализе // Соросовский образовательный журнал. 2001. Т. 7, № 11. С. 46–52.
8. Сафарова В.И., Шайдулина Г.Ф., Михеева Т.Н., Кудашева Ф.Х., Низамутдинова Н.Р. Способы пробоподготовки почвы, донных отложений и твердых отходов для атомно-абсорбционного определения тяжелых металлов // Заводская лаборатория. Диагностика материалов. 2010. Т. 76, № 2. С. 10–14.
9. Корнилова А.Г., Лыгина Т.З., Шинкарев А.А., Гордеев А.С., Михайлов О.В. Элементный анализ почвы с их предварительной деструкцией химическими методами // Вестник Казанского технологического университета. 2011. № 6. С. 36–43.
10. Ладонин В.Ф., Ладонин Д.В. Соединения тяжелых металлов в почвах – проблемы и методы изучения // Почвоведение. 2002. № 6. С. 682.
11. Сиромля Т.И. К вопросу о подвижных формах соединений химических элементов в почвах // Сибирский экологический журнал. 2009. № 2. С. 307–318.
12. Плеханова И.О., Бамбушева В.А. Экстракционные методы изучения состояния тяжелых металлов в почвах и их сравнительная оценка // Почвоведение. 2010. № 9. С. 1081–1088.
13. Ринькис Г.Я., Рамане Х.К., Куницкая Т.А. Методы анализа почв и растений. М., 1987. 174 с.
14. URL: <http://www.biometrica.tomsk.ru>.
15. Янтурин И.Ш., Аминова А.А. Особенности содержания тяжелых металлов в органах *Inula helenium* L. в геохимических условиях Южного Урала // Вестник Волжского университета им. В.Н. Татищева. 2013. № 4 (14). Т. 1. С. 64–73.
16. Ловкова М.Я., Рабинович А.М., Пономарева С.М., Бузук Г.Н., Соколова С.М. Почему растения лечат. М. : Ленанд, 2014. 288 с.

17. Сысо А.И. Российские гигиенические нормативы экологической оценки почв, их научная обоснованность и проблемы использования // Биогеохимия техногенеза и современные проблемы геохимической экологии : труды IX Международной биогеохимической школы. Барнаул, 2015. Т. 1. С. 39–42.
18. Водяницкий Ю.Н. Концепция гибкого подхода к оценке ориентировочно допустимой концентрации тяжелых металлов и металлоидов в почве // Бюл. Почвенного института им. В.В. Докучаева. 2011. Вып. 67. С. 49–66.
19. Околелова А.А., Минкина Т.М., Мерзлякова А.С., Кожевникова В.П. Достоверность оценки загрязнения почв тяжелыми металлами // Научный журнал КубГАУ. 2014. № 101 (07). С. 465–479.

ELEMENTAL CHEMICAL ANALYSIS OF SOIL – BASIC MISTAKES AND ERRORS

Lebedeva M.A., Syromlya T.I.

Institute of Soil Science and Agrochemistry SB of RAS, Novosibirsk,
MarinaMyadelets@yandex.ru

Summary. Considered mistakes and errors common with the elemental chemical analysis of soil and lead to a significant distortion of the results.

Keywords: soil; chemical elements; determination; regulation.

УДК 631.47

DOI: 10.17223/9785946215640/44

СОДЕРЖАНИЕ ОРГАНИЧЕСКОГО УГЛЕРОДА, N, K, P, Ca, Al и Fe В ТОРФЯНОЙ ЗАЛЕЖИ ПЛОСКОБУГРИСТОГО МЕРЗЛОГО БОЛОТА БАССЕЙНА РЕКИ ПЯКУПУР (СЕВЕРНАЯ ТАЙГА ЗАПАДНОЙ СИБИРИ)*

**С.В. Лойко, Т.В. Раудина, А.Г. Лим, И.В. Крицков,
И.И. Волкова, Л.Г. Колесниченко, Г.И. Истигечев**

Томский государственный университет, Томск, s.loyko@yandex.ru

Аннотация. Рассматриваются результаты изучения содержания органического углерода, N, K, P, Ca, Al и Fe в торфяной залежи плоскобугристого болота мощностью 1 м. Описан ботанический состав торфа. Выявлена хорошая корреляция между степенью разложения торфа и яркостью сухого

* Работа выполнена при поддержке РФФИ (проект 16-54-16005 НЦНИЛ_а).

торфа, измеренной в цветовой модели CIE $L^*a^*b^*$. Показано, что концентрации углерода и азота в торфе достоверно выше в нижней (мерзлой) половине торфяной залежи. Отмечено увеличение концентрации K, P, Ca, Al и Fe в верхней талой части залежи при больших коэффициентах вариации (кроме Ca), чем в нижней, мерзлой половине.

Ключевые слова: мерзлые плоскобугристые болота; Западная Сибирь; углерод; почвы.

В настоящее время наблюдается повышенный интерес к оценке воздействия наблюдаемых изменений климата на различные компоненты ландшафтов и потоки химических элементов в них. Как известно, наибольшее потепление ожидается в северных регионах планеты, что в условиях распространения многолетней мерзлоты приведёт к существенной трансформации экосистем. Для ландшафтов криолитозоны Западной Сибири характерна большая площадь мерзлых болот. Их торфяная залежь в условиях ограниченного участия грунтовых вод в зоне многолетнемерзлых пород играет решающую роль в формировании элементного состава органических и органоминеральных коллоидов водоёмов, дренирующих болотные массивы [1]. При дальнейшем потеплении будет увеличиваться объём деятельного слоя болот, что приведёт к увеличению роли торфяной залежи в формировании гидрохимических параметров поверхностных вод заболоченных водосборов. В связи с этим становится актуальной оценка содержания, форм и запасов химических элементов в торфяных залежах мерзлых болот.

Цель исследования: определить содержание органического углерода, N, K, P, Ca, Al, Fe в торфяной залежи типичного плоскобугристого мерзлого болота в северной тайге Западной Сибири.

Объектами исследования послужили торфяные залежи мерзлых плоскобугристых болот северной тайги Западной Сибири. Образцы торфов и подстилающих отложений отбирали в двух аналогичных точках, приуроченных в микрорельефе к межмочажинным повышенным частям мерзлых болот (плоские бугры). Расстояние между точками отбора около 2 км. Почвы в местах отбора диагностированы как торфяные олиготрофные остаточно-мезотрофные мерзлотные по КПП 2004 / Dystric Epifibric Endohemic Cryic Histosols по WRB 2014. Растительность представлена мохово-кустарничково-лишайниковыми сообществами.

1. Скважина СК14-4 (координаты: 63°47'50"; 75°33'22"). Нанорельеф: склон бугорка. Образцы отобраны из керна, полученного пу-

тём механизированного бурения. Шаг отбора составлял 5 см, либо меньше, в случае контрастного ботанического состава. Мощность торфа 1 м. Мерзлота с 43 см. К концу сентября деятельный слой может увеличиться ещё на 15–20 см. Анализ элементного состава проведён во всем керне, имеющем глубину 140 см.

Торфяная колонка подстилается средне-крупнозернистыми песками с незначительной примесью пылеватых и илистых фракций (до 5–6%). Среднее содержание углерода в подстилающих минеральных горизонтах составляет 1,65% с колебаниями от 0,03% (гор. Е), до 4,6% в бывшем гор. ВН.

2. Скважина СК14-2 (координаты: 63°47'22"; 75°35'30"). Нанорельеф: просадка между мелкими бугорками. Мощность торфа 87 см. Мерзлота с 70 см. Анализ проведён в образцах из талой толщи, отобранных на глубинах 0–10; 20–30; 40–50; 50–65; 65–80 см.

Территория исследований характеризуется довольно монотонным строением песчаных отложений, подстилающих мерзлые болота, что связано с историей их формирования и существенной переветанностью в позднем плейстоцене [2]. Торфонакопление на исследуемой территории началось в результате автохтонного заболачивания обширного плоского междуречья, влияние натечных вод отсутствовало на всех этапах развития торфяной залежи. Из-за этого в период активного торфонакопления междуречные болота имели схожий режим трофности, что вызвало формирование торфа близкого ботанического состава на значительных территориях междуречий бассейна Пура. Как отмечено в [3], повсеместно в торфяной залежи преобладают осоковые, осоково-гипновые, сфагновые и гипновые виды торфов с большой примесью в верхнем слое вересковых кустарничков, а в нижележащих слоях – древесных остатков, хвоща, местами вахты, шейхцерии, пушицы. Степень разложения по всей толще залежи изменяется в пределах 5–30%, в придонном слое местами достигает 35–50%. Изложенное позволяет предположить репрезентативность полученных данных.

Методы исследования. В образцах была определена потеря при прокаливании термогравиметрическим методом. Окраску торфа определяли на спектрофотометре X-Rite VS450 в цветовой модели CIE L*a*b*. Концентрация азота и углерода в образцах торфа была изменена путём Cu–O каталитического сжигания при 900°C с $\leq 0,5\%$ точностью к стандарту (прибор Thermo Flash 2000 CN Analyzer). Эlemen-

ты в торфе измерены методом масс-спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой ICP-MS (Agilent 7500 ce).

Результаты и обсуждение. Ниже рассмотрим данные анализов скважины СК14-4. Степень разложения торфа увеличивается от верхней части торфяной залежи к нижней с 5–10 до 10–20% в пределах глубин 40–60 см, а глубже – до 30–45%. Результаты анализа ботанического состава торфа показали, что залежь в основном состоит из сфагновых мхов, лишайников, кустарничков, зеленых мхов, древесины сосны, а также коры сосны и березы. Сфагнумы и лишайники доминируют в диапазоне 0–40 см, лишайники и кустарнички преобладают на глубинах от 40 до 55 см, а лишайники и древесина деревьев присутствуют в диапазоне 60–100 см. На глубине 45–55 см встречены угольки, что свидетельствует о возможном выгорании части торфа. Наличие таких прослоев характерно для всех изученных торфяных почв рассматриваемой территории. В верхней и нижней частях залежи встречены песчаные частицы, которые могли появиться при развевании песка с берегов озёр, имеющих песчаное дно.

Результаты измерения окраски образцов торфа приведены на рис. 1. Видно, что к нижней части торфяной залежи окраска становится более гомогенной, уменьшается светлота (яркость) образцов. Коэффициент «+b» имеет большие величины (рис. 1, 3), чем «+a» (рис. 1, 2), а значит, преобладают желтые тона, торф бурой окраски, лишь на глубинах 5–10 см появляется красновато-коричневый торф. Была определена степень разложения образцов торфа. Оказалось, что этот полуколичественный (глазомерный) параметр хорошо коррелирует с величиной светлоты (рис. 1, 4), в связи с чем координату *C* можно использовать как косвенный параметр для экспресс-оценки степени разложения торфа. Более того, учитывая высокую степень субъективности в определении степени разложения, можно предположить и возможно большую величину R^2 в случае применения методов снижения субъективности, например при перекрестном определении степени разложения несколькими специалистами.

Величины потерь концентраций углерода и азота при прокаливании (ПП) приведены на рис. 2. От середины залежи ПП несколько уменьшается к верхней и нижней её частям, что связано с появлением песчаных зёрен. Несистематические вариации содержания углерода и азота наблюдались с глубиной по всему керну с пиком концентрации N около 80 см и резким уменьшением концентраций в минеральных

горизонтах. Наибольшие концентрации органического углерода наблюдаются у основания торфяной залежи. Концентрация азота в многолетнемерзлом торфе выше, чем в талом – $(1,00 \pm 0,21)$ и $(0,67 \pm 0,12)\%$ соответственно, разница значима при $p = 0,008$. Отношение C/N снижается с (72 ± 16) в 0–40 см талого слоя к (50 ± 10) в мерзлой части (40–100 см). В пределах нижней границы сезонно-талой толщи выявлено локальное увеличение концентрации N, а также почти двукратное уменьшение отношения C/N (рис. 2).

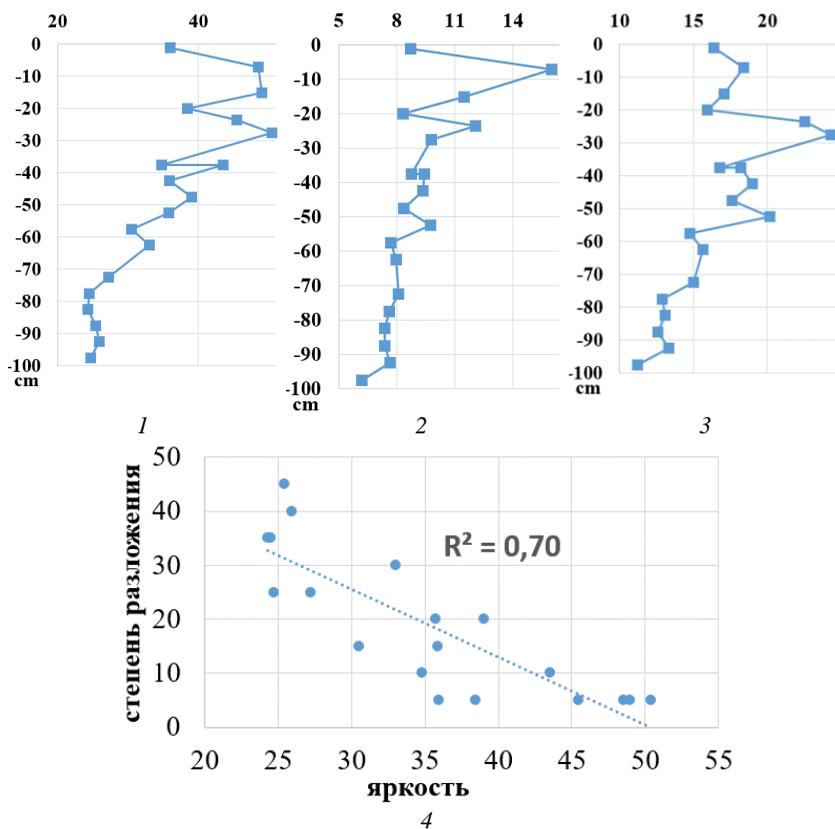


Рис. 1. Колористические параметры сухого торфа в цветовой модели CIE L*a*b* и связь со степенью разложения: 1 – светлота (координата C); 2 – координата +a; 3 – координата +b; 4 – связь между яркостью (координата C) и степенью разложения торфа

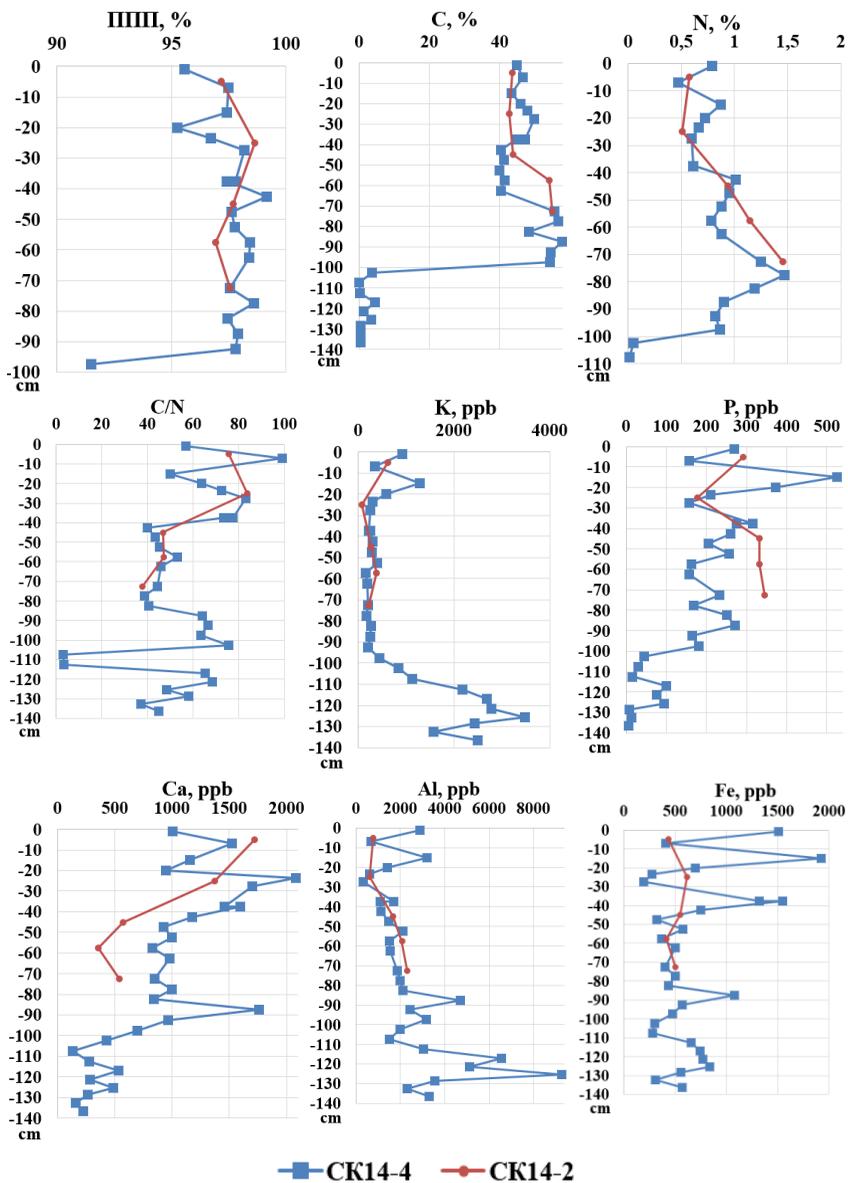


Рис. 2. Концентрации изученных элементов в торфяных залежах

Концентрации фосфора и калия в мерзлой и талой частях залежи существенно не отличаются (рис. 2). Наибольшая концентрация калия (и алюминия) приурочена к былому иллювиальному горизонту, что указывает на некоторое накопление в нём алюмосиликатов на этапах педогенеза, предшествовавших торфонакоплению. Наибольшие концентрации К, Р, Al и Fe приурочены к глубинам 15–20 см, а также к самому верхнему образцу. Это может быть связано как с биологической аккумуляцией, так и с ботаническим составом торфа, который здесь представлен лишайниковым типом.

Средние значения содержания элементов в талой части колонки выше, чем в мерзлой, для фосфора (282 и 208 ppm соответственно), калия (496 и 242 ppm), кальция (1403 и 1016 ppm) и железа (958 и 529 ppm). Для Al картина обратна, среднее его содержание в талой части составляет 1446, а в мерзлой 2196 ppm. Эти различия статистически достоверны. Талая часть торфяной залежи характеризуется большими коэффициентами вариации значений концентрации элементов, чем мерзлая: для алюминия 69 и 45%, фосфора 41 и 21%, калия 75 и 39%, кальция 26 и 8%, железа 66 и 40% соответственно. При подсчёте этих величин не учитывался придонный образец торфа.

Эти показатели характеризуют большую временную изменчивость условий торфонакопления при образовании верхних слоёв торфа, что связано с формированием криогенного нанорельефа, характеризующегося высокой пространственно-временной динамикой. В настоящее время вблизи скважины имеется много нанопросадок с замощением лишайником – динамика мельчайших форм рельефа продолжается до сих пор, способствуя формированию слоистых торфяных отложений.

Колонка сравнения СК14-2 показывает в целом аналогичные результаты и профильные кривые, за исключением фосфора, для которого характерны более высокие концентрации с глубин ниже 40 см, по сравнению с колонкой СК14-4.

Выводы. Проведенные исследования показали выраженные различия в элементном составе мерзлой и талой частей торфяной залежи плоскобугристого болота. В отличие от болот без многолетней мерзлоты, расположенных южнее, в изученных нами наблюдается в среднем большая концентрации Р, К, Са и Fe в верхней части торфяной

залежи, чем в нижней. Талые же болота характеризуются наличием тренда к уменьшению концентраций элементов к верхней части торфяной колонки [4]. Включение мерзлых слоёв торфа в деятельный слой при потеплении климата не должно привести к высвобождению дополнительных количеств P, K, Ca и Fe, так как их концентрации в мерзлых слоях плоскобугристых болот ниже, чем в вышележащих талых.

Литература

1. Pokrovsky O.S., Manasyrov R.M., Loiko S.V., Shirokova L.S. Organic and organo-mineral colloids in discontinuous permafrost zone // *Geochimica et Cosmochimica Acta*. 2016. Vol. 188. P. 1–20.
2. Velichko A.A., Timireva S.N., Kremenetski K.V., MacDonald G.M., Smith L.C. West Siberian Plain as a late glacial desert // *Quaternary International*. Vol. 237, № 1–2. P. 45–53.
3. Гидрология заболоченных территорий зоны многолетней мерзлоты Западной Сибири / под ред. С.М. Новикова. СПб. : ВВМ, 2009. 536 с.
4. Stepanova V.A., Pokrovsky O.S., Viers J., Mironycheva-Tokareva N.P., Kosykh N.P., Vishnyakova E.K. Elemental composition of peat profiles in western Siberia: Effect of the micro-landscape, latitude position and permafrost coverage // *Applied Geochemistry*. 2015. Vol. 53. P. 53–70.

THE CONTENT AND DISTRIBUTION OF ORGANIC CARBON, N, K, P, CA, AL AND FE IN THE PEAT DEPOSITS OF THE FLAT FROST MOUND BOGS BASSIN RIVER PIAKOPUR (NORTEN TAIGA WESTERN SIBIREA)

Loyko S.V., Raudina T.V., Lim A.G., Kritckov I.V., Volkova I.I., Kolesnichenko L.G., Istigechev G.I.

Tomsk State University, Tomsk, s.loyko@yandex.ru

Summary. The content and distribution of organic carbon, N, K, P, Ca, Al and Fe in the peat deposits of the flat frost mound bogs with capacity of 1 meter was reviewed. The botanical composition of the peat was described. A good correlation between the decomposition degree of peat and the dry peat brightness measured in the color model CIE L * a * b * was identified. It was shown that the carbon and nitrogen concentration in the peat were significantly higher in the lower (frozen) half of peat deposits. It was noted the increasing of K, P, Ca, Al and Fe concentrations in the top part of the melt peat deposits with large values of the variation than in the lower frozen half.

Keywords: flat frost mound bogs; Western Siberia; carbon; soil.

ИЗМЕНЕНИЕ КЛИМАТА И ЕГО ВЛИЯНИЕ НА ЦИКЛ АЗОТА

П.А. Никитич^{1,2}, Д.В. Еремеева²

¹ *Институт почвоведения и агрохимии СО РАН, Новосибирск,
polinkanick@mail.ru*

² *Томский государственный университет, Томск, reteevadiana040294@gmail.com*

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 16-34-00674.

Аннотация. В течение последних нескольких десятилетий в научном сообществе активно обсуждается глобальная проблема изменения климата. На это указывают многочисленные исследования, результаты которых отражены в научных публикациях. Сезонно заснеженные районы особенно чувствительны к изменению климата, так как даже небольшие изменения температуры и осадков могут привести к значительным изменениям мощности снежного покрова и сроков его установления. Снег является отличным теплоизолятором, и сезонный снежный покров достаточной высоты эффективно защищает почву от воздействия температуры воздуха.

Ключевые слова: изменение климата; снежный покров; цикл азота.

В настоящее время климатические условия на территории России существенно меняются, и тенденции этих изменений в ближайшие 5–10 лет будут сохраняться, что подтверждается результатами исследований российских ученых, в частности Российской академии наук, и исследованиями зарубежных специалистов [1–8]. В последние десятилетия на фоне повышения глобальной температуры и сокращения площади морского льда в Северном полушарии на территории России наблюдается увеличение высоты снежного покрова, как средней за зиму, так и максимальной.

Современные сценарии изменения климата прогнозируют увеличение количества осадков на юге Западной Сибири, которое может привести к увеличению мощности снежного покрова и уменьшению степени промерзания почв, что, в свою очередь, будет отражаться на скорости разложения и минерализации органического вещества и циклах основных биофильных элементов. Это окажет значительное

влияние на баланс углерода и элементов минерального питания в экосистеме, а также стабильность экосистем и биоразнообразия [7–12].

Остается неясным влияние долговременных изменений климата на две характеристики, важные для функционирования бореальных лесов: 1 – влажность почвы в летний период, 2 – снежный покров [13]. Первая регулирует процессы разложения растительных остатков, динамику элементов питания и зависит от температуры, количества осадков, а также способности растений использовать воду [14]. В последние годы проблеме изменения климата в зимнее время уделяется особое внимание в связи с тем, что промерзание почвы регулирует динамику элементов питания в течение зимнего периода во многих экосистемах [15–18]. Изменения климата зимой и влажности почвы летом влияют на многие процессы: листопад, минерализацию, нитрификацию, денитрификацию, выщелачивание, микробное и корневое дыхание. Это влияние осуществляется непосредственно воздействием температуры и влажности почвы, а также косвенно – через поглощение воды и питательных элементов растениями [19].

Примерно 60% земной поверхности подвержено образованию сезонного снежного покрова и промерзанию почв [20]. Сезонно заснеженные экосистемы играют важную роль в глобальных биогеохимических циклах. Воздействие изменения климата на циклы питательных элементов в настоящее время изучено недостаточно. Некоторые исследователи предполагают снижение в почвах количества азота, доступного растениям; имеющиеся в научной литературе данные часто противоречивы [17, 21–22].

Исследования в различных лесных и тундровых экосистемах показывают, что увеличенная мощность снежного покрова защищает почву от низких температур воздуха и обеспечивает более высокие уровни иммобилизации азота [16, 23], в то время как при небольшой мощности снежного покрова отмечается более высокий экспорт азота [16–17, 22, 24–28]. Минерализованный азот под более высоким снежным покровом иммобилизуется микробной биомассой [16, 25] и, предположительно, позже используется растениями в начале вегетационного периода. Изменение мощности снежного покрова может косвенно влиять на накопленный углерод в экосистемах путем регулирования количества доступного растениям азота после снеготаяния. Однако в некоторых случаях изменение мощности снежного покрова не оказывает влияния на процессы минерализации азота [17, 29–30].

Изменение климата может привести к заметным трансформациям в структуре и функционировании экосистем, включая циклы элементов питания [31–33]. Территории с сезонным снежным покровом особенно чувствительны к изменению климата, небольшие колебания температуры и осадков могут привести к значительным изменениям сроков и мощности снежного покрова.

В связи с этим проблема изменения климата и трансформации циклов основных элементов-биофилов является актуальной и требует глубоких исследований для прогнозирования процессов, протекающих в почве – связующем звене любых наземных экосистем.

Литература

1. Мещерская А.В., Белянкина И.Г., Голод М.П. Мониторинг толщины снежного покрова в основной зернопроизводящей зоне бывшего СССР за период инструментальных наблюдений // Известия РАН. Сер. географическая. 1995. № 4. С. 101–110.
2. Bamzai A. S., Shukla J. Relation between Eurasian snow cover, snow depth, and the Indian summer monsoon: an observational study // *Climate*. 1999. Vol. 12. P. 3117–3132.
3. Ye H., Ellison M. Changes in transitional snowfall season length in Northern Eurasia // *Geophys. Res. Lett.* 2003. Vol. 30, № 5. P. 561–563.
4. Ye H., Bao Z. Eurasian snow conditions and summer monsoon rainfall over South and Southeast Asia: Assessment and comparison // *Adv. Atmos. Sci.* 2005. Vol. 22, № 6. P. 877–888.
5. Китаев Л.М., Радионов В.М., Форланд Э., Разуваев В.Н., Мартуганов Р.А. Продолжительность залегания устойчивого снежного покрова на севере Евразии в условиях современных изменений климата // *Метеорология и гидрология*. 2004. № 11. С. 65–72.
6. Китаев Л.М., Разуваев В.Н., Хейно Р., Форланд Э. Продолжительность залегания снежного покрова в Северной Европе // *Метеорология и гидрология*. 2006. № 3. С. 95–100.
7. Groisman P.Y., Blyakharchuk T.A., Chernokulsky A.V., Arzhanov M.M., Marchesini L.B., Bogdanova E.G., Borzenkova I.I., Bulygina O.N., Karpenko A.A., Karpenko L.V., Knight R.W., Khon V.C., Korovin G.N., Meshcherskaya A.V., Mokhov I.I., Parfenova E.L., Razuvaev V.N., Speranskaya N.A., Tchebakova N.M., Vygodskaya N.N. *Regional Environmental Changes in Siberia and Their Global Consequences*. [S. l.] : Springer, 2012. 357 p.
8. IPCC. *Climate Change 2013 – The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* / ed. by T. Stocker, D. Qin, G. Plattner, M. Tignor, S. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex, P. Midgley. Cambridge Books Online. Cambridge University Press, 2013. 1535 p.

9. Bulygina O.N., Razuvaev V.N., Korshunova N.N. Changes in snow cover over Northern Eurasia in the last few decades // *Environ. Res. Lett.* 2009.
10. Bulygina O.N., Groisman P.Y., Razuvaev V.N., Radionov V.F. Snow cover basal ice layer changes over Northern Eurasia since 1966 // *Environ. Res. Lett.* 2010.
11. Bulygina O.N., Groisman P.Y., Razuvaev V.N., Korshunova N.N. Changes in snow cover characteristics over Northern Eurasia since 1966 // *Environ. Res. Lett.* 2011.
12. Rawlins M.A., Steele M., Holland M.M., Adam J.C., Cherry J.E., Francis J.A., Groisman P.Y., Hinzman L.D., Huntington T.G., Kane D.L., Kimball J.S., Kwok R., Lammers R.B., Le C.M., Lettenmaier D.P., McDonald K.C., Podest E., Pundsack J.W., Rudels B., Serreze M.C., Shiklomanov A., Skagseth Ø., Troy T.J., Vörösmarty C.J., Wensnahan M., Wood E.F., Woodgate R., Yang D., Zhang K., Zhang T. Analysis of the Arctic System for Freshwater Cycle Intensification: Observations and Expectations // *Clime*. 2010. Vol. 23, № 21. P. 5715–5737.
13. Groffman P., Hardy J., Fisk M., Fahey T., Driscoll C. Climate variation and soil carbon and nitrogen cycling processes in a northern hardwood forest // *Ecosystems*. 2009.
14. Hanson P.J., Wullschleger S.D., Norby R.J., Tschaplinski T.J., Gunderson C.A. Importance of changing CO₂, temperature, precipitation, and ozone on carbon and water cycles of an upland-oak forest: incorporating experimental results into model simulation // *Glob. Change Biol.* 2005. Vol. 11. P. 1402–1423.
15. Williams M., Rastetter E.B., Fernandes D.N., Goulden M.L., Wofsy S.C., Shaver G.R., Melillo J.M., Munger J.W., Fan S.M., Nadelhoffer K.J. Modelling of soil-plant-atmosphere continuum in a Quercus-acer stand at Harvard forest: The regulation of stomatal conductance by light, nitrogen and soil/plant hydraulic properties // *Plant, Cell and Environment*. 1996. Vol. 19. P. 911–927.
16. Brooks P.D., Williams M.W. Snowpack controls on nitrogen cycling and export in seasonally snow-covered catchments // *Hydrol. Process.* 1999. Vol. 13, № 14–15. P. 2177–2190.
17. Groffman P., Driscoll C., Fahey T., Hardy J., Fitzhugh R., Tierney G. Colder soils in a warmer world: A snow manipulation study in a northern hardwood forest ecosystem // *Biogeochemistry*. 2001. Vol. 56, № 2. P. 135–150.
18. Campbell J.L., Reinmann A.B., Templer P.H. Soil Freezing Effects on Sources of Nitrogen and Carbon Leached During Snowmelt // *Soil Sci. Soc. Am. J.* 2014a. Vol. 78, № 1. P. 297.
19. Borken W., Davidson E.A., Savage K., Sundquist E.T., Steudler P. Effect of summer throughfall exclusion, summer drought, and winter snow cover on methane fluxes in a temperate forest soil // *Soil Biol Biochem.* 2006. Vol. 38. P. 1388–1395.
20. Zhang T. Influence of the seasonal snow cover on the ground thermal regime: An overview // *Authors. Rev. Geophys.* 2005. Vol. 43.
21. Christopher F.S., Shibata H., Ozawa M., Nakagawa Y., Mitchell M.J. The effect of soil freezing on N cycling: comparison of two headwater subcatchments with different vegetation and snowpack conditions in the northern Hokkaido Island of Japan // *Biogeochemistry*. 2008. Vol. 88. P. 15–30.
22. Fitzhugh R., Driscoll C., Groffman P., Tierney G., Fahey T., Hardy J. Effects of soil freezing disturbance on soil solution nitrogen, phosphorus, and carbon chemistry in a northern hardwood ecosystem // *Biogeochemistry*. 2001. Vol. 56 (2). P. 215–238.

23. Buckeridge K.M., Grogan P. Deepened snow increases late thaw biogeochemical pulses in mesic low arctic tundra // *Biogeochemistry*. 2010. Vol. 101, № 1–3. P. 105–121.
24. Boutin R., Robitaille G. Increased soil nitrate losses under mature sugar maple trees affected by experimentally induced deep frost // *Can. J. For. Res.* 1995. Vol. 25, № 4. P. 588–602.
25. Brooks P.D., Williams M.W., Schmidt S.K. Microbial activity under alpine snowpacks, Niwot Ridge, Colorado // *Biogeochemistry*. 1996. Vol. 32, № 2. P. 93–113.
26. Callesen I., Borken W., Kalbitz K., Matzner E. Long-term development of nitrogen fluxes in a coniferous ecosystem: Does soil freezing trigger nitrate leaching? // *Plant Nutr. Soil Sci.* 2007. Vol. 170, № 2. P. 189–196.
27. Groffman P.M., Hardy J.P., Driscoll C.T., Fahey T.J. Snow depth, soil freezing, and fluxes of carbon dioxide, nitrous oxide and methane in a northern hardwood forest // *Glob. Chang. Biol.* 2006. Vol. 12.9. P. 1748–1760.
28. Groffman P.M., Williams C.O., Pouyat R.V. Nitrate leaching and nitrous oxide flux in urban forests and grasslands // *Environ Qual.* 2009. Vol. 38. P. 1848–1860.
29. Groffman P.M., Stylinski C., Nisbet M., Duarte C., Jordan R., Burgin A., Previtali M.A., Coloso J. Restarting the conversation: Challenges at the interface between ecology and society // *Frontiers in Ecology and the Environment*. 2010. Vol. 8, № 6. P. 284–291.
30. Vitosek P.M., Porder S., Houlton B.Z., Chadwick O.A. Terrestrial phosphorus limitation: mechanisms, implications, and nitrogen-phosphorus interactions // *Ecol. Appl.* 2010. Vol. 20, № 1. P. 5–15.
31. Mitchell M.J., Driscoll C.T., Kahl J.S., Murdoch P.S., Pardo L.H. Climatic Control of Nitrate Loss from Forested Watersheds in the Northeast United States // *Environ. Sci. Technol.* 1996. Vol. 30, № 8. P. 2609–2612.
32. Tilman D. Species comparison, species diversity, and ecosystem processes: Understanding the impact of global changes // *Successes, Limitations, and Frontiers in Ecosystem Science* / eds. by M.L. Pace and P.M. Groffman.. New York : Springer-Verlag, 1998. P. 452–472.

CLIMATE CHANGE AND ITS EFFECT ON NITROGEN CYCLE

Nikitich P.A.^{1,2}, *Eremeeva D.V.*²

¹ Institute of Soil Science and Agrochemistry SB of RAS, Novosibirsk, polinkanick@mail.ru

² National Research Tomsk State University, Tomsk, eremeevadiana040294@gmail.com

Summary. Over the last several decades, the scientific community discussed the global problem of climate change. On this indicate numerous studies, the results of which are reflected in scientific publications. The seasonally snow-covered regions are especially sensitive to climate change, as even small changes in temperature and precipitation can lead to significant changes in the thickness of snow cover and the timing of its establishment. Snow is an excellent insulator, and seasonal snow cover sufficient height effectively protects the soil from the effects of air temperature.

Keywords: climate change; snow cover; nitrogen cycle.

КАЧЕСТВЕННАЯ ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ПОЧВ ОТВАЛОВ ГОРЛОВСКОГО АНТРАЦИТОВОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

Т.Л. Окорокова¹, Д.А. Соколов²

¹ *Новосибирский государственный аграрный университет, Новосибирск,
okorokova5@yandex.ru*

² *Институт почвоведения и агрохимии СО РАН, Новосибирск,
sokolovdenis@mail.ru*

Аннотация. Дана качественная оценка почв, сформированных на 30-летних отвалах Горловского антрацитового месторождения. Показано, что наиболее плодородными почвами являются эмбриоземы, сформированные на рыхлых осадочных отложениях. Установлено, что уровень качественной ценности каменистых почв определяется содержанием физической глины, почв, сформированных на рыхлых породах, – содержанием гумуса.

Ключевые слова: эмбриоземы; антрацит; гумус; балл бонитета; почвы отвалов угольных разрезов.

Горловский угольный бассейн – одно из крупнейших месторождений антрацита в России, полностью расположенное на территории Новосибирской области. Угли данного месторождения отличаются уникальными физико-химическими свойствами, в частности высоким содержанием углерода и низким содержанием серы, летучих веществ и золы, что делает их ценным сырьем не только для энергетической, но и для химической промышленности. На территории бассейна работает 4 угольных разреза, в которых ежегодно добывают около 5 млн т рядового антрацита. Антрацит Горловского угольного бассейна сегодня добывается карьерным способом, при котором при извлечении 1 млн т угля под отвалы и карьеры отчуждается до 36 га прилегающих земель. Все это, а также то, что к 2020 г. планируется удвоение объема ежегодной добычи, определяет актуальность исследований, направленных на оценку потенциального плодородия почв отвально-карьерных комплексов.

Цель данного исследования состоит в том, чтобы оценить качественную ценность почв, сформированных на поверхности отвалов Горловского антрацитового месторождения.

Горловское антрацитовое месторождение расположено на правом берегу р. Обь в 100 км к югу от Новосибирска, в Искитимском рай-

оне. Исследуемые 30-летние отвалы сложены техногенным элювием плотных осадочных пород. Они представлены смесью сильно метаморфизированных аргиллитов, алевролитов и песчаников. На таких породах сформированы инициальные, органо-аккумулятивные, резе дерновые эмбриоземы. Отличительной особенностью этих почв является высокая каменистость (содержание камней $> 70\%$) и переуплотненность (плотность сложения $> 2 \text{ г/см}^3$) [1]. Также на поверхности исследуемых отвалов встречаются участки, отсыпанные рыхлыми осадочными породами, представленными неогеновыми глинами. В почвенном покрове таких участков преобладают дерновые эмбриоземы.

Для качественной оценки состояния исследуемых почв рассчитывался балл бонитета, который отражает меру соответствия их свойств таковым у зональных почв. Балл бонитета эмбриоземов рассчитывается по формуле:

$$B_э = B_{зп} \times K_c, \quad (1)$$

где $B_э$ – балл бонитета эмбриозема; $B_{зп}$ – балл бонитета зональной почвы; K_c – коэффициент специфичности свойств эмбриоземов.

Поскольку зональными почвами для данной территории являются выщелоченные черноземы с баллом бонитета близким к 100, то $B_{зп}$ принималось равным 100 [2].

Коэффициент специфичности почвы рассчитывается по основным почвенным показателям, значения которых характеризуют индивидуальные особенности субстрата, лимитирующие или стимулирующие восстановление почвенно-экологических функций. В случае с отвалами угольных разрезов основное влияние на развитие процессов почвообразования оказывают рельеф, содержание физической глины, плотность сложения субстрата и содержание гумуса [3]. Численные значения этого коэффициента характеризуют степень отклонения почвенного показателя от контрольного значения в зональной почве, выбранной в качестве эталона. Вне зависимости от того больше или меньше рассматриваемый показатель, чем он сильнее отличается от контрольного варианта, тем меньше K_c .

Так, коэффициент специфичности субстрата по содержанию физической глины можно рассчитать следующим образом:

$$K_{с_{фг}} = \frac{C_{фг.э}}{C_{фг.ч}}, \quad (2)$$

где $K_{с_{фг}}$ – коэффициент специфичности по содержанию физической глины; $C_{фг.э}$ и $C_{фг.ч}$ – содержание физической глины в эмбриоземе и черноземе соответственно.

В том случае, если содержание физической глины в исследуемом образце эмбриозема выше, чем в образце зональной почвы, значения числителя и знаменателя меняются местами. Поэтому при расчете коэффициента специфичности по плотности в числитель формулы ставится плотность зональной почвы, а в знаменатель – эмбриозема:

$$K_{c_{п}} = \frac{pb_{ч}}{pb_{э}}, \quad (3)$$

где $K_{c_{п}}$ – коэффициент специфичности по плотности сложения; $pb_{ч}$ и $pb_{э}$ – плотность сложения чернозема и эмбриозема соответственно.

Также рассчитывается коэффициент специфичности по содержанию гумуса:

$$K_{c_{гум}} = \frac{C_{гум.э}}{C_{гум.ч}}, \quad (4)$$

где $K_{c_{гум}}$ – коэффициент специфичности по содержанию гумуса; $C_{гум.э}$ и $C_{гум.ч}$ – содержание гумуса в эмбриоземе и черноземе соответственно.

Коэффициент специфичности по рельефу в расчете не используется, поскольку на всех исследуемых участках проведена планировка, в результате которой их поверхность доведена до горизонтальной.

В общем виде коэффициент специфичности рассчитывается как среднее значение коэффициентов специфичности субстрата по плотности, содержанию физической глины и педогенного органического углерода:

$$K_{ср} = \frac{K_{с_{фг}} + K_{с_{п}} + K_{с_{гум}}}{3}, \quad (5)$$

где $K_{ср}$ – коэффициент специфичности, средний по всем значениям.

Аналогичным образом рассчитывается коэффициент специфичности для исследуемой части профиля почвы. В данной работе сравнивались образцы только из верхнего 20-сантиметрового слоя. При таком подходе полученные количественные значения позволяют определить не только меру соответствия свойств эмбриоземов таковым у черноземов, но и рассчитать средневзвешенный балл для каждой конкретной почвы.

Методическую основу исследований обеспечили общепринятые в почвоведении методы, описанные в руководствах по исследованию химических и физических свойств почв [4–6].

Как известно, скорость развития почвообразовательных процессов в техногенных ландшафтах, равно как и состав почвенного покрова, зависит от эдафических условий корнеобитаемого слоя, свойства ко-

торого во многом определяются особенностями формирования ландшафта на горнотехническом этапе [7]. Вместе с этим по мере развития почвообразования в эмбриоземах отмечается изменение таких показателей, как гранулометрический состав, плотность сложения и содержание углерода.

Результаты проведенных исследований показывают, что содержание тонких фракций в почвах увеличивается с глубиной (таблица). Однако значения этого показателя остаются в пределах одной и той же категории градации. Так, по содержанию физической глины гранулометрический состав почв на участках отсыпки плотных пород можно отнести к категории песок связный. Почвы, сформированные на рыхлых породах, характеризуются тяжелосуглинистым составом в верхнем горизонте и легкоглинистым в слое 3–20 см.

Коэффициент специфичности рассчитывался исходя из того, что в эталонном черноземе содержание фракции менее 0,01 мм составляет 55%. Поэтому $K_{сфг}$ для каменистых почв увеличиваются с глубиной в инициальных эмбриоземах от 0,17 до 0,18, в органо-аккумулятивных – от 0,12 до 0,19, в дерновых – от 0,10 до 0,22. Максимальные коэффициенты свойственны дерновым эмбриоземам, сформированным на неогеновых глинах – от 0,79 до 0,89.

Свойства эмбриоземов, определяющие их специфичность по отношению к черноземам

Наименование образца	Глубина, см	Физ. глина, эмб. %	Плотность, г/см ³	Гумус, %	$K_{сфг}$	$K_{сп}$	$K_{сгум}$	$K_{ср}$	$K_{с}$	B_3
Инициальный (тех. эл.)	0–10	9,3	2,2	2,9	0,17	0,51	0,24	0,31	0,29	29
	10–20	9,8	2,3	1,7	0,18	0,48	0,14	0,27		
Органо-аккумулятивный (тех. эл.)	0–10	6,5	1,9	2,9	0,12	0,58	0,24	0,31	0,32	32
	10–20	10,5	2,1	2,9	0,19	0,52	0,24	0,32		
Дерновый (тех. эл.)	0–3	5,3	1,3	2,2	0,10	0,85	0,18	0,37	0,32	32
	3–10	8,9	2,1	4,4	0,16	0,52	0,36	0,35		
	10–20	11,8	2,1	1,2	0,22	0,52	0,10	0,28		
Дерновый (неоген. глины)	0–3	43,2	1,3	3,5	0,79	0,85	0,29	0,64	0,56	56
	3–12	65,0	1,6	1,7	0,85	0,69	0,14	0,56		
	12–20	62,0	1,8	1,2	0,89	0,61	0,10	0,53		
Чернозем выщелоченный	0–20	55,0	1,1	10,0	1	1	1	1	1	100

Еще одной особенностью эдафических условий исследуемых техногенных ландшафтов, представленных отвалами угольных разрезов, является плотность сложения почв. Связано это с тем, что их формирование происходит при участии различного рода технических средств. В процессах формирования отвала участвуют экскаваторы, автомобильная и другая техника, осуществляющие отсыпку и перемещение пород. Все они выполняют определенные функции на разных этапах формирования отвала и оказывают на него определенное воздействие. В итоге почвообразовательные процессы начинают протекать на поверхности, характеризующейся пространственной неоднородностью не только по составу пород, но и по степени их уплотненности. Проведенные исследования показали, что все почвы техногенных ландшафтов характеризуются более высокими значениями плотности сложения по сравнению с естественными. Максимальная плотность ($2,3 \text{ г/см}^3$) была отмечена в инициальных эмбриоземах, минимальная – в дерновых ($1,3\text{--}1,8 \text{ г/см}^3$).

Расчеты коэффициентов специфичности показывают, что плотность эмбриоземов в эволюционном ряду снижается и приближается к таковой черноземов. Так, минимальными значениями $K_{сп}$ верхней части профиля характеризуются инициальные эмбриоземы (0,51), максимальными – дерновые (0,85).

Оценивая следующий показатель, определяющий качество почв, важно понимать, что особенностью почвообразовательного процесса, протекающего на отвалах угольных разрезов, является высокая пространственная изменчивость по содержанию органического вещества. В первую очередь это объясняется содержанием угля в слагающих отвалы породах, а также особенностями естественного возобновления растительности. Принято считать, что содержание гумуса в углесодержащих образцах при помощи методов мокрого сжигания оценить невозможно [8], поскольку при проведении анализа в навеске почвы вместе с гумусом окисляются также углистые частицы. Однако антрацитовые угли являются устойчивыми к такому окислению. Поэтому их влиянию на значения величин в содержании гумуса в данном случае можно пренебречь.

Содержание гумуса в верхних горизонтах исследуемых каменистых эмбриоземов составило в инициальном и органо-аккумулятивном 2,9%, в дерновом – 2,2%. Максимальное содержание гумуса (3,5%) бы-

ло отмечено в дерновых эмбриоземах, сформированных на рыхлых породах. При расчете коэффициента специфичности по содержанию гумуса за основу принималось их содержание в зональных ненарушенных черноземах, составляющее 10%. Полученные результаты свидетельствуют о том, что по мере развития почвообразовательных процессов содержание педогенного органического вещества в исследуемых почвах приближается к таковому в черноземах (таблица).

Таким образом, качественная оценка состояния почв техногенного ландшафта сводится, по существу, к количественной оценке тех свойств и режимов, которые определяют скорость и направленность протекания почвообразовательных процессов. Рассчитываемые коэффициенты специфичности показывают значительные различия во вкладе в общее варьирование различных свойств почв. Оценивая вклад определяемых показателей в средний коэффициент специфичности, следует заметить, что в почвах, сформированных на плотных породах, определяющим условием в расчете коэффициента специфичности является содержание физической глины. Для этих почв $K_{с\text{фг}}$ минимальны среди других коэффициентов. В почвах, сформированных на рыхлых осадочных отложениях, лимитирующим условием развития почвообразовательных процессов является содержание гумуса. Для них минимальны значения $K_{с\text{гум}}$. Принимая во внимание современные представления о скорости гумусонакопления в черноземах [9], становится понятным, что в данном случае на реализацию литогенного потенциала гумусонакопления не хватает времени.

В эволюционном ряду почв на участках плотных пород значения средних коэффициентов специфичности практически не меняются. В дерновых эмбриоземах, сформированных на неогенных глинах, они максимальны и достигают 0,56.

Расчет баллов бонитета исследуемых почв показывает, что наиболее плодородными являются дерновые эмбриоземы, сформированные на неогеновых глинах: их балл бонитета равен 56. По уровню плодородия эти почвы соответствуют дерново-подзолистым глееватым и аллювиально-луговым почвам [10].

Эмбриоземы участков, отсыпанных плотными породами, несмотря на неоднородный состав почвенного покрова, оцениваются в (31 ± 2) балла, что по уровню плодородия ставит их в один ряд с подзолами, солодями и различными типами горных почв.

Литература

1. Соколов Д.А., Андроханов В.А., Кулижский С.П., Доможакова Е.А., Лойко С.В. Морфогенетическая диагностика процессов почвообразования на отвалах каменноугольных разрезов Сибири // Почвоведение. 2015. № 1. С. 106–117.
2. Щербинин В.И. Принципы бонитировки почв Западной Сибири. Новосибирск : Наука, 1985. 118 с.
3. Андроханов В.А. Курачев В.М. Почвенно-экологическое состояние техногенных ландшафтов: динамика и оценка. Новосибирск : Изд-во СО РАН, 2010. 221 с.
4. Агрохимические методы исследования почв / отв. ред. А.В. Соколов, Д.Л. Аскинази. М., 1965. 436 с.
5. Аринушкина Е. В. Руководство по химическому анализу почв. М. : Изд-во МГУ, 1970. 488 с.
6. Вадюнина А.Ф. Корчагина З.А. Методы исследования физических свойств почв и грунтов. М. : Высш. шк., 1973. 400 с.
7. Семина И.С., Беланов И.П., Шипилова А.М., Андроханов В.А. Природно-техногенные комплексы Кузбасса: свойства и режимы функционирования. Новосибирск : Изд-во СО РАН, 2013. 396 с.
8. Соколов Д.А., Кулижский С.П., Беланов И.П. Методы определения содержания гумуса в углесодержащих почвах техногенных ландшафтов и их сравнительная оценка // Природно-техногенные комплексы: современное состояние и перспективы восстановления : материалы междунар. науч. конф. Новосибирск, 2016. С. 229–237.
9. Лисецкий Ф.Н. Воспроизводство почв в степных экосистемах разного возраста // Сибирский экологический журнал. 2012. № 6. С. 819–829.
10. Тюменцев Н.Ф., Гаджиев И.М., Черникова М.И., Теплова Г.Х. Бонитеты почв Западной Сибири // Специфика почвообразования в Сибири. Новосибирск : Наука, 1979. С. 53–60.

QUALITATIVE EVALUATION OF SOIL CONDITION IN COAL MINE DUMPS OF GORLOVKA ANTHRACITE DEPOSIT

Okorokova T.L.¹, Sokolov D.A.²

¹Novosibirsk state agrarian University, Novosibirsk, okorokova5@yandex.ru

²Institute of soil science and Agrochemistry SB RAS, Novosibirsk,

sokolovdenis@mail.ru

Summary. Qualitative evaluation of soils, formed on the 30-years-old dumps of Gorlovka anthracite field, is given. It is shown that the most fertile soils are the embryozems formed on crumbly sediments. It is revealed that the level of quality values in rocky soils is determined by the physical clay content and in soils formed on loose rocks - by humus content.

Keywords: embryonic soils; anthracite; humus; bonitet value; soils of the coal mine dumps.

ОЦЕНКА НЕОДНОРОДНОСТИ ПОЧВЕННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ НА ПРИМЕРЕ ЧЕРНОЗЕМОВ ЮЖНЫХ СРЕДНЕСУГЛИНИСТЫХ ЮГА ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

А.А. Оплеухин, И.В. Михеева

*Институт почвоведения и агрохимии СО РАН, Новосибирск,
plybym@rambler.ru*

Аннотация. Приведен пример оценки степени неоднородности содержания гумуса в черноземах сухостепной зоны юга Западной Сибири (Прииртышский увал) с помощью информационных характеристик.

Ключевые слова: чернозем; гумус; вероятностные распределения; энтропия.

Для оценки информационных характеристик систем передачи данных Шенноном был предложен показатель энтропии, позволяющий определить требования к минимальной пропускной способности канала:

$$S = -k \sum_{i=1}^N p_i \ln p_i,$$

где p_i – вероятность встречаемости символа i в коде, содержащем N символов; k – размерный множитель [1]. Поскольку данный показатель характеризует степень неопределенности появления того или иного знака в сообщении, он оказался удобен для характеристики неопределенности (однородности, сложности, разнообразия и т.д.) в естественных науках, в том числе и в почвоведении. Андрей Николаевич Колмогоров с коллегами развили вероятностное определение энтропии в теории информации:

$$S = \int f(x) \ln f(x) dx.$$

Здесь $f(x)$ – функция распределения случайной величины x [Там же]. Это позволило использовать данный показатель для непрерывных

функций. Таким образом, имея достаточное количество данных, мы можем построить модель вероятностного распределения значений исследуемой величины, а затем оценить меру ее неопределенности, что позволяет сравнивать различные модели [2].

В качестве примера возьмем данные содержания гумуса в 1963–1967 гг. в черноземах южных среднесуглинистых Прииртышского увала ($N = 39$) по материалам крупномасштабных почвенных обследований по стандартным методикам. В результате построения моделей вероятностно-статистических распределений получены графики плотности вероятности встречаемости тех или иных значений содержания гумуса в исследуемых почвах (рис. 1).

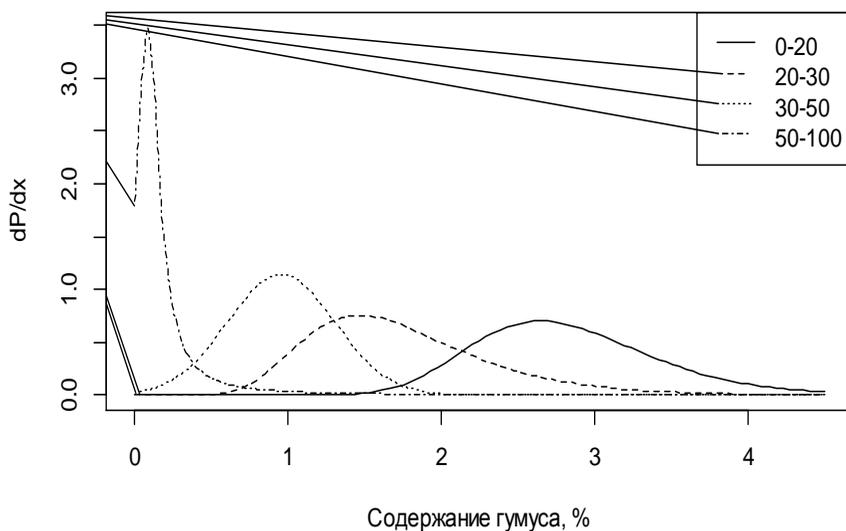


Рис. 1. Функции распределения содержания гумуса в черноземах южных среднесуглинистых на разных глубинах в 1963–1967 гг.

Для данных функций получены значения статистической энтропии, характеризующие степень неопределенности значений содержания гумуса (таблица).

Значения энтропии характеризуют стабильность проявления значений признака.

**Статистическая энтропия содержания гумуса
в черноземах южных среднесуглинистых**

Слой почвы, см	Статистическая энтропия
1963–1967 гг.	
0–20	0,75
20–30	0,81
30–50	0,35
50–100	–0,25

Исходные данные взяты в различных хозяйствах исследуемого района, следовательно, полученный показатель неоднородности характеризует изменчивость показателей данной почвы в пределах исследуемого географического района и в целом изменчивость влияния различных факторов территории в пределах исследуемой разновидности почвы.

Литература

1. Левич А.П. Энтропия как мера структурированности сложных систем // Труды семинара «Время, хаос и математические проблемы». М. : Ин-т мат. исследований сложных систем МГУ им. М.В. Ломоносова, 2000. Т. 2. С. 163–176.
2. Михеева И.В. Вероятностно-статистическая оценка устойчивости и изменчивости природных объектов при современных процессах (на примере каштановых почв Кулундинской степи). Новосибирск : Изд-во СО РАН, 2005.

ASSESSMENT OF HETEROGENEITY OF SOIL'S PARAMETERS AT THE EXAMPLE OF LOAMY CHERNOZEMS SOUTHERN ON THE SOUTH OF WESTERN SIBERIA

Opleuhin A.A., Mikheeva I.V.

Institute for Soil Science and Agrochemistry, SB RAS, Novosibirsk,
plymbym@rambler.ru

Summary. Submitted the example of assessment of degree of heterogeneity of the content of humus in Chernozems of dry steppe zone of the south of Western Siberia (Priirtyshsky uval), using information characteristics.

Keywords: chernozem; humus; probabilistic distributions; entropy.

ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА И ОСОБЕННОСТИ ПЕТРОГРАФИЧЕСКОГО СОСТАВА ЭМБРИОЗЕМОВ ОТВАЛОВ ОДРА-БАШСКОГО ЖЕЛЕЗОРУДНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

И.А. Пронина¹, В.Г. Двуреченский², В.П. Середина¹

¹ *Томский государственный университет, Томск, seredina-v@mail.ru*

² *Институт почвоведения и агрохимии СО РАН, Новосибирск, dvu-vadim@mail.ru*

Аннотация. Почвы считаются индикатором экологического состояния любого ландшафта. Их физико-химические свойства показывают качество почв, формирующихся в ландшафтах. Почвенно-экологическое состояние техногенных ландшафтов в первую очередь зависит от пород, являющихся для данных ландшафтов материнскими, их петрографического состава. Специфика развития почвенного покрова также обуславливается особенностями климата, рельефа и биоценоза.

Ключевые слова: эмбриоземы; техногенный ландшафт; петрографический состав; физико-химические свойства почв.

С каждым днем увеличивается добыча полезных ископаемых, расширяя территорию техногенного воздействия на естественные ландшафты; все больше усугубляется экологическая обстановка тех ландшафтов, которые подвергались и подвергаются воздействию горнодобывающей промышленности. На предприятиях образуется огромное количество отходов. Основные отходы, как следствие добычи, представляют собой отвалы вскрышных и вмещающих пород, которые по своей площади часто превышают площадь разреза. В результате подобного воздействия загрязняются, деградируют и исчезают почвенный и растительный покровы, сужаются ареалы микроценозов, альгоценозов, зооценозов. Вещества и элементы глубинных слоев земли, попадая на поверхность, нарушают геохимический цикл огромных территорий.

Исходя из этого, целью данной работы стало изучение петрографического состава и физико-химических свойств почв для определе-

ния почвенно-экологического состояния отвалов железорудного месторождения.

Объектами исследования послужили зональная бурая горно-таежная почва (разрез 1) и эмбриоземы, формирующиеся на транспортных отвалах Одра-Башского месторождения Темир-Тельбесской группы железорудных месторождений, – эмбриозем инициальный (разрез 2), эмбриозем органо-аккумулятивный буроземоподобный [1] (разрез 3) и эмбриозем органо-аккумулятивный типичный (разрез 4). Помимо этого, оценке почвенно-экологического состояния подвергался сам техногенный ландшафт.

Для реализации поставленной цели исследования в работе использовалась классификация почв техногенных ландшафтов [2].

При определении химических и физико-химических свойств почв использовались общепринятые методы исследования [3, 4]. Углерод определялся по схеме Тюрина в модификации Вадюниной и Корчагиной [5]. Петрографический анализ проводился методом оптической микроскопии [6].

Тельбесский железорудный район расположен в Кемеровской области, в бассейне рек Мундыбаша и Тельбеса, которые впадают в реку Кондому. В этот район входят наиболее крупные месторождения, имевшие ранее большое промышленное значение: собственно Одра-Башское, Тельбесское, Темир-Тауское. В настоящее время добыча железной руды практически не ведется.

Техногенный ландшафт представляет собой транспортные отвалы, которые отсыпали с учетом рельефа территории, т.е. породы присыпали к склоновым поверхностям невысоких гор. Субстрат отвалов состоит из хаотичной смеси вскрышных (покровные глины, некарбонатные суглинки) и вмещающих (песчаники, аргиллиты, алевролиты) пород.

Фоновой почвой в районе исследования считается горная бурая таежная среднесуглинистая почва.

Разрез 1 (бурая горно-таежная почва) заложен на участке северо-западного склона горы под черневой тайгой и таежным разнотравьем в окрестностях поселка Мундыбаш. Растительность: древесный ярус – пихта, береза, осина; кустарниковый ярус – смородина, акация; травянистый ярус – кипрей узколистный, ежа сборная, пырей ползучий,

мятлик обыкновенный, медуница лекарственная, нивяник лекарственный, клевер трехлепестный, злаковое высокотравье, местами моховой покров.

Характерными особенностями морфологического строения горно-таежной бурой почвы являются незначительная мощность почвенного профиля (65 см) и слабая дифференциация его на генетические горизонты, высокая каменистость, доходящая в нижних горизонтах до 70% и более, бурый цвет всего профиля. На поверхности горно-таежной бурой почвы накапливается опад, который в ходе интенсивных биологических процессов минерализуется с накоплением лесной подстилки, формирующейся по мюллеровому типу в виде органико-перегнойных остатков, мощностью 0–5 см. Далее идет гумусово-аккумулятивный горизонт A_1 небольшой мощности (10 см), сменяясь метаморфическим горизонтом Bm_1 . Отмечается большое содержание корней травянистой растительности в гумусовом горизонте и даже в горизонте Bm_1 , свидетельствующее о развитии дернового процесса. Затем следует горизонт BC , переходный к почвообразующей породе, и горизонт C – материнская порода, которая представлена суглинистым каменисто-щебнистым элювием и элюводелювием плотных пород.

Петрографический анализ каменистой части бурой горно-таежной почвы показал, что она состоит из глинистой породы с включением терригенного материала. Включенные обломки представлены кварцем, мусковитом, биотитом алевролитовых размерностей (0,01–0,05 мм), а также железосодержащими минералами – гематитом и пиритом. Определяется трехвалентное железо по микротрещинам. Присутствуют обломки пород силицитов. Встречается нежелезненный цемент.

В посттехногенный период развития ландшафтов Одра-Башского месторождения в результате естественного восстановления формируется специфический почвенный покров, в составе которого в условиях горной тайги преобладают два типа эмбриоземов: инициальные и органико-аккумулятивные.

Эмбриоземы инициальные – тип почв, морфологическим признаком которых является примитивность (или отсутствие) профиля, обусловленная неблагоприятными условиями почвообразования или лимитирующими факторами: высокой каменистостью субстрата, скло-

новыми и инсолируемыми поверхностями и др., что вызывает медленное преобразование субстрата отвала из-за отсутствия или слабого развития на его поверхности биоценозов.

Разрез 2 заложен на выположенной площадке самозарастающего транспортного отвала. Растительность: единичные экземпляры клевера, змееголовника. Возраст отвала – 70 лет.

Классификационная принадлежность в соответствии с классификацией почв техногенных ландшафтов [2]. Ствол: постлитогенные почвы; класс: биогенно-неразвитые; тип: эмбриозем инициальный; подтип: типичный; род: обычный; вид: не выделяется.

Петрографический анализ каменной части эмбриозема инициального показал, что в нем обломки твердой породы представлены в основном клиноцоизитом и актинолитовым метосоматитом. Отмечается наличие гранатового скарна анизотропного строения, насыщенного многочисленными ветвистыми жилками гидроксидов железа. Присутствуют эпидот, кварц, альбит, гнездовидные выделения клиноцоизита.

Эмбриоземы органо-аккумулятивные – следующая стадия развития почв техногенных ландшафтов. В исследуемых эмбриоземах профиль еще не дифференцирован, но на поверхности формирующейся почвы уже присутствует типодиагностический горизонт, представляющий собой слои подстилки разной степени разложения.

Разрез 3 заложен на выположенной вершине самозарастающего транспортного отвала. Растительность: древесный ярус – разреженные береза, сосна, осина; кустарниковый ярус – ива; травянистый ярус – кипрей узколистный, ежа сборная, пырей ползучий, мятлик обыкновенный, нивяник лекарственный, клевер трехлепестный, злаковое высокотравье, сплошной моховой покров. Возраст отвала – 70 лет.

Ствол: постлитогенные почвы; класс: биогенно-неразвитые; тип: эмбриозем органо-аккумулятивный; подтип: буроземоподобный [1]; род: обычный; вид: фрагментарный.

Разрез 4 заложен на выположенной вершине самозарастающего транспортного отвала. Растительность: древесный ярус – береза, осина; кустарниковый ярус – ива; травянистый ярус – пырей ползучий, мятлик однолетний, ежа сборная, тимopheевка луговая, овсяница луговая, кипрей белый, тысячелистник, горошек мышиный, клевер трехлепестный. Возраст отвала – 70 лет.

Ствол: постлитогенные почвы; класс: биогенно-неразвитые; тип: эмбриозем органо-аккумулятивный; подтип: типичный; род: обычный; вид: фрагментарный.

В бурой горно-таежной почве и эмбриоземах техногенных ландшафтов в той или иной степени всегда присутствуют аморфные минералы и вещества различной степени дисперсности – оксиды железа, алюминия и марганца, гумус, аллофаны, аморфный кремнезем. Содержание их незначительное, но значение для свойств почв и плодородия велико. В частности, гидроксиды железа и алюминия поглощают фосфор и участвуют в структурообразовании почв; аллофаны принимают участие в поглощении катионов и фосфатов, оказывают влияние на связность и липкость почв, увеличивают их гидрофильность.

В процессе исследований проводился валовый анализ содержания железа в профилях изучаемых почв, в результате чего почвы были дифференцированы по степени ожелезненности. Бурая горно-таежная почва имеет высокую степень ожелезненности в горизонтах A_1 и BC и умеренно высокую в остальных генетических горизонтах (таблица). Эмбриоземы обладают умеренно низкой степенью ожелезненности с тенденцией перехода к средней степени.

Зональные бурые горно-таежные почвы имеют среднекислую реакцию среды. Значения pH эмбриоземов инициальных и нижней части профилей эмбриоземов органо-аккумулятивных (начиная с горизонта C_2), колеблются в нейтральном пределе. Верхние горизонты эмбриоземов органо-аккумулятивных слабокислые (таблица). Известно, что в кислой среде роль железа в почвообразовании значительно увеличивается. Органические кислоты интенсивно разрушают минералы и способствуют усилению подвижности железа, вследствие чего происходит обогащение толщи активного почвообразования (верхних горизонтов) SiO_2 , величина которого диагностирует направленность и степень проявления подзолообразовательного процесса. И хотя в эмбриоземах резких скачков в содержании SiO_2 не выявлено, тем не менее, как тенденцию, можно отметить следующее. Скорее всего в будущем подзолообразовательный процесс проявится ярче, так как зональные условия способствуют развитию данного процесса, тем более, зональными почвами под черневой тайгой считаются дерновые глубокоподзолистые почвы.

**Физико-химические свойства фоновой почвы и эмбриоземов
Одра-Башского железорудного месторождения**

Горизонт	Глубина, см	Fe _{вал} , %	C, %	pH _{водн}	ЕКО, ммоль-экв/100 г	SiO _{2вал} , %
Разрез 1. Бурая горно-таежная почва						
A ₀	0–5	–	12,03	5,29	36,40	–
A ₁	5–15	11,03	8,72	4,68	24,40	55,52
Bm ₁	15–55	8,92	4,16	5,38	16,70	62,07
BC	55–65	8,42	3,30	5,34	14,20	57,62
C	> 65	10,32	3,23	5,31	12,30	48,77
Разрез 2. Эмбриозем инициальный						
C ₁	0–18	2,54	11,23	6,86	26,80	39,19
C ₂	> 18	3,20	11,26	7,01	19,00	35,33
Разрез 3. Эмбриозем органо-аккумулятивный (буроземоподобный)						
A ₀	0–1	–	–	–	–	–
A ₀ A ₁	1–3	2,88	11,60	6,09	39,40	40,38
C ₁	3–9	3,02	8,20	6,21	30,50	44,75
C ₂	9–45	3,23	4,43	6,75	17,40	35,95
C ₃	> 45	3,28	2,52	6,85	11,00	37,34
Разрез 4. Эмбриозем органо-аккумулятивный (типичный)						
A ₀	0–1	–	–	–	–	–
A ₀ A _d	1–3	3,12	6,71	6,20	46,60	35,38
C ₁	3–23	3,32	5,13	6,13	29,10	41,35
C ₂	23–42	3,32	4,52	6,62	28,70	38,37
C ₃	> 42	3,75	4,39	6,88	20,40	38,16

Примечание. «←» – данных нет.

Так как в техногенных ландшафтах 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 тоже 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. Учитывая это, до момента образования черневой тайги в почвенном покрове отвалов Одра-Башского железорудного месторождения предполагается наличие инициальных и органо-аккумулятивных типов эмбриоземов с преобладанием подтипа буроземоподобных.

Выводы:

1. Валовый и петрографический анализ почв показал высокую степень ожелезненности бурой горно-таежной почвы и умеренно низкую – эмбриоземов.

2. Почвенно-экологическое состояние ландшафта считается неудовлетворительным, так как по истечении 70 лет с момента начальной фазы техногенеза в почвенном покрове определяются эмбриоземы инициальные и различные подтипы эмбриоземов органо-аккумулятивных.

Литература

1. 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.
2. Курачев В.М., Андроханов В.А. Классификация почв техногенных ландшафтов // Сибирский экологический журнал. 2002. № 3. С. 255–261.
3. Агрохимические методы исследования почв. М. : Наука, 1965. 436 с.
4. Аринушкина Е.В. Руководство по химическому анализу почв. М. : Изд-во МГУ, 1970. 487 с.
5. Вадюнина А.Ф., Корчагина З.А. Методы исследования физических свойств почв и грунтов. М. : Высшая школа, 1973. 400 с.
6. Булах А. Г. Общая минералогия. СПб. : Изд-во СПб. ун-та, 2002.

PHYSICO-CHEMICAL PROPERTIES AND FEATURES OF PETROGRAPHIC COMPOSITION OF EMBRYOZEMS OF DUMP ODRABASH IRON ORE DEPOSIT

Pronina I.A.¹, Dvurechenskiy V.G.², Seredina V.P.¹

¹ Tomsk State University, Tomsk, seredina-v@mail.ru

² Institute of Soil Science and Agricultural Chemistry of SB RAS, Novosibirsk, dvu-vadim@mail.ru

Summary. Soils are considered an indicator of the ecological status of any landscape. Physical and chemical soil properties show the quality of soils formed in the landscapes. Soil-ecological state of technogenic landscapes in the first place depends on the species, which are for landscape data parent, their petrographic composition. The specificity of the soil cover also caused climate features, topography and ecological community.

Key words: embryozems; anthropogenic landscape; physicochemical properties of soils; petrographic composition.

РОЛЬ ВЕРМИКУЛЬТУРЫ В ПЛОДОРОДИИ ПОЧВЫ

О.В. Сенкевич

*Красноярский государственный аграрный университет, Красноярск,
senk-olesya@mail.ru*

Аннотация. В исследованиях использованы вермикомпосты, полученные путем экологической биотехнологии в процессе вермикомпостирования отходов деревообрабатывающей промышленности (коры, гидролизного лигнина, опилок) и птичьего помета. Показано, что наибольшая урожайность растений формируется при внесении 6 т/га вермикомпоста, приготовленного на основе птичьего помета и коры, птичьего помета и гидролизного лигнина.

Ключевые слова: дождевые черви; органические отходы; вермикомпост.

Значение дождевых червей в формировании плодородного слоя почвы, круговороте питательных элементов и эффективном росте растений невозможно переоценить. Известно, что дождевые черви повышают минерализацию органического вещества почвы, улучшают доступность питательных веществ растениям, изменяют физико-химические свойства почвы. В литературе отмечены факты значительного сокращения численности патогенных организмов в процессе вермикомпостирования – переработки органических отходов дождевыми червями. В тканях дождевых червей и их копролитах были обнаружены регуляторы роста растений – гормоноподобные соединения (ауксины, гиббереллины и др.) и биологически активные вещества негормональной природы (витамины, ферменты, аминокислоты и др.), регулирующие рост растений. В копролитах, кроме того, были идентифицированы гумусовые субстанции, обладающие ауксиноподобной активностью [1].

Цель исследования – оценить влияние вермикомпоста на показатели эффективного плодородия агросерой почвы, урожайность и качество сельскохозяйственных растений.

Данная работа подготовлена по материалам трехлетнего микрополевого опыта, проведенного с новыми видами удобрений, приготовленными на кафедре почвоведения и агрохимии Красноярского ГАУ методом переработки птичьего помета и отходов деревообрабатывающей промышленности – коры (ВКк), гидролизного лигнина (ВКгл), опилок (ВКо) – калифорнийским червем *Eisenia foetida* и апробированными на агросерой почве в двух дозах: 3 т/га и 6 т/га. Тестовые культуры – рапс сорта Надежный 92, яровая пшеница сорта Новосибирская 15, гречиха сорта Солянская.

Почвенные образцы отбирали в динамике в течение вегетационного периода выращиваемых культур, в них определяли количество азота в минеральных формах, подвижного фосфора, обменного калия общепринятыми методами. В растительных образцах определяли содержание основных питательных элементов, протеина, масел, сахара и клетчатки методом ближней инфракрасной диффузной отражательной спектроскопии. Статистическую обработку результатов проводили методом дисперсионного анализа.

Результаты проведенных исследований, характеризующие эффективное плодородие агросерой почвы, показывают достоверное увеличение нитратного азота на 29–59% в вариантах с внесением 3 т/га вермикомпоста, а при применении 6 т/га – на 29–118% в зависимости от вида вермикомпоста по сравнению с контролем. Содержание других биогенных элементов в доступной форме не подвергалось столь значительным изменениям.

Прибавка урожая зеленой массы рапса к контролю варьировала от 16 до 379% в зависимости от варианта опыта. В растениях удобренных вариантов произошло достоверное повышение содержания масел: при дозе удобрений 3 т/га прибавка варьировала от 2 до 11%, при двойной дозе – от 7 до 14% в зависимости от варианта опыта.

Прибавка зеленой массы пшеницы к контролю изменялась от 17 до 124%. Содержание масел в зеленой массе пшеницы значительно увеличилось в вариантах с биоудобрением на основе коры, независимо от дозы, и опилок в двойной дозе. Наилучшее соотношение клетчатки и сахара наблюдалось в варианте с одинарным внесением вермикомпоста на основе гидролизного лигнина. В образцах всех вариантов

возросло содержание калия, причем в вариантах с внесением ВКгл примерно в два раза.

Урожай зеленой массы гречихи на контроле составил 12 ц/га, внесение вермикомпоста дало прибавку от 33 до 350%. В вариантах с ВКк качество урожая улучшилось по следующим показателям: содержание масел увеличилось на 5%, содержание сахара – на 4–5%, протеина – также на 4–5%. В вариантах с ВКгл и ВКо снизилось содержание клетчатки на 2–6%, а содержание крахмала повысилось на 3–5%. Внесение 6 т/га ВКо привело к повышению содержания масел в урожае на 8%.

Таким образом, за три года исследований наиболее эффективными оказались вермикомпосты, приготовленные на основе птичьего помета и отходов деревообработки (коры и гидролизного лигнина), вносимые в агросерую почву в количестве 6 т/га. Доказано их положительное влияние на качество формируемого урожая сельскохозяйственных растений. Несомненное преимущество вермикомпостов перед другими видами органических удобрений заключается в меньших объемах, удобстве транспортировки, экологической эффективности и безопасности.

Литература

1. Шаланда А. Язык взаимоотношений: дождевые черви, растения и Ко : статья на конкурс научно-популярных работ «Био/мол/текст»-2013 в номинации «Лучший обзор». 30 октября 2013 г. URL: <http://biomolecula.ru/content/1366>.

ROLE OF VERMICULTURE IN SOIL FERTILITY

Senkevich O.V.

Krasnoyarsk State Agrarian University, Krasnoyarsk, senk-olesya@mail.ru

Summary. The studies used vermicomposts obtained using ecological biotechnology during the process of vermicomposting of wood processing industry's residue (bark, hydrolyzed lignin, saw dust) and bird droppings. The article shows that the highest yield of crops is obtained from application of 6 t/ha of vermicompost based on bird droppings and bark or hydrolyzed lignin.

Keywords: earthworms; organic waste; vermicompost.

О ПРИМЕНЕНИИ 5 М HNO_3 ПРИ ИССЛЕДОВАНИИ ЭЛЕМЕНТНОГО ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА ПОЧВ ЮГА ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

Т.И. Сиромля

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

Аннотация. Использование 5 М HNO_3 для определения валового содержания химических элементов в почвах юга Западной Сибири можно признать условно пригодным для Co, Cu, Ni, Mn, Pb, слабо пригодным для Zn, Fe и непригодным для Cr, Cd. Степень извлечения отдельных ХЭ варьирует в широких пределах, в связи с чем не обнаружено статистически значимой разницы между количеством ХЭ, экстрагируемых из супесчаных и суглинистых, а также антропогенно загрязненных и фоновых почв.

Ключевые слова: Новосибирск; почвы; тяжелые металлы; валовое содержание; кислоторастворимые формы; 5 М HNO_3 .

В настоящее время для определения валового содержания химических элементов (ХЭ) в почве разработано значительное количество различных методов. В ГН 2.1.7.2041-06 отсутствуют указания на метод определения валового содержания ХЭ. В ГН 2.1.7.2511-09 в седьмом столбце таблицы приведены цифровые ссылки на источники литературы по методам определения, но список литературы в данном ГН отсутствует. Если при проведении рентгенофлуоресцентного или атомно-эмиссионного анализа исследуется непосредственно почвенный образец, то другие методы требуют предварительного извлечения ХЭ из почвы в раствор. В статьях авторы зачастую не уделяют внимания описанию пробоподготовки, хотя в некоторых случаях данный процесс может оказать существенное влияние на получаемые результаты. Так, например, кислотное разложение без плавиковой кислоты не затрагивает всю силикатную часть почвы и не является полным. Однако тяжелые металлы, не извлекаемые из почвы при кипячении с кислотами, связаны с почвой настолько прочно, что ни при каких условиях не могут переходить в раствор, мигрировать с почвенно-грунтовыми водами, поглощаться растениями и микроорганизмами и

в целом участвовать в каких-либо почвенных процессах [1]. А.И. Обухов, И.О. Плеханова [2] указывают, что при разложении почв Русской равнины с использованием и без использования плавиковой кислоты расхождения не превышают погрешности метода. Это же подтверждают данные Д.В. Ладонина, Н.Д. Кебадзе [3] для разных методов разложения, а также для различных вариантов микроволнового разложения. Тем не менее, например, в работе О.В. Пляскиной, Д.В. Ладонина [4] указано: «...“валовое” содержание после неполного разложения 1:1 HNO_3 в микроволновой печи в закрытых сосудах... В дальнейшем для простоты количество ТМ, извлекаемое из почв при кислотном разложении, мы будем называть валовым». В последнее время исследователи зачастую определяют валовое содержание ТМ в почвах по РД 52.18.191-89 (с использованием 5 М HNO_3), хотя даже в названии РД указано: «Методика выполнения измерений массовой доли кислоторастворимых форм металлов...». Г.В. Мотузова, О.С. Безуглова [5] отмечают, что название «условно-валовое содержание химических элементов» нередко стали присваивать кислоторастворимым (1 н HCl , 1 н HNO_3) соединениям, хотя многолетние исследования Т.М. Минкиной и др. [6] показывают, что данные соединения характеризуют потенциальный запас подвижных соединений металлов в почве. Таким образом, без подробных описаний методики (чем авторы зачастую пренебрегают) бывает сложно понять, как именно и насколько корректно определено валовое содержание ХЭ, а также сравнить результаты собственных исследований с литературными данными.

Цель данного исследования – изучить и оценить пригодность использования 5 М HNO_3 для определения валового содержания ХЭ в почвах юга Западной Сибири.

Объектами исследования являлись почвы антропогенно преобразованных (урбаноземы и агроземы) и фоновых (черноземы, серые лесные и дерново-подзолистые) территорий. Почвенные образцы отбирались с глубины 0–20 см. По гранулометрическому составу исследуемые почвы супесчаные и легкосуглинистые с близкой к нейтральной реакцией среды. Общее содержание ХЭ определяли методом атомно-эмиссионного спектрографического анализа с дуговым аргоновым двухструйным плазмотроном. В качестве стандартов были использованы образцы дерново-подзолистой супесчаной почвы СДПС-1 (ГСО 2498-83) и чернозема типичного СЧТ-3 (ГСО 2509-83). Валовая

концентрация исследованных ХЭ в целом не превышает их фоновое содержание [7] в почвах Новосибирской области. Ранее [8] нами было показано отсутствие статистически значимой разницы между валовым содержанием ХЭ в супесчаных и легкосуглинистых, а также антропогенно измененных и фоновых почвах. В супесчаных почвах превышены ориентировочно допустимые концентрации (ОДК) по ГН 2.1.7.2511-09 для Ni и Zn, в отдельных пробах – для Pb (возможные причины данного явления рассмотрены в работе [8]). Кислоторастворимые формы ХЭ экстрагировали 5 М HNO₃ по РД 52.18.191-89. В качестве стандартов были использованы образцы дерново-подзолистой легкосуглинистой почвы САДПП-09/3 (ОСО № 18809) и черноземной выщелоченной среднесуглинистой почвы САЧВП-05/2 (ОСО № 28813), в которых нормируется содержание кислоторастворимых форм Cu, Zn, Pb, Cd, Ni, Mn, Fe, Co и Cr (кислотная экстракция – 5 М HNO₃), в качестве НД на метод анализа указаны РД 52.18.191-89 и [9].

Необходимо отметить, что в РД 52.18.191-89 указаны только пять ХЭ – Cu, Pb, Zn, Ni, Cd. Даже если допустить возможность использования данной методики для экстракции других ХЭ, возникает вопрос о значениях соответствующих метрологических характеристик. В [9] вообще отсутствует такой экстрагент, как 5 М HNO₃; видимо, данный документ указан в НД ошибочно. В стандартных образцах почв более поздних лет выпуска (например, ГСО № 10413-2014 САДПП-10) в качестве НД на метод анализа указаны РД 52.18.191-89 и М-МВИ-80-2008. Последняя методика распространяется на весьма широкий перечень ХЭ, в том числе Mn, Fe, Co и Cr. Но снова возникает вопрос о погрешности измерений – в М-МВИ-80-2008 указано, что границы суммарной относительно погрешности измерений ($\pm\delta$ при доверительной вероятности $P = 0,95$) $\pm 30\%$, а, например, в паспорте САДПП-10 для Cr указано значение 40% и т.д.

Отдельно необходимо акцентировать внимание на пределах обнаружения ХЭ. Методика РД 52.18.191-89 ограничивает нижний предел диапазона определяемых величин массовой доли Cu, Zn, Pb, Ni в почве – 20,0 млн⁻¹, Cd – 1,0 млн⁻¹. Таким образом, содержание кислоторастворимых форм Pb и Cd в ОСО № 28813 и Cu, Pb, Cd, Ni в ОСО № 18809 ниже предела обнаружения метода (если обратиться к М-МВИ-80-2008, то ниже предела обнаружения в ОСО оказывается Cd). Однако при этом оптимальный диапазон определяемых атомно-абсорбционным анализом

концентраций металлов при атомизации распылением раствора в пламя составляет, например, 0,2–5,0 мкг/мл для Cu, 0,05–2,00 для Cd и т.д. Если учесть, что по методике из навески почвы массой 2 г готовится раствор объемом 50 мл, то при концентрации 0,2 мкг/мл Cu в растворе получается концентрация 5,0 мг/кг в почве, что намного ниже указанного в методике предела обнаружения. В методике М-МВИ-80-2008 не указан оптимальный диапазон концентрации ХЭ в растворе, но минимальная массовая концентрация Cd в рабочем градуировочном растворе составляет 0,005 мг/дм³. При такой же концентрации анализируемого раствора содержание Cd в почве составит 0,0125 мг/кг. Учитывая все вышеизложенное, перейдем к рассмотрению полученных результатов.

Можно отметить, что извлекаемость всех исследованных ХЭ из легкосуглинистых почв в среднем несколько выше, чем из супесчаных, однако статистически значимой разницы между количеством ХЭ, экстрагируемых из супесчаных и суглинистых, а также антропогенно преобразованных и фоновых почв, не обнаружено, поскольку степень извлечения отдельных ХЭ варьирует в широких пределах (табл. 1).

При использовании 5 М HNO₃ из всех исследованных почв региона извлекается не менее половины Co, Cu, Ni, Mn и не менее 40% Pb, причем степень экстракции достигает 100%. Zn и Fe экстрагируются несколько слабее. Извлекаемость же Cr и Cd в среднем не более трети от валового содержания, что даже при учете довольно высоких допустимых погрешностей метода ставит под сомнение пригодность 5 М HNO₃ для оценки общего количества данных ХЭ в почвах. Оценка содержания некоторых других ХЭ показала, что 5 М HNO₃ в значительной степени извлекает из почв Mg, несколько слабее – Ca. Для определения валового количества K, Sr, Na данный метод не подходит.

При исследовании почвенных образцов СЧТ-3 получены аналогичные результаты для всех вышеуказанных ХЭ, кроме Cd, степень извлечения которого составила около 80%. Вероятно, это связано с тем, что в СЧТ-3 содержание кадмия (как и Pb, Cu, Zn, Ni, Co) искусственно повышено с 0,1 до 4,5 мг/кг за счет внесения оксидов марки «ОСЧ» [10] (табл. 2). Результаты анализа стандартного образца СДПС-1 резко отличаются – извлекаемость Co, Cu, Ni, Mn, Pb, Zn (а также Ca и Mg) намного ниже. Скорее всего, это обусловлено очень низким валовым содержанием данных ХЭ (табл. 2), а также их прочной связью с силика-

тами. В дальнейшем необходимо провести аналогичные исследования с другими стандартными почвенными образцами.

Таблица 1

Доли ХЭ, извлекаемые 5 М HNO₃, % от валового содержания

ХЭ	Исследованные почвы в целом (n = 70)	Супесчаные почвы (n = 32)	Легкосуглинистые почвы (n = 38)	Антропогенно измененные почвы (n = 50)	Фоновые почвы (n = 20)	СДПС-1 (n = 5)	СЧТ-3 (n = 5)
Содержание ХЭ, нормированных в ОСО							
Co	78 (60–100)	73 (64–100)	84 (60–100)	78 (64–100)	85 (60–100)	36 (25–44)	88 (80–100)
Cu	82 (64–100)	81 (68–100)	82 (64–100)	82 (64–100)	82 (68–100)	63 (58–65)	99 (98–100)
Ni	72 (51–100)	70 (51–100)	74 (55–100)	70 (51–100)	74 (55–100)	51 (48–54)	96 (90–100)
Mn	72 (53–100)	67 (53–100)	77 (63–100)	70 (53–100)	82 (66–100)	30 (27–34)	88 (84–100)
Pb	64 (40–100)	54 (40–100)	70 (40–100)	64 (40–100)	63 (40–100)	11 (8–13)	94 (90–100)
Zn	56 (42–80)	51 (42–80)	61 (45–80)	53 (42–80)	62 (52–80)	22 (20–25)	70 (67–75)
Fe	62 (49–70)	61 (49–70)	62 (51–67)	62 (49–70)	58 (51–66)	68 (62–72)	70 (60–77)
Cr	32 (20–40)	31 (21–40)	34 (20–40)	32 (21–40)	28 (20–40)	34 (30–40)	30 (25–34)
Cd	24 (14–50)	20 (14–50)	29 (14–50)	24 (14–50)	26 (17–30)	42 (40–55)	83 (82–85)
Содержание ХЭ, не нормированных в ОСО							
Mg	73 (56–100)	69 (57–100)	82 (56–100)	73 (56–100)	83 (61–100)	34 (30–38)	87 (83–100)
Ca	47 (30–70)	42 (30–60)	51 (30–70)	46 (30–70)	51 (32–62)	28 (23–35)	62 (50–74)
K	12 (4–20)	8 (4–18)	13 (4–20)	13 (4–20)	8 (4–16)	7 (4–10)	16 (9–20)
Sr	3,0 (0,9–9,0)	2,9 (1,0–4,7)	3,1 (0,9–9,0)	3,5 (0,9–9,0)	2,0 (0,9–9,0)	1,8 (1,2–2,3)	1,3 (1,1–1,4)
Na	1,1 (0,5–2,4)	0,9 (0,5–1,9)	1,1 (0,6–2,4)	1,2 (0,5–2,4)	0,9 (0,6–1,3)	3,0 (2,4–4,2)	2,1 (2,0–2,5)

Примечание. В таблице приведены медианные значения, в скобках – размах варьирования (в единичных пробах из-за влияния погрешностей измерений степень извлечения Co, Cu, Ni, Pb доходит до 110%).

Таблица 2

Валовое содержание ХЭ в почве, мг/кг

Пробы	Co	Cu	Ni	Mn	Pb	Zn	Fe	Cr	Cd
Исследованные почвы	12	22	40	575	17	66	25300	62	0,4
СДПС 1	2	9	10	85	8	10	6920	83	0,1
СТЧ 3	130	260	300	611	260	460	24325	100	4,5

Примечание. Для почв юга Западной Сибири приведены медианные значения ($n = 70$), для СДПС 1 и СТЧ 3 – паспортные данные.

Таким образом, использование 5 М HNO_3 для определения валового содержания ХЭ в почвах юга Западной Сибири можно признать условно пригодным для Co, Cu, Ni, Mn, Pb, слабо пригодным для Zn, Fe и непригодным для Cr, Cd. Полученные данные характеризуются значительной погрешностью и варьируют в широких пределах. При прочносвязанных формах и низком валовом содержании ХЭ результаты могут быть существенно занижены.

Литература

1. Agilent 7500 ICP-MS Application Handbook. Yokogawa Analytical Systems Inc., Japan, 2000. 54 p.
2. Обухов А.И., Плеханова И.О. Атомно-абсорбционный анализ в почвенно-биологических исследованиях. М. : Изд-во Моск. ун-та, 1991. 184 с.
3. Ладонин Д.В., Кебадзе Н.Д. Сравнение различных способов разложения почв для определения содержания тяжелых металлов методом ИСП-МС // Современные проблемы загрязнения почв : материалы II Междунар. конф. М. : Изд-во Моск. ун-та, 2007. Т. 2. С. 203–208.
4. Пляскина О.В., Ладонин Д.В. Загрязнение городских почв тяжелыми металлами // Почвоведение. 2009. № 7. С. 877–885.
5. Мотузова Г.В., Безуглова О.С. Экологический мониторинг почв. М. : Академический проект, Гаудеамус, 2007. 237 с.
6. Минкина Т.М., Мотузова Г.В., Назаренко О.Г. Состав соединений тяжелых металлов в почвах. Ростов н/Д : Эверест, 2009. 208 с.
7. Ильин В. Б., Сысо А.И. Микроэлементы и тяжелые металлы в почвах и растениях Новосибирской области. Новосибирск : Изд-во СО РАН, 2001. 229 с.
8. Мяделец М.А., Сиромля Т.И. Особенности экологического состояния почвенно-растительного покрова вдоль автомагистралей и в рекреационных зонах г. Новосибирска // Современные проблемы науки и образования. 2015. № 5. URL: www.science-education.ru/128-22706 (дата обращения: 19.11.2015).
9. Методические указания по определению тяжелых металлов в почвах сельхозугодий и продукции растениеводства. М. : ЦИНАО, 1992. 61 с.

10. Шафринский Ю.С. [и др.]. Государственные стандартные образцы состава почв. Новосибирск : Изд-во МАСС, 1998. 28 с.

USING 5 M HNO₃ TO STUDY CHEMICAL ELEMENTS IN SOILS OF THE SOUTH OF WEST SIBERIA

Siromlya T.I.

Institute of Soil Science and Agrochemistry, Novosibirsk, tatiana@issa.nsc.ru

Summary. While analyzing total elements content in soils of the south of West Siberia the concentrated (5 M) nitric acid was shown to be conditionally suitable for Co, Cu, Ni, Mn, Pb, weakly suitable for Zn, Fe and not suitable for Cr, Cd total content determination. The degree of extraction varied widely, resulting in the absence of statistically significant differences between chemical elements extracted from sandy and loamy soils, as well as anthropogenically contaminated and non contaminated ones.

Keywords: Novosibirsk; soil; heavy metals; gross content; acid form; 5 M HNO₃.

УДК 631.416.8

DOI: 10.17223/9785946215640/51

ГРУППОВОЙ СОСТАВ СОЕДИНЕНИЙ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ФОНОВЫХ ПОЧВАХ ЮГА ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

Т.И. Сиромля

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

Аннотация. Определены региональные особенности содержания и соотношения прочно и непрочно связанных соединений тяжелых металлов в фоновых почвах юга Западной Сибири. Выявлены закономерности изменения группового состава соединений Cd, Pb и Zn в техногенно загрязненных почвах. Подтверждена высокая информативность группового состава соединений тяжелых металлов для оценки экологического состояния почв.

Ключевые слова: Западная Сибирь; почвы; тяжелые металлы; формы соединений; непрочно связанные соединения.

Экологическое состояние почв напрямую определяется фракционным составом соединений тяжелых металлов (ТМ), формирующимся в результате различных трансформационных процессов. Именно форма нахождения металла определяет его доступность для

растений, миграционную способность, подвижность и, как следствие, токсичность элемента. Обобщение имеющихся литературных данных о формах соединений ТМ затруднено как из-за разнообразия методов исследования, так и из-за различий свойств исследуемых почв [1–3 и др.].

На юге Западной Сибири работы по исследованию фракционно-группового состава форм соединений химических элементов (ХЭ) в почвах начаты сравнительно недавно и являются очень актуальными, особенно принимая во внимание необходимость учета региональных особенностей состояния ХЭ в почвах. Цель данной работы – исследование группового состава соединений ТМ в фоновых почвах юга Западной Сибири.

Пробы почв (0–20 см) были отобраны в южной части Западной Сибири – на Приобской возвышенной равнине, Колывань-Томской возвышенности и в долине р. Оби. В выборку были включены разные типы фоновых почв легкосуглинистого гранулометрического состава с нейтральной или близкой к нейтральной реакцией среды ($n = 20$). Общее содержание ХЭ определяли методом атомно-эмиссионного спектрографического анализа с дуговым аргоновым двухструйным плазмотроном, количество непрочно связанных форм – атомно-абсорбционным методом на приборе Квант-2А. Экстрагирование проводили по методу Г.А. Соловьева [4], широко и успешно применяемому в последние годы Т.М. Минкиной, Г.В. Мотузовой и другими исследователями [5, 6 и др.]. В качестве экстрагентов использовали растворы 1 н NH_4Ac (рН 4,8), 1%-ный раствор ЭДТА в NH_4Ac , 1 н HCl . Извлекаемые ХЭ характеризуют содержание обменных соединений (вытяжка 1 н NH_4Ac), комплексных (разность между количествами ХЭ, экстрагируемых второй и первой вытяжками), специфически сорбированных соединений (разность между количествами ХЭ, экстрагируемых вытяжками 1 н HCl и 1 н NH_4Ac).

Поскольку содержание ХЭ в почвах зачастую не подчиняется закону нормального распределения [7–10], в таблицах приведены медианные значения показателей и указаны пределы варьирования. Валовое содержание исследованных ХЭ (табл. 1) не превышает их фоновое количество в почвах НСО [10], но у некоторых ХЭ оно варьирует в весьма широких пределах. У непрочно связанных соединений ХЭ разброс данных в целом еще более существенный.

Такие же широкие пределы варьирования содержания форм микроэлементов (подвижная форма – ацетатно-аммонийный буфер с pH 4,8 и кислоторастворимая форма – 1 н HCl) в почвах юга Западной Сибири отмечались и ранее [7]. В монографии А.И. Сысо [Там же] отмечено также, что полученные значения доли подвижной и кислоторастворимой форм элементов для ряда ХЭ оказались ниже, чем были установлены ранее [11]. В наших исследованиях доля подвижных (обменных) форм оказалась несколько выше (особенно для Pb), а кислоторастворимых (специфически сорбированные + обменные) – практически равна у Mn, Pb, Zn, ниже у Co, Fe, Ni, выше – у Cu.

Таблица 1

**Общее содержание и непрочно связанные соединения ТМ
в почвах Сибири, мг/кг**

ХЭ	Общее содержание	Непрочно связанные соединения		
		Обменные	Комплексные	Специфически сорбированные
Cd	0,39 (0,29–0,44)	0,03 (0,02–0,06)	0,02 (0,01–0,03)	0,01 (0,01–0,02)
Co	11,0 (6,3–14,1)	0,8 (0,5–1,4)	1,6 (0,8–2,7)	1,3 (0,3–2,2)
Cu	21,7 (7,6–37,2)	0,4 (0,3–0,6)	5,5 (2,3–7,7)	6,1 (2,8–8,0)
Ni	35,2 (27,4–44,1)	1,3 (0,6–1,8)	1,6 (0,9–2,4)	2,5 (0,9–4,0)
Pb	17,4 (13,7–24,7)	2,3 (1,4–3,4)	3,4 (0,9–6,7)	5,9 (3,1–9,1)
Zn	60,0 (50,0–70,4)	3,0 (1,6–4,5)	0,8 (0,3–3,5)	3,5 (3,1–7,4)
Fe	25 200 (13 200–33 900)	23 (19–61)	550 (320–960)	1 270 (830–2 340)
Mn	584 (403–773)	117 (96–165)	7 (5–20)	94 (66–174)

Доля обменных форм Cd и Mn составляет около половины от суммы всех непрочно связанных соединений, а Cu и Fe обменных соединений практически не образуют (табл. 2). Комплексообразование менее всего проявилось у Mn и Zn. Фракция специфически сорбированных соединений является преобладающей у Fe, Cu, Zn, Ni и Pb. Нужно отметить, что в Сибири доминирование последней фракции не такое явное, как в почвах Нижнего Дона, где ее доля от общего содержания непрочно связанных соединений составляет около 80% у меди, 70% – у свинца и 90% – у цинка [5]. Это можно объяснить отсутствием в верхнем горизонте исследуемых почв карбонатов, роль которых в процессах специфической сорбции весьма велика. Т.М. Минкина и др. [Там же] указывают, что с возрастанием степени карбонатности

почв снижается подвижность металлов в почве, а также меняется соотношение непрочно связанных соединений металлов – увеличивается доля специфически сорбированной фракции; возможно и образование собственных карбонатов ТМ.

Т а б л и ц а 2

Показатели группового состава и подвижности (Кп) соединений ТМ в почвах Сибири

ХЭ	НС / ПС*	Непрочно связанные соединения**		
		Обменные	Комплексные	Специфически сорбированные
Cd	22 (14–35) / 78	54 (45–65)	23 (17–28)	18 (13–38)
Co	35 (26–40) / 65	19 (17–31)	38 (33–56)	31 (13–47)
Cu	55 (27–71) / 45	2,7 (2,0–4,9)	47 (43–49)	50 (48–58)
Ni	17 (11–22) / 83	23 (18–28)	34 (23–35)	52 (47–57)
Pb	71 (52–77) / 29	18 (12–24)	34 (23–35)	52 (47–57)
Zn	12 (11–13) / 88	33 (26–45)	16 (7–23)	50 (48–55)
Fe	8 (6–13) / 92	1 (1–2)	24 (18–29)	72 (58–76)
Mn	46 (40–48) / 54	52 (35–62)	3 (2–6)	40 (35–57)

* Непрочно / прочно связанные соединения, % от общего содержания.

** % от содержания непрочно связанных соединений.

В почвах Сибири доля непрочно связанных соединений в валовом содержании ХЭ максимальна у Pb (более 50%) и Cu (показатель очень нестабилен, изменяясь более чем в 2 раза, от 30 до 70%). Интересно отметить, что эти данные очень резко отличаются от показателей группового состава и подвижности меди и свинца в почвах Нижнего Дона – доля непрочно связанных соединений в незагрязненной каштановой почве составляет 7–8% для Cu и 14–15% для Pb [5]. Рассмотрим возможные причины данного явления.

Как уже было указано, по гранулометрическому составу исследуемые почвы являются легкосуглинистыми, а описываемые в монографии Т.М. Минкиной и др. [Там же] каштановые почвы Нижнего Дона относятся к тяжелосуглинистым – содержание фракции физической глины составляет около 50%. Кроме того, доля илистой фракции – около 30%, в то время как в исследованных нами почвах региона фракция физической глины зачастую может быть в большей степени образована мелкой и средней пылью [12, 13]. В илистых частицах очень мало монтмориллонита (что объясняется его активным выно-

сом), примерно в равной степени преобладают хлориты и гидрослюды, а также содержится много кварца (который абсолютно доминирует в составе крупных фракций) [7]. Различаются и почвообразующие породы – карбонатные и карбонатно-сульфатные лессовидные глины и суглинки Нижнего Дона [5], и не только лессовидные суглинки, но и аллювиальные песчаные отложения террас Оби [7].

Результаты оценки состояния тяжелых металлов в фоновых почвах юга Западной Сибири позволили выявить региональные закономерности группового состава форм соединений ХЭ. Валовая концентрация и содержание непрочно связанных форм соединений ТМ варьируют в широких пределах. В незагрязненных легкосуглинистых почвах с нейтральной и близкой к нейтральной реакцией среды у Fe, Ni, Cd, Zn преобладают прочносвязанные соединения. У Co и Mn доля непрочно связанных соединений составляет около одной трети, а у Cu и Pb – более половины. Доминирование непрочно связанных соединений Cu и Pb в исследуемых почвах можно объяснить незначительным количеством устойчивых минералов исходных пород, обогащенных данными ХЭ, низким содержанием глинистых минералов, способных к прочной фиксации металлов, отсутствием карбонатов.

Интересно отметить, что содержание и распределение непрочно связанных форм соединений ТМ в антропогенно измененных почвах региона в целом совпадает с таковым в фоновых почвах. В загрязненных почвах, где было выявлено превышение предельно допустимых концентраций (ПДК) подвижных форм Pb и Zn (по ГН 2.1.7.2041-06), доля непрочно связанных соединений Pb составила 92–94% от общего содержания, Zn – 61–69%, Cd – 44–63%. Статистически значимых изменений в групповом составе непрочно связанных соединений при этом установлено не было – вероятно, из-за широкого диапазона варьирования.

Литература

1. Ладонин Д.В. Соединения тяжелых металлов в почвах – проблемы и методы изучения // Почвоведение. 2002. № 6. С. 682–692.
2. Сиромля Т.И. К вопросу о подвижных формах соединений химических элементов в почвах // Сибирский экологический журнал. 2009. № 2. С. 307–318.
3. Сиромля Т.И. Соединения тяжелых металлов в почвах г. Новосибирска как показатель их экологического состояния // Отражение био-, гео-, антропо-сферных взаимодействий в почвах и почвенном покрове : сб. материалов V Междунар. науч. конф. Томск : Том гос. ун-т, 2015. С. 368–372.

4. Соловьев Г.А. Использование комплексных вытяжек для определения доступных форм микроэлементов в почвах // Мониторинг фоновое загрязнения природных сред. Л. : Гидрометеоиздат, 1989. Вып. 56. С. 216–227.
5. Минкина Т.М., Мотузова Г.В., Назаренко О.Г. Состав соединений тяжелых металлов в почвах. Ростов н/Д : Эверест, 2009. 208 с.
6. Минкина Т.М., Мотузова Г.В., Манджиева С.С. [и др.]. Фракционно-групповой состав соединений Mn, Cr, Ni и Cd в почвах техногенных ландшафтов (район Новочеркасской ГРЭС) // Почвоведение. 2013. № 4. С. 414–425.
7. Сысо А.И. Закономерности распределения химических элементов в почвообразующих породах и почвах Западной Сибири. Новосибирск : Изд-во СО РАН, 2007. 277 с.
8. Динамика экосистем Новосибирского Академгородка. Новосибирск : Изд-во СО РАН, 2013. 438 с.
9. Мяделец М.А., Сиромля Т.И. Особенности экологического состояния почвенно-растительного покрова вдоль автомагистралей и в рекреационных зонах г. Новосибирска // Современные проблемы науки и образования. 2015. № 5. URL: www.science-education.ru/128-22706 (дата обращения: 19.11.2015).
10. Ильин В.Б., Сысо А.И. Микроэлементы и тяжелые металлы в почвах и растениях Новосибирской области. Новосибирск : Изд-во СО РАН, 2001. 229 с.
11. Ильин В.Б. Тяжелые металлы в системе почва–растение. Новосибирск : Наука, 1991. 151 с.
12. Баландис В.А., Богуславский А.Е., Зольников И.Д., Сысо А.И., Сиромля Т.И. Содержание и особенности распределения тяжелых металлов и радионуклидов в почвах новосибирского Академгородка // Тяжелые металлы и радионуклиды в окружающей среде : доклады V междунар. науч.-практич. конф. Казахстан, Семипалатинск, 2008. Т. 1. С. 136–141.
13. Сиромля Т.И., Худяев С.А., Сысо А.И. Использование метода РФА-СИ в почвенно-экологических исследованиях на территории г. Новосибирска // Известия РАН. Сер. физическая. 2015. Т. 79, № 1. С. 102–106.

GROUP COMPOSITION FORMS OF HEAVY METALS IN THE UNCONTAMINATED SOILS IN THE SOUTH OF WEST SIBERIA

Siromlya T.I.

Institute of Soil Science and Agrochemistry, Novosibirsk, tatiana@issa.nsc.ru

Summary. Regional peculiarities of the contents and ratios of structural/insoluble and exchangeable forms of heavy metals (HM) in the uncontaminated West Siberian soils were found. Certain regularity in the group composition of Cd, Pb и Zn compounds was revealed in technogenically contaminated soils, thus confirming high informative value of HM group composition for evaluating soil ecological status.

Keywords: Western Siberia; soil; heavy metals; form compounds; loosely associated compounds.

К ПРОБЛЕМЕ ИЗУЧЕНИЯ ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКОГО СОСТАВА ПОЧВ

Д.А. Филимонова

*Институт почвоведения и агрохимии СО РАН, Новосибирск,
darya.filimonova@gmail.com*

Аннотация. Изучение гранулометрического состава почв представляет интерес как для почвоведения, так и для смежных наук. С развитием технологий менялись и методы исследования, и в настоящее время наука сталкивается с проблемой сопоставимости результатов, полученных разными способами. В статье рассматривается данный вопрос, а также представлены основные современные методики, указаны их преимущества и недостатки.

Ключевые слова: гранулометрический состав; метод лазерной дифракции; седиментационный метод.

Гранулометрический состав почв определяет ее основные физические свойства, такие как сложение, порозность, влагоемкость, от которых, в свою очередь, зависят водный, воздушный, тепловой и другие режимы [1, 2]. Как отмечалось Н.А. Качинским, данный вид анализа – один из самых распространенных в почвенной практике, а потому существует необходимость выработать согласованную методику анализа и классификации почв [1]. Самые большие различия – в методах подготовки проб к анализу и технике разделения механических элементов и микроагрегатов почвы. Е.В. Шеин также подчеркивает, что о едином методе пробоподготовки не может идти речи, так как существует значительное различие в механизмах и веществах агрегатобразования различных почв; результаты разных пробоподготовок оказываются несравнимыми, трудноприменимыми или просто ошибочными [2]. Известно, что более благоприятными физическими свойствами обладают почвы легкого гранулометрического состава, в тяжелых же почвах физические свойства хуже, они более переувлажнены в отличие от легких, медленнее прогреваются и оттаивают [3]. Так, «холодные» и «теплые» почвы по-разному реагируют, например, на обработку пирофосфатом натрия ($\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$).

Кроме того, подготовка образца с использованием пирофосфата не приводит к разрушению микроагрегатов размером 0,005–0,001 мм [4]. Из-за отсутствия единого способа подготовки пробы рациональным представляется выявление наиболее подходящего для каждого типа почв метода пробоподготовки; это требует наличия значительной базы данных, что тоже является проблемой – пока не решенной.

В последние несколько десятилетий в области определения гранулометрического состава грунтов и почв пристальное внимание стало уделяться методу лазерной дифракции. Суть данного метода заключается в следующем: размер частиц определяется путем измерения углового распределения интенсивности рассеянного света при прохождении лазерного луча через диспергированный образец в кювете [5, 6]. Суспензия частиц исследуемого объекта вводится в заполненную жидкостью камеру центробежного насоса, где в условиях воздействия ультразвука осуществляется тщательное перемешивание. Пропущенная через кювету суспензия вновь поступает в камеру насоса. За время измерения все частицы многократно проходят через световой пучок.

Излучение, рассеянное частицами, регистрируется под разными углами с помощью многоэлементного детектора – фотодиодной матрицы. По измеренной таким образом зависимости интенсивности рассеянного света от угла рассеяния осуществляется расчёт распределения по размерам частиц: различные по радиусу частицы по-разному отклоняют лазерный луч. Так, крупные частицы рассеивают свет преимущественно под малыми углами к лазерному пучку, тогда как мелкие частицы – под большими углами. Вследствие этого формируется дифракционная картина, позволяющая с помощью различных математических методов рассчитать объемный процент частиц различного размера [7].

Одним из основных вопросов, с которым сталкиваются исследователи, является определение размера частицы, ведь только для сферической частицы размер будет равен ее диаметру. Однако подавляющее большинство реальных частиц в большей или меньшей степени отличается от сферы, следовательно, для описания размерных характеристик несферической частицы требуется больше параметров. В то же время при решении значительной части практических задач удобно использовать усреднённые параметры, позволяющие судить о «крупности» частиц. В большинстве случаев таким параметром может быть «диаметр эквивалентной сферы», т.е. диаметр сферы, которая имеет такой же объем (или вес), что и реальная частица. При использовании

метода лазерной дифракции результатом измерения будет значение диаметра эквивалентной сферы [8].

Выбор метода лазерной дифрактометрии очевиден: в отличие от классического ситово-пипеточного, он занимает гораздо меньше времени, сводит к минимуму ошибку, вызванную человеческим фактором, не требует поддержания постоянной температуры в помещении с образцами и т.д. [5, 6, 9]. Также к преимуществам данного метода относят широкий диапазон измерений – от долей до сотен микрон, высокую производительность – единичное измерение проводится примерно за одну минуту, хорошую воспроизводимость, что обеспечивается многократным усреднением результатов для большого числа частиц, удобное для исследователя представление результатов анализа в виде зависимости весовой (объемной) доли частиц от размера, определённого как диаметр эквивалентной сферы [8].

В почвоведении и смежных науках данный метод стал использоваться сравнительно недавно, но уже породил некоторые вопросы в научном сообществе, главным из которых стала сопоставимость результатов исследований почв и грунтов, полученных «классическим» методом, с данными, полученными методом лазерной дифрактометрии. Существует несколько работ, посвященных данной теме. Так, Гил Эшель [5] относит к основной проблеме, стоящей перед исследователями, выбравшими метод лазерной дифракции, отсутствие достаточной базы данных (как, например, для седиментометрического метода), которая позволила бы сравнивать результаты исследований по всему миру. Еще одной проблемой он называет высокую стоимость лазерных дифрактометров, что, вероятно, мешает распространению данного метода. Кроме того, большинство исследователей отметили разницу в полученных результатах, особенно заметны различия в данных, полученных методом лазерной дифракции и ситово-пипеточным, в илистой фракции [5, 9, 10].

Известно, что одним из источников ошибки при выполнении анализа гранулометрического состава классическими методами является гетерогенность частиц по плотности [11, 12]. Существует предположение, что именно в этом может быть причина расхождения результатов анализов в илистой фракции.

Также к причинам возникновения неточностей при анализе относятся усреднение диаметра при сканировании лазером под разными углами: в этом случае плоские почвенные частицы оказываются

больше, чем сферические того же объема [11]. Таким образом, илистые частицы, чаще имеющие плоскую форму, могут ошибочно восприняться лазером как более крупные. Второй источник неточности – очень мелкие частицы (менее 0,3 мкм), которые не фиксируются стандартными лазерными анализаторами, а рассчитываются по энергетическому балансу пучка лазера. Также на индекс преломления влияют прозрачность и цвет частиц.

К иным причинам несопоставимости двух вышеуказанных методов определения гранулометрического состава относят [13] возможное оседание в контуре анализатора при проведении анализа частиц песчаных фракций, которые впоследствии не учитываются программой при составлении отчета по гранулометрическому составу; влияние слишком малой навески пробы, идущей на анализ, что исключает в случае неоднородности образца корректную оценку его гранулометрического состава; возможное перекрыwanie интерференционных картин мелких частиц с большими углами отражения света и крупных частиц с малыми углами, что дает на выходе практическое отсутствие крупных песчаных частиц. Каждый метод имеет те или иные допущения, однако в настоящее время считается, что наиболее достоверный способ определения содержания ила, мелкой и средней пыли – это лазерная дифрактометрия [11].

На сегодняшний день продолжают решаться следующие задачи: определение оптимального метода пробоподготовки для каждого типа почв, выяснение соответствия разных методов определения гранулометрического состава или выявление причин, по которым данные методы будут иметь расхождения, а также наработка базы данных по гранулометрическому составу почв, определенному методом лазерной дифракции, разных географических зон и подзон.

Литература

1. Качинский Н.А. Механический и микроагрегатный состав почвы, методы его изучения. М. : АН СССР, 1958. 193 с.
2. Шейн Е.В. Гранулометрический состав почв: проблемы методов исследования, интерпретации результатов и классификаций // Почвоведение. 2009. № 3. С. 309–317.
3. Семендяева Н.В., Галеева Л.П., Мармулев А.Н. Почвы Новосибирской области и их сельскохозяйственное использование : учеб. пособие. Новосибирск, 2010. 187 с.
4. Валеева А.А., Копосов Г.Ф. Влияние подготовки почв на интерпретацию данных гранулометрического состава почв // Ученые записки Казан. ун-та. Сер. Естеств. науки. 2013. Т. 155, кн. 2. С. 172–181.

5. Eshel G., Levy G.J., Mingelgrin U., Singer M.J. Critical evaluation of the use of laser diffraction for particle-size distribution analysis // *Soil Sci. Soc. Am. J.* 2004. № 68. P. 736–743.
6. Konert M., Vandenberghe J. Comparison of laser grain size analysis with pipette and sieve analysis: a solution for underestimation of the clay fraction // *Sedimentology*. 1997. № 44. P. 523–535.
7. Шейн Е.В., Миллановский Е.Ю., Хайдапова Д.Д. [и др.]. Современные приборные методы исследования гранулометрического состава, реологических характеристик и свойств поверхности твердой фазы почв // *Вестник Оренбургского государственного университета*. 2015. № 6. С. 140–145.
8. Rawle A. Basic Principles of Particle Size Analysis : Technical Paper / Malvern Instruments Ltd. URL: https://www.researchgate.net/publication/279693634_The_Basic_Principles_of_Particle_Size_Analysis
9. Kun A., Katona O., Sipos G., Barta K. Comparison of Pipette and Laser Diffraction Methods the Granulometric content of fluvial sediment samples // *Journal of Environmental Geography*. 2013. № 6 (3–4). P. 49–54.
10. Di Stefano C., Ferro V., Mirabile S. Comparison between grain-size analyses using laser diffraction and sedimentation methods // *Biosystem Engineering*. 2010. № 106. P. 205–215.
11. Кулижский С.П., Коронатова Н.Г., Артымук С.Ю., Соколов Д.А., Новокрещенных Т.А. Сравнение методов седиментометрии и лазерной дифрактометрии при определении гранулометрического состава почв естественных и техногенных ландшафтов // *Вестник Томского государственного университета. Биология*. 2010. С. 21–31.
12. Шинкарев А.А., Корнилова А.Г., Трофимова Ф.А., Гордеев А.С., Гиниятуллин К.Г., Лыгина Т.З. Сравнение методов седиментометрии и лазерной дифракции в анализе гранулометрического состава глинистой фракции почв // *Ученые записки Казан. ун-та. Сер. Естеств. науки*. 2010. Т. 152, кн. 2. С. 251–260.
13. Болдина Е.В. Сравнительная характеристика гранулометрического состава глинистых грунтов по данным пипеточного анализа и лазерной дифракции // *ЛОМОНОСОВ-2013: материалы Междунар. молодежного науч. форума / отв. ред. А.И. Андреев [и др.]*. URL: https://lomonosov-msu.ru/archive/Lomonosov_2013/structure_6_2116.htm.

PROBLEMS OF STUDYING PARTICLE-SIZE DISTRIBUTION IN SOILS

Filimonova D.A.

Institute of Soil Science and Agrochemistry SB RAS, Novosibirsk,
darya.filimonova@gmail.com

Summary. Studying particle-size distribution in soils is of interest, because it influences physical features of the soil. The expansion of technology causes development in the approaches of investigating particle-size distribution in soil. The article is dedicated to the comparison of these modern methods, their pros and cons.

Keywords: granulometric composition; laser diffraction; sedimentation method.

СОВРЕМЕННЫЕ ПРИБОРЫ ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ НЕКОТОРЫХ ФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПОЧВ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

А.С. Чумбаев

Институт почвоведения и агрохимии СО РАН, Новосибирск, chas30@mail.ru

Аннотация. Рассмотрены возможности, а также отмечены достоинства и недостатки некоторых приборов для изучения различных физических характеристик почв. Благодаря современным и технически более совершенным приборам, исследователям открываются новые возможности изучения различных свойств почв на высоком качественном уровне.

Ключевые слова: современные приборы; температура; влажность почв; гранулометрический состав; физические свойства почв и грунтов.

Физические свойства почв и протекающие в них процессы во многом определяют направленность почвообразования, условия для роста и развития растений [1–3]. Изучение данных свойств и процессов имеет как в фундаментальное, так и в прикладное значение. Наиболее тесный контакт физика почв имеет с земледелием и мелиорацией, задачей которых является временное или коренное улучшение главным образом физических свойств почвы для практических целей. Физические свойства учитываются при разработке агротехнических приемов по зонам, а также ложатся в основу при проведении мелиоративных мероприятий.

К физическим свойствам почвы относятся структура, водные, воздушные и тепловые характеристики, общие физико-механические свойства [1]. Изучению физических свойств почвы всегда уделялось большое внимание; оно производится как в стационарных, так и в полевых условиях. Однако некоторым свойствам почв уделяется особое внимание, так как они определяют как другие физические и химические свойства почв, так и процессы, протекающие в почвах, и оказывают на них значительное влияние. Речь идет о температурном и влажностном режимах почв и о гранулометрическом составе.

Температурным режимом почвы называют распределение температуры в почвенном профиле и непрерывные изменения этого рас-

пределения во времени [3]. Температурный, или тепловой, режим почв играет большую роль в почвообразовании, так как с ним связана энергия происходящих в почве биологических, химических, физических и биохимических процессов. Температура почвенных горизонтов – основной показатель ее теплового режима. С температурой почвы связаны растворимость в воде минеральных соединений, кислорода и углекислого газа, скорость поступления в растения питательных элементов и влаги. Температура почвы имеет первостепенное значение в жизнедеятельности почвенной микрофлоры [1].

Почвенная влага представляет собой одну из важнейших составных частей почвы. Она играет весьма важную роль в почвообразовании, так как передвижение различных веществ в почвенной толще, в результате которого формируется почвенный профиль, совершается преимущественно в виде растворов, то есть эти вещества перемещаются вместе с жидкой почвенной влагой. Переход почвенной влаги из жидкого в твердое состояние и обратно оказывает значительное влияние на физическое состояние почвы [4]. Наиболее широко изучают влажность почв, содержание воды в почве.

Гранулометрическим составом определяются почти все физические свойства почв – адсорбционная, структурообразующая способность, плотность, порозность, тепловые и влажностные свойства. Гранулометрический состав определяет удельную поверхность почв, следовательно, влияет на гумусонакопление, питание растений, обменные реакции в почве. Все это позволяет говорить о гранулометрическом составе как о фундаментальном свойстве почв, от которого существенно зависят другие их физические свойства [3].

С ростом технологического прогресса появляются новые приборы, с помощью которых можно изучать некоторые физические свойства почв. Классическими приборами для измерения температуры почв являются коленчатые термометры Савинова (устанавливаются на метеорологических станциях сериями на теплый сезон для наблюдений за температурой почв на глубинах 5, 10, 15 и 20 см), термометр почвенно-вытяжной (ТПВ-50) (применяется для определения температуры почвы на глубинах от 40 до 320 см), а также различные варианты термометра-щупа почвенного (предназначен для измерения температуры в пахотном слое почвы на глубинах от 3 до 40 см). В основе таких классических приборов лежит ртутный термометр. Однако данные приборы имеют ряд неоспоримых недостатков: 1) хрупкость;

2) необходимость сооружения специализированных термометрических площадок; 3) невозможность использования в зимний период (особенно коленчатых термометров и термометров-щупов); 4) для снятия показаний необходимо присутствие наблюдателя, что делает весьма затруднительным ведение длительных полевых наблюдений, особенно в отдаленных и труднодоступных районах, и т.д.

С развитием мировой электроники стали появляться все более совершенные электронные термометры, которые можно применять и в почвоведении. Так, например, многими российскими и зарубежными учеными для измерения температуры почв на различных глубинах используется автономный регистратор «Thermochron» компании Maxim Integrated. Наибольшую популярность имеет модель DS 1921 G, благодаря достаточно широкому интервалу измерений: от -40° до $+85^{\circ}\text{C}$, с точностью измерения $0,5^{\circ}$, в пределах погрешности $\pm 1^{\circ}$.

Основными преимуществами регистраторов серии Thermochron являются: малый размер (корпус представлен в виде таблетки диаметром 17 мм); возможность отсрочки начала работы и автоматический запуск; измерение значений окружающей температуры с программируемым интервалом в диапазоне от 1 до 255 мин; автономность работы – возможность регистрации до 2 048 последовательных отсчетов измеренных значений температуры в энергонезависимую память; возможность программирования необходимых температурных порогов и получения информации о выходе температуры окружающей среды за указанные температурные пределы; долговечный корпус устройства, выполненный из нержавеющей стали толщиной 2,5 мм, выдерживающий воздействие большинства агрессивных сред и имеющий на своей поверхности выгравированный индивидуальный регистрационный номер прибора.

Имеются и недостатки: опытным путем установлено, что корпус автономного регистратора температур «Thermochron» неустойчив к процессам замерзания в почве или воде. После пребывания в мерзлой (до -3°C) почве незначительное время (до 48 часов), без видимых деформаций корпуса, датчик в большинстве случаев выходит из строя. Поэтому для исследований температуры почв в холодный период необходим защитный капсюль. Еще одним незначительным недостатком можно считать малый объем памяти датчика: при регистрации температуры окружающей среды с интервалом в 4 часа памяти хватает на 341 день. После заполнения памяти (в зависимости от настройки

программы) регистрация температурных данных прекращается или идет затирание ранее записанных данных (циклический режим). Снять данные с «Термохрон» возможно и в полевых условиях, достаточно иметь с собой ноутбук с программой и адаптером или же специальный прибор-транспортёр *ThermoChron Data Logger Plus* или считыватель данных iB-Flash. Но для снятия температурных данных необходимо извлечь регистратор из почвы, что представляет проблему для долгосрочных мониторинговых измерений в одной точке.

Решением проблемы малого объема памяти автономного регистратора и необходимости извлечения датчика из почвы может стать применение отдельной системы «датчик и хранилище данных». Имеется довольно широкий выбор датчиков для измерения таких свойств почв, как объемное содержание влаги, диэлектрическая проницаемость, температура, электрическая проводимость, засоленность. Причем эти параметры можно измерять как отдельными датчиками, так и одним датчиком, способным фиксировать несколько параметров. В основе работы датчика лежит измерение диэлектрической проницаемости почвы, которая зависит от её влажности и содержания солей. Датчики могут использоваться в очень широких температурных условиях окружающей среды (от -40° до $+50^{\circ}\text{C}$), что позволяет вести исследования и в теплое, и в холодное время года. Датчики имеют кабель длиной 5 м (при необходимости можно увеличить) для подключения к прибору, который представляет собой 5-канальный регистратор данных, предназначенный для считывания и записи информации с датчиков, работающий на пяти элементах питания размера AA («пальчиковые» батарейки). Регистратор данных выполнен в атмосферостойком корпусе (класс защиты – IP55), устанавливается на поверхности почвы (или на некотором возвышении). Объем хранения данных составляет всего 1 Мб, но этого достаточно для регистрации 36 000 измерений.

У всех датчиков имеется возможность применения заводских калибровок для различных по генезису типов почв. Несомненными плюсами данных систем можно отметить: ведение долгосрочных мониторинговых измерений на одной площадке; универсальность датчиков, позволяющих с одного датчика снимать различные показания; большой объем памяти для хранения данных; возможность калибровки датчиков для различных по генезису типов почв; использование в различных климатических условиях. Однако имеются и недостатки:

невозможность скрытой установки, так как хранилище данных находится на поверхности почвы; высокая стоимость.

Для определения гранулометрического состава почв и грунтов уже более 100 лет применяются приемы, основанные на разделении частиц по размерам при их седиментации. Эти методы хорошо разработаны и широко применяются [5]. Но вместе с уже классическими методами в последние 15 лет интенсивно развивается и все чаще используется для определения распределения частиц по размерам метод лазерной дифракции, в котором используется физический принцип флуктуации электромагнитных волн [6, 7]. Свет параллельного лазерного луча преломляется твердофазными частицами и отклоняется на фиксированные углы, которые зависят от диаметров и оптических свойств частиц. Так как каждый индивидуальный размер частиц локализует определенный угол рассеивания, расшифровка дифракционной картины позволяет рассчитать процентное содержание частиц разного размера, т.е. определить гранулометрический состав почв. Сходящиеся в одной точке линзы фокусируют рассеянный свет в кольце на центральной панели, где детектор измеряет распределение световой энергии (спектр Фурье). Распределение частиц по размерам вычисляется в соответствии с теорией Фраунгофера по единой расчётной процедуре.

На сегодняшний день для определения гранулометрического состава почв и грунтов методом лазерной дифракции используются приборы разных конструкций. Они имеют различия в построении узлов и часто отличаются по механизму пробоподготовки и способу регистрации дифракционной картины, но работают по одному принципу, изложенному выше. В зависимости от модели прибора проба может быть подвергнута измерению как в жидкой среде, так и в воздушной. В качестве носителя в последнем случае используется струя воздуха, движущаяся со скоростью, большей скорости звука. Это открывает новые возможности для получения сведений о размерах и формах частиц не только твёрдой фазы почвы, но и различных водорастворимых субстратов. Все приборы для определения размера частиц, независимо от их максимальных возможностей, основанных на методе лазерной дифракции, обладают рядом неоспоримых преимуществ перед традиционным методом седиментации: предел измерений от 0,01 до 2000 мкм; продолжительность измерений менее 2 мин; полностью автоматизированная смена модулей диспергирования; простое управление, хорошая эргономия и малая занимаемая пло-

шадь; отсутствие дорогостоящих расходных материалов; анализ размеров и формы в ходе одной операции; эффективная автоматическая очистка измерительного контура.

Основными проблемами применения лазерно-дифрактометрического метода определения гранулометрического состава стали низкая степень общей сходимости результатов в целом, значительное занижение, по сравнению с седиментометрическими методами, содержания ила ($< 0,001$ мм) и увеличение содержания мелкой и средней пыли ($0,005$ – $0,001$ и $0,01$ – $0,005$ мм). В отечественных и зарубежных работах, посвящённых этому вопросу, встречаются различия в 2–7 раз [8, 9]. Основной причиной низкой степени сходимости результатов двух методов указываются форма и плотность частиц.

Таким образом, с появлением новых, технически усовершенствованных, современных и зачастую созданных для конкретных исследований приборов раскрываются новые возможности ведения долгосрочных наблюдений за физическими свойствами и режимами почв, более точного определения распределения различных элементов по гранулометрическим фракциям, а также осуществления других измерений, которые были невозможны до настоящего времени из-за отсутствия технических ограничений.

Литература

1. Почвоведение / под ред. И.С. Кауричева. М., 1982. 497 с.
2. Розанов Б.Г. Генетическая морфология почв. М., 1975. 294 с.
3. Теория и методы физики почв / под ред. Е.В. Шейна и Л.О. Карпачевского. М. : Гриф и К, 2007. 616 с.
4. Роде А.А. Почвенная влага. М., 1952. 456 с.
5. Вадюнина А.Ф. Корчагина З.А. Методы исследования физических свойств почв и грунтов : учеб. пособие для студентов вузов (специальность «Агрохимия и почвоведение»). 2-е изд. М. : Высшая школа, 1979. 399 с.
6. Eshel G., Levy G.J., Mungelgrin U., Singer M.J. Critical evaluation of the use of laser diffraction for particle size distribution analysis // Soil Sci. Soc. Am. J. 2004. Vol. 68. P. 736–743.
7. Блохин А.Н., Кулижский С.П. Оценка применения метода лазерной дифрактометрии в определении гранулометрического состава почв // Вестник Томского государственного университета. Биология. 2009. № 1. С. 37–43.
8. Шейн Е.В., Милановский Е.Ю., Молочков А.З. Гранулометрический состав: роль органического вещества в различиях данных седиментометрического и лазерно-дифракционного методов // Доклады по экологическому почвоведению. 2006. Т. 1, № 1. С. 17–30.

9. Beuselinck L., Govers G., Poesen J., Degraer G., Froyen L. Grain-size analysis by laser diffractometry: comparison with the sieve-pipette method // *Catena*. 1998. Vol. 32. P. 193–208.

MODERN DEVICES FOR STUDYING OF SOME PHYSICAL PROPERTIES OF SOILS OF WESTERN SIBERIA

Chumbaev A.S.

Institute of Soil Science and Agrochemistry SB RAS, Novosibirsk, chas30@mail.ru

Summary. The possibilities, and also merits and demerits of some devices for studying of various physical characteristics of soils are considered. Thanks to modern, technically more perfect devices, researchers can to study of various properties of soils at the better level.

Keywords: modern devices; temperature; moisture of soils; particle size distribution; physical properties of soils.

УДК 631.618

DOI: 10.17223/9785946215640/54

СОЕДИНЕНИЯ ЖЕЛЕЗА В ПОЧВАХ ТЕХНОГЕННЫХ ЛАНДШАФТОВ ЕЛИЗАВЕТИНСКОГО ЖЕЛЕЗОРУДНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

М.Н. Шилова¹, В.Г. Двуреченский²

¹ *Государственная сельскохозяйственная академия им. Д.Н. Прянишникова, Пермь, marina_shilova_92@mail.ru*

² *Институт почвоведения и агрохимии СО РАН, Новосибирск, dvi-vadim@mail.ru*

Аннотация. Сделан анализ группового состава железа в почвах техногенных ландшафтов. Определено направление почвообразования под лесной и разнотравной растительностью. Выявлены тенденции развития почвенного покрова.

Ключевые слова: групповой состав; формы соединений железа; классификация почв; эмбриоземы; техногенные ландшафты.

Высокие темпы развития горнодобывающей промышленности привели к увеличению площадей техногенных почв. Естественная регенерация экологических функций техногенных почв, а также восстановление поддерживающих фитоценозов протекают медленно [1, 2].

Согласно классификации почв техногенных ландшафтов [7], почвенный покров в нарушенных экосистемах формируется сингенетично стадиям развития растительных сукцессий. Развитие эмбриоземов в бореальных техногенных экосистемах прослеживается в двух направлениях: 1) инициальные ↔ органо-аккумулятивные; 2) инициальные → органо-аккумулятивные → дерновые → гумусово-аккумулятивные [2–4].

Групповой состав железа в профилях почв как естественных, так и техногенных ландшафтов имеет диагностическое значение, выражая различные внутрипочвенные процессы, такие как накопление гумуса, микроагрегация, формирование органо-минеральных комплексов [4]. Чувствительность железа к изменению окислительно-восстановительных условий, способность образовывать соединения с органическими кислотами, склонность к гидролизу отражают различные стадии почвообразования.

Цель исследования – выявить направленность эволюции эмбриоземов техногенных ландшафтов.

Объект исследования – эмбриоземы на отвалах Елизаветинского железорудного месторождения, которые расположены в черте г. Екатеринбург в районе Уктусских гор. Возраст отвалов составляет 74 г. В 2013 г. были заложены разрезы с отбором образцов на площадках, различающихся по характеру поверхностного органогенного горизонта. Фоновыми почвами, формирующимися в пределах железорудного месторождения, являются бурые лесные почвы, на которых также был заложен разрез. В отобранных образцах был определен групповой состав соединений железа согласно классификации [5]. Аналитически определены валовые, силикатные, несиликатные формы железа по существующим методикам [6].

Обсуждение результатов. Субстрат отвалов состоит из хаотичной смеси продуктов мезозойской коры выветривания. Исследуемые эмбриоземы находятся на разных стадиях развития, так как на них произрастает различная растительность. Так, на поверхности разреза 1 произрастает древесная растительность, разреза 2 – злаково-разнотравная ассоциация, а на поверхности разреза 3 – злаково-бобовая с низким проективным покрытием поверхности.

В морфологическом отношении профили эмбриоземов достаточно определенно различаются по набору и выраженности органогенных

горизонтов, что отражает ведущую роль биологических процессов в формировании профиля почв. По обобщенной схеме профилно-генетической классификации почв техногенных ландшафтов [2, 7] исследуемые эмбриоземы входят в ствол *Постлитогенные* почвы, класс *Эмбриоземы биогенно-неразвитые*, тип *Эмбриоземы органо-аккумулятивные*, подтип *Типичные*.

Бурая лесная почва (фон) имеет высокое содержание валового железа с постепенным его повышением к породе. В составе соединений железа преобладает силикатное над несиликатным (таблица). Аморфное железо накапливается в верхних горизонтах и уменьшается вниз по профилю по мере ослабления интенсивности выветривания и почвообразования, т.е. имеет аккумулятивный характер, что свойственно буроземообразованию.

В эмбриоземах валовое содержание соединений железа выше, чем в развитой бурой лесной почве, причем в разрезе № 1 валовое содержание железа изменяется от 12,2% в верхнем слое до 47,5% в слое глубже 20 см. В эмбриоземах разрезов 2 и 3 содержание железа по профилю постепенно нарастает с глубиной, как и в бурой лесной почве.

Содержание Fe_c колеблется в эмбриоземах (3,23–33,24%) и составляет больше половины от $Fe_{вал}$ в некоторых случаях достигая 75%.

Содержание силикатного железа существенно преобладает над несиликатными его формами (1, 2 разрезы), что указывает на развитие почв по типу буроземообразования. Преобладание Fe_c над Fe_{nc} свидетельствует о слабой степени выветрелости пород, зависящей от каменистости субстрата, времени почвообразования. В разрезе 3, наоборот, несиликатная форма преобладает над силикатной, что указывает на развитие подзолистого процесса.

Доля несиликатных соединений железа от валового содержания оценивает степень развития оксидогенеза железа в почвах. Величина отношения $Fe_{nc} : Fe_{вал}$ в исследуемых почвах варьирует в пределах 0,21–0,66, что указывает на слабую степень проявления оксидогенеза, а большую – на процессы гумусонакопления, глееобразования.

Окристаллизованные соединения железа ($Fe_{окр}$) формируются при старении аморфных осадков. Содержание $Fe_{окр}$ составляет 4,35–15,90%, распределение по профилю почв повторяет распределение Fe_{nc} .

Формы железа в почвах техногенных ландшафтах

Разрез	Горизонт, глубина, см	Fe _{вал} , %	Fe _{нс} , %			Fe _с , %	Fe _{нс} / Fe _{вал}	Fe _{ам} / Fe _{вал}	Fe _с / Fe _{нс}	Fe _{ам} / Fe _{нс}
			Fe _{ам}	Fe _{окр}	Fe _{нс общ}					
Фон	A ₁ (6–16)	6,14	<u>1,50</u> 24,43	<u>0,29</u> 4,72	<u>1,79</u> 29,15	<u>4,35</u> 70,85	0,29	0,24	2,43	0,84
	B ₁ (16–27)	7,66	<u>1,28</u> 16,71	<u>0,34</u> 4,44	<u>1,62</u> 21,15	<u>6,04</u> 78,85	0,21	0,17	3,73	0,79
	B ₂ (27–50)	8,89	<u>1,27</u> 14,29	<u>0,99</u> 11,14	<u>2,26</u> 25,42	<u>6,63</u> 74,58	0,25	0,14	2,93	0,56
	BC (> 50)	9,93	<u>1,47</u> 14,80	<u>1,10</u> 11,08	<u>2,57</u> 25,88	<u>7,36</u> 74,12	0,26	0,15	2,86	0,57
1	A ₀₁ (0–3)	12,24	<u>2,22</u> 18,14	<u>2,05</u> 16,75	<u>4,27</u> 34,89	<u>7,97</u> 65,11	0,35	0,18	17	0,52
	A ₀₂ (3–7)	34,34	<u>1,34</u> 3,90	<u>13,76</u> 40,07	<u>15,10</u> 43,97	<u>19,24</u> 56,03	0,44	0,04	1,27	0,09
	C ₁ (7–20)	43,12	<u>1,44</u> 3,34	<u>14,46</u> 33,53	<u>15,90</u> 36,87	<u>27,22</u> 63,16	0,37	0,03	1,71	0,09
	C ₂ (> 20)	47,54	<u>1,73</u> 3,64	<u>12,57</u> 26,44	<u>14,30</u> 30,08	<u>33,24</u> 69,92	0,30	0,04	2,32	0,12
2	A ₀ (0–4)	11,94	<u>2,15</u> 18,01	<u>1,04</u> 8,71	<u>3,19</u> 26,72	<u>8,75</u> 73,28	0,27	0,18	2,74	0,67
	C ₁ (4–20)	11,41	<u>1,44</u> 12,62	<u>2,13</u> 18,67	<u>3,57</u> 31,29	<u>7,84</u> 68,71	0,31	0,13	2,20	0,40
	C ₂ (> 20)	14,18	<u>1,74</u> 12,27	<u>1,32</u> 9,31	<u>3,06</u> 21,58	<u>11,12</u> 78,42	0,22	0,12	3,63	0,57
3	A _д (0–5)	9,53	<u>1,39</u> 14,59	<u>4,91</u> 51,52	<u>6,30</u> 66,11	<u>3,23</u> 33,89	0,66	0,15	0,51	0,22
	C ₁ (5–10)	10,18	<u>2,30</u> 22,59	<u>3,78</u> 37,13	<u>6,08</u> 59,72	<u>4,10</u> 40,28	0,60	0,23	0,67	0,38
	C ₂ (> 20)	11,18	<u>1,82</u> 16,28	<u>2,26</u> 20,21	<u>4,08</u> 36,49	<u>7,10</u> 63,59	0,36	0,16	1,74	0,45

Примечание. В числителе – % содержания форм железа от массы почвы, в знаменателе – % содержания форм соединений железа от валового.

Аморфное железо накапливается в верхних горизонтах и уменьшается вниз по профилю по мере ослабления интенсивности выветривания и почвообразования, т.е. имеет аккумулятивный характер, что свойственно буроземообразованию. В нижних горизонтах значения показателей становятся ближе и далее количество Fe_{ам} резко уменьшается, а Fe_{окр} увеличивается.

Такое поведение, как объясняет С.В. Зонн [5], вероятно связано с растворением остаточных (в сланцах) железистых пленок, а также с некоторым накоплением железа в результате внутрпочвенного выветривания. В эмбриоземе (разрез 3) аморфное железо выносится из средней части профиля и накапливается в нижней, что свойственно подзолообразованию.

В качестве самостоятельного показателя степени выветрелости почвенной массы использовали отношение силикатного железа к несиликатному. Чем меньше величины отношения Fe_c/Fe_{nc} , тем выше степень выраженности процессов выветривания. Сравнивая эмбриоземы по отношению Fe_c/Fe_{nc} , можно отметить, что в разрезе 2 этот показатель выше всего и по своим значениям близок к фоновой бурой лесной почве. Наибольшим выветриваниям почвенной массы подвержен эмбриозем в разрезе 3, с максимальным выветриванием в дерновом горизонте и следующем слое (0,51 и 0,67 соответственно).

К фоновой бурой лесной почве наиболее близок эмбриозем разреза 2, что помог установить критерий Швертмана (Кш). В эмбриоземе разреза 3 данный коэффициент ниже и изменяется, не понижаясь к породе, а, наоборот, повышаясь с 0,22 до 0,45 в нижнем слое. В эмбриоземе разреза 1 отмечается очень низкое значение Кш в средней и нижней части эмбриозема, что указывает на условия, отличные от тех, в которых формируются эмбриоземы разрезов 2 и 3. Возможно, это связано с активной кристаллизацией свободных соединений железа при создающихся очень засушливых условиях в данном разрезе.

Групповой состав соединений железа эмбриоземов и фоновых бурых лесных почв имеет некоторое генетическое сходство, которое проявляется в следующем: а) преобладание силикатного железа над несиликатным (в разрезах 1 и 2); б) аморфное железо накапливается в органогенных горизонтах, где представлено в основном органической фракцией, так как происходит биогенное накопление железа в результате преобразования растительного опада путем интенсивной аккумуляции, минерализации и гумификации органического вещества (в разрезах 1, 2 вниз по профилю содержание аморфного железа снижается, т.е. подвижность железа падает; в) процесс перехода аморфных фракций в окристаллизованные имеет обратимый характер: аморфные \leftrightarrow окристаллизованные. При избыточном увлажнении из окристаллизованных фракций могут образовываться аморфные подвижные

фракции железа, в основном литогенного происхождения. При осушении и аэрации они вновь кристаллизуются.

Таким образом, исследования показали, что в почвах техногенных ландшафтов, формирующихся на Елизаветинском железорудном месторождении, почвообразование происходит в разных направлениях в зависимости от степени зарастания растительными ассоциациями. В связи с этим эволюция эмбриоземов возможна по типу буроземообразования (разрез 2), подзолообразования (разрез 3), псевдоподзолообразования (разрез 1).

Литература

1. Андроханов В.А., Куляпина Е.Д., Курачев В.М. Почвы техногенных ландшафтов: генезис и эволюция. Новосибирск : Изд-во СО РАН, 2004. 151 с.
2. Андроханов В.А., Курачев В.М. Почвенно-экологическое состояние техногенных ландшафтов: динамика и оценка. Новосибирск : Изд-во СО РАН, 2010. 224 с.
3. Андроханов В.А. Почвенно-экологическое состояние техногенных ландшафтов: динамика и оценка : автореф. дис. ... д-ра биол. наук. Новосибирск, 2005. 34 с.
4. Двуреченский В.Г. Географо-генетическая характеристика форм железа в эмбриоземах Кузбасса : автореф. дис. ... канд. биол. наук. Новосибирск, 2011. 19 с.
5. Зонн С.В. Железо в почвах. М. : Наука, 1982. 208 с.
6. Зонн С.В., Рукака А.Н. Методы определения несиликатных форм железа в почвах // Почвоведение. 1978. № 2. С. 89–101.
7. Курачев В.М., Андроханов В.А. Классификация почв техногенных ландшафтов // Сибирский экологический журнал. 2002. № 3. С. 255–261.

IRON COMPOUNDS IN SOILS OF MAN-MADE LANDSCAPES OF ELIZABETHAN IRON ORE DEPOSIT

Shilova M.N.¹, Dvurechensky V.G.²

¹ State Agricultural Academy, Perm, dvu-vadim@mail.ru

² Institute of Soil Science and Agricultural Chemistry of SB RAS, Novosibirsk, dvu-vadim@mail.ru

Summary. The analysis of group composition of iron in soils of man-made landscapes. The direction of soil under forest and grass vegetation. Tendencies of development of soil cover.

Keywords: group composition; the form of iron compounds; classification of soils; embryozems; technogenic landscapes.

СОДЕРЖАНИЕ

Памяти Романа Викторовича Ковалева.....	3
---	---

ПЛЕНАРНЫЕ ДОКЛАДЫ

Кудряшова С.Я. Роман Викторович Ковалев – руководитель и координатор международных и государственных научно-исследовательских и научно-практических программ, выполненных в ИПА СО РАН.....	9
Березин Л.В. Основные направления развития агропочвоведения в XXI в.....	23
Титлянова А.А. Лабильное органическое вещество в пахотных почвах.....	36
Якименко В.Н. Калий как фактор оптимизации продуктивности и экологического состояния почв.....	44
Ковалева Е.И., Пукальчик М.А. О возможности применения ферментативной активности при экологическом нормировании и оценке нефтезагрязненных почв.....	51

СЕКЦИЯ 1. ФАЦИАЛЬНЫЕ И ПРОВИНЦИАЛЬНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ПОЧВ РОССИИ И СТРАН СНГ

Гагарин Д.В. Разнообразие почвенного покрова особо охраняемых природных территорий Байкальского региона.....	59
Глушкова С.В., Киселева Н.Д. Классификация гипсоносных почв.....	62
Доможакова Е.А., Соколов Д.А. Литогенный потенциал гумусо-накопления почв восточной части Центрально-Тувинской котловины.....	65
Кошкарев А.А. Физические свойства почв Западного Прибайкалья.....	72
Крылова Е.А., Учасв А.П. Нижнеплейстоценовые отложения Южного Урала: морфология и стратиграфическая корреляция.....	77
Никифоров А.Н. Особенности формирования почв южной тайги Западной Сибири при заболачивании.....	82
Панина М.А. Гумусное состояние почв Южного Предбайкалья.....	87
Попов В.В., Сеньков А.А. Зональные особенности солонцовых почв Ишимской равнины.....	92
Саидова А.А., Широнова А.В. Проблемы диагностики и классификации дерново-карбонатных почв Иркутской области, их отличие от европейских аналогов.....	97
Сапрыкин О.И., Смоленцев Б.А., Мерзляков О.Э. Экологическое разнообразие почв микрозападин юго-восточной части Западной Сибири.....	102
Стадник С.Н. Разнообразие почв окрестностей туристического рекреационного научно-учебного полигона «Сарма».....	109
Тимофеева Д.В. Характеристика почв высокой поймы на излучинах реки Белая (Прибайкалье).....	114
Хадеева Е.Р. Засоленные почвы о. Ольхон.....	117

**СЕКЦИЯ 2. ЭФФЕКТИВНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ И ОХРАНА
ПОЧВЕННЫХ РЕСУРСОВ. МОНИТОРИНГ
И ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА**

Башук А.Г. Накопление растительных остатков на поверхности почвы в технологии No-till в южной части Новосибирской области.....	125
Госсен И.Н. Характеристика основных технологий рекультивации	128
Елизаров Н.В. Свойства однократно мелиорированных солонцов Барабы в условиях пульсации грунтовых вод.....	134
Капустянчик С.Ю., Данилова А.А. Влияние мискантуса сорта «Сорановский» на дыхательную активность почвы.....	139
Лужных Т.А, Быкова С.Л. Применение гуматов калия и натрия в условиях сельскохозяйственной рекультивации технозёмов Кузбасса.....	145
Нечаева Т.В., Гопп Н.В., Смирнова Н.В., Савенков О.А. Оценка пространственной изменчивости свойств почв склонового агроландшафта Предсалаирья.....	152
Нечаева Т.В., Смирнова Н.В., Шкитина А.С. Изменение физико-химических и биологических свойств темно-серых лесных почв Предсалаирья в процессе эрозии.....	159
Никонова Л.Г., Головацкая Е.А., Терещенко Н.Н. Влияние уровня болотных вод на процессы трансформации растений-торфообразователей в торфяной почве олиготрофных болот.....	165
Подурец О.И., Гильфанова Р.Р. Кислотность почв учебно-ботанического сада в условиях различного хозяйственного использования.....	170
Прибура А.Д., Спорыхина Т.А. К диагностике азотного питания культур сосны на породных отвалах.....	175
Слепухина И.Е. Показатели плодородия почв сельхозугодий хозяйств, расположенных в Боханском районе Иркутской области.....	178
Смирнова Н.В., Нечаева Т.В., Абросимова И.В. Эколого-экономические последствия эрозии почв в условиях Новосибирской области.....	183
Соколова Н.А. Ретроспективный мониторинг водоемов северной части Барабинской равнины с применением данных ДДЗ3.....	190
Спорыхина Т.А., Прибура А.Д. Лесорастительные свойства литостратов.....	194
Уталиев А.А., Яковлева Л.В. Эколого-агрохимическая оценка состояния залежных земель Астраханской области.....	198
Уфимцев В.И., Беланов И.П., Андроханов В.А. Дифференциация напочвенного покрова как фактор почвообразования в лесных фитоценозах на отвалах вскрышных пород Кузбасса.....	201

СЕКЦИЯ 3. СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ПОДХОДЫ К ОЦЕНКЕ СОСТОЯНИЯ ПОЧВ И ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА

Балуков М.С., Березин Л.В. Анализ мезорельефа залежных экосистем по материалам ДЗЗ.....	209
Васильева Т.В. Оценка влияния выбросов алюминиевого завода на экотоксикологические показатели прилегающих территорий методами биотестирования.....	214
Зиновик К.В., Двуреченский В.Г. Морфологическая характеристика эмбриоземов техногенных ландшафтов Горловского угольного бассейна.....	218
Зиновик К.В., Двуреченский В.Г., Середина В.П. Физико-химические свойства эмбриоземов отвалов Горловского угольного месторождения.....	225
Исаева О.С., Двуреченский В.Г. Основные химические и физико-химические свойства эмбриоземов различных техногенных объектов г. Новокузнецка.....	230
Кожевников Н.В. Применение показателей ферментативной активности для диагностики сельскохозяйственного использования почв.....	236
Лада Н.Ю. Микробиоморфный анализ черноземных почв с разной степенью антропогенной нагрузки.....	241
Лебедева М.А., Сиромля Т.И. Элементный химический анализ почв – основные ошибки и погрешности	246
Лойко С.В., Раудина Т.В., Лим А.Г., Крицков И.В., Волкова И.И., Колесниченко Л.Г., Истигечев Г.И. Содержание органического углерода, N, K, P, Ca, Al и Fe в торфяной залежи плоскобугристого мерзлотного болота бассейна реки Пякупур (северная тайга Западной Сибири).....	251
Никитич П.А., Еремеева Д.В. Изменение климата и его влияние на цикл азота.....	259
Окорочкова Т.Л., Соколов Д.А. Качественная оценка состояния почв отвалов Горловского антрацитового месторождения.....	264
Оплеухин А.А., Михеева И.В. Оценка неоднородности почвенных показателей на примере черноземов южных среднесуглинистых юга Западной Сибири.....	271
Пронина И.А., Двуреченский В.Г., Середина В.П. Физико-химические свойства и особенности петрографического состава эмбриоземов отвалов Одра-Башского железорудного месторождения.....	274
Сенкевич О.В. Роль вермикультуры в плодородии почвы.....	281
Сиромля Т.И. О применении 5 М HNO ₃ при исследовании элементного химического состава почв юга Западной Сибири.....	284
Сиромля Т.И. Групповой состав соединений тяжелых металлов в фоновых почвах юга Западной Сибири	290
Филмонова Д.А. К проблеме изучения гранулометрического состава почв	296
Чумбаев А.С. Современные приборы для изучения некоторых физических свойств почв Западной Сибири.....	301
Шилова М.Н., Двуреченский В.Г. Соединения железа в почвах техногенных ландшафтов Елизаветинского железорудного месторождения.....	307

Научное издание

**III КОВАЛЕВСКИЕ МОЛОДЕЖНЫЕ ЧТЕНИЯ
«ПОЧВА – РЕСУРС ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ
И ПРОДОВОЛЬСТВЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ»**

Материалы Всероссийской научной конференции

26–30 сентября 2016 г., г. Новосибирск

Редактор Е.Г. Шумская
Оригинал-макет Е.Г. Шумской
Дизайн обложки С.Ю. Артымука и Е.Б. Даниловой

Подписано в печать 07.11.2016 г. Формат 60×84¹/₁₆.
Бумага для офисной техники. Гарнитура Times.
Усл.-печ. л. 18,4. Тираж 250 экз. Заказ № 2151.

Отпечатано на оборудовании
Издательского Дома
Томского государственного университета
634050, г. Томск, пр. Ленина, 36
Тел. 8+(382-2)–53-15-28
Сайт: <http://publish.tsu.ru>
E-mail: rio.tsu@mail.ru

ISBN 978-5-94621-564-0



9 785946 215640