

# ПОЧВА КАК СВЯЗУЮЩЕЕ ЗВЕНО ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ПРИРОДНЫХ И АНТРОПОГЕННО-ПРЕОБРАЗОВАННЫХ ЭКОСИСТЕМ

МАТЕРИАЛЫ

В МЕЖДУНАРОДНОЙ НАУЧНОЙ КОНФЕРЕНЦИИ,

посвященной 90-летию кафедры почвоведения и оценки земельных ресурсов ИГУ  
Иркутск, 23–29 августа 2021 года

## SOIL AS INTERLINK FOR FUNCTIONING OF NATURAL AND ANTHROPOGENICALLY TRANSFORMED ECOSYSTEMS

IV International Scientific and Practical Conference devoted to 90th anniversary  
of the Department of Pedology and Land Resources Estimation of Irkutsk State University and



ISBN 978-5-9624-1945-9

УДК 631.4

ББК 40.3

П65

**Редакционная коллегия: Н. Д. Киселева**

**Почва** как связующее звено функционирования природных и антропогенно-преобразованных экосистем : материалы V Международной научно-практической конференции, посвященной 90-летию кафедры почвоведения и оценки земельных ресурсов ИГУ и Дню Байкала / ФГБОУ ВО «ИГУ» ; [под ред. Н. Д. Киселевой]. – Иркутск : Издательство ИГУ, 2021. – 1 электрон. опт. диск. (CD-ROM). – Загл. с этикетки диска.

**ISBN 978-5-9624-1945-9**

В материалах рассмотрены вопросы теоретического почвоведения, касающиеся генезиса, эволюции и проблем классификации почв Прибайкалья и других регионов Российской Федерации, методические подходы оценки почвенных и земельных ресурсов, современные концепции сохранения почвенного покрова. Представлен опыт почвенно-геохимических исследований в зонах интенсивного природопользования, оценки свойств и экологического состояния природных и антропогенно-нарушенных почв, подходов исчисления размеров вреда, причиненного почвам. Рассмотрены объекты, подлежащие особой охране в связи с реально существующей угрозой их исчезновения или сильной деградации. Отдельные статьи посвящены мультидисциплинарным подходам в почвоведении, связи методов почвоведения с другими науками и научно-производственными направлениями.

Для специалистов в области почвоведения, биологии, экологии, географии, сельского хозяйства и охраны окружающей среды.

---

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

«Иркутский государственный университет»

664003, г. Иркутск, ул. К. Маркса, 1; тел. +7 (3952) 51-19-00

Издательство ИГУ, 664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 124

тел. +7 (3952) 52-18-53; e-mail: izdat@lawinstitut.ru

Подписано к использованию 20.08.2021. Тираж 30 экз. Объем 15,2 Мб.

---

Тип компьютера, процессор, частота:

32-разрядный процессор, 1 ГГц или выше

Оперативная память (RAM):

256 МБ

Необходимо на винчестере:

320 МБ

Операционные системы:

ОС Microsoft® Windows® XP, 7, 8 или 8.1. ОС Mac OS X

Видеосистема:

Разрешение экрана 1024x768

Акустическая система:

Не требуется

Дополнительное оборудование:

Не требуется

Дополнительные программные средства:

Adobe Reader 6 или выше

# ПОЧВА КАК СВЯЗУЮЩЕЕ ЗВЕНО ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ПРИРОДНЫХ И АНТРОПОГЕННО-ПРЕОБРАЗОВАННЫХ ЭКОСИСТЕМ

МАТЕРИАЛЫ

IV МЕЖДУНАРОДНОЙ НАУЧНОЙ КОНФЕРЕНЦИИ,  
Посвященной 90-летию кафедры почвоведения и оценки земельных ресурсов ИГУ  
Иркутск, 23–29 августа 2021 года

## SOIL AS INTERLINK FOR FUNCTIONING OF NATURAL AND ANTHROPOGENICALLY TRANSFORMED ECOSYSTEMS

IV International Scientific and Practical Conference devoted to 90th anniversary  
of the Department of Pedology and Land Resources Estimation of Irkutsk State University and



ISBN 978-5-9624-1945-9

Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Иркутский государственный университет»  
Биологический-почвенный факультет  
ФГБУН Институт географии им. В. Б. Сочавы СО РАН  
Иркутское отделение МОО «Общество почвоведов им. В. В. Докучаева»

# ПОЧВА КАК СВЯЗУЮЩЕЕ ЗВЕНО ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ПРИРОДНЫХ И АНТРОПОГЕННО-ПРЕОБРАЗОВАННЫХ ЭКОСИСТЕМ

МАТЕРИАЛЫ

IV МЕЖДУНАРОДНОЙ НАУЧНОЙ КОНФЕРЕНЦИИ,  
посвященной 90-летию кафедры почвоведения и оценки земельных ресурсов ИГУ  
Иркутск, 23–29 августа 2021 года

## SOIL AS INTERLINK FOR FUNCTIONING OF NATURAL AND ANTHROPOGENICALLY TRANSFORMED ECOSYSTEMS

IV International Scientific and Practical Conference devoted to 90th anniversary  
of the Department of Pedology and Land Resources Estimation of Irkutsk State University and



ISBN 978-5-9624-1945-9

# СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие .....	11
-------------------	----

## ПЛЕНАРНЫЕ ДОКЛАДЫ

<b>Андроханов В. А., Госсен И. Н., Соколов Д. А.</b> Опыт проведения рекультивационных работ по различным направлениям в Кузбассе .....	13
<b>Апарин Б. Ф.</b> Концепция создания биосферного полигона почвенно-экологического мониторинга лесных экосистем .....	18
<b>Безуглова О. С.</b> Гумусное состояние черноземов остеиняющихся территорий .....	24
<b>Воробьева Г. А.</b> Регионализм педогенеза в Байкало-Енисейской Сибири .....	28
<b>Гранина Н. И., Мартынова Н. А.</b> Кафедра почвоведения ИГУ: основные вехи развития иркутской школы почвоведения и направления исследования почв .....	40
<b>Макеев А. О.</b> Этапы криогенного почвообразования в геологической истории Земли .....	56
<b>Убугунова В. И., Убугунов Л. Л., Убугунов В. Л.</b> Почвы пойм Охотско-Монгольского орогенного пояса: мультидисциплинарные подходы к изучению .....	59
<b>Шпедт А. А., Злотникова В. В.</b> Природно-ресурсный потенциал земледельческой территории Канского округа Красноярского края .....	64

## СЕКЦИЯ 1. ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ПОЧВОВЕДЕНИЕ: ГЕНЕЗИС, ЭВОЛЮЦИЯ, КЛАССИФИКАЦИОННЫЕ ПРОБЛЕМЫ

<b>Алексеев А. А., Чевычелов А. П., Кузнецова Л. И.</b> Магнитная восприимчивость мерзлотных палевых почв Центральной Якутии .....	70
<b>Алексеев А. А., Чевычелов А. П.</b> Магнитная восприимчивость мерзлотных черноземов Центральной Якутии .....	75
<b>Алексеев А. О., Алексеева Т. В., Калинин П. И., Ельцов М. В., Шарый П. А., Митенко Г. В., Малышев В. В.</b> Ретроспективный анализ изменений почв степной зоны Восточно-Европейской равнины в условиях глобальных изменений климата .....	80
<b>Бадмаев Н. Б., Гынинова А. Б., Цыбенов Ю. Б.</b> Координатный анализ и определение климатических ниш почв на южной границе криолитозоны Забайкалья .....	85
<b>Гайденок Н. Д.</b> Физические аспекты гистерезиса почвенной влаги – от гидравлики до нелинейной физики .....	91

<b>Головлева Ю. А., Коркина Е. А.</b> Формирование криогенной структуры в таежных суглинистых почвах Сибири .....	97
<b>Горбов С. Н., Безуглова О. С.</b> Основные типы почв Ростовской агломерации .....	99
<b>Дюкарев А. Г., Климова Н. В., Никифоров А. Н., Чернова Н. А., Копысов С. Г.</b> Цикличность почвообразования в лесных экосистемах .....	104
<b>Заварзина А. Г.</b> Гумусовые вещества: проблемы терминологии, классификации и генезиса .....	109
<b>Ковалев И. В., Ковалева Н. О.</b> Биохимия лигнина в почвах: перспективы исследований .....	114
<b>Козлова А. А., Приставка А. А.</b> Применение методов статистического анализа при изучении особенностей формирования и функционирования почв Южного Предбайкалья .....	119
<b>Кондратьева М. А., Самофалова И. А.</b> Почвенный покров Среднего Урала на картах прошлого и настоящего .....	124
<b>Коршунова С. А., Куклина С. Л.</b> Свойства голоценовых и верхнеплейстоценовых почв и отложений на ОАН «Стоянка «Мальта-Мост 3» .....	129
<b>Куклина С. Л., Воробьева Г. А.</b> Проблемы классификации и записи формул строения профилей аллювиальных почв России .....	134
<b>Лазарева М. А.</b> Изменение почвенного покрова Лисинского учебно-опытного лесхоза за 200 лет антропогенной деятельности .....	138
<b>Лесовая С. Н.</b> Маломощные щебнистые почвы на плотных породах Сибири .....	142
<b>Лиханова И. А., Кузнецова Е. Г., Лаптева Е. М., Денева С. В.</b> Изменение почв на начальных этапах искусственного лесовосстановления в подзоне средней тайги (Республика Коми) .....	146
<b>Мартынова Н. А.</b> Биогеохимические особенности почвообразования в реализации экосистемных функций фосфоритоносных ландшафтов Монголии Байкальской рифтовой зоны .....	149
<b>Никифоров А. Н., Дюкарев А. Г., Климова Н. В., Копысов С. Г., Чернова Н. А.</b> Сукцессионная динамика почвообразования в пихтовых лесах на юге Западной Сибири .....	154
<b>Пивоварова Е. Г.</b> Региональные и базовые классификации почв: проблемы и их решение .....	159
<b>Пшеничников Б. Ф., Ганзей К. С., Лящевская М. С., Киселева А. Г., Родникова И. М., Пшеничникова Н. Ф.</b> Почва как показатель состояния геосистем островов залива Петра Великого (Приморский край) .....	164
<b>Романкевич Ю. А.</b> Опыт классификации почв урбанизированных территорий с разной степенью антропогенной трансформации в Республике Беларусь .....	169
<b>Самофалова И. А.</b> Пространственная организация почвенного покрова на Среднем Урале на уровне элементарных почвенных структур .....	175
<b>Смоленцева Е. Н.</b> Особенности агрогенной трансформации чернозёмов Западной Сибири .....	180
<b>Снытко В. А., Белозерцева И. А.</b> Учитель и ученик: почвоведы И. В. Николаев и В. А. Кузьмин .....	185

<b>СпиринаВ.З., Белкина Т.Н.</b> Черноземы Койбальской степи Абакан-Енисейского междуречья .....	190
<b>Сухачева Е.Ю.</b> Структура почвенного покрова как отражение антропогенного воздействия на лесные ландшафты .....	195
<b>Чевычелов А.П., Алексеев А.А., Ермолаева С.В.</b> Генезис, классификация и разнообразие мерзлотных почв Центральной Якутии .....	201
 <b>СЕКЦИЯ 2. МУЛЬТИДИСЦИПЛИНАРНЫЕ ПОДХОДЫ ПОЧВОВЕДЕНИЯ, СВЯЗАННЫЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДОВ ПОЧВОВЕДЕНИЯ В ДРУГИХ НАУКАХ И НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ НАПРАВЛЕНИЯХ</b>	
 <b>Абросимов К.Н., Фомин Д.С., Романенко К.А., Васильев Р.В.</b>	
Связность порового пространства почв. Показатели связности на примере различных типов порового пространства .....	207
<b>Алексеева Т.В., Алексеев А.О.</b> Палеопочва на коре выветривания железистых кварцитов докембра (район КМА) .....	211
<b>Али али Кадем али, Шаляпин В.В., Онищенко Л.М., Лакиза С.А.</b> Минеральный азот чернозема выщелоченного в агроценозе озимой пшеницы, выращиваемой в условиях Азово-Кубанской низменности .....	216
<b>Артамонова В.С.</b> О симбиотрофности растений при облесении техногенных отходов .....	220
<b>Бадмаев Н.Б., Дугаржапова З.Ф., Очиров О.Н., Цыдыпов Б.З.</b> Алгоритм информационно-поисковой системы для выявления заброшенных скотомогильников в условиях островной мерзлоты .....	225
<b>Гайденок Н.Д.</b> Органоминеральный круговорот как связующее звено функционирования антропогенно-преобразованных систем земледелия .....	230
<b>Глушанкова Н.И.</b> Палеогеографическая составляющая в истории формирования современного почвенного покрова на Русской равнине .....	236
<b>Глушанкова Н.И., Воскресенская Т.Н.</b> Отражение эволюции ландшафтов в педореликтах плейстоцена на Восточно-Европейской равнине .....	241
<b>Жученко Н.А., Лопатина И.Н., Чебыкин А.П.</b> Распределение макро- и микроэлементов в дерново-подбурах юго-западной части Приморского хребта (Иркутская область) .....	246
<b>Заракет А., Невзорова А.Б.</b> Оценка эрозии почв в заповедной зоне Ливана с использованием системы ГИС и USLE .....	251
<b>Каллас Е.В., Глибина Н.С.</b> Эффективность вермигумата при выращивании редиса .....	257
<b>Ковалева Н.О.</b> Горные почвы как планетарные архивы информации .....	261
<b>Кошелева Н.Е., Кукушкина О.В., Власов Д.В.</b> Тяжелые металлы и металлоиды в дорожной пыли и почвах Западного округа Москвы .....	266
<b>Киселева Н.Д., Штанцова В.В., Баснина Е.И.</b> Влияние паводковых вод на агрохимические показатели почв сельскохозяйственного назначения .....	272

<b>Кузнецов П. В., Чупарина Е. В., Чубаров В. М.</b> Формы нахождения металлов в некоторых почвах окрестностей с. Утулик (южный берег оз. Байкал) .....	281
<b>Кушнов И. Д., Абакумов Е. В., Темботов Р. Х., Поляков В. И.</b> Эколого-геохимическая оценка почв и криоконитов Центрального Кавказа .....	286
<b>Лопатовская О. Г., Борисенко Е. Ю.</b> Интеграция естественных наук при обучении студентов вуза .....	290
<b>Лычкова Д. Г., Кошелева Н. Е., Ефимов В. А., Ефимова Л. Е.</b> Аккумуляция потенциально токсичных элементов в компонентах ландшафтов г. Гусиноозерска (Республика Бурятия) .....	294
<b>Приходько В. Е., Азаренко Ю. А., Михаревич М. В.</b> Междисциплинарное изучение археологических геоархивов раннего Средневековья для реконструкции почв, ландшафтов и климата (некрополь Сростки-І, Алтайский край) .....	299
<b>Прохоров И. С.</b> Информационное сопровождение научных исследований в агрохимии и почтоведении .....	304
<b>Салимгареева О. А., Глазунов Г. П., Прокофьева Т. В.</b> Особенности атмосферных микрочастиц Центрально-черноземного заповедника им. В. В. Алексина .....	313
<b>Семенова И. Н., Рафикова Ю. С., Суюндуков Я. Т., Рафиков С. Ш.</b> Комплексный анализ воздействия техногенного фактора на экологическое состояние почв и здоровье населения горнорудного региона Башкортостана .....	319
<b>Телеснина В. М., Семенюк О. В., Богатырев Л. Г.</b> Биологический круговорот в городских насаждениях на примере ООПТ города Москвы .....	324
<b>Чимитдоржиева Э. О., Чимитдоржиева Г. Д., Цыбенов Ю. Б.</b> Элементный состав гуминовых кислот почв бугров пучения юга Витимского плоскогорья .....	328
<b>Чимитдоржиева Э. О., Чимитдоржиева Г. Д., Цыбенов Ю. Б.</b> Неспецифические органические вещества черноземов Западного Забайкалья .....	330
 <b>СЕКЦИЯ 3. ПОЧВЕННЫЕ РЕСУРСЫ И ОЦЕНКА ЗЕМЕЛЬ (ПЛОДОРОДИЕ, ДЕГРАДАЦИЯ, МЕЛИОРАЦИЯ, КАЧЕСТВЕННАЯ И ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА, ЭКОЛОГИЯ И ОХРАНА ЗЕМЕЛЬ)</b>	
<b>Аксенова Ю. В.</b> Оценка пахотных почв юга Омской области .....	334
<b>Бауэр Т. В., Минкина Т. М., Цицуашвили В. С., Манджиева С. С., Замулина И. В.</b> Особенности профильного распределения лантаноидов в пойменных техногенно загрязненных почвах .....	338
<b>Бурачевская М. В., Минкина Т. М., Бауэр Т. В., Северина В. И.</b> Влияние биочара на адсорбционную способность чернозема обыкновенного при загрязнении медью .....	343
<b>Валевич Т. О., Мерзляков О. Э.</b> Влияние лесных пожаров на почвы лиственничных лесов Западного Саяна в условиях криоаридного климата .....	347
<b>Гавардашвили Г. В.</b> Инновационное биоинженерное мероприятие для регулирования водной эрозии почв с учетом изменения климата .....	351

<b>Гертман Л. Н., Глинская А. Н., Мажайский Ю. А.</b> Охрана водных ресурсов путем установления особого режима хозяйственной деятельности на прилегающих землях .....	357
<b>Горохова С. М., Васильев А. А.</b> Тяжелые металлы в конкрекциях и магнитных частицах в дерново-подзолистых почвах Пермского района Пермского края .....	362
<b>Гранина Н. И.</b> Проблемы экономической оценки земель лесного фонда Иркутской области .....	367
<b>Гребенщиков В. Ю.</b> Некоторые аспекты повышения эффективности использования залежных земель в Иркутской области .....	371
<b>Гучок М. В.</b> Роль экосистемных услуг при оценке степени деградации земель .....	375
<b>Двуреченский В. Г.</b> Оценка буферности почв по отношению к тяжелым металлам в антропогенных ландшафтах лесостепи Западной Сибири .....	379
<b>Добрянская С. Л.</b> Изменение агрофизических свойств чернозёма выщелоченного при длительном сельскохозяйственном использовании .....	384
<b>Жидкин А. П.</b> Оценка интенсивности эрозионной деградации почв на среднерусской возвышенности .....	387
<b>Жуланова В. Н.</b> Свойства агропочв равнинных ландшафтов Тувы .....	392
<b>Зубарев В. А., Мажайский Ю. А.</b> Влияние осушения на изменение агрохимических показателей почв Среднеаурской низменности .....	395
<b>Ильченко Я. И., Бирюкова О. А., Медведева А. М.</b> Азотный режим чернозема обыкновенного при выращивании озимой пшеницы в системе No-till .....	399
<b>Каменева И. А., Якубовская А. И., Мельничук Т. Н., Гритчин М. В., Приходько А. В., Смирнова И. И., Караева Н. В.</b> Влияние соломы пшеницы и биодеструктора растительных остатков на микробиологические процессы чернозема южного .....	404
<b>Киселева Н. Д., Сташкевич А. С.</b> Почвенные ресурсы и морфоаналитические особенности некоторых почв Нукутского района (Южное Приангарье) .....	409
<b>Клейн Н. А., Березин Л. В.</b> Периодичность переувлажнения лесостепи Ишимской равнины .....	415
<b>Ковалева Е. И., Яковлев А. С., Трофимов С. Я.</b> Подходы к экологическому нормированию содержания нефтяных углеводородов в почвах земель разного хозяйственного использования .....	421
<b>Корсунова Ц. Д-Ц.</b> Ферментативная активность криоаридных почв .....	426
<b>Кошелева Н. Е., Никифорова Е. М., Тимофеев И. В.</b> Экологогеохимическое состояние почв г. Северобайкальска .....	429
<b>Краснощеков Ю. Н.</b> Постпирогенная эрозия почв в горных лесах Прибайкалья .....	435
<b>Кутькина Н. В.</b> Оценка потенциала продуктивности постагрогенных черноземов в условиях Хакасии .....	440
<b>Leah T. G., Leah N. M.</b> Modification of the land fund structure of Moldova after the last agrarian reform .....	445

<b>Марон Т. А., Кулижский С. П., Родикова А. В.</b> Особенности почв степных кластеров Хакасского заповедника .....	451
<b>Мартынова Н. А.</b> Почвенный покров Балаганской лесостепи и его эволюция .....	456
<b>Маслова Е. А., Луценко А. М.</b> Гумусное состояние аллювиальных почв Волго-Ахтубинской поймы .....	461
<b>Медведева А. М., Бирюкова О. А., Кучеренко А. И.</b> Содержание и распределение микроэлементов в почве агроценозов озимой пшеницы при ресурсосберегающих агротехнологиях .....	466
<b>Милановский Е. Ю., Тюгай З.</b> Краевой угол смачивания до и после химической модификации твердой фазы почвы .....	471
<b>Мисецкайте О.</b> Мелиорация земель в Литве .....	477
<b>Михайлец М. А.</b> Действие минерального удобрения и биологического стимулятора на содержание легкогидролизуемого азота при возделывании яровой пшеницы .....	480
<b>Нечаева Т. В., Якутина О. П.</b> Содержание обменных катионов в почвах склонового агроландшафта на юго-востоке Западной Сибири .....	483
<b>Низамутдинов Т. И., Абакумов Е. В., Моргун Е. Н.</b> Параметры плодородия залежных почв Ямальского региона .....	488
<b>Овсянникова С. В., Середина В. П.</b> Фоновые характеристики почв территории минерально-сырьевой базы в пределах тундровой зоны (полуостров Таймыр) .....	491
<b>Подлипский И. И., Осипов К. В.</b> Оценка степени загрязнения рек Всеволожского района .....	496
<b>Переломов Л. В., Атрощенко Ю. М., Пинский Д. Л.</b> Оксилительное увеличение ёмкости поглощения гуминовых кислот по отношению к тяжелым металлам .....	499
<b>Персикова Т. Ф., Царёва М. В.</b> Оценка плодородия дерново-подзолистой связнусупесчаной почвы при применении куриного помёта .....	503
<b>Русакова Е. А.</b> История формирования коллекции почв Дальневосточного региона в Центральном музее почвоведения им. В. В. Докучаева .....	507
<b>Самбуу А. Д., Наажык М. К., Новожаков В. А., Дундуп-оол С. С., Иондан А. В., Ондар Ш. М., Сарлык-Деге С. Ю., Сат Х. О.</b> Биологическая продуктивность агропочв Тувы .....	512
<b>Семенюк О. В., Стома Г. В., Бодров К. С.</b> Стоимостная оценка экосистемных услуг урбландшафтov .....	514
<b>Соколова Н. А.</b> Факторы дифференциации почвенного покрова в техногенных ландшафтах отвалов антрацитовых месторождений .....	519
<b>Сорокина О. А., Ондар Д. С.</b> Динамика плодородия почв пашни и залежи Республики Тыва .....	524
<b>Федосеева Е. В., Терёшина В. М., Данилова О. А., Янукевич Е. А., Терехова В. А.</b> Возможный биохимический механизм адаптации почвенных микромицетов к химическому загрязнению .....	529
<b>Фомичева Д. В., Жидкин А. П.</b> Ретроспективный анализ и картографирование эродированности почвенного покрова (на примере ключевого участка в Московской области) .....	532

<b>Хадеева Е. Р., Лопатовская О. Г., Ткачук Т. Е., Сараева Л. И.</b> Засоленные почвы северо-восточного побережья оз. Барун-торей заповедника «Даурский» .....	537
<b>Хасанова Р. Ф., Суюндукова М. Б., Ильбулова Г. Р., Исанбаева Г. Т.</b> Химическое загрязнение почв горнорудных территорий Южного Урала .....	542
<b>Хамитова С. М., Федченко Е. И., Иванова М. А., Пестовский А. С., Базюк С. П., Тимофеев М. В.</b> Загрязнение почв тяжёлыми металлами вдоль автодорог в Вологодской области .....	546
<b>Хомяков Д. М.</b> Значение почвенных ресурсов для АПК России .....	550
<b>Чебыкина Е. Ю., Абакумов Е. В.</b> Почвенно-экологическая оценка земель постпирогенных территорий .....	555
<b>Черникова О. В., Мажайский Ю. А., Амплеева Л. Е.</b> Изменение каталазной активности оподзоленного чернозема, загрязненного поллютантами, при его детоксикации .....	560
<b>Шадринова О. В.</b> К вопросу засоления почв на территории алмазодобычи (Западная Якутия) .....	564
<b>Шергина О. В., Михайлова Т. А., Миронова А. С., Бадрянова В. В.</b> Подходы к оценке экосистемных функций древесных растений и почв городских лесов .....	568
<b>Шваров А. П., Иванов А. В., Тюгай З.</b> Особенности физических и водно-физических свойств темно-гумусовых почв, сформированных на элювии триасовых отложений .....	573
<b>Швецов С. Г., Воронин В. И.</b> Миграция и аккумуляция урана и тория в лесных экосистемах Юго-Западного Прибайкалья .....	577
<b>Яковлева Л. В., Уталиев А. А., Федотова А. В., Хасанова А. Х.</b> Агрогенная трансформация гумусного состояния почв сельскохозяйственных угодий Астраханской области .....	581

## Из иркутских заметок «Августисты в Иркутске» (2011 г.)

Азиатский материк...  
Он теперь стал центром мира.  
И звенит сегодня лира,  
Воспевая этот миг.

А Иркутск – он первый в мире  
По Восточной по Сибири...

Иркутск был город декабристов.  
В нем Муравьев бывать был рад.  
Теперь он – энциклопедистов  
И Университета град.

Бот уж восемьдесят лет  
Головой рискуя,  
Изучает почвовед  
Землю там родную.

Милой кафедры труды  
Держат наши руки.  
Это – славные плоды  
Мастеров науки.

Столько лет и все сильней –  
Творчества начало.  
Мы справляем юбилей  
Около Байкала.

В недрах – ад, а где же рай? –  
Раньше мы не знали,  
Но, попав в Иркутский край,  
Видим: на Байкале.

Создав нашу Землю, и воды, и сушу,  
Бог в глину вдохнул вдруг бессмертную душу...  
И почва с тех пор стала матерью всем –  
И это – одна из сегодняшних тем.

Когда разрез не ясен нам подчас,  
Пусть это не пугает сильно вас.  
Нам стратиграфия установить поможет,  
Что почву сформировали не сейчас.  
За время этой кутерьмы,  
Разрезов и докладов –  
Успели все сдружиться мы  
В единую бригаду!

## ПРЕДИСЛОВИЕ

Настоящий сборник издан по итогам работы V Международной научно-практической конференции «Почва как связующее звено функционирования природных и антропогенно-преобразованных экосистем», посвященной 90-летию кафедры почвоведения и оценки земельных ресурсов ИГУ и Году Байкала. В ее организации приняли участие: ФГБОУ ВО «Иркутский государственный университет», ФГБНУ «Институт географии им. В. Б. Сочавы СО РАН» и Иркутское отделение МОО «Общество почвоведов им. В. В. Докучаева».

Конференция имеет двадцатилетнюю историю (2001; 2006; 2011; 2016 годы). По сравнению с предшествующими конференциями расширился состав и количество участников, представлены иные районы страны и зарубежные государства. Конференция вызвала несомненный интерес российских специалистов в области почвоведения, сельского хозяйства и управления земельными ресурсами из Иркутска и Иркутской области, Москвы, Курска, Тулы, Рязани, Санкт-Петербурга, Пущино, Вологды, Ростова-на-Дону, Астрахани, Краснодара, Ставрополя, Перми, Кемерово, Новосибирска, Красноярска, Томска, Омска, Владивостока). Из Республики РФ: Алтайской (Барнаул), Тувинской (Кызыл), Коми (Сыктывкар), Крыма (Симферополь), Хакасии (Абакан), Саха (Якутск), Бурятии (Улан-Удэ), Башкортостана (Сибай), а также из регионов ближнего зарубежья – Республики Беларусь (Минск), Молдовы, (Кишинев), Грузии (Тбилиси), Болгарии (София), Литвы (Каунас). Общее количество участников – 130, на очное участие в конференции подано 85 заявок.

Проводимая конференция стала традиционной в рамках следующих актуальных направлений исследования: теоретическое почвоведение: генезис, эволюция, классификационные проблемы; мультидисциплинарные подходы почвоведения, связанные с использованием методов почвоведения в других науках и научно-производственных направлениях; почвенные ресурсы и оценка земель (плодородие, деградация, мелиорация, качественная и экономическая оценка, охрана земель). Сотрудниками кафедры разработаны экскурсии: однодневная научно-популярная по маршруту Иркутск – Большое Голоустное (оз. Байкал) и научно-полевая экскурсия на Братское водохранилище (окрестности пос. Балаганка). Заложены почвенные разрезы, проведена аналитическая обработка почвенных образцов, опубликован «Путеводитель экскурсии».

В период работы конференции, проведения экскурсий, круглого стола участники конференции имели возможность свободного научного общения, обмена мнениями, знаниями и опытом практической деятельности в области почвоведения, что, несомненно, станет стимулом для дальнейшего профессионального роста, интеграции совместной научной и инновационной деятельности. На протяжении 90 лет благодаря эффективной, слаженной работе коллектива кафедры успешно решается научно-исследовательская и педагогическая деятельность, проводится активная работа с общественными организациями, волонтерской деятельностью.

*Н. И. Гранина*, заведующая базовой кафедрой почвоведения и оценки земельных ресурсов ФГБОУ ВО «ИГУ» и ФГБНУ «Институт географии им. В. Б. Сочавы СО РАН»



# ПЛЕНАРНЫЕ ДОКЛАДЫ



## ОПЫТ ПРОВЕДЕНИЯ РЕКУЛЬТИВАЦИОННЫХ РАБОТ ПО РАЗЛИЧНЫМ НАПРАВЛЕНИЯМ В КУЗБАССЕ

**В. А. Андроханов, И. Н. Госсен, Д. А. Соколов**

*Институт почвоведения и агрохимии СО РАН, Новосибирск, Россия*

*androhanov@issa-siberia.ru*

В настоящее время в России и других странах разработан достаточно широкий спектр технологий рекультивации нарушенных земель по разным направлениям и с различной эффективностью. Технологии рекультивации предполагают создание восстановленных участков согласно проектным решениям и в дальнейшем используются по выбранному направлению, в основном, в сельскохозяйственных, лесохозяйственных, природоохранных и рекреационных целях. Несмотря на разные направления рекультивационных работ основной целью рекультивации является создание устойчивого неоландшафта с заданными параметрами почвенно-экологического состояния.

Как показывает практика и результаты обследования рекультивированных участков для повышения эффективности рекультивационных работ должен быть создан благоприятный корнеобитаемый слой. При этом свойства созданного корнеобитаемого слоя определяются качеством использованных материалов, технологией формирования, а эффективность во многом зависит от его мощности.

Для оценки возможности внедрения различных технологий рекультивации в практику в Кузбассе, на отвале вскрышных пород угольного разреза, на площади более 4 га, была создана опытно-производственная площадка по различным технологиям формирования корнеобитаемого слоя с использованием основных литогенных ресурсов рекультивации, к которым относятся потенциально-плодородные породы (ППП), в основном это суглинки, и плодородный слой почвы (ПСП), снятый с почв на прилегающей территории гумусовый горизонт.

Учитывая основные возможности использования ПСП и ППП сформированы пять основных вариантов площадок: I – нанесение ПСП мощностью 0,5 м; II – контроль, материал отвала; III – нанесение ППП мощностью 1 м; IV – полслойное нанесение ППП мощностью 0,6 м и ПСП мощностью 0,4; V – нанесение смеси ПСП и ППП мощностью 1 м. Таким образом мощность отсыпанного корнеобитаемого слоя изменяется в пределах от 0,5 м с отсыпкой ПСП, и около 1 м на вариантах с ППП и ПСП.

В первом варианте использован ПСП, снятый с серой и темно-серой почвы, которая располагалась на южном, пологом слое на поляне среди небольшого осиново-березового леса. В третьем варианте использовался лессовидный суглинок в смеси с покровной глиной, с небольшой примесью каменистых обломков алевролитов и песчаников. Этот материал был взят при вскрыши угольного пласта и находился на границе рыхлых и каменистых вскрышных пород. В

четвёртом и пятом варианте использовался ПСП, снятый с низинного болота и представленный оторфованной, органоминеральной смесью. ППП в этих вариантах аналогичен материалу второго варианта.

Основными агрохимическими свойствами корнеобитаемого слоя почв принято считать тот набор показателей, которые определяют уровень агрохимического плодородия. Эти показатели показывают содержание основных биогенных элементов, определяющих рост и развитие растений, а также степень их доступности в конкретных условиях. Также на уровень плодородия оказывают влияние агрофизические свойства корнеобитаемого слоя. Основными лимитирующими свойствами, определяющими физическое состояние почвы, являются гранулометрический состав и плотность. В таблице 1 приводятся основные свойства корнеобитаемого слоя, средние по глубине 0–40 см и по вариантам, созданных участков. За эталон сравнения приняты темно-серые лесные почвы, распространенные на прилегающей территории.

Таблица 1  
Основные агрохимические свойства почв

Глубина, см	pH	Содержание органических веществ, %	Плотность сложения, г/см <sup>3</sup>	Грануло-метрический состав
Участок № 1 ПСП				
0–40	6,68	5,64	1,38	Тяжелый суглинок
Участок № 2 техногенный элювий				
0–40	7,45	3,02	1,68	Легкий суглинок
Участок № 3 ППП 1 м				
0–40	7,18	1,81	1,44	Тяжелый суглинок
Участок № 4 ППП 0,6 м ПСП 0,4 м				
0–40	7,21	6,72	1,22	Средний суглинок
Участок № 5 ПСП+ППП 1 м				
0–40	7,19	5,24	1,33	Средний суглинок
Контроль темно-серая лесная почва				
0–40	6,41	5,85	1,23	Тяжелый суглинок

Проведенные исследования показывают, что содержание органических веществ на исследуемых участках варьирует от 1,81 до 6,72 %. Так на участке № 1 средневзвешенное содержание органических веществ в отсыпанном слое составляет 5,64 %. Полученные величины соответствуют средним значениям, согласно градации почв по содержанию гумуса.

Для участка № 2, поверхность которого представлена смесью обломков вскрытых пород и техногенным элювием, необходимо отметить, что практически весь органический материал, который здесь находится, приходится на углистые частицы, привнесенные вместе с породой.

В глинистом субстрате участка № 3 отсутствуют углистые частицы. Содержание органического углерода на этом участке минимально. Вся органика унаследована от потенциально плодородных пород. Поэтому корнеобитаемый слой участка № 3, согласно градации почв по содержанию гумуса, характеризуются низким уровнем.

Максимальными значениями содержания органического вещества и гумуса характеризуются почвы участка № 4. Однако величины этих показателей нельзя полностью отнести к гумусу, поскольку отсыпка верхнего 40-сантиметрового слоя этой площадки производилась не ПСП, а торфяно-перегнойной смесью, снятой с болотной почвы. Такая смесь в большей степени влияет на почвенное плодородие, чем уголь, но будучи вынесенной из своей привычной обстановки (переувлажненные условия), может быстро окисляться и минерализоваться.

Для участка № 5 свойственно высокое содержание органических веществ в верхней части профиля, что является оптимальным распределением даже для высокоплодородных черноземных почв Кузнецкой котловины. Отсыпанный ПСП 40-сантиметровый слой на участке № 5 также характеризуется средним содержанием гумуса, при этом необходимо понимать, что примерно такое же содержание органического вещества распространяется на всю отсыпанную толщу 1 м.

Реакция среды в корнеобитаемом слое изменяется незначительно и характеризуется как слабощелочная на участке 2 и близкая к нейтральной на других рекультивированных участках.

Исследование физического состояния рекультивированных почв показало, что в процессе формирования корнеобитаемого слоя происходит уплотнение поверхностных слоев, наиболее сильное уплотнение зафиксировано на участках без использования ПСП. На породе отвала сильное уплотнение обусловлено высокой каменистостью, (более 60 %), а на участке 3 с ППП сильное уплотнение произошло в результате планировки и тяжелого гранулометрического состава. Наименьшие значения плотности установлены на участках 4 и 5, что объясняется большим содержанием торфянистого материала в поверхностном слое этих почв.

Приведенные данные показывают, что на начальном этапе рекультивации агрохимические свойства создаваемого корнеобитаемого слоя зависят от свойств использованных материалов (ПСП и ППП), физическое состояние рекультивированных почв в основном определяется технологией формирования рекультивационной поверхности.

В ходе выполнения биологического этапа на опытной площадке созданы участки рекультивации по различным направлениям и видам восстановления растительного покрова. Согласно схеме опытов на площадке размещались лесные культуры, имеющие широкое распространение на прилегающей территории (сосна, береза, рябина). Также сформированы участки по сельскохозяйственному направлению рекультивации, которые разделены на два вида, это восстановление, в перспективе, пахотных угодий с посевом основных сельскохозяйственных культур (пшеница, овес, горох и т. д.), вторая часть сельскохозяйственной рекультивации планируется использовать для возделывания корневых и технических культур (многолетних трав, кукурузы, рапса т. д.). Еще одно направление рекультивации, которое представлено на опытной площадке – это санитарно-гигиеническое, которое предусматривает восстановление растительности и почв естественным образом, практически без проведения

биологического этапа. Поэтому эта часть территории с отсыпкой ПСП и ППП, а также на чистой породе отвала оставлена под естественное восстановление рас- тительности.

Для ускорения восстановления почвенных свойств на участках, предна- значенных для сельскохозяйственного направления, был проведен посев дон- ником белого. Донник относится к бобовым культурам и обладает хорошо разви- той корневой системой, что позволит улучшить агрохимические и агрофизиче- ские свойства рекультивированных почв.

В конце первого года вегетации урожайность донника на первом участке составила в среднем 120,9 ц/га; на втором 109 ц/га; на третьем 229,6 ц/га; на четвертом 250,0 ц/га; пятом 317,3 ц/га.

Наименьшая урожайность на участке № 2 обусловлена низким плодоро- дием субстрата – техногенного элювия. Этот участок характеризуется неблаго- приятными физическими и агрохимическими показателями, что не позволяет нормально развиваться растениям.

Низкая урожайность на первом варианте по сравнению с другими участ- ками рекультивации с отсыпкой ПСП и ППП объясняется большой засоренно- стью посевов. Это вызвано тем, что в ПСП, нанесенном на данный участок, со- хранился определенный запас семян дикорастущих растений, которые на начальном этапе угнетают всходы донника.

Уровень урожайности на других рекультивированных участках можно считать сравнимым с урожайностью на естественных, ненарушенных почвах.

На участках с посадкой лесных культур была проведена оценка приживи- емости высаженных древесных культур. Для посадки деревьев использовались различные саженцы и по возрасту, и по состоянию корневой системы. Поса- дочный материал березы и рябины был представлен крупномерными саженца- ми (более 1 м) с закрытой корневой системой и возрастом более 5 лет. Сосну садили трехлетними сеянцами с открытой корневой системой. Результаты об- следования приведены в табл. 2.

Таблица 2  
Приживаемость древесных культур

№ участка	Приживаемость деревьев, %	
	Береза	Рябина
1 ПСП 0,5 м	84,2	94,7
2 техногенный элювий	90,9	100
3 ППП 1 м	95,2	94,1
4 ПСП 0,4 +ППП 0,6 м	68,4	100
5 смесь ПСП+ППП	85	95

Результаты показывают хорошую приживаемость лесных культур с за- крытой корневой системой (береза, рябина). Однако на всех участках практиче- ски на 100 % погибли саженцы сосны. Это вызвано поздним сроком посадки саженцев и плохим качеством посадочного материала. Также необходимо отме- тить, что гибель древесных растений частично связана и с проходом на участки рекультивации домашних животных в первый год посадки деревьев.

Таким образом, проведенные исследования показали практическую возможность быстрого восстановления нарушенных земель с формированием рекультивационных участков различного назначения. Применение технологии рекультивации с использованием ППП и ПСП позволяет достаточно эффективно формировать благоприятный корнеобитаемый слой, устойчивый растительный покров и использовать рекультивированные участки по различным направлениям. Проведенные исследования позволили выявить прямую зависимость эффективности рекультивационных работ от мощности отсыпки и качества материалов, использованных для формирования корнеобитаемого слоя.

*Полевые исследования выполнены при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований № 19-29-05086. Аналитические работы проведены в рамках выполнения государственного задания ИПА СО РАН.*

## **ABOUT THE EXPERIENCE OF PERFORMING DIFFERENTLY DIRECTED RECLAMATION IN THE KUZBAS REGION**

**V. A. Androkhyan, I. N. Gossen, D. A. Sokolov**

*Institute of Soil Science and Agrochemistry SB RAS  
Novosibirsk, Russian Federation, androhanov@issa-siberia.ru*

An experiment plot to study and introduce into practice different reclamation technologies was set up on a coal mining spoil in the Kuzbas region (Russia). The plot, totaling in area 4 ha, was split into different subplots according to the technological approach of establishing the surface layer suitable for root growth and development, using the main lithogenic resources such as potentially fertile subsoil (PFS) and fertile soil layers (FSL). The agrochemical and agrophysical properties of the applied PFS and FSL layers showed that at the initial stages of spoil reclamation the agrochemical properties of the artificially formed layers for root development depended on the properties of the substrates used, whereas the agrophysical properties were mainly determined by a technology used to shape the reclamation surface. The obtained results showed the potential for rapid restoration of the disturbed areas into ecosystems targeted for various use.

# КОНЦЕПЦИЯ СОЗДАНИЯ БИОСФЕРНОГО ПОЛИГОНА ПОЧВЕННО-ЭКОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА ЛЕСНЫХ ЭКОСИСТЕМ

Б. Ф. Апарин

*Центральный музей почвоведения им. В. В. Докучаева – филиал ФГБНУ ФИЦ  
Почвенный институт им. В. В. Докучаева, Санкт-Петербургский государственный  
университет, Санкт-Петербург, Россия, soilmuseum@bk.ru*

**Введение.** Человечество вступило в фазу обострения противоречий между ростом потребностей в природных ресурсах для повышения качества жизни и негативными последствиями, возрастающей нагрузки на окружающую среду, которая снижает качество жизни. Негативное воздействие человека на окружающую среду достигло критической массы. Она выражается в аномальных колебаниях погодных условий, превышении максимальных значений температуры и осадков за весь период имеющихся наблюдений, увеличения числа наводнений, пожаров. Прогрессивно уменьшается площадь биологически-эффективно функционирующей поверхности. Естественные экосистемы на огромных пространствах замещены антропогенными. Теряется биологическое разнообразие – основа экологической устойчивости биосфера. Противоречия развиваются на фоне глобального изменения климата, что повышает экологическую неопределенность уже ближайшего будущего общества. На первый план выдвигается проблема научного прогноза последствий антропогенной деятельности на изменение природной среды и экологические основы качества жизни населения, на устойчивое развитие как отдельных государств, так и на человеческое сообщество в целом. Лесные экосистемы, сохранившиеся на обширных пространствах таежной зоны России, играет важную стабилизирующую роль в водном и тепловом режимах почв, балансе органического углерода. Леса являются возобновимым источником древесины, незаменимой по своим экологическим и эстетическим свойствам природного сырья. Для разработки стратегии сбалансированного природопользования необходима оценка состояния природных комплексов и прогноз их изменений на основе постоянного экологического мониторинга.

В системе долгосрочного мониторинга экосистем почвы занимают центральное положение.

- В почвах замыкаются геохимические, энергетические и вещественные потоки в экосистемах.
- Почва – это «долгоживущая» компонента экосистем, своеобразная память ландшафта.
- Почвы – консервативные системы. Они, благодаря высокой буферности, функционально устойчивы к кратковременным антропогенным воздействиям и колебаниям климата. После прекращения антропогенного воздействия

при постоянстве климатической нормы почвы могут возвращаться в исходное состояние, при этом восстанавливается фито- и биоценозы.

- Почвы – полифункциональные природные тела, обеспечивающие стабильное состояние экосистем и их биоразнообразие.

Согласно Докучаевскому основному закону естествознания все компоненты природы взаимосвязаны, а почва является их функцией. Как следствие этого, любые виды воздействия на компоненты лесных экосистем в той или иной степени отражаются в почвах и фиксируются в ней. Почва запоминает (записывает) сигналы (информацию) от динамичных факторов почвообразования. К ним относятся колебания климата (температура, осадки, испарение), сукцессии растительности и антропогенное воздействие. Почвенные индикаторы, являющиеся реакцией на эти воздействия, разнообразны, специфичны и высоко информативны. Скорость и степень их проявления различны и определяются при сопряженном мониторинге почв и действующих на них факторов.

Исследования изменений свойств почв и оценка их последствий необходимы для долгосрочного прогноза изменений экологических функций почв, лесорастительного и экологического потенциалов, для построения актуализированных прогнозных моделей. Фундаментальную основу таких знаний можно получить в результате долгосрочного экологического мониторинга почв и почвенного покрова, переменных полей почвообразования.

Наряду с почвами, лесная растительность является чувствительным индикатором климатических изменений и многих антропогенных воздействий. Эти воздействия фиксируются на протяжении всего цикла развития, достигающего 120 и более лет в радиальном приросте и плотности древесины.

Сопряженный долгосрочный мониторинг системы «почва – растение» дает возможность получить необходимые данные для разработки моделей прогноза развития экосистем, их продуктивности, экологического потенциала при разных сценариях глобального изменения климата.

Для создания Биосферного полигона почвенно-экологического мониторинга (ПЭМ) перспективной территорией на Северо-западе России является Лисинское лесничество. Оно расположено в 60 км юго-восточнее Санкт-Петербурга и представляет собой крупный лесной массив. Лисинское лесничество представляет собой в некотором роде потенциальный природный педофитотрона для фундаментальных экологических исследований. Это обусловлено тем, что в Лисино представлены основные лесные экосистемы, характерные для озерно-ледниковых равнин таежно-лесной зоны Европейской территории России. В них имеются характерные широко распространенные растительные ассоциации с преобладанием еловых и сосновых древостоев в границах одного природного ландшафта. Ландшафтная структура Лисино характеризуется большим разнообразием, обусловленным разным литологическим составом почвообразующих пород (пески, глины, двучленные отложения, аллювиальные наносы), степенью дренированности территории, генетическим разнообразием почв.

**История исследования почвенного покрова.** Первое большое исследование почв Лисинского лесничества, ориентированное на решение задач лесоизыривания и ведения лесного хозяйства, провел А. А. Роде в 1926–1929 гг.

Рассматривая условия, в которых протекает почвообразовательный процесс, А. А. Роде на основании результатов исследований пришел к следующим выводам:

– в условиях Лисинского лесхоза наиболее важным фактором, определяющим направление почвообразовательного процесса, является водный режим почвы;

– нормальным почвообразовательным процессом для почв лесхоза является подзолообразование, на который накладывается процесс заболачивания;

– грунтовые воды залегают достаточно глубоко и не оказывают влияния на почвообразовательный процесс. Заболачивание вызывается только водами атмосферного происхождения, прежде всего верховодкой.

В 1930 г. Лисинское лесничество стало интернациональной исследовательской ареной, где собирались почвоведы II Международного конгресса. Для них была проведена полевая экскурсия с демонстрацией почвенных разрезов, заложенных А. А. Роде. В экскурсии были освещены вопросы генезиса лесных почв, формирующихся на разных элементах озерно-ледникового ландшафта и разных почвообразующих породах под таежной растительностью, и охарактеризованы условия, в которых протекает главный почвообразовательный процесс данной территории – подзолообразование.

Научные исследования почв продолжались и в последующие годы. В 1931 г. под руководством И. В. Тюрина была выполнена комплексная работа по изучению процесса заболачивания вырубок. В 1936–1937 гг. И. В. Тюриным и В. В. Пономаревой проводилось изучение гумуса лесных почв. В последующие годы значительные исследования почв Лисино выполнены под руководством Н. Л. Благовидова. Сотрудником кафедры почвоведения Лесотехнической академии В. Г. Орфанитской была составлена почвенная карта масштаба 1:25 000. Большой вклад в изучение почв Лисинского лесничества внесли также Б. В. Надеждин, Б. В. Бабиков, А. И. Тимофеев, В. В. Пахучий, С. Н. Савицкая, Г. И. Бурков, Н. Н. Матинян и др.

В 1996 г. Лисино было включено в экскурсионный маршрут по Северо-Западу для участников 2-го съезда Докучаевского общества почвоведов России. На территории лесхоза экскурсантам были продемонстрированы два почвенных объекта.

В 2001 г. сотрудниками кафедры почвоведения и экологии почв СПбГУ, Центрального музея почвоведения им. В. В. Докучаева и университета Олбани (США) проведены сравнительные исследования образцов почв из монолитов, отобранных в 1926, 1964 и 2001 гг.

В 2004 г. сотрудниками СПбГУ и ЦМП проведена работа по характеристике почв Лисинского лесничества – объектов Красной книги почв Ленинградской области.

В 2012 г. кафедра почвоведения и экологии почв СПбГУ, Центральный музей почвоведения им. В. В. Докучаева и кафедра почвоведения Лесотехнического

ского университета начали совместную работу по выбору мониторинговых площадок на участках, где А. А. Роде были заложены опорные разрезы, представленные участникам II Международного конгресса почвоведов в 1930 г.

**Объекты ПЭМ.** Объектами мониторинга являются почвы и почвенный покров лесных экосистем Лисинского лесничества. Они изучаются сопряженно с динамикой локальных факторов – полей почвообразования: фитогенных, гидрогенных, климатогенных и антропогенных. Территориальными единицами мониторинга являются: почвенные разрезы, полигоны, зоны, кварталы и, в целом, Лисинское лесничество.

Почвенно-экологический мониторинг (ПЭМ) осуществляется на полигонах – базовых единицах мониторинга. Полигоны ПЭМ (ППЭМ) представлены двумя типами.

К первому типу относятся 10 полигонов. На каждый полигон составлена цифровая почвенная карта (ЦПК) и цифровая карта рельефа в масштабе 1:500. Полигоны расположены в 7 кварталах. Основанием для их выделения явились материалы научных исследований почв, проведенных в период с 1930 по 1996 г. Эти материалы включали описание строения и характеристику опорных разрезов и растительного покрова. Наличие точной пространственно-временной привязки разрезов дали возможность определить их местоположение и заложить современные разрезы (2012, 2013 гг.) в непосредственной близости от старых.

Вокруг опорных разрезов были заложены полигоны прямоугольной формы, площадью около 2 га. В границы полигонов включались характерные формы рельефа, растительные ассоциации и почвенных комбинаций.

Второй тип полигонов связан с Биоресурсной коллекцией почвенных монолитов (БРК ПМ), отобранных в разные годы на территории Лисинского лесничества и хранящихся в фондах ЦМП. Площадь полигонов ограничена элементарным почвенным ареалом, в пределах которого были отобраны почвенные монолиты.

Генетическое разнообразие почв, находящихся в границах полигонов отражает особенности почвенного покрова Лисино и в значительной мере почвенный покров лесных территорий послеледниковых ландшафтов таежной зоны.

Следующей территориальной единицей ПЭМ являются зоны (ЗПЭМ) округлой формы (площадью около 20 га), ограничивающие пространство вокруг полигонов. Зоны предназначены для исследования динамики фитогенных полей почвообразования. Большая площадь зоны позволяет использовать материалы таксации лесонасаждений, проведенные в разные годы, для оценки динамики растительного покрова. Характеристика и описание растительности даются по материалам таксации 2005 г.

Территориальные единицы ПЭМ (полигоны и зоны) привязаны к границам кварталов, нумерация которых сохранилась с 1843 г. Все исследования, проводившиеся более чем столетний период, также привязаны к определенным кварталам.

Для осуществления долгосрочного ПЭМ на полигонах в Центральном музее почвоведения им. В. В. Докучаева (ЦМП) специально создана БРК почвенных монолитов и образцов, имеющих пространственную и временную привязку. Образцы и монолиты хранятся в воздушно-сухом состоянии в специальном хранилище ЦМП. Они предназначены для проведения разнообразных научных

исследований почв в качестве реперов (для получения исходной информации на начало мониторинга).

**Биосферные полигоны почвенно-экологического мониторинга (БП ПЭМ).** Цель БП ПЭМ – разработка моделей, прогноза изменений лесорастительного и экологического потенциалов почв на основе данных кратко, средне и долгосрочного мониторинга почвенных, растительных, биологических индикаторов глобального потепления климата и антропогенного воздействия.

Задачи:

- 1) исследование влияния спонтанных природных процессов на фито- и педоценозы (ветровалы, сукцессии растительности, заболачивание, пожары и др.);
- 2) изучение процессов индивидуальной природы в почвах как основы для моделирования элементарных (ЭПП), горизонтообразующих (ГП) и профилеобразующих (ПП) процессов;
- 3) исследование трендов и скорости процессов индивидуальных (ИП), ЭПП, ПП в основных почвенных разностях;
- 4) исследование почвенных, растительных и биологических индикаторов кратко, средне и долгосрочного изменения климата, и антропогенного воздействия;
- 5) изучение динамики дыхания почвы;
- 6) исследование гидроморфлогических зависимостей в почвенном покрове для определения оптимальных условий роста и развития древесной растительности;
- 7) исследование влияния глобального изменения климата на рост деревьев, на разных стадиях развития (возраста);
- 8) исследование влияния осушительных мероприятий на структуру растительного сообщества, лесорастительного потенциала почв, продуктивность древостоя;
- 9) изучение смешанных древостоев (хвойные – лиственные) на продуктивность леса. Разработка моделей устойчивых и высокопродуктивных лесонасаждений, адаптированных к изменению климата и антропогенным воздействиям;
- 10) разработка технологии выращивания высокопродуктивных лесонасаждений в условиях меняющегося климата при разном уровне лесорастительного потенциала почв;
- 11) исследование динамики продуктивных влагозапасов при разных модулях осушения почвы;
- 12) разработка моделей оптимизации водного режима почв и создание высокопродуктивных древостоев в условиях резких кратко и среднесрочных колебаний климата;
- 13) исследование зависимости запасов органического углерода от структуры и типов растительных сообществ. Пространственно-временная структура биологического круговорота веществ;
- 14) изучение динамики кальциевого и кислотного профилей почв в результате кислотных дождей;
- 15) исследование антропогенного воздействия на содержание и динамику тяжелых металлов и радионуклидов в почве;
- 16) исследование пространственно-временной изменчивости экологических функций почв в результате глобального потепления климата. Разработка функциональных моделей, ответной реакции почв на антропогенное воздействие.

Широкий спектр задач, планируемых для выполнения на БП ПЭМ предполагает участие в их решение специалистов и ученых разных научных направлений в рамках оной комплексной программы аналогичной Международной биологической программе (МБП).

**Обоснования организации БП ПЭМ.** Аргументы в пользу создания БП ПЭМ в Лисинском лесничестве следующие:

- относительная удаленность от крупных промышленных центров, активно воздействующих на окружающую среду. Это позволяет исследовать влияние преимущественно («в чистом виде») глобальных процессов на лесные экосистемы (изменение климата, трансрегиональный перенос загрязняющих веществ);
- транспортная доступность и хорошая инфраструктура, позволяющая при минимальных финансовых затратах организовать научную базу БП ПЭМ в поселке Лисино, и потенциальная возможность использования инфраструктуры Лисинского техникума;
- относительная близость метеостанции город Любань, находящейся в тех же ландшафтных условиях. Возможность воссоздания метеонаблюдений (метеопоста) в поселке Лисино. Наличие непрерывного ряда наблюдений за метеоэлементами, начиная с 1947 года;
- привлечение студентов образовательных учреждений (Лесотехнический университет, СПбГУ, Лесохозяйственный техникум) в проведении ПЭМ и научных исследований;
- наличие большого массива фактических данных исследований почв, растительности, выполненных в течение последних 90 лет. Известна история хозяйственной деятельности на протяжении 200 лет. Материалы тематических исследований, выполненные в разные годы, могут использоваться для решения ряда задач ПЭМ;
- наличие 10 полигонов ПЭМ с детальными картами ЦПК, имеющих точные координаты и привязку к конкретным лесным кварталам;
- четкая поквартальная организация территории, сохраняющаяся в течение 200 лет. Наличие материалов лесоустройства с 1953 г. Квартал является территориальной единицей ПЭМ, внутри которой располагаются полигоны и осуществляется мониторинг;
- наличие геологической (четвертичные отложения) карты на всю территорию Лисино в масштабе 1:50 000, цифровых карт рельефа и почв, карт гидрографической сети и осушительной мелиорации;
- наличие БРК монолитов и образцов, отобранных в разные годы и имеющих точную географическую привязку. Образцы могут использоваться для экспериментальных исследований в качестве реперных точек ПЭМ;
- территория Лисино имеет статус «Заказника» ООПТ, что обеспечивает сохранность БП ПЭМ.

Предметом мониторинга БП ПЭМ являются климат (осадки, температура), почвенные индикаторы изменения климата и антропогенного воздействия, растительный покров.

## ГУМУСНОЕ СОСТОЯНИЕ ЧЕРНОЗЕМОВ ОСТЕПНЯЮЩИХСЯ ТЕРРИТОРИЙ

О. С. Безуглова

*Южный федеральный университет, Ростов-на-Дону, Россия  
lola314@mail.ru*

История научного почвоведения берет свое начало в 1883 году с фундаментальной работы В. В. Докучаева «Русский чернозем». Исходя из этого, можно сделать вывод, что именно с изучения чернозема началась история науки о почве. На территории Евразии черноземы образуют широкую полосу от венгерских пушт через юг Молдавии, Украины, России до реки Оби. И далее на восток черноземы залегают в виде крупных островных массивов вплоть до западных склонов Малого Хингана (Китай). Однако именно на Русской равнине природные условия способствовали формированию четко выраженной географической зональности, в том числе и в отношении степной растительности, что позволило В. В. Докучаеву сформулировать закон географической зональности почв и выделить на первой почвенной карте Европейской части России несколько видов черноземов. Термин «чernозем» появился до Докучаева, его впервые в трактате «О слоях земных» [8] применил М. В. Ломоносов, понимая под ним перегной, гумус. Однако в современном значении это слово утвердилось окончательно только в трудах В. В. Докучаева, когда в 1879 году в одной из своих работ он дал первое научное определение (описание) этой почвы.

В России сосредоточены самые обширные площади черноземных почв. Занимая 8,9 % территории страны (122 млн га), черноземы составляют одно из главных ее богатств [9]. Это Центрально-Черноземный регион России, Поволжье, Северный Кавказ, Южный Урал, Западная Сибирь. Далее на восток черноземы встречаются на равнинах и в предгорьях Алтая, на окраинах предгорий Восточного Саяна. Они характеризуются высоким уровнем плодородия, что выражается, прежде всего, в содержании и составе гумуса. Однако именно этот интегральный показатель плодородия свидетельствует, что уровень его снижается, и что главное богатство России находится в опасной ситуации деградации.

По данным Федеральной службы государственной статистики [11] в 90-е годы изменение политической обстановки в стране и смена форм собственности на землю сопровождались значительным сокращением площади пахотных земель – на 14,8 млн га. Это оказало положительное влияние на экосистемы в целом и на восстановление ряда характеристик почвы, таких как запас органического углерода в почве [14]. Однако информация о динамике этого процесса противоречивая. Так, по данным А. А. Романовской [10], в черноземах в первые годы после вывода из сельхозоборота содержание гумуса снижается. В то же время исследования И. Н. Кургановой с соавторами [7] показали, что скорость накопления углерода под восстанавливющейся степной растительностью наивысшая в первый год ( $317 \text{ г С}/\text{м}^2$ ). В последующие годы скорость накопле-

ния неуклонно снижается и на 15-й год залежного состояния составляет уже только 127 г С/м<sup>2</sup>. Возможно, что такие противоречивые данные обусловлены сложностью предмета исследования. Система гумусовых веществ подвержена выраженной сезонной изменчивости. Об этом писала в своих исследованиях ещё В. В. Герцык [6], обнаружившая значительное снижение количества гумуса летом по сравнению с весенними и осенними запасами в целинном черноземе типичном. Смена растительности при оставлении почвы в залежь возмущает сложившиеся в почве окислительно-восстановительные условия, начинается перестройка системы гумусовых веществ, и размах сезонных колебаний в содержании органического вещества, определяемого по его окисляемости, при этом может возрастать. В масштабных исследованиях, охватывающих огромные территории, отбор проб производится в разное время, начиная с апреля и заканчивая, иной раз, в ноябре, и это приводит как к росту вариабельности показателей (содержание и запасы гумуса, его состав), так и обнаружению различных трендов в направленности этих изменений. Тем не менее, большинство исследователей приходит к выводу, что начиная с 5 года содержание гумуса в черноземах залежных участков устойчиво возрастает.

В пахотных почвах гумусное состояние черноземов характеризуется низким содержанием органического углерода. Так, в почвах Ростовской области по данным турорг агрохимического обследования среднестатистическое содержание гумуса в поверхностном горизонте снизилось с 3,6 % в 1965 году до 3,1 % в 2017 году, причем последняя цифра не меняется последние 20 лет [3]. Этот факт свидетельствует не столько об установлении определённого равновесия почвы с биоклиматическими и производственными условиями Ростовской области, сколько о состоянии системы гумусовых веществ. Наши исследования показали, что при снижении в черноземе обыкновенном карбонатном содержания гумуса до величины 2,1–2,5 % фракционно-групповой состав меняется в сторону значительного превалирования негидролизуемого остатка: до 77–83 относительных процентов [2]. Это свидетельствует об уменьшении в составе гумуса активных функциональных групп, представленных в периферийной части молекул гуминовых кислот. Уменьшается, и довольно резко, содержание фульвокислот.

Что же происходит в черноземах при переводе их в залежь? Так, по данным Л. В. Галактионова с соавторами [5] оставление черноземов Южного Предуралья в залежном состоянии в течение 20 лет сопровождается увеличением содержания гумуса с 2,8 до 4,1 %, в составе гумуса возрастает доля гуминовых кислот до 39,6 %, растет и соотношение между гуминовыми кислотами и фульвокислотами. Авторы приходят к выводу, что система показателей гумусового состояния чернозема южного проявляет высокую чувствительность к прекращению пахотного использования. Исследования А. М. Русанова с соавторами [12] показали, что восстанавливается гумусное состояние и в черноземе обыкновенном Предуралья. Если в пахотной почве содержание гумуса составляло 3,4 %, то в черноземе залежного участка (не распахивался с 1995 г.) содержание гумуса достигло 6 %. На пашне наблюдается снижение относительного содержания гуминовых кислот за счет сокращения доли ГК-1, фракции, являющейся

ближним резервом питательных элементов, и фракции ГК-2, играющей важную роль в структурообразовании. При оставлении в залежь степень гумификации возрастет с 1,97–1,72 в пахотном черноземе до 2,1–2,56 в постагрогенной почве. Возрастает в оstepняющемся черноземе обыкновенном и степень гидрофобности гумуса, что способствует восстановлению структуры почвы. Авторы приходят к выводу, что за 15 лет гумус чернозема обыкновенного залежи достигает квазистационарного состояния.

Исследования, проведенные А. А. Шпедтом и П. В. Вергейчиком [13], показали, что скорость восстановления гумусного состояния черноземов определяется многими факторами. Это, прежде всего, подтиповые особенности и свойства самого чернозема. Для условий Красноярского края в черноземах оподзоленных, выщелоченных и обыкновенных скорость накопления органического углерода в год была различной, и зависел этот процесс от климатических особенностей местности. Наиболее сильно влияли на скорость накопления гумуса характеристики теплообеспеченности (продолжительность периодов с температурами  $>5$  °С и  $>10$  °С), а также сумма осадков за период с температурой  $>10$  °С. Но при этом, и внутри одного подтипа скорость восстановления на разных залежах различалась весьма существенно, и здесь уже имело значение состояние почвы в момент выведения из сельхозоборота. При достаточно высоком начальном содержании гумусовых веществ в почве их дальнейшее накопление в залежи идет медленнее.

Наши исследования чернозема обыкновенного карбонатного (миграционно-сегрегационного) под оstepняющимися ценозами проводились на территории ООПТ «Степь Приазовская» в Мясниковском районе Ростовской области [1]. Основная территория участка была оставлена в залежь в конце 30-х гг. XX столетия. Позже было принято решение увеличить площадь участка и к нему несколько раз прирезались полоски пашни. Отбор почвенных образцов производился, когда возраст залежи составлял: 60, 15, 5, 4, 3 года. Оstepнение, выражающееся в смене стадий сукцессий от корневищно-злаковой до типчаковой с преобладанием плотнодерновинных злаков, сопровождается изменением почвенных свойств. В первые годы оставления почвы в залежь увеличивается плотность сложения, достигая максимума на 4 год, затем показатель снижается. В целом плотность сложения увеличивается в ряду старозалежь – залежь 15 лет – залежь 5 лет – залежь 4 года. Оstepнение способствует улучшению структурного состояния чернозема: повышаются коэффициенты структурности и водопрочности агрегатов. Причем, чем длительнее период оstepнения, тем выше значения и коэффициента структурности, и коэффициента водопрочности. Содержание гумуса возрастает в ряду пашня – 3–4 года – 5 лет – 15 лет – 60 лет залежи в образцах осеннего отбора, и мало отличается в период активной вегетации растений. Изменяется и качественный состав гумуса за счет уменьшения доли негидролизуемого остатка. Однако, несмотря на изменение параметров гумусного состояния, улучшение структуры и сложения почвы за 60 лет оstepнения наблюдается не образование почвенной сукцессии [4], а именно постепенное восстановление свойств целинного чернозема, так как не меняется даже видовое название почвы.

## Литература

1. Безуглова О. С., Влияние остеинения на свойства чернозема миграционно-сегрегационного // Живые и биокосные системы. 2020. № 34. <https://doi.org/10.18522/2308-9709-2021-34-5>. URL: <https://jbks.ru/archive/issue34/article-5/>.
2. Безуглова О. С., Морозов И. В., Степовой В. И. Влияние некоторых биологически активных веществ на гумусное состояние чернозема обыкновенного и темно-каштановой почвы// Почвоведение. 1995. № 7. С. 824–829
3. Безуглова О. С., Назаренко О. Г., Ильинская И. Н. Динамика деградации земель в Ростовской области// Аридные экосистемы. 2020. Т. 26, № 2 (83). С. 10–15. <https://doi.org/10.24411/1993-3916-2020-10090>
4. Васенев И. И. Почвенные сукцессии. М. : Изд-во ЛКИ, 2008. 400 с.
5. Восстановление гумусного состояния степных черноземов в условиях залежи / Л. В. Галактионова, А. В. Васильченко, А. А. Ануфриенко, Н. А. Терехова // Вестник Оренбургского государственного университета. 2017. № 9 (209). С. 3–7.
6. Герцык В. В. Сезонная динамика гумуса в мощных черноземах // Труды ЦЧЗ им. Алехина. Воронеж, 1959. Вып. 5. С. 37–49.
7. Изменение общего пула органического углерода в залежных почвах России в 1990–2004 гг. / И. Н. Курганова, В. О. Лопес де Гереню, А. З. Швиденко, П. М. Сапожников // Почвоведение. 2010. № 3. С. 361–368.
8. Ломоносов М. В. О слоях земных // Первые основания металлургии, или рудных дел. СПб., 1763. С. 237–425.
9. Почвенные ресурсы России. Почвенно-географическая база данных. М. : ГЕОС, 2010. 128 с.
10. Романовская А. А. Органический углерод в почвах залежных земель России // Почвоведение. 2006. № 1. С. 52–61.
11. Российский статистический ежегодник. 2005 г. URL: [https://gks.ru/bgd/regl/b05\\_13/Main.htm](https://gks.ru/bgd/regl/b05_13/Main.htm)
12. Русанов А. М., Тесля А. В., Саягфарова А. М. Восстановление гумусного состояния степных черноземов под многолетней залежью // Вестник ОГУ. 2011. № 12 (131). С. 132–134.
13. Шпедт А. А., Вергейчик П. В. Оценка скорости восстановления гумусного состояния почв Красноярского края в условиях залежи // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2014. № 6 (116). С 48–52.
14. Managing chernozems for advancing SDGs / P. Krasilnikov, A. Sorokin, O. Golozubov, O. Bezuglova // Soil and Sustainable Development Goals. Chapter 14. Catena-Schweizerbart Stuttgart, 2018. P. 175–188.

## HUMUS STATE OF CHERNOZEM OF THE STEPPIZATION TERRITORIES

O. S. Bezuglova

*Southern Federal University, Rostov-on-Don, Russian Federation  
lola314@mail.ru*

The humus content of the arable chernozems is stabilized at a low level. The transfer of arable land to fallow is accompanied by changing of its humus state first. The humus content has increases and its qualitative composition changes too. The humic acids and fulvic acids ratio have increase, and the content of non-hydrolyzable part of humus have decreases. These changes associate with the soil structure improvement and bulk density decrease. However, in different chernozems subtypes, the rate of these processes is different, which is primarily determined by the of heat and moisture supply conditions.

## РЕГИОНАЛИЗМ ПЕДОГЕНЕЗА В БАЙКАЛО-ЕНИСЕЙСКОЙ СИБИРИ

Г. А. Воробьева

*Иркутский государственный университет, Иркутск, Россия*  
*galvorob@yandex.ru*

Под Байкало-Енисейской Сибирью (БЕС) понимается территория, расположенная между оз. Байкал и рекой Енисей. Южная граница БЕС проходит с юго-востока на северо-запад по подножью гор Восточного Саяна, северная – от северной оконечности оз. Байкал (~56° с. ш.), далее вдоль субширотного отрезка нижнего течения р. Ангары (~58° с. ш.) до ее впадения в р. Енисей.

### К истории вопроса

Самые ранние (1877–1900 г.) исследования почв региона показали их специфичность. На морфологические особенности «черноземов» обратили внимание Н. Н. Агапитов, Я. П. Прейн, В. В. Докучаев, Ф. И. Рупrecht. В начале XX века К. Д. Глинка, А. М. Панков, А. Я. Райкин, Д. А. Драницын отмечают неожиданно слабое проявление следов подзолистого процесса в почвах тайги. Такие почвы ими были названы «скрытоподзолистыми». Не обнаруживалась широтная зональность почв, характерная для Европейской равнины. В связи с этим И. В. Николаев [17] писал: «Зоны на почвенных картах созданы искусственно, под влиянием установившейся предубежденности взгляда школы докучаевского почвоведения».

Своеобразие почв региона определило специфику местной почвенной номенклатуры: пыхуны (черноземы), буховина (черные почвы понижений), трунда (черные почвы сырых низин), боровые пески (почвы под сосняками на песках), коричневые почвы, красная глина, красные суглинки (красноцветные таежные почвы) [2]. Все исследователи особое внимание обращали на широкое распространение красноцветных почв и частое присутствие в почвах карбонатов неглубоко от поверхности.

К середине XX века вся местная номенклатура почв заменяется общепринятой, тем не менее ведущие исследователи придают некоторым почвам названия, отсутствующие в классификациях: К. П. Горшенин [9] выделяет дерновые лесные почвы, О. В. Макеев [15] – дерново-лесные железистые (на траппах), Б. В. Надеждин [16] – дерново-бурые лесные.

В 1963 г. И. П. Герасимов [8] после ознакомления с почвами региона назвал их «самобытными» в связи с тем, что многие при их морфологическом сходстве с дерново-подзолистыми имели pH в пределах  $6\pm0,5$  и высокую степень насыщенности основаниями. Он предложил называть их палево-бурыми псевдоподзолистыми.

Несоответствие морфологических свойств широко распространенных дерново-подзолистых почв их кислотно-основным свойствам вызвало появление

нии гипотезы осолождения таежных почв региона [16] и выделение типа дерновых лесных осоложденных почв [12; 13].

Как показали детальные исследования [3], в почвах с резко дифференцированным профилем зачастую отсутствовали диагностические признаки процессов подзолообразования (альфегумусовый процесс), осолождения, лессиважа, псевдооглеения и активной силлитизации. Это привело к приданию подобным почвам нейтрального названия – дерновые лесные с белёсым горизонтом.

С созданием Классификации-1977 [11], а затем Классификации-2004 [10] номенклатура почв региона усиленно «втискивалась» в их рамки, несмотря на частые несоответствия принятым диагностическим признакам. Пример подобной почвы, где морфология противоречит химическим свойствам, представлен на рис. 1.



Рис. 1. Разрез Зактуй. Лесная почва на лессовидных отложениях. Высота зачистки 2 м

Верхняя часть разреза сложена голоценовыми (11,7–0 тыс. лет) легкими суглинками и представлена почвенным профилем AY-EL-BT1-BT2. КД = 1,8.  $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}} = 8,0 \pm 0,1$ .

Нижнюю часть разреза слагают сартанские (11,7–~18 тыс. лет) лессовидные супеси, белые от обилия карбонатов.  $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}} = 8,5 \pm 0,1$ .

### Разнообразие горных пород

Как показали педолитологические исследования, регионализм педогенеза в БЕС определен не столько современными биоклиматическими условиями, сколько геологическими и палеогеографическими факторами.

Основную часть БЕС занимает Средне-Сибирское плоскогорье с отметками рельефа от 550–800 м на юге региона до 1000–1400 м на севере. В общих чертах БЕС совпадает с южным выступом Сибирской платформы, так называемым «Иркутским амфитеатром» [14], окаймленным с востока горными системами Байкальской рифтовой зоны, с юго-востока и юго-запада – горной системой Восточного Саяна.

В геологическом отношении [1] рассматриваемая территория сложена палеозойскими морскими карбонатными осадками (доломитами, известняками, известковистыми аргиллитами, алевролитами, песчаниками). На юге морские осадочные породы перекрываются прерывистой толщей юрских континентальных бескарбонатных песчаников и алевролитов, иногда угленосных, на северо-западе – прерывистым плащом эфузивно-осадочных пород триаса, прорванными интрузиями сибирских траппов.

Специфика состава и окраски осадочных пород палеозоя обусловлена палеографией – расположением региона относительно экватора на том или ином интервале палеозоя и глубиной окраинных морей Палеоазиатского океана, покрывавших различные участки Сибирской платформы. По мере закрытия Палеоазиатского океана происходило воздымание суши, и море отступало все дальше на север (в современной системе координат), оставляя после себя широкие полосы морских осадков, последовательно сменявших друг друга:  $\square_1 \rightarrow \square_3 \rightarrow O \rightarrow S$  [1].

Нижний кембрий представлен на поверхности ангарской свитой ( $\square_1^{an}$ ), которая накапливалась в условиях довольно глубокого моря. Особенности выветривания и осадконакопления способствовали формированию толщ доломитов, доломитизированных известняков и известняков бело-серого цвета.

Верхний кембрий ( $\square_3^{vl}$ ) представлен красноцветными породами верхоленской свиты (аргиллиты, алевролиты, песчаники), обогащенных карбонатами, локально – гипсом и солями. Формирование верхоленской свитой происходило в условиях малых глубин верхнекембрийского моря. Положение региона в  $\square_3$ -время в низких широтах в условиях жаркого климата и при отсутствии распределительности на суше способствовало развитию процессов окисления железа до гематита и окраске пород в красные тона.

Осадочные породы ордовика и силура встречаются на севере региона, где они представлены породами разного состава и окраски (в том числе, красноцветными и пестроцветными). Более молодые осадочные породы (D, C, P) присутствуют небольшими площадями на северо-западе БЕС.

Северная часть БЕС, примыкающая к субширотному нижнему течению р. Ангары, относится к периферии Тунгусской синеклизы [1]. Здесь, начиная с карбона, происходили неоднократные извержения вулканов. Максимальная интенсивность вулканизма проявилась в первой половине триаса. Она привела к излиянию базальтовых лав, образовавших покровы сибирских траппов, и формированию туфогенных пород корюнчанской свиты ( $T_1^{kr}$ ). Наибольшее распространение трапповые интрузии раннего триаса имеют в западной части БЕС в районе Ангарского кряжа.

К древним тектоническим понижениям – прогибам и впадинам, которые в современном рельфе рассматриваются как равнины (Иркутско-Черемховская, Канско-Рыбинская, Мурская и др.), приурочены континентальные осадки, представленные преимущественно бескарбонатными песчаниками и алевролитами с прослоями углей. На юге региона это отложения юрского возраста, а на крайнем западе – породы пермо-карбонового возраста.

### Особенности состава коренных пород и их дериватов

Современное почвообразование развивается на продуктах дезинтеграции и переотложения указанных пород палеозоя и мезозоя, которые почти сплошным плащом различной мощности покрывают все формы рельефа. На вершинах водоразделов они представлены маломощным элювием (мощность менее 1 м), на склонах – делювием (коллювием), мощность которого возрастает вниз по склонам до 4–5 м и более, на днищах долин рек – аллювием. Элювий и делювий наследуют почти весь набор особенностей состава и свойств коренных пород (рис. 2, 3).

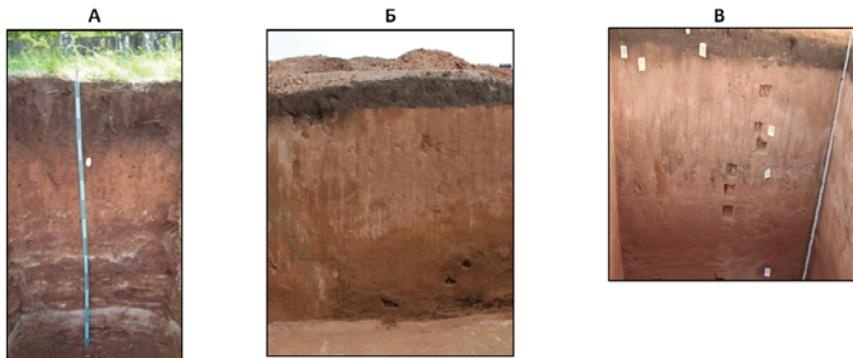


Рис. 2. Почвы на красноцветных верхнекембрийских породах: А – на элювии; Б – на делювии; В – на эолово-делювиальных (лёссовидных) отложениях, подстилаемых делювием

Лессовидные образования имеют смешанный состав, в котором участвуют минеральные компоненты не только ближнего эолового и делювиального переноса, но и компоненты дальнего эолового заноса. (рис. 2, В).

Сероцветные почвообразующие породы являются дериватами туфогенных пород основного состава. На рис. 3 представлены две сероцветные голоценовые почвы: верхняя – супесчаная; нижняя – легкосуглинистая ( $^{14}\text{C}$ -даты 7,5 и 7,2 тыс. лет, неолитический культурный горизонт). Необычные свойства: pH верхней почвы 7,4–7,7; нижней – 8,2–8,9. Засоления нет, карбонаты отсутствуют. ЕКО 67–78 ммоль/100 г, ЕКО в гор. С = 57 ммоль/100 г.



Рис. 3. Почвы на сероцветных туфогенных породах основного состава

Столь высокие значения ЕКО обусловлены присутствием в туфогенных породах минералов группы цеолитов.

Таким образом, минеральный субстрат современных (голоценовых) почв БЕС представлен в основном делювием (коллювием), в существенно меньшей степени – элювием и эоловыми отложениями, многие свойства которых предопределены составом коренных пород (табл. 1).

Таблица 1

Особенности состава и свойств пород разного возраста и генезиса

Породы	Состав и свойства пород и их дериватов
Морские осадочных породы палеозоя и продукты их дегенерации:	<ul style="list-style-type: none"> <li>– бело-серая или красная окраска различных тонов</li> <li>– обогащенность силикатами, очень устойчивыми к выветриванию (кварц, ортоклаз, кислые плагиоклазы);</li> <li>– обогащенность карбонатами (кальцитом, реже доломитом), возможно присутствие гипса и солей;</li> <li>– невысокое содержание железа (<math>Fe_2O_3</math> 3–4 %) даже в красноцветных породах, несмотря на их яркую окраску</li> </ul>
Континентальные осадочные породы юрского возраста:	<ul style="list-style-type: none"> <li>– буровато-желтая окраска;</li> <li>– бескарбонатность;</li> <li>– повышенное содержание железа (<math>Fe_2O_3</math> 4–5 % и более), в сравнении с красноцветными породами палеозоя;</li> <li>– опесчаненность;</li> <li>– наличие «водораздельных галечников» – слабо литифицированных конгломератов с отбеленным или обожженным песчаным заполнителем</li> </ul>
Вулканические и вулканогенно-осадочные породы раннего триаса:	<ul style="list-style-type: none"> <li>– серая и темносерая окраска, характерная для туфогенных пород основного состава;</li> <li>– высокое содержание общего железа (<math>Fe_2O_3 &gt; 10\%</math>) и магния (<math>MgO</math> 4–5 %), обусловленное основным составом эфузивов;</li> <li>– присутствие вторичных минералов – цеолитов, обладающих очень высокой поглотительной способностью</li> </ul>
Породы третичного возраста:	<ul style="list-style-type: none"> <li>– встречаются спорадично мелкими контурами, представлены корами выветривания и отложениями озерного, аллювиального и болотного генезиса;</li> <li>– для глинистых осадков и кор выветривания мел-палеогенового возраста характерен каолинит, миоценовых</li> <li>– монтмориллонит, плиоценовых – гидрослюдя</li> </ul>
Аллювий рек, стекающих с горного массива Восточного Саяна	<ul style="list-style-type: none"> <li>– повышенное содержание магнезиально-железистых силикатов (пироксенов, амфиболов, слюд), обусловленное распространением в горах различных сланцев, гнейсов и магматических пород основного состава</li> </ul>
Субаэральные четвертичные отложения:	<ul style="list-style-type: none"> <li>– состав элювия и делювия (коллювия) зависит от состава подстилающих коренных пород и наследует их свойства (окраску, карбонатность, гранулометрический и минералогический состав);</li> <li>– лессовидные отложения характеризуются светлой окраской, высокой карбонатностью, пористостью</li> </ul>

### Палеогеография

**Поздний плейстоцен.** БЕС в рассматриваемых географических рамках относится к внедедниковой (перигляциальной) зоне. В холодные этапы плейстоцена ледники существовали только в горном обрамлении региона и не спускались дальше подножья гор. Поэтому в исследуемом регионе нет монотонного плаща покровных суглинков, подобных тем, что распространены на Русской равнине, а почвообразование развивается на отложениях различного генезиса и состава, часто слоистых: на водоразделах и склонах – на элювии и делювии

карбонатных кембрийских пород, на бескарбонатных юрских и других породах, на террасах и бортах долин крупных рек – на лессовидных суглинках сартанского (поздний валдай) возраста (24–11,7 тыс. л. н.). Почти каждый почвенный разрез глубиной 1,2–1,5 м вскрывает историю осадконакопления и почвообразования за 20–30 тыс. лет.

Климат БЕС и в плейстоцене, и в голоцене подчинялся глобальным закономерностям, но имел свою специфику, обусловленную большой удаленностью региона от океанов (по 3–4 тыс. км от Северного-Ледовитого, Тихого и Индийского; более 7 тыс. км от Атлантического) и изолирующей ролью горных систем, окружающих Иркутский амфитеатр и препятствующих движению воздушных масс со всех направлений за исключением северо-западного. Всё это обусловило специфику палеоклиматических и палеоландшафтных флуктуаций и сказалось на особенностях осадконакопления и педогенеза как в холодные интервалы четвертичной истории, так и в межледниковые, в том числе – современное.

По количеству зашифрованной палеогеографической информации рыхлые отложения можно расположить в ряд: элювий < делювий (коллювий) < лессовидные образования.

Лессовидные образования в БЕС не образуют монотонных мощных толщ. Они переслаиваются с делювиальными, золовыми и золово-делювиальными отложениями, солифлюксом и погребенными почвами. Суммарная мощность таких образований смешанного генезиса может достигать 10 м и более. Сами лессовидные отложения дифференцированы на слои, различающиеся по мощности, окраске, гранулометрическому составу, карбонатности и другим показателям, каждый из которых несёт определенную палеогеографическую информацию [4].

Наибольшее распространение в регионе имеют сартанские отложения (возраст 24–11,7 кал. тыс. лет), которые подстилают голоценовые горизонты почвы и традиционно рассматриваются как карбонатные почвообразующие породы. В строении сартанских лессовидных отложений встречаются слаборазвитые почвы, наиболее часто – мальтинская почва ( $Sr^3_{ml}$  – ~19–15 кал. тыс. л. н.) розовато-буроватой окраски (рис. 4, А). Присутствуют прослои золовых песков, солифлюкса, морфологически выраженные уровни криогенных деформаций и других явлений (рис. 4, Б). В строении разреза сартанских лессовидных отложений региона запечатлено по меньшей мере пять этапов изменения природно-климатической ситуации.

В почвенных разрезах на небольшой глубине от поверхности (1,2–1,5 м) часто присутствуют морфологически хорошо выраженные прерывистослоистые образования, полосчато-окрашенные гумусом и карбонатами с фрагментами позднекаргинских почв (~28–45 кал. тыс. л. н. и старше), растищенных раннесартанской солифлюкцией ( $Sr^1_{sol}$ ) (рис. 4, В).

Лессовидные суглинки на территории БЕС в основном приурочены к долинам магистральных рек и крупных притоков в их нижнем течении. Наиболее древние лессовидные отложения появляются в разрезах региона, начиная с нижнего эоплейстоцена (первой половины нижнего плейстоцена) [6; 7], самые молодые имеют финально-плейстоценовый возраст. Голоценовые отложения не являются лессовидными.

Поверхность лессовидных и других отложений разбита криогенными трещинами позднедриасового возраста (DR-3, 12,68–11,67 тыс. кал. л. н.) на полигоны различного размера. Мелкие трещины представляли собой грунтовые жилы, глубокие – ледово-грунтовые жилы (рис. 5).

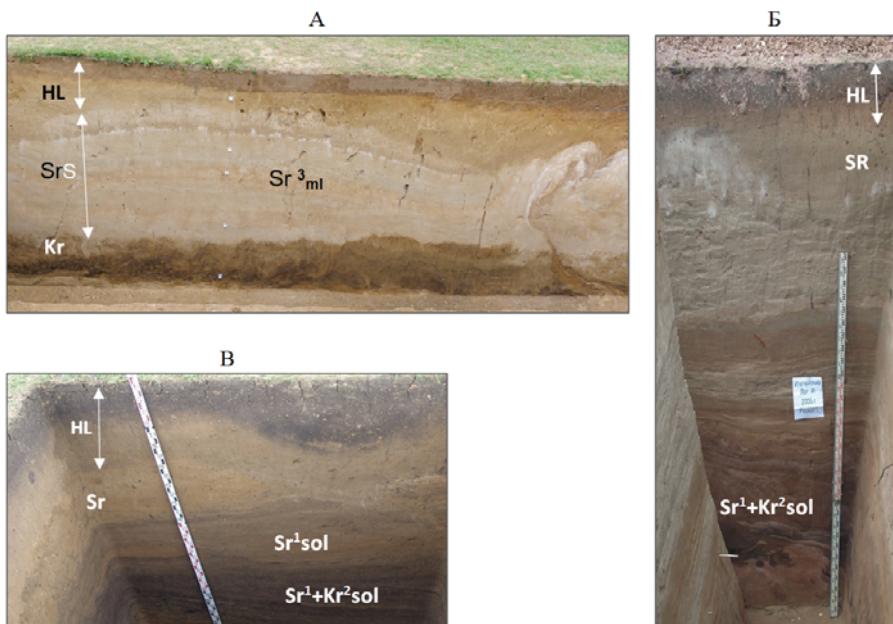


Рис. 4. Особенности строения сартанских отложений, верхняя часть которых обозначается почзоведами как гор. С. Условные обозначения: HL – отложения голоценовые (горизонты А и В современных почв, Sr – сартанские отложения, Kr – каргинские почвы, Sr<sup>3</sup>ml – среднесартанская слаборазвитая мальтинская почва, Sr<sup>1</sup>sol – раннесартанский солифлюксий, Sr<sup>1</sup>+Kr<sup>2</sup>sol – раннесартанский солифлюксий с седиментами позднекаргинских почв

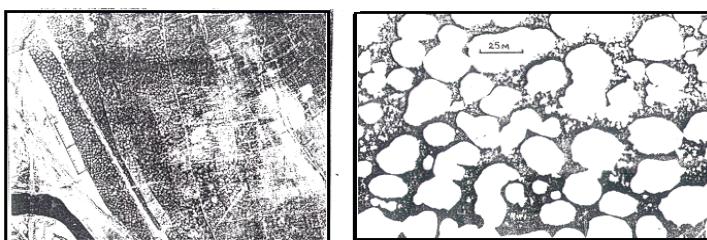


Рис. 5. Криогенная полигональность поверхности современной почвы. Фрагменты аэрофотоснимков надпойменных террас р. Белой

**Голоцен.** Голоценовые отложения на положительных элементах рельефа имеют делювиальный, эоловый или смешанный генезис. Их обычна мощность  $60\pm20$  см. Морфологически они представлены профилем (горизонты А и В) «современных» почв. Дифференциация профиля на горизонты обусловлена не только почвообразовательными процессами, но и динамикой склоновых и эоловых процессов в различные интервалы голоцена. При неизменных параметрах склона динамика склоновых процессов регулируется количеством атмосферных осадков, их качеством (дожди ливневые, затяжные, твердые осадки и скорость их таяния), а также состоянием растительности.

Интенсивное развитие растительности (и древесной и травянистой) в БЕС приходится на позднеатлантическое время (АТ-3, ~7–5 тыс. кал. л. н.) [5], когда соотношение тепла и влаги было оптимальным. Растительность затормозила развитие склоновых и эоловых процессов. В почвах под травянистой растительностью следами такой оптимизации биоклиматических условий является темноокрашенный погребенный гумусовый прослой в средней части горизонта АУ. В почвах под древесной растительностью в позднеатлантическое время шло накопление минерального субстрата горизонтов В1 (ВТ1, ВМ1), которые имеют наиболее яркую окраску, указывающую на лучшую проработку субстрата биохимическими процессами, и, как правило, характеризуются более тяжелым гранулометрическим составом, чем выше- и глубже лежащие почвенные горизонты А и В2.

Небольшое количество атмосферных осадков не обеспечивает хорошего промывания почв и выщелачивания карбонатов, унаследованных от пород. Поэтому в почвах на лессовидных отложениях и дериватах палеозойских пород карбонаты присутствуют на небольшой глубине, часто – сразу под горизонтом В2.

### Криогенные явления

Особенности строения почв БЕС во многом обусловлены криогенными процессами. Одни из них следует рассматривать как посткриогенные (почвообразование осуществлялось позднее криогенеза), другие – как синкриогенные (сингенетичные голоценовому осадконакоплению и почвообразованию).

*Посткриогенные явления в почвах.* Голоценовое осадконакопление в регионе началось на поверхности, разбитой криогенными трещинами разной глубины на полигоны различного размера. Полигональная криогенная трещиноватость позднедриасового (DR-3) возраста во многом определила современную структуру почвенного покрова (см. рис. 5).

В первой половине голоцена происходило активное вытаивание льда из ледово-грунтовых жил. Оно сопровождалось просадкой грунта с образованием ложбинок вдоль сети трещин и западин в узлах их пересечений. Пустоты, образовавшиеся при вытаивании льда в нижней части трещин, заполнялись субстратом, смытым со стенок трещин (рис. 6А). На поверхности формировались просадки, которые частично или полностью нивелировались за счет заполнения их гумусированным материалом, смытым с поверхности окружающих почв (рис. 6Б, В).

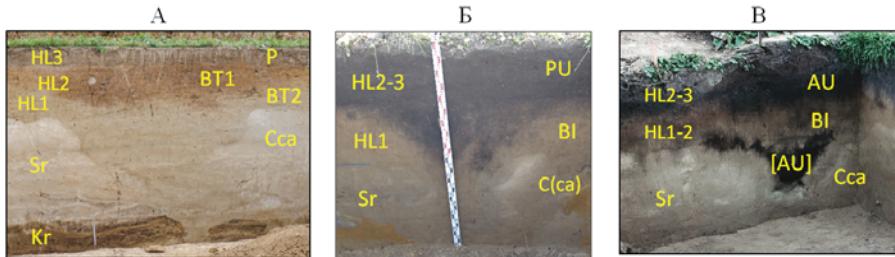


Рис. 6. Морозобойные клинья DR3-возраста (12,7–11,7 тыс. л. н.), заполненные различным субстратом. Условные обозначения: HL – голоценовые отложения (HL1 – ранне-, HL2 – средне-, HL3 – позднеголоценовые); Sr – сартанские карбонатные суглинки, Kr – каргинские почвы. Р, PU, [AU], BT1, BT2, BI, Cca – индексы почвенных горизонтов

Таким образом, почвенный покров региона оказался расчлененным на полигоны сетью трещин, заполненных почвенными телами, клинообразными в поперечном срезе. Клинообразные почвенные тела, резко отличаются от почв внутренних частей полигонов следующими свойствами: повышенной мощностью и гумусированностью верхнего горизонта, наличием в нем погребенных гумусовых прослоек линзовидно-вогнутой формы, повышенной мощностью иллювиальных горизонтов, повышенной рыхлостью сложения, что обеспечивает хороший дренаж клиновидных структур и способствует выщелачиванию карбонатов. Классификация подобных клиновидных почвенных образований не разработана.

**Синкриогенные явления в почвах.** Криогенное трещинообразование в голоцене активизировалось на рубеже суббореального и субатлантического периода ~2,5–2,7 тыс. кал. л. н. Его результатом явились узкие трещины, глубиной до 40–60 см, которые продолжают функционировать и поныне как сезонные морозобойные структуры (рис. 7).



Рис. 7. Современная (2,5 – 0 тыс. лет) полигональная трещиноватость почв. Горизонтальный и вертикальный срезы. Иркутск, археологические раскопки у Спасской церкви

В почвенном профиле они проявляются как гумусовые языки. Особенно хорошо позднеголоценовое трещинообразование выражено на оstepненных глубокопромерзающих территориях БЕС, в частности – в черноземах Предбайкальской впадины.

В связи с изложенным, ретроспективный взгляд на историю формирования профиля «современных почв» региона и их «почвообразующих» пород дает основание считать литологический и палеогеографический факторы ведущими, внесшими основной вклад в регионализм педогенеза в БЕС.

### **Заключение**

Почвы, специфичные по тем или иным свойствам, имеют довольно широкое распространение в Байкало-Енисейской Сибири. Особенности окраски и вещественного состава таких почв были унаследованы от материнских горных пород. Принадлежность региона к внедниковской зоне, характеризующейся суровым криоаридным климатом, внесла свою лепту в обусловленные криогенезом особенности строения почвенного покрова и почвенных профилей. Недостаточное количество атмосферных осадков в голоцене благоприятствовало сохранению карбонатов в почвообразующих породах.

Наиболее часто исследователи обращают внимание на необычность следующих показателей почв БЕС.

*Окраска.* Специфика почв региона проявляется в их необычной окраске: красноцветной – на породах верхнего кембрия, темноцветной – на эфузивно-осадочных породах основного состава.

*Валовой состав.* Яркость красных окрасок не коррелирует с содержанием валового железа. Красноцветные породы и почвы характеризуются пониженным содержанием железа, в сравнении с почвами на других породах, того же гранулометрического состава.

Почвы на эфузивно-осадочных породах характеризуются высоким содержанием магнезиально-железистых силикатов и, соответственно, валовых  $MgO$  (~ 4–5 %) и  $Fe_2O_3$  (> 10 %).

*Кислотно-основные свойства.* Современных атмосферных осадков (350–450 мм/год) недостаточно для активного выщелачивания карбонатов и оснований из почв. Широкое распространение в регионе карбонатных пород палеозоя, и карбонатных лессовидных суглинков препятствует развитию в почвах сильно кислой реакции, высокой гидролитической кислотности, низкой СНО. Исключение – небольшие контура почв на бескарбонатных третичных глинах в юго-восточной части БЕС, обладающих кислой, иногда – очень кислой величиной pH.

*Обменные основания.* Почвы, сформированные на дериватах нижнекембрийских пород, обогащенных доломитами –  $CaMg(CO_3)_2$ , характеризуются необычно узким отношением обменных  $Ca:Mg = 1–2$ .

Почвы на вулканогенно-осадочных породах обладают очень высокой ЕКО (60–80 ммоль/100 г) за счет присутствия цеолитов. ЕКО таких почв мало зависит как от содержания гумуса, так и от гранулометрического состава.

*Гранулометрический состав.* В регионе присутствуют почвы разной степени дифференциации профиля. Среди серых и темносерых встречаются почвы

двух отделов: текстурно-дифференцированные и структурно-метаморфические, причем последние часто преобладают.

В почвах, рассматриваемых как дерново-подзолистые, дифференциация профиля по гранулометрическому составу может иметь разные причины. Чаще она связана не с лессиважем, а с литологической неоднородностью минерального субстрата в связи с разной динамикой склоновых процессов в среднем и позднем голоцене. В ряде случаев опесчаненность горизонта EL может быть обусловлена привносом золового материала на борта речных долин.

*Криогенез.* Криогенная полигональность, унаследованная от позднедриасового (DR3) глубокого похолодания климата, привела в голоцене к образованию сети клиновидных почвенных тел, резко отличающихся по своим свойствам от почв внутри полигонов, что спровоцировало резко выраженную пестроту почвенного покрова и формирование посткриогенного рельефа (полигонально-блочного, блочно-западинного, бугристо-западинного).

### Литература

1. Атлас Иркутской области. М. ; Иркутск, 1962. 182 с.
2. Бычков В. И. Почвоведение в Восточной Сибири в XX веке: роль кафедры почвоведения Иркутского государственного университета в подготовке специалистов и развитии науки : монография. Иркутск : Изд-во Ин-та географии им. В. Б. Сочавы СО РАН, 2011. 141 с.
3. Воробьева Г. А. Особенности эволюции и генезиса почв Лено-Ангарского плато : автореф. дис. ... канд. биол. наук. Иркутск, 1972. 19 с.
4. Воробьева Г. А. Почва как летопись природных событий Прибайкалья: проблемы эволюции и классификации почв : монография. Иркутск : Изд-во Иркут. гос. ун-та, 2010. 205 с.
5. Воробьева Г. А. Эволюция почв предгорий и низкогорий юга Средней Сибири в голоцене // Эволюция почв и почвенного покрова. Теория, разнообразие природной эволюции и антропогенных трансформаций почв / отв. ред. В. Н. Кудеяров, И. В. Иванов. М. : ГЕОС, 2015. С. 686–703.
6. Воробьева Г. А., Мац В. Д., Шимараева М. К. Плиоцен-эоплейстоценовое почвообразование на Байкале // Геология и геофизика. 1987. № 9. С. 20–29.
7. Воробьева Г. А., Мац В. Д., Шимараева М. К. Палеоклиматы позднего кайнозоя Байкальского региона // Геология и геофизика. 1995. № 36. С. 82–96.
8. Герасимов И. П. Самобытность генетических типов почв Сибири // Сибирский географический сборник. Вып. 2. М. : Изд-во АН СССР, 1963.
9. Горшенин К. П. Почвы южной части Сибири (от Урала до Байкала). М., 1955. 395 с.
10. Классификация и диагностика почв России / Л. Л. Шишов, В. Д. Тонконогов, И. И. Лебедева, М. И. Герасимова. Смоленск : Ойкумена, 2004. 342 с.
11. Классификация и диагностика почв СССР / В. В. Егоров [и др.]. М. : Колос, 1977. 223 с.
12. Корзун М. А., Ивельский П. К. Пути генезиса почв Братского почвенного округа // Известия биологического-географического НИИ при Иркутском государственном университете. Т. 21. Иркутск, 1969. С. 295–323.
13. Корзун М. А., Фролова М. В., Ивельский П. К. Эволюция почвенного и растительного покрова водоразделов Северо-Западной части Иркутской области // Почвоведение. 1969. № 10. С. 26–35.
14. Логачев Н. А., Ломоносова Т. К., Климанова В. М. Кайнозойские отложения Иркутского амфитеатра. М. : Наука, 1964. 194 с.

15. Макеев О. В. Дерново-таежные почвы юга Средней Сибири (генезис, свойства и пути рационального использования) / СО АН СССР. Улан-Удэ : Бурят. кн. изд-во, 1959. 347 с.
16. Надеждин Б. В. Лено-Ангарская лесостепь. М., 1961. 328 с.
17. Николаев И. В. Почвы Восточно-Сибирского края. Иркутск : ОГИЗ, 1934. 164 с.

## **REGIONALISM OF PEDOGENESIS IN THE BAIKAL-YENISEI SIBERIA**

**G. A. Vorobyeva**

*Irkutsk State University, Irkutsk, Russian Federation  
galvorob@yandex.ru*

Extraordinary morphological and chemical properties of a number of soils in Baikal-Yenisei Siberia, which complicate the determination of their classification, are considered. The specificity of the properties of soils is due to the variety of rocks, a small amount of atmospheric precipitation, and the paleogeographic situation.

Unusual red-colored soils are inherited from the rocks of the Upper Cambrian, gray-colored – from the lower Triassic tuffaceous rocks of the basic composition.

Most of the parent rocks of the region (products of disintegration of Paleozoic marine sedimentary rocks, loess-like deposits) contain a significant amount of carbonates. With an annual precipitation of 350–450 mm, carbonates are retained in soils at a depth of 60–20 cm and determine a weak acidity and a rather high degree of base saturation even in soils under taiga vegetation.

The presence of dolomites in soils on the Lower Cambrian rocks determines the narrow exchange ratios  $\text{Ca} / \text{Mg} = 1–2$ . Zeolites in soils on Lower Triassic tuffaceous rocks provide very high cation exchange capacity (CEC) in soils (50–70 mmol/100 g).

A powerful network of cryogenic cracks of the Late Triassic age led to a polygonal structure of the soil cover and the formation of wedge-shaped soil bodies of varying degrees of humus content and thickness along the system of cryogenic cracks.

## КАФЕДРА ПОЧВОВЕДЕНИЯ ИГУ: ОСНОВНЫЕ ВЕХИ РАЗВИТИЯ ИРКУТСКОЙ ШКОЛЫ ПОЧВОВЕДЕНИЯ И НАПРАВЛЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ПОЧВ

Н. И. Гранина, Н. А. Мартынова

*Иркутский государственный университет, Иркутск, Россия*  
*granina\_n@list.ru*

Начало изучению почв и почвенного покрова Иркутской губернии положили исследования Н. Н. Агапитова (1878–1881) и Я. П. Прейна (1890) – членов Восточно-Сибирского отдела императорского русского географического общества (ВСОРГО). Их исследования были направлены на изыскание черноземов в лесостепной зоне Иркутского и Балаганского округов.

В начале XX века почвенно-географические исследования проводились в ходе экспедиций Переселенческого управления под руководством А. М. Панкова, А. Я. Райкина, К. К. Никифорова и др. Они способствовали проникновению идей В. В. Докучаева и развитию почвоведения в Восточной Сибири. Автором первого сочинения о почвах Восточной Сибири и крупных географических трудов от Иркутской губернии был Лосев А. И. (1765–1829) [1] – коренной иркутянин, губернский землемер, надворный советник Императорского Санкт-Петербургского вольного экономического общества.

Возобновление почвенных исследований началось после гражданской войны, когда в 20-е гг. стала необходимость изучения агропроизводственных свойств почв сельскохозяйственных земель региона для решения продовольственных проблем. В этих работах с 1923 г. активное участие принимали А. И. Потапов, В. Г. Дубов, И. В. Николаев – сотрудники Биолого-географического научно-исследовательского института (БГНИ), организованного при Восточно-Сибирском госуниверситете (ВСГУ – так назывался Иркутский университет до 1937 г.). В дальнейшем они стали сотрудниками кафедры почвоведения [1].

Организации кафедры почвоведения предшествовало открытие в ВСГУ в 1925 г. кафедры агрономии на естественном отделении физико-математического факультета университета. Заведующим кафедрой был назначен А. И. Потапов.

В 1930–1931 гг. началась реорганизация ВСГУ, которая шла в несколько этапов. В 1931 г. она привела к оформлению на геолого-почвенно-географическом факультете ВСГУ кафедры почвоведения для подготовки специалистов почвоведов по изучению физико-химических свойств почвы и географов по специальности – «педографии» (приказ № 1 по ВСГУ, от 16.08.1931, рис. 1). Затем в 1932 г. выделилось самостоятельное почвенное отделение, которое в мае 1933 г. было переименовано в кафедру почвоведения, вошедшую в состав геолого-почвенно-географического факультета. Возглавлять почвенное отделение, кафедру почвоведения, а затем и геолого-почвенно-географический факультет был назначен почвовед И. В. Николаев.



Рис. 1. Приказ директора Восточно-Сибирского госуниверситета № 1 от 16. 08 1931 г. о создании на геолого-почвенно-географическом факультете ВСГУ кафедры почвоведения

И. В. Николаев заведовал кафедрой почвоведения с 1931 по 1933 г. и с 1937 по 1955 г. В период с 1933 по 1937 г., когда И. В. Николаев был назначен деканом геолого-почвенно-географического факультета, заведующим кафедрой почвоведения был профессор Ф. И. Бучило. В 1948 г. кафедра вошла в состав биологического факультета. Подготовка студентов велась по специальности “почвоведение и агрохимия”. В 1979 году было создано отделение почвоведения с двумя кафедрами: почвоведения и агрохимии, физики и мелиорации почв.

С 1931 года началась планомерная подготовка высококвалифицированных специалистов-почвоведов, но с началом Великой Отечественной войны набор студентов по специальности почвоведения был временно приостановлен и возобновился только лишь в 1947 году. В этот время были заложены основы формирования Восточно-Сибирской школы почвоведов. Научные работы этого периода были посвящены изучению агрохимических свойств почв (И. В. Николаев и В. Г. Дубов), изучению органического вещества почв (И. В. Николаев), почвенной микрофлоры (Е. В. Талалаев). В 1932 году И. В. Николаевым была опубликована его монография «Почвы Восточно-Сибирского края» (с почвенной картой), где впервые дается схема классификации и эволюции почв Восточной Сибири. В 1949 году опубликована монография И. В. Николаева «Почвы Иркутской области», по инициативе О. В. Макеева в ИГУ при биолого-географическом НИИ – лаборатория почвоведения.

Развитие биологического факультета тесно связано с деятельностью кафедры почвоведения, занимавшей активную позицию в исследованиях особенностей генезиса почв и почвенного покрова региона.

В 1950–60-е годы основное ядро преподавателей кафедры составляли: И. В. Николаев, О. В. Макеев, Н. П. Воробьева, О. Ф. Семенова, Н. И. Карнаухов, М. А. Корзун, Н. И. Какоурова, А. М. Быков, М. Т. Шапарь, Л. А. Мирошниченко. В 60-е годы на кафедру работают её выпускники: В. П. и А. С. Мартыновы, К. В. Морозова, П. К. Ивельский, З. А Сидорова (рис. 2).

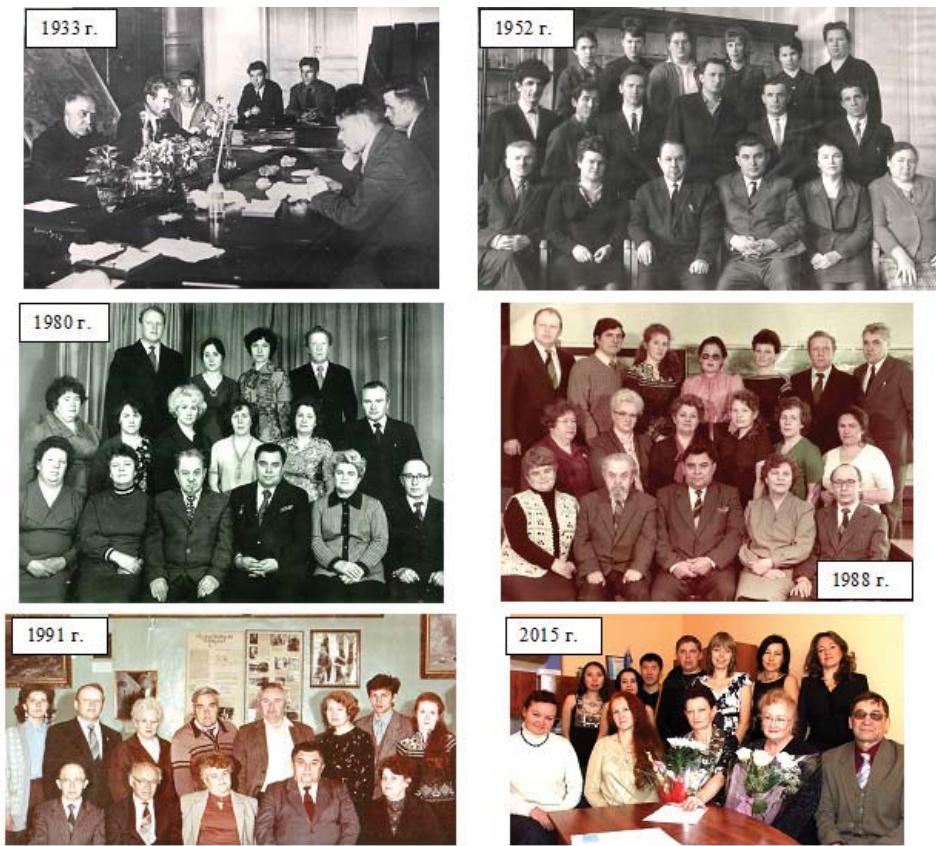


Рис. 2. Коллективы кафедры почвоведения Иркутского госуниверситета в разные годы

В это время начался активный период всестороннего изучения почв Восточной Сибири под общим руководством проф. И. В. Николаева и доц. О. В. Макеева в рамках общей научной темы «Почвенный покров Восточной Сибири и разработка мероприятий по его рациональному использованию». Основные направления: география и генезис почв Восточной Сибири (И. Н. Николаев и О. В. Макеев); стационарное изучение почвенных режимов, агрофизических и агрономических свойств почв (О. В. Макеев); почвенно-мелиоративное стационарное исследование почв (Н. И. Карнаухов); микробиологические исследования (Л. А. Мирошниченко).

Большой вклад в познание генезиса и географии почв Предбайкалья внесло издание монографии «Дерново-таежные почвы юга Средней Сибири» (О. В. Макеев, 1951), почвенных карт в атласе Иркутской области (И. В. Николаев, О. В. Макеев, Б. В. Надеждин) [1]. Устойчивость развития кафедры определяли не только востребованность региона в специалистах-

почвоведах, последовательное и грамотное руководство, но и создание материальной базы и укомплектованность лабораторий, тесная взаимосвязь с академическими институтами и их сотрудниками, разносторонность научных интересов ученых – преподавателей кафедры, безграничная отдача душевных и физических сил делу развития почвоведения в Восточной Сибири (рис. 3), [4].



Рис. 3. Работа в научно-исследовательских лабораториях кафедры почвоведения ИГУ

Подготовка высокопрофессиональных кадров способствовало развитие в 60–70-е годы на кафедре аспирантуры под руководством: Н. И. Карнаухова, Л. А. Мирошниченко, М. А. Корзуна. Аспирантами и соискателями этого времени были: П. К. Ивельский, Ю. П. Куприянова, М. И. Петраускайте, Э. И. Бerezina, Е. Л. Коробушкина, И. Н. Сидорова, Г. А. Воробьевая, Л. В. Забродина, позднее В. А. Серышев, А. Ким, К. В. Морозова. Расширился и состав коллектива лаборатории почвоведения в БГНИИ. Кафедра становилась реальным центром становления почвоведения в Байкальской Сибири. Основные работы по почвам региона 20-ого столетия связаны с именами сотрудников кафедры почвоведения – проф. И. В. Николаева, проф., О. В. Макеева, проф. Н. И. Карнаухова, проф. И. Н. Угланова, доц. М. А. Корзуна, доц. В. П. Мартынова, доц. А. Г. Сазонова, доц. В. И. Бычкова (табл. 1) и др [2].

С созданием новой кафедры (физики и мелиорации почв) и расширением кадрового состава отделения почвоведения ИГУ (Л. Н. Костюхин (1969), Н. И. Симоненков, О. С. Лыков (1970); В. И. Бычков (1973), Г. А. Воробьевая (1975), Н. А. Мартынова (1980), Н. И. Гранина (1981), И. Н. Угланов (1985), А. Г. Сазонов, О. П. Ильинский (1986) – расширились и тематика, и география исследований кафедры [3].

Таблица 1

## Основные школы и направления исследования исследований кафедры почвоведения ИГУ

Ф. И. О., должность	Направление школы исследований	Избранные основные работы
Николаев И. Н., канд. геол.-минерал. наук, профессор.  Доктор (1933), профессор (1936), зав. каф. почвоведения (1931–1933; 1937– 1955); декан геол.-почв.-геогр. факта ИГУ (1937–1949); зав. каф. общего зем- леделия ИСХИ, директор Биол.-геогр. НИИ при ИГУ, консультант каф. (1955– 1964)	Основатель Восточно-Сибирской школы почвоведения; стационарное исследование почв Вост. Сиб.; эволюционно-генетико- географическое и классификационное почвоведение; генезис и география почв Вост. Сиб.; почвенно-картография районирования Иркутской области и Вост.-Сиб. края; создание Атласа Ир- кутской области (1962 г.)	К вопросу об известковании почв Вост. Сиб. // Труды опытных учреждений Вост. Сиб. Иркутск, 1933. С. 112. Почвы Восточно-Сибирского края М. ; Иркутск, 1934. 164 с. в приложении карты Вост.-Сиб. края (М-б 1:5 000 000) и северной части Туранского края (М-б 1:2 000 000). Почвы Иркутской обл. Иркутск : Изд-во ОГИЗ, 1949. 405 с. (в приложении почвенная карта Ир- кутской области М-б 1:5 000 000). Почвенная карта Иркутской области. // Атлас Иркутской обл. асти. Иркутск, 1961, М-б 1:4 000 000 (в соавт.).
Макеев О. В., д-р геол.-минерал. наук, профессор	Биогеохимическое и крио- педологическое почвоведение, клас- сификационные вопросы почвоведе- ния, агрофизика и агрехимия почв, изучение почвенного покрова и гео- графо-генетическое, почвенно- эрзационное и агропочвенное райони- рование Средней и Восточной Сибири, Забайкалья и Монголии; создание на- боратории почвоведения в ИГУ; орга- низация лабораторий криогенных про- цессов в почвах	Дерново-подзолистые почвы на различных поро- дах Средне-сибирского плоскогорья // Изв. Бюл.- геогр. НИИ при ИГУ. Иркутск, 1951. Т. XI. Вып 4. 105 с. Дерновые таежные почвы юга Сред. Сибири (ге- незис, свойства и пути рационального использо- вания) СО АН СССР. Улан-Удэ : Бурят. кн. изд- во, 1959. 347 с. Микротройники в почвах Сибири и Дальнего Во- стока. М. : Наука, 1973. 151 с. Атлас Иркутской обл. / ГУГИК Мин. геологии и охраны недр СССР. М. ; Иркутск, 1962. Атлас Забайкалья (Бурятская АССР и Читинская обл.) ГУГИК, М. ; Иркутск : ИГ С и ДВ СО АН СССР, 1967 (под ред. Сочава В. Б.)

 <p><b>Карнаухов Н. И.,</b> канд. биол. наук, профессор</p> <p>Доктор (1953–1975); зав. каф. почвоведения (1955–1957; 1959–1972); зав. каф. физики и мелиорации почв (1976–1986.); декан БПФ (1963–1970); председатель диссертационного совета БПФ (1963–1970). Лауреат государственной премии СССР, награжден медалью В. В. Докучаева (1983 г.)</p>	 <p><b>Корзун М. А.,</b> канд. биол. наук, доцент</p> <p>Доктор (1964–1965; 1985–1991); зав. каф. почвоведения и агрохимии (1971–1985); декан БПФ ИГУ (1963–1970; 1980–1986); директор НИИ биологии при ИГУ (1982–1985.); проректор по учебной работе ИГУ (1970–1974). Участник ВОВ, награжден медалями: В. В. Докучаева (1983); «50 лет Монгольской народной революции» орденом Отечественной войны II степени, 10 медалями.</p>	<p>Историческое и физико-мелиоративное почвоведение; исследование солонцов и засоленных почв и почвенно-мелiorативное районирование юга Средней и Восточной Сибири, Красноярского края, Читинской и Бурятской областей.</p> <p>Доктор (1953–1975); зав. каф. почвоведения (1955–1957; 1959–1972); зав. каф. физики и мелиорации почв (1976–1986.); декан БПФ (1963–1970); председатель диссертационного совета БПФ (1963–1970). Лауреат государственной премии СССР, награжден медалью В. В. Докучаева (1983 г.)</p>	<p>Мелиорация почв : учеб. пособие. Иркутск : Изд-во ИГУ, 1977. 88 с.</p> <p>Засоленные почвы и их мелиорация : учеб. пособие для студентов почвенной специальности биологического факультета. Иркутск : Изд-во ИГУ, 1978. 98 с.</p> <p>Мелиорация солонцов : учеб. пособие. Иркутск : Изд-во ИГУ, 1980. 94 с.</p> <p>Краткий курс истории почвоведения в нашей стране. Иркутск : Изд-во ИГУ, 1982. 104 с.</p> <p>О биоценном процессе содонакопления в заболоченных почвах юга Средней Сибири // Изв. Биол.-геогр. НИИ при ИГУ. Иркутск, 1969. Т. XXI. С. 3–22.</p>	<p>Пути генезиса почв Братского почвенного округа // Изв-во Биол.-геогр. НИИ при ИГУ. Иркутск, 1969. Т. XXI. С. 295–323 (в соавт.)</p> <p>Почвы Иркутской области // Почвы Иркутской области: их использование и мелиорация. СО АН СССР. Иркутск, 1979. С. 17–36 (в соавт.)</p> <p>Почвенное районирование Байкальской Сибири. Улан-Удэ, 1960. 68 с. (в соавт.)</p> <p>Эволюция почвенного и растительного покрова водоразделов Северо-Запад. части Иркут. области // Почвоведение. М., 1969. № 10. С. 26–35 (в соавт.)</p> <p>Почвенная карта Иркутской области. М 1:1500000. М. : ГУТК, 1988.</p> <p>Атлас Иркутской области: ГУТИК Мин. геологии и охраны недр СССР. М. ; Иркутск, 1962.</p>
---	--	--	--	---

 <p><b>Мартынов В. П.</b> канд. биол. наук, доцент</p> <p>Почвовед-консультант ДР Вьетнам (1961–1962); асс.-доцент – и. о. зав каф. почвоведения и агрохимии БГФ ИГУ (1965–1976); сотрудник (1976–1995) и зав. лаб. почвоведения (почвенно-геохим. экологии) НИИБ при ИГУ (1982–1987); руководитель почв.-геохим. отряда Хубсугульской советско-монгольской экспедиции ИГУ и МонГУ (1970–1971). Награжден медалями: В. В. Докучаева, «Дружба» (ДРВ), «Ветеран труда»</p>	<p>Генетическое и картографическое почвоведение почвенно-ландшафтное районированием почвенного покрова Прибайкалья и Забайкалья, юга Восточного Сибири и Забайкалья, юга Восточного Сибири и Дальнего Востока, Монголии, Вьетнама; создание карт алгасов оз. Хубсугул, оз. Байкал, Забайкалья; оптимизация биологической очистки сточных вод БЦБК; создание почвенной экспозиции в музее Байкальской биостанции ИГУ на Байкале. зам. гл. редактора, научный руководитель атласа «Оз. Хубсугул», «Почвенная карта Байкала» (1993 г.); «Почвенная карта Иркутской области» М 1:1 500 000. М. : ГУГК, 1988</p>	<p>Почвы горного Прибайкалья. Улан-Удэ, 1965.</p> <p>Почвы горного Прибайкалья. Улан-Удэ, 1965.</p> <p>Почвы Прихубсугуулья. М. : Недра, 1976.</p> <p>Почвы озера Хубсугул. М. : ГУГК, 1989. 123 с.</p> <p>Атлас озера Хубсугул. М. : ГУГК, 1989. 123 с.</p> <p>Карты: «Почвенный покров Забайкалья» (1967 г.); «Почвенный покров западного Забайкалья» (1967 г.); «Почвенный покров Бурятской АССР», М 1:1 000 000. (1980 г.); «Почвенный покров бассейна оз. Байкал» (1:2 500 000) (1983 г.); «Почвенный покров юга Восточной Сибири» (1:2 500 000) (1986 г.); «Почвенная карта Иркутской области». М 1:1 500 000 (1983 г.); «Почвенный покров бассейна оз. Байкал» (в атласе оз. Байкал) (1993 г.); «Почвенная карта Иркутской области» М 1:1 500 000. М. : ГУГК, 1988</p>
 <p><b>Угланов И. Н.</b> д-р биол. наук, профессор</p> <p>Ассянтен-доцент (1951–1967) каф. почвоведения; д-р биол. наук (1981), профессор (1984), зав. каф. физики и мелиорации почв (1986–1991); зав. каф. почвоведения (1991–1994.)</p>	<p>Геоморфологическое, гидрологическое и гидролитическое почвоведение и агротехническое почвоведение и эколого-мелиоративное районирование почвенных комплексов Приангарья и юга Западной Сибири</p> <p>Ассянтен-доцент (1951–1967) каф. почвоведения; д-р биол. наук (1981), профессор (1984), зав. каф. физики и мелиорации почв (1986–1991); зав. каф. почвоведения (1991–1994.)</p>	<p>Мелиорируемая толща почв и пород юга Западной Сибири. Новосибирск, 1981.</p> <p>Мелиорация почв : учеб. пособие. Иркутск : Изд-во ИГУ, 1991. 126 с.</p> <p>Природно-мелиоративные условия в лесостепных районах Вост. Сиб. Иркутск : Изд-во ИГУ, 1990. 160 с. (в соавт.)</p> <p>Специфика геохимических процессов в мерзлотных условиях Сибири // Предотвращение негативных последствий при орошении в Сибири. Абакан, 1988.</p> <p>Природно-мелиоративные условия лесо-степных районов Вост. Сиб. Иркутск, 1990. 158 с. (в соавт.)</p>

<p></p> <p>Сазонов А. Г., канд. биол. наук, доцент  Доцент (1981–2003 гг.), зав. каф. почво- ведения и агротехники (1986–1991 гг.); от- личник народного образования РФ (1999 г.)</p>	<p>Режимно-геохимическое и эволюци- онно-субстантивно- классификационное почвоведение; ле- соводственная оценка почв, исследо- вание лесных почв Западной и Восто- чной Сибири; комплексное ком- пенсационное использование земель- ного фонда, содействие развитию фермерских хозяйств Восточной Си- бири</p>	<p>Принципы лесоводственной оценки почв. Ир- кутск : Изд-во ИГУ, 1980. 240 с. Принципы базовой систематики и классификации почв // Материалы Междунар. конф. «Современ- ные проблемы почвоведения в Сибири». Томск, 2000. Т. 1. С. 29–34. Концепция эволюции почв Сибири // Сб. науч. тр «Природные ресурсы, экология и социальная среда Прибайкалья». Иркутск, 1995. Строение и состав гумуса лесных почв юга Сред- ней Сибири // Органическое вещество почв юга Средней Сибири. Иркутск, 1989. С. 3–27. Почвенная карта Иркутской обл. М. : ГУГИК СМ СССР, 1988 (в соавт.)</p>
<p></p> <p>Быков В. И., канд. биол. наук, доцент</p>	<p>Эрозионно-дефляционно- мелиоративное почвоведение, почвен- но-эрозионное районирование и карто- графирование почвенного покрова Средней Сибири, Иркутской области, Предбайкалья и Забайкалья, история почвоведения Вост. Сибири, музее- вение, почвенно-информационно- образовательное и учебно-научное просвещительство</p> <p>Зав. каф. ботаники в ИГЛИ (1965–1973); доцент каф. физики и мелиорации почв (1973–1992), организатор и заведующий Восточно-Сибирского музея почвоведе- ния им. И. В. Николаева при БГФ ИГУ (1993–2006); участник ВОВ, награжден орденом Отечественной войны, 8 меда- ллями</p>	<p>Микрокомплексность почв в Южном Предбайка- лье // Структура почвенного покрова, методы ее изучения. М. : Изд-во почв. ин-та им. Докучаева, 1973, с. 26–132. К истории изучения эрозии почв Предбайкалья // Материалы по расщелинности и почвам Байкаль- ской Сибири / Иркут. гос. пединститут. Иркутск, 1968. С. 27–39. Эрозия и дефляция почв в Иркутской области и проектирование противэрозионных мероприя- тий // Географические особенности формиро- вания аграрно-промышленных комплексов в При- байкалье. Иркутск, 1978. С. 89–103</p>

Устойчивость развития кафедры почвоведения ИГУ всегда была тесно связана с большим разнообразием научных исследований кафедры, с расширением и углублением исследований почв и почвенного покрова Сибири.

Вместе с И. В. Николаевым почвенный покров Восточно-Сибирского региона (Иркутской области) изучал В. Г. Дубов. Он исследовал почвы опытных полей Баяндаевского района, влияние агротехнических приемов на химические свойства и буферную способность почв, исследовал механизмы химического выветривания глин юрских отложений. В. В. Веденникова (с проф. И. В. Николаевым) исследовала влияние засоленных кембрийских пород и древесной растительности на процессы осолождения почв в Иркутской области [1].

Генетическое исследование почв под руководством проф. И. В. Николаева, проф. О. В. Макеева, проф. Н. И. Карнаухова, доц. М. А. Корзуна продолжили О. Ф. Семенова (изучала почвы Братского района Иркутской области, почвы БМ АССР), Воробьева Н. П. (исследовала почвы Тулунского района) Э. И. Березина (серые лесные почвы Иркутской области), З. А. Сидорова (почвы Усть-Удинского района), доц. В. П. Мартынов (почвы горного Прибайкалья, Забайкалья Бурятии, Монголии), доц. П. К. Ивельский (почвы Братского района, северо-западной части Иркутской области) доц., канд. биол. наук А. Г. Сазонов (почвы Лено-Ангарского плато, Обь-Иртышского междуречья, Братского и Усть-Илимского районов («компенсационные» земли в замен затопленных водохранилищами), А. Ким (почвенно-географическое районирование р. Белой), Г. А. Воробьева (плейстоцен-голоценовое почвообразование юга Средней Сибири и БРЗ); доц. Лыков О. С. (почвы юга Сибири, долины р. Селенги (Монголия) [1].

Микробиологическое направление исследований на кафедре связано с именем Л. А. Мирошниченко, которой в 50–60-х гг. проведен анализ показателей плодородия почв юга Средней Сибири, исследованы микробиологические показатели углегумусовых удобрений и их удобрительной ценности, влияние аммиачной воды и углегумусовых удобрений на ассоциации микроорганизмов, на развитие почвенной микрофлоры и на качество урожая.

Мелиоративное направление исследований кафедры, сформированное проф. Н. И. Карнауховым, продолжила доц., канд. биол. наук К. В. Морозова. Она под руководством Н. И. Карнаухова исследовала водно-физические свойства сезонно-мерзлых степных почв Иркутской области, динамику структуры черноземов региона, криогенную аккумуляцию углекислой извести в почвах Средней и Восточной Сибири. Вместе с Н. И. Кakauroвой исследовано содержание и миграцию водорастворимых солей в черноземах Приангарья.

Биогеохимическое направление исследований почв, заложенное проф. О. В. Макеевым, продолжила доц. А. С. Мартынова (1972–1988) – дипломант Всесоюзного географического общества СССР, начальник почвенного отряда Советско-монгольской комплексной Хубсугульской экспедиции, ученик секретарь «Атласа озера Хубсугул». Ее направление исследований: микроэлементы и почвенно-биогеохимическое районирование, генезис и свойства почв и почвенного покрова Прибайкалья и Прихубсугулья Монголии. Микроэлементы в почвах изучали: доц. В. П. Мартынов (в почвах Иркутской области и Тункинского

аймака Бурятской АССР), А. М. Быков (цинк в почвах Иркутской области), О. А. Иващевская (в почвах на продуктах выветривания верхнекембрийских отложений), доц. Г. А. Воробьева (в почвах Лено-Ангарского плато, Юго-Восточного Забайкалья). Содержание микроэлементов в пойменных и подводных почвах, в водах и растительности изучал д-р биол. наук, зав. лабораторией НИИ биологии при ИГУ – В. А. Серышев.

Начало минералогических исследований кафедры связано с именем Э. М. Березиной (1966–1969 гг.). Она исследовала минералогический состав выщелоченных черноземов Иркутской области. Продолжила развитие минералогического направления исследований доц., канд. биол. наук Г. А. Воробьева. Она изучала минералогию глинистых минералов в почвах Лено-Ангарского плато (1972) и др. территорий.

Эрозионно-карографическое направление и почвенно-эрзационное районирование почвенного покрова Средней Сибири, Предбайкалья и Забайкалья начал реализовывать доц., канд. биол. наук В. И. Бычков (табл. 1).

В 70–80-е гг. сотрудниками кафедры почвоведения исследовались почвы районов нового освоения, Монголии (северной части МНР), Томской, Читинской и Иркутской областей. Научные исследования кафедры были объединены тематикой: «Генетико-мелиоративные особенности почв Восточной Сибири, их география и разработка теоретических основ мелиорации и защиты почв». Акцент в исследованиях был направлен на изучение мелиоративных и агрохимических особенностей почв Восточной Сибири (Н. И. Карнаухов, К. В. Морозова, Л. Н. Костюхин и др.). В этот период возрос интерес к исследованию криогенеза почв, генезиса и эволюции почв, структуры почвенного покрова, почвенной картографии. (М. А. Корзун, В. П. Мартынов, И. Н. Угланов).

В последующие годы началось исследование эволюции почвенного покрова юга Восточной Сибири в позднем Кайнозое. Разработана стратиграфия позднеплейстоценовых суб boreальных отложений Приангарья. Исследованиями сотрудников кафедры (М. А. Корзуном, А. Г. Сазоновым, Г. А. Воробьевым). Выявлена разновозрастность и полигенетичность терригенных отложений почвенно-литогенного осадконакопления Восточной Сибири, осложненного в условиях геолого-геоморфологической неоднородности территорий экзогенными и эндогенными склоновыми процессами.

В 80–90-е гг. продолжилось начатое в 70-х исследование природных ресурсов Прихубсугуля Монголии; исследовалась биогеохимическая структура почв и классов ландшафтов (В. П. Мартынов, А. С. Мартынова, О. С. Лыков, Н. А. Мартынова).

Общая тема исследований кафедры под научным руководством М. А. Корзуна определялась как «Мелиоративные и агрохимические особенности почв Восточной Сибири в связи с их генезисом, географией и эволюцией». В этот период большие усилия были направлены на организацию и проведение мониторинговых исследований почвенного покрова Иркутской области с учетом антропогенно-техногенного влияния (нефте-газодобычи, выбросов БЦБК, ИрКАЗа и др.) на свойства почв; на охрану и сохранение плодородия почв; определение рекомендаций по повышению урожайности сельскохозяйственных

культур, проведению различных мелиораций и организацию рационального землепользования в регионе.

В условиях рыночной экономики возникла необходимость проведения кадастрово-оценочных работ, экономической оценки земель, экспертизы почв, а также оценки экологической устойчивости почв, ландшафтов и агрокосистем. Это послужило основанием к изменению направленности в подготовке специалистов и к изменению названия кафедры. Кафедра почвоведения ИГУ стала называться кафедрой почвоведения и оценки земельных ресурсов (2010).

Совместно с сотрудниками академических институтов СО РАН выявлены провинциальные особенности почв горизонтальной и вертикальной почвенной зональности и специфика почвенного покрова Восточной Сибири, Прибайкалья и Забайкалья. Исследования генезиса и географии почв Восточной Сибири остаются и сегодня одним из приоритетных направлений работы кафедры наряду с почвенно-эрзационно-картографическим, эколого-мелиоративным, режимно-биогеохимическим, агрохимическим, геолого-гидрологическим, микробиологическим, микроморфологическим, эволюционно-педолитологическим, палеоэкологическим, классификационно-систематическим и др., а также – сельскохозяйственной, лесоводственной и экологической оценкой почвенного покрова.

В настоящее время научная деятельность сотрудников кафедры определяется общей темой: «Регионализм педогенеза и его влияние на использование почв Прибайкалья». В рамках общей темы научных исследований сотрудники кафедры ведется научная работа по различным направлениям:



Галина Александровна Воробьевая, канд. биол. наук, доцент, зав. каф. почвоведения (1994–2005 гг.) является основателем палео-криогенно-педолитологического и эволюционно-генетико-классификационного направлений исследования почв на кафедре почвоведения ИГУ. Научные интересы Г. А. Воробьевой включают два блока: 1. Теоретическое почвоведение: методологические проблемы в почвоведении, классификация, возраст, генезис и эволюция современных почв Прибайкалья; 2. Междисциплинарные исследования: на стыке почвоведения с геологией и геодинамикой, геоморфологией, археологией и историей. Ею ведутся палео-климатостратиграфические на стыке с археологией и палеогеографией, четвертичной геологией и палеоэкологией исследования Байкало-Енисейской Сибири; палео-педолитологические реконструкции климата и природной среды голоцен и плейстоцена Сибири. Она изучила особенности плиоцен-эоплейстоценового почвообразования на Байкале, ею впервые выполнена стратификация профилей основных почв региона, разработан событийный педолитологический подход в исследовании почв; раскрыта эволюция почв и субазрального осадконакопления от позднего миоцена до голоцена (за 5,5 млн лет),



Наталья Ивановна Гранина, канд. биол. наук, доцент, зав. базовой каф. почвоведения и оценки земельных ресурсов ФГБОУ ВО ИГУ и ФГБНУ Института географии им. В. Б. Сочавы СО РАН (с 2005 г.), заслуженный эколог Иркутской области, эксперт Россельхознадзора по Иркутской области и Республики Бурятия. Выпускница ИГУ 1981 г., работает на кафедре с 1981 г. Была заместителем декана биологического-почвенного факультета ИГУ (1988–1998 гг.); деканом БПФ ИГУ (1998–2008 гг.); директором НИ Биологии при ИГН (2008–2013 гг.).

	<p>Н. И. Гранина изучала спектральную отражательную способность плейстоцен-голоценовых палеопочв Предбайкалья. Защищена кандидатская диссертация по теме: Спектральная отражательная способность ископаемых почв Предбайкалья» (руководитель – М. И. Дергачева, д-р биол. наук, проф.). Ею получены оригинальные данные по спектральной отражательной способности палеопочв, сформированных в теплых и холодных условиях природной среды Предбайкалья, установлены количественные связи различных характеристик отражения света с вещественным составом современных и палеопочв сибирского региона. В последние годы ею разрабатывается блок исследований, связанных с кадастровой и экономической оценкой земельных ресурсов, экспертизой почв и земель.</p>
	<p>Александр Тимофеевич Напрасников, д-р геогр. наук, профессор. Совмещал работу в Институте географии СО РАН им. В. Б. Сочавы с преподаванием на кафедре почвоведения ИГУ (2008–2020 гг.). В 1970 г. защитил кандидатскую диссертацию на тему: «Тепловлагообеспеченность и некоторые проблемы мелиорации земель» под руководством академика В. Б. Сочавы. В 2002 г. докторскую диссертацию по теме «Геоэкологический анализ пространственно-временных изменений тепла и влаги». Был организатором экспедиций в горнотаежные районы Сибири и Дальнего Востока Является экспертом по оценке водных, снежных, ледовых, климатических ресурсов и мелиоративных проблем. За активную жизненную позицию и полученные результаты А. Т. Напрасников награжден медалями: «За освоение целинных земель», «За строительство Байкало-Амурской магистрали», «Ветеран труда», «Заслуженный ветеран Сибирского отделения РАН», «Заслуженный ветеран труда».</p>
	<p>Ирина Александровна Белозерцева, канд. биол. наук доцент, зав. лаб. геохимии ландшафтов и географии почв Института Географии СО РАН им. Б. Ф. Сочавы. Выпускница кафедры почвоведения ИГУ (1994 г.). После окончания ИГУ с 1994 г. работает в ИГ СО РАН. В 2000 г. защитила кандидатскую диссертацию (руководитель В. А. Кузьмин, д-р геогр. наук) на тему «Воздействие техногенных выбросов на почвенный покров Верхнего Приангарья (на примере зоны влияния ИркАЗа)». С 2012 г. занимает должность зав. лаб. геохимии ландшафтов и географии почв ИГ СО РАН. С 2014 г. совмещает работу на кафедре почвоведения ИГУ в должности доцента. Научная деятельность связана с почвенно-геохимическими исследованиями территорий интенсивного освоения и использования (Ковыктинского газоконденсатного месторождения, территорий добычи редкоземельных элементов в Забайкальском крае и Окинском районе Бурятии и др.). Ею проводятся ландшафтно-геохимические и почвенно-географические исследования вещественно-динамического состояния горнотаежных, лесостепных и степных геосистем с целью оценки их устойчивости, прогнозирования развития и трансформации в условиях разных типов природопользования. Проведено картографирование почв бассейна озера Байкал (в соавторстве), нормирование техногенных нагрузок на почвы в зоне влияния алюминиевого производства, регламентация пастьбищных нагрузок на трансграничной территории России и Монголии. Разработаны карты деградации и загрязнения почв Байкальского региона. Проводится мониторинг загрязнения снега и почв центральной экологической зоны Байкальской природной территории. Исследуются почвы рекреационных зон.</p>
	<p>Ольга Геннадьевна Лопатовская, д-р биол. наук, профессор. Работала на кафедре вед. инженером и зав. Восточно-Сибирском музее почвоведения им. И. В. Николаева (2013–2019 гг.). В 1997 году защитила кандидатскую диссертацию (руководители: д-р геогр. наук, проф. И. Н. Угланов (ИГУ) и д-р биол. наук, проф. В. Н. Михайличенко (Новосибирск, ИПА) по теме: ««Почвенные</p>

	<p>экологомелиоративные комплексы Черемховского Приангарья» Научные интересы О. Г. Лопатовской направлены на исследование и картографирование экологомелиоративных комплексов Приангарья, экспертную экологическую оценку природных ресурсов и проблемы рекультивации почвенного покрова, мелиорацию почв, изучение почв в зоне влияния минеральных источников, исследование педогенеза Предбайкалья, почв заповедников, заказников и национальных парков; педогеохимических и экологомелиоративных особенностей почв Восточной Сибири, создание баз почвенных данных Иркутской области. В 2020 г. защитила докторскую диссертацию по теме «Особенности педогенеза экологомелиоративных комплексов Западного Прибайкалья».</p>
	<p>Алла Афанасьевна Козлова, канд. биол. наук, доцент – защитила кандидатскую диссертацию (специальность – экология, руководитель – В. А. Кузьмин, д-р биол. наук), по теме: «Особенности почвообразования в бугристо-западинных ландшафтах Южного Предбайкалья». Ею изучены процессы палеокриогенеза и современного почвообразования почв Южного Предбайкалья. Под ее руководством развивается научное направление, связанное с оценкой качества земель и пригодность агроландшафтов для возделывания сельскохозяйственных культур. Она исследует формирование и функционирование почв природных и антропогенно-преобразованных экосистем, элементный состав минеральной и органической части почв, биотические факторы почвообразования, температурный, водный и питательный режимы почв; палеокриогенные явления и их влияние на почвообразование. В 2021 г. ею подготовлена и принята к защите докторская диссертация</p>
	<p>Светлана Леонидовна Кукина, канд. биол. наук, доцент. Выпускница ИГУ, с 1995 г работает на кафедре. Была ведущим инженером (2004–2005 гг.) и заведующей Восточно-Сибирским музеем почвоведения ИГУ им. проф. И. В. Николаева (2006–2013 гг.), ст. преподавателем кафедры почвоведения и оценки земельных ресурсов (2005–2021 гг.). В 2020 г. защитила кандидатскую диссертацию (руководитель – Воробьева Г. А., к.бн, доцент) по теме: «Палео-экологические условия почвообразования и осадконакопления на высокой пойме реки Белой (Западное Прибайкалье)». С 2021 г. доцент кафедры. Основные направления научных исследований: аллювиальные почвы Западного Прибайкалья; геоархеология; палеопедология; стратиграфия отложений; оценка антропогенного воздействия на экосистемы особо охраняемых природных территорий; экологическое образование и просвещение; интерпретация природного и культурного наследия. Является учредителем и директором автономной некоммерческой организации «Центр экологических исследований и образования» (АНО «ЦЭИО»), занимающейся реализацией различных проектов, семинаров, конференций, тренингов разного уровня (от регионального до международного) в регионах РФ и мира в целях проведения образовательной и научно-исследовательской деятельности</p>
	<p>Сергей Георгиевич Швецов, канд. биол. наук, доцент. Окончил ИГУ в 1973 г. В 1984 г. защитил диссертацию (по направлению «физиология растений») по теме: «Поглощение и метаболизм 2,4-дихлорфенокси-уксусной кислоты в культуре клеток кукурузы» (руководитель – д-р биол. наук К. З. Гамбург). Работает в ИГУ по совместительству с 2003 года на должности доцента, совмещая работу в Сибирском институте физиологии и биохимии растений (СИФИБР). Занимался радиационной экологией почв и почвенного покрова; исследованием тяжелых естественных радионуклидов в почвах Приангарья и условий их аккумуляции. Изучал распределение урана и тория в почвенно-растительном покрове лесных биогеосистем Иркутской области. Сегодняшние научные интересы: агрохимия почв, влияние экзогенных гуматов на агроэкологические свойства почв.</p>

	<p>ства почв; применение математических методов и моделирования в почвоведении, математические модели эволюции дневных гумусовых горизонтов почв; изучение генезиса почв и почвенно-биогеоценотических взаимосвязей в развитии ландшафтов Прибайкалья; палеогеографических условий формирования лесных экосистем в Муйско-Куандинской котловине.</p>
	<p>Наталья Александровна Мартынова, ст. преподаватель. Выпускница ф-та почвоведения МГУ, работает на кафедре с 1980 г. Совмещала работу ст. преподавателя с работой в качестве зам. проректора Иркутского госуниверситета по учебной работе (1994–2002 гг.); зам. проректора по довузовскому и послевузовскому образованию и воспитательной деятельности ИГУ (2002–2012 гг.), помощника проректора по образовательной деятельности ИГУ (2012–2013 гг.). С 2021 г. – зав. Восточно-Сибирским музеем почвоведения им. И. В. Николаева. Занималась исследованием почвенного покрова промышленных, рекреационных и урбанизированных территорий Иркутской области, проведением экологической оценки почвенных и земельных ресурсов региона, кадастровой оценки земель сельскохозяйственных территорий, проблемами ремедиации, вермикульттивирования, ландшафтного планирования и устойчивого развития территорий. Соучредитель благотворительного фонда «Возрождение Земли Сибирской». Научные интересы Мартыновой Н. А.: изучение генезиса и особенностей почв, экологической устойчивости почвенного покрова Иркутской области, Бурятии и Монголии, исследование почв национальных парков Байкальской рифтовой зоны, экологии почв фосфоритоносных ландшафтов котловины озера Хубсугул (Монголия), котловин Байкальского типа, особенностей горнодолинного почвообразования на разных почвообразующих породах, сохранение почвенного покрова и создание Красной книги почв Иркутской области.</p>
	<p>Наталья Дмитриевна Киселева, ст. преподаватель. Выпускница ИГУ, работает на кафедре с 1994 г. Н. Д. Киселева является активным модератором проводимых на кафедре мероприятий со студентами, выпускниками и школьниками: профессионального праздника выпускников «День почвоведения» и студентов – Всемирного «Дня Земли»; ежегодной научно-практической студенческой конференции с участием школьников «Почвы и экология» (с 2011 г.); Межрегиональной экологической олимпиады школьников «Почвы и лес» (с 2015 г.); Международной научно-практической конференции «Почва как связующее звено функционирования природных и антропогенно-преобразованных экосистем» (2001, 2006, 2011, 2016, 2021 гг.). Научная деятельность связана с изучением свойств, генезиса и особенностей почв, формирующихся на гипсонасosных породах. Исследует гажевые почвы. Изучает деградацию и эрозию почвенного покрова. Проводит мезоморфологические исследования почв.</p>

В последние десятилетия все большее внимание уделяется почвенно-экологическому, ландшафтно-геохимическому и агроландшафтному районированию, картографированию и экологическому зонированию почвенного покрова с использованием ГИС-технологий, дистанционного зондирования Земли, дешифрирования (ENVI, LandViewer и т. д.) и других программных продуктов. Такая разносторонняя направленность научных исследований сотрудников кафедры, наряду с их общественной деятельностью, всецело способствует реализации учебного процесса и повышает уровень подготовки и квалификации выпускников кафедры. Сегодня кафедра готовит специалистов трех степеней обучения: бакалавриат, магистратура и аспирантура, с учетом возможностей трудоустройства выпускников и востребованности в специалистах – почвоведах в регионе.

Разработана и реализована программа курсов повышения квалификации: 1) «Агрохимическая и агроэкологическая экспертиза почв, растительной продукции и агрохимикатов» – для сотрудников ФГБУ станций агрохимической службы «Иркутский» (2015); «Тулунский» (2016) и др; 2) «Особенности преподавания дисциплин, связанных с экспертной оценкой почв и земель» – для преподавателей высшей школы;

Сотрудниками кафедры почвоведения и оценки земельных ресурсов проводится активная научно-просветительная работа со студентами и школьниками, с 1993 г. – традиционный профессиональный праздник выпускников – «День почвоведения», с 2011 г. – «День Земли», с проведением студенческой научной конференции, школьной секции «Почва и экология», экологической олимпиады, мастер-класса «Почвенная радуга» и различных конкурсов для школьников. Учебно-научной и профориентационной работе кафедры также способствует созданный в 1993 г. на базе биологического-почвенного факультета ИГУ Восточно-Сибирский музей почвоведения им. проф. И. В. Николаева, его традиции и мероприятия, бережно поддерживаются заведующими музеем (В. И. Бычковым, О. Г. Лопатовской, С. Л. Куклиной, Н. А. Мартыновой). Продолжимые кафедрой с 2001 года и уже ставшие традиционными юбилейные конференции и научные экскурсии (рис. 4) также способствуют распространению теоретических и научно-практических достижений и инновационных идей почвоведения в регионе.

За 90-летнюю историю кафедра в лице коллективов ее сотрудников стала центром по подготовке специалистов-почвоведов для регионов Сибири и Дальнего Востока, научным центром по изучению почв и почвенного покрова Байкальской Сибири, его использованию и охране.



Рис. 4. Коллектив кафедры почвоведения ИГУ и участники полевой экскурсии IV международной научной конференции «Почва как связующее звено функционирования природных и антропогенно-преобразованных экосистем», 2016 г.

## **Литература**

1. Бычков В. И. Почвоведение в Восточной Сибири в XX веке: роль кафедры почвоведения Иркутского государственного университета в подготовке специалистов и развитии науки. Иркутск : Изд-во ИГ им. В. Б. Сочавы СО РАН, 2011. 141 с.
2. Гранина Н. И. Состояние и перспективы подготовки почвоведов в Иркутском государственном университете // Почва как связующее звено функционирования природных и антропогенно-преобразованных экосистем : материалы III Междунар. науч.-практ. конф. Иркутск (Россия), 16–22 авг. 2011 г. Иркутск : Перекресток, 2011. С. 2–6.
3. Гранина Н. И. Почвоведение и наука об управлении земельными ресурсами в Иркутском государственном университете // Материалы IV Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 85-летию кафедры почвоведения и оценки земельных ресурсов ИГУ и Дню Байкала / ФГБОУ ВО «ИГУ»; [под ред. Н. И. Граниной]. Иркутск : Изд-во ИГУ, 2016.
4. Granina N. I., Shein E. V. The international conference “Soil as a Link in the Functioning of Natural and Anthropogenically Modified Ecosystems” // Eurasian Soil Science. 2007. Vol. 40, N 3. P. 350.

## **DEPARTMENT OF SOIL SCIENCE OF ISU: THE MAIN MILESTONES IN THE DEVELOPMENT OF THE IRKUTSK SCHOOL OF SOIL SCIENCE AND THE DIRECTIONS OF SOIL RESEARCH**

**N. I. Granina, N. A. Martynova**

*Irkutsk State University, Irkutsk, Russian Federation  
granina\_n@list.ru*

The article presents the main stages and directions of development of the Irkutsk school of soil science on the basis of the Irkutsk State University. The creation and formation of the cathedra of Soil Science at the ISU was due to the need to study the agricultural properties of the soils of agricultural lands of the region for solving of food problems and questions about the regional specifics of the soil cover. The scientific activity of the cathedra of Soil Science of ISU, which was established in 1931, was determined by such environmental problems as climate change, environmental pollution, negative changes in natural resources. The directions of scientific research of the department are related to the study of the genesis and evolution of the soils of Baikal region in the context of chronostratigraphy of the soil profile, as a multi-thousand-year chronicle of the natural and climatic situation; of their natural properties, current ecological state and rational use. The study of the problem of the soil cover' evolution allowed us to reveal the historical picture of soil formation in Baikal Siberia.

Much attention is paid by the staff of the cathedra to the issues of soil' classification of the region, to assessment of anthropogenic impact to soils and its consequences (of dehumification, erosion, pollution, salinization, waterlogging, phytotoxicity, etc.), to the problems of optimizing fertility, recultivation and rehabilitation of soils, to conducting of environmental expertise of soils, economic and cadastral assessment of lands and issues of soil protection. Accumulated over 90 years of the cathedra's history, a variety of fundamental knowledges about the soils of the region allows us to consider the controversial problems of the genesis, evolution, identity and specificity of soils in a new perspective and to approach the solution of a number of applied issues of sustainable land use, which are fully contributing to the development of soil science and improving the level of education and qualifications of graduates of the of Soil Science' cathedra of ISU.

## ЭТАПЫ КРИОГЕННОГО ПОЧВООБРАЗОВАНИЯ В ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ ИСТОРИИ ЗЕМЛИ

А. О. Макеев

*Московский государственный университет им. М. В. Ломоносова  
Москва, Россия, makeevao@gmail.com*

Криогенные почвы формируются в экстремальных условиях, при которых почвообразование может быть резко ограничено непродолжительным активным периодом с положительными температурами, а почвенный профиль нарушается мерзлотными процессами. Изучение палеопочв привело к формированию нового направления в науке о почвенном криогенезе – палеокриогенные исследования. Диагностика палеокриогенных признаков основывается на сопоставлении реликтовых признаков и их аналогов в современных мерзлотных почвах. В отличие от многих других реликтовых признаков такое сопоставление позволяет давать однозначные трактовки. Воздействие почвенного криогенеза связано с поверхностью почвы, что облегчает реконструкцию строения почвенного профиля в случае его частичной денудации. Наряду с другими почвенными признаками, палеокриогенные признаки являются надежным стратиграфическим репером. Они позволяют диагностировать уровень дневной поверхности, стадийность осадконакопления, глубину промерзания и положение уровня вечной мерзлоты. Палеокриогенные признаки проявляются на всех морфологических уровнях – на уровне почвенного покрова, на макро- мезо-, микро- и суб-микроуровнях. Воздействие мерзлотных процессов фиксируется также по совокупности химических и физико-химических свойств палеопочв. Мерзлотные признаки могут быть сингенетичны почвообразованию. Однако при изучении палеопочв часто наблюдается сложное соотношение этапов немерзлотного и мерзлотного почвообразования, которые могут предшествовать друг другу. То есть мерзлотные признаки могут воздействовать на почвы теплых эпох, и немерзлотное почвообразование может накладываться на палеокриогенные признаки, сформированные в предшествующие холодные эпохи [6; 8].

Продолжительность мерзлотных этапов составляет до 4 % от продолжительности геологической истории Земли [12]. Палеокриогенные признаки играют особую роль в палеогеографических реконструкциях. Корреляция мерзлотных признаков и климатических параметров в современных холодных и мерзлотных областях позволяет реконструировать палеоландшафтную обстановку. Смещение полюсов и тектоника плит определила встречаемость палеокриогенных признаков во всех современных ландшафтных поясах Земли, включая тропические. В периоды оледенений ледники покрывали до трети суши, а перигляциальные зоны распространялись еще шире [1; 5]. В геологической летописи палеокриогенные признаки часто являются единственными индикаторами природных обстановок ледниковых эпох и позволяют проводить

палеоландшафтные реконструкции при отсутствии палеонтологических данных. Палеокриогенные признаки прослеживаются в геологической летописи до палеопротерозоя (гуронское оледенение). Они представлены в периоды масштабных явлений в неопротерозое и в верхнем ордовике [10]. В верхнем палеозое палеокриогенные признаки связаны с масштабными пермо-карбоновыми оледенениями и связаны с широко распространенными отложениями лёссовой формации (лёсситами) [2; 7].

В четвертичных почвах мерзлотные признаки соответствуют ледниковым периодам и периодам похолоданий [9]. В лессово-палеопочвенных сериях выделение ледниковых эпох во многом основывается на палеокриогенных признаках, что позволяет рассматривать лёссовые породы как лёссово-палеопочвенно-криогенную формацию. Палеокриогенные признаки широко представлены и в других отложениях ледниковой формации – моренах, водно-ледниковых и озерно-ледниковых отложениях. Изучение палеокриогенных признаков имеет большое значение и для изучения верхнепалеолитических объектов, поскольку мерзлотные процессы могут оказывать воздействие на расположение археологических артефактов.

Палеокриогенные признаки широко представлены в современных почвах, в которых они трансформируются голоценовым почвообразованием [3; 4; 11]. В пределах ледниковых и перигляциальных равнин северного полушария мерзлотные признаки верхнего плейстоцена определяют широкую совокупность свойств современных почв, а также структуру почвенного покрова. Так, на Русской равнине палеокриогенные признаки представлены в почвах тундровой, лесной, лесостепной и степной зон.

*Исследование выполнено в рамках Государственного задания МГУ № 117031410017-4.*

### **Литература**

1. Le Heron D. P. The significance of ice rafted debris in Sturtian glacial successions // Sedimentary Geology. 2015. Vol. 322. P. 19–33. <http://dx.doi.org/10.1016/j.sedgeo.2015.04.001>
2. Early Permian siltbed fluvial sedimentation in the Orogenade basin of the Ancestral Rocky Mountains, New Mexico, USA / G. H. Mack, M. Leeder, M. Perez-Arluceac, B. D. J. Bailey // Sedimentary Geology. 2003. Vol. 160. P. 159–178.
3. Makeev A. O. Pedogenic alteration of aeolian sediments in the upper loess mantles of the Russian Plain // Quaternary International. 2009. P. 79–94. <http://dx.doi.org/10.1016/j.quaint.2009.03.007>.
4. Makeev A., Kulinskaya E., Yakusheva T. Surface paleosols of the loess island within Moscow glacial limits: Vladimir Opolie // Quaternary International. 2014. P. 1–16. <http://dx.doi.org/10.1016/j.quaint.2014.09.038>.
5. Retallack Gregory J., Gose Brooklyn N., Osterhout Jeffrey T. Periglacial paleosols and Cryogenian paleoclimate near Adelaide, South Australia // Precambrian Research. 2015. Vol. 263. P. 1–18. <http://dx.doi.org/10.1016/j.precamres.2015.03.002>.
6. Ruszkiczay-Rüdiger Zsófia, Kern Zoltan. Permafrost or seasonal frost? A review of paleoclimate proxies of the last glacial cycle in the East Central European lowlands // Quaternary International. 2015. P. 1–12. <http://dx.doi.org/10.1016/j.quaint.2015.07.027>.

7. Tramp K. L., Soreghan G. S., Elmore R. D. Paleoclimatic inferences from paleopedology and magnetism of the Permian Maroon Formation loessite (Colorado, USA) // *Geol. Soc. Am. Bull.* 2004. Vol. 116. P. 671–686.
8. Van Vliet-Lanoë B. Frost and soils: implications for paleosols, paleoclimates and stratigraphy // *Catena*. 1998. Vol. 34. P. 157–183.
9. Velichko A. A. Loess-paleosol formation on the Russian Plain // *Quaternary International*. 1990. N 7/8. P. 103–114.
10. Williams George E., Gostin, McKirdy David M., Preiss Wolfgang V. The Elatina glaciation, late Cryogenian (Marinoan Epoch), South Australia: Sedimentary facies and palaeoenvironments // *Precambrian Research*. 2008. Vol. 163. P. 307–331.
11. Величко А. А., Морозова Т. Д. Особенности палеогеографического подхода при изучении ископаемых и современных почв // *Изучение и освоение природной среды*: сб. науч. ст. М.: Наука, 1976. С. 108–122.
12. Чумаков Н. М. Общий обзор позднемелового климата и событий // *Климат в эпохи крупных биосферных перестроек*. М.: Наука, 2004, с. 44–52.

## CRYOGENIC SOILS IN THE GEOLOGICAL HISTORY OF THE EARTH

**A. O. Makeev**

*Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russian Federation*  
*makeevao@gmail.com*

Cryogenic soils (Cryosols) and long season frozen soils) are formed in extreme environments when pedogenesis is limited to a very short period with positive temperatures, and soil horizonsation is influenced by cryogenic processes. The study of paleosols leads to the development of a new research area – paleocryogenic studies. Cold biospheres in duration do not exceed 4 % of the geologic history of the Earth. Nevertheless, plate tectonics and shifting of the poles result in an expansion of paleocryogenic soils in the geological record of all thermal belts of the Earth, including tropical zones. During cold biospheres, the glaciers could occupy up to one-third of the Earth terrain with periglacial zones even wider.

The evolution of the pedosphere in the geologic record is a succession of extreme cryogenic and non-cryogenic stages. Paleocryogenic soils are currently recorded starting from Paleo-Proterozoic, they are described in Neo-Proterozoic, Upper Ordovician and at the time of Permo-Carboniferous glaciations. Paleocryogenic features are widely spread in soils formed in the Quaternary glacial and periglacial sediments and could often influence surface soils of the Upper Pleistocene glacial and periglacial areas.

Like in modern soils, frost features in paleosols appear at all morphological levels – soilscape, macro-, meso-, micro- and sub-micro levels. Frost impact also influences the chemical features of paleosols. Frost features may be syngenetic to pedogenesis. However quite often features of temperate pedogenic and cryogenic features in paleosols are in complex relationships, preceding each other. So that frost features could affect temperate soils and temperate pedogenesis could be superimposed on frost features that appeared in the preceding cold period.

Frost features in paleosols could be correlated with similar features in soils of modern cryolithozone and for this reason, paleocryogenic soils are one of the most reliable indicators of cold environments. Frost features in soils help to reconstruct the former land surface (especially when paleosol profile is truncated), the position of the permafrost table and the depth of seasonal freezing. So the study of paleocryogenic soils is important for paleoenvironmental reconstructions. Paleocryogenic soil cover pattern needs to be taken into account in geoarchaeological, stratigraphic and soil science studies.

# ПОЧВЫ ПОЙМ ОХОТСКО-МОНГОЛЬСКОГО ОРОГЕННОГО ПОЯСА: МУЛЬТИДИСЦИПЛИНАРНЫЕ ПОДХОДЫ К ИЗУЧЕНИЮ

**В. И. Убугунова, Л. Л. Убугунов, В. Л. Убугунов**

*Институт общей и экспериментальной биологии СО РАН, Улан-Удэ, Россия*  
*ubugunova57@mail.ru*

Горные поймы характеризуются существенными различиями по сравнению с равнинными аналогами. Наряду с многообразными природными условиями почвообразования и поемно-аллювиальными процессами, на формирование почв горных пойм оказывают влияние неотектонические, русловые морфодинамические процессы и различные обстановки седиментогенеза [6; 12; 15]. Наиболее контрастные условия формирования почв горных пойм отмечаются в сейсмически активных орогенных областях.

Цель данного сообщения – изучить особенности почвы пойм бассейна верхнего течения р. Керулен (Верхнекеруленская котловина, Хэнтэй, Монголия). Эта территория представляет собой «шовную» зону Монгольско-Охотского орогенного пояса. Она является пограничной между террейнами различной геодинамической природы (океанической Палеоазиатского океана и континентальной Сибирского кратона) [10].

Объект исследования – почвы горных пойм, формирующиеся в Верхнекеруленской котловине. Длина ее около 100 км, ширина от 2 до 12–15 км [11]. По почвенно-географическому районированию изученная территория относится к Хангайской почвенно-биоклиматической области с высотно-поясной (северная часть Верхнекеруленской котловины) и широтно-зональной (центральная и южная части) структурами (котловинно-зонально-поясной) [7]. Многолетняя среднегодовая температура отрицательная, зима холодная, продолжительная, малоснежная, безморозный период составляет 77 дней, сумма осадков варьирует от 300 до 500 мм [1].

Развитие этой территории связано с непрерывной позднемезозойско-кайнозойской эндогенной активностью [16]. Фундамент сложен докембрийскими образованиями, сильнодислоцированными позднепалеозойскими отложениями, прорванными карбоновыми и позднетриасово-раннеюрскими гранитоидами [2]. С востока впадину оконтуривают преимущественно породы докембрия, вмещающие позднепалеозойские и раннемезозойские интрузии. На южном фланге восточного борта неширокой полосой прослеживаются породы герцинского возраста. Северо-восточный борт сложен осадочными и интрузивными породами карбона [11]. Мощность мезокайнозойских осадков достигает 1 км, 3/4 которых приходится на конгломераты [2]. Кайнозойские осадки мало мощные, они представлены элювиально-песчано-дресвяно-мелкощебнистой массой, элювиально-пролювиальными, аллювиально-делювиальными отложе-

ниями с прослойками щебнистого и галечникового аллювия, нерасчлененными элювиальными, дефлюкционными и коллювиальными отложениями. По характеру залегания слоев фиксируется проявления сейсмической деформации в виде тектонических трещин [11].

Тектонические процессы определяют неоднородность строения Верхнекеруленской котловины. В ее пределах можно выделить несколько морфологически и динамически неоднородных отрезков.

В северной части (лесостепная зона) формируется самая широкая пойма. Наиболее вероятно, что выработка расширения долины происходила в fazu по-лупокровного и горно-долинного оледенения Хэнтэй-Даурского сводового поднятия и последующего образования в период потепления подпрудного перигляциального озера [3]. На этом участке основное русло реки протекает по центральной части долины, принимая лево- и правосторонние притоки, берущие начало на хребтах Хэнтэй и Норовсаталыннуру (Тэрэлжийн-Гол, Хойт Хорот, Дунд Хорот, Тэйун-Гол, Дзоргол-Гол, Увхирийн-Гол). Преобладающий тип строения поймы – проточно-островной. Основным материалом, слагающим аллювиальные фации, служит гравий руслового аллювия. Эти отложения встречаются повсеместно, характерны как для основного русла Керулены, так и многочисленных временных и постоянных водотоков. На дренированных местообитаниях произрастает ивово-кустарниковая урема, основную поверхность расширения поймы занимают кобрезиевые, кобрезиево-злаковые, кобрезиево-злаковые разнотравные в сочетании с кустарниками зарослями луга [8]. Изученные почвы имеют маломощный профиль (около 40 см) и характеризуются достаточно простой формулой морфологического строения: АНС<sup>^^</sup>-С<sup>^^</sup>, АY-АYC<sup>^^</sup>-С<sup>^^</sup>. Профилемобразующими процессами являются перегнойно-темногумусовая и серогумусовая аккумуляции. Горизонты АН и АY сменяются галечниковыми отложениями. В профиле изученных почв отсутствуют какие-либо признаки слоистости.

На северном сегменте поймы локально встречаются поверхностно-слабозасоленные почвы (0–5 см) хлоридно-магниево-кальциевого типа, в которых также выражены признаки оглеения (6–25 см). Такой химизм идентичен разгружающимся на этой территории по тектоническим трещинам минеральным водам [9]. Дополнительный источник вод и растворенных веществ способствует слабо выраженным процессам оглеения (Сq) и засоления (As).

В центральной и южной частях Верхнекеруленской котловины (степная, сухостепная зоны) отмечается сужение долины. Южнее впадения правостороннего притока р. Дзун-Бурхийн-Гол в Керулен русло магистральной реки оставляет в стороне рыхлые аллювиальные отложения котловины, прижимается к левому борту долины и прорезает плотные породы горных отрогов хребта Норовсаталыннуру. Долина становится узкой, каньонообразной, имеет крутой продольный профиль. Керулен течет в этой прорезанной долине около 11 км. После выхода из ущелья в Керулен впадает р. Барун-Бурхийн-Гол. Эти 2 реки выходят из параллельных распадков. Вытекая с гор, они друг от друга расположены на расстоянии около 4 км, через 6 км их русла сближаются до 1,5 км. Далее происходит их смещение на юг (Дзун-Бурхийн-Гол) и север (Барун-

Бурхийн-Гол): Дзун-Бурхийн-Гол впадает в Керулен до входа в горный распадок, а река Барун-Бурхийн-Гол южнее на 11 км, после выхода Керулена из ущелья. Отмечается и смещение временных водотоков. На этом отрезке Верхнекеруленской котловины пойменные и пойменно-озерные участки формируются между реками Дзун- и Барун-Бурхийн-Гол. Вблизи горного отрога, отделяющего магистральную реку от Верхнекеруленской котловины, отмечаются обводненные разломы. Разрывные нарушения морфологически выражены как в виде кочковатых поверхностей вблизи подножья, так и небольших озерных ванн. Изгиб магистрального русла, многочисленные проявления разгрузки вод, а также имеющиеся данные по неотектоническому строению территории свидетельствуют о разрывной деформации Верхнекеруленской котловины, вертикальных смещениях блоков горных пород относительно друг друга в виде сбросов, взбросов и надвигов [2].

Южнее этого эпигенетического участка долина сильно сужается и отмечается достаточно резкий поворот реки Керулен к правому борту долины. Далее на протяжении 32 км она постепенно меняет направление течения к юго-востоку и востоку. По дешифрированию космоснимков отчетливо прослеживается межвпадинное перекрытие, которое, по всей видимости, не позволило Керулену течь в южном направлении. В замыкании впадины встречается нескольких мелких ванн соленых озер, по приозерным понижениям которых в узкой прибрежной полосе формируются поверхности сильнозасоленные почвы. Эти участки имеют самые низкие гипсометрические позиции Верхнекеруленской котловины. Питание озер могут обеспечивать выходы слабоминерализованных вод в местах обводненных тектонических разломов. Факторами, способствующими засолению, является также мерзлота и аридная составляющая весенне-раннелетнего периода.

Для почв центральной и южной участков Верхнекеруленской котловины характерна темно- и светлогумусовая аккумуляция органического вещества. Почвы имеют нейтральную и слабощелочную реакцию среды. Поверхностные горизонты изученных почв слабозасолены. Химизм засоления по соотношению анионов хлоридный и сульфатно-хлоридный; по соотношению катионов – кальциево-магниевый и магниево-натриевый. В почвах южной части котловины приозерные почвы имеют сильное сульфатно-магниевое засоление.

Проведенные исследования почв горных пойм бассейна р. Керулен показали, что эта территория характеризуется неоднородным тектоническим, геоморфологическим строением, сложной гидрогеологической структурой и неоднородными условиями седиментогенеза аллювиальных отложений верхнего, центрального и южного участков котловины. Аллювиальные серогумусовые и темногумусовые почвы пойм горных рек Верхнекеруленской котловины четко диагностируются. Почвы с перегнойно-темногумусовой аккумуляцией (АН-С<sup>^^</sup>), преобладающие в поймах северной части впадины, по принципам, изложенными в [4] можно классифицировать как аллювиальные перегнойно-темногумусовые. По [5] они относятся к лугово-болотному типу. Почвы со светлогумусовой аккумуляцией (AJ- С<sup>^^</sup>) широко распространены в горных поймах бессточного Центрально-Азиатского бассейна (реки Ховд, Завхан, Бу-

янт-Гол, Байдараг, Туйн-Гол, Онгийн-Гол, Тацын-Гол и др.) и поймах рек Северного Ледовитого океана (Селенга, Чикой, Иволга, Уда, Брянка, Хилок и др.) [13; 14]. По проведенным нами исследованиям они преобладают в почвенном покрове центральной и южной частей Верхнекеруленской котловины (Тихоокеанский бассейн).

*Исследования выполнены по теме бюджетного проекта № 121030100228-4.*

### **Литература**

1. Береснева И. А. Мезоклиматические ресурсы западной зоны Азии : автореф. дис. ... д-ра геогр. наук. СПб., 1992. 44 с.
2. Геология Монгольской Народной Республики. Т. 3. Полезные ископаемые. 1977. 703 с.
3. Еникеев Ф. И., Старышко В. Е. Гляциальный морфогенез и россыпнообразование Восточного Забайкалья. Чита : ЧитГУ, 2009. 370 с.
4. Классификация и диагностика почв России. Смоленск : Ойкумена, 2004. 342 с.
5. Классификация и диагностика почв СССР. М. : Колос, 1977. 224 с.
6. Корженков А. М. Сейсмогеология Тянь-Шаня. Бишкек : Илим, 2006. 290 с.
7. Ногина Н. А., Доржготов Д. Почвенно-географическое районирование Монголии // Почвоведение. 1982. № 4. С. 23–32.
8. Огарь Н. П. Растительность долин рек semiаридных и аридных регионов континентальной Азии : автореф. дис. ... д-ра биол. наук. Алматы, 1999. 47 с.
9. Оргильянов А. И. Минеральные воды Хэнтэй-Даурского свода : автореф. дис. ... канд. геол-мин. наук. Иркутск, 2021. 18 с.
10. Модель формирования орогенных поясов Центральной и Северо-Восточной Азии / Л. М. Парфенов [и др.] // Тихоокеанская геология. 2003. Т. 22, № 6. С. 7–41.
11. Смекалин О. П., Чипизубов А. В., Имаев В. С. Палеосейсмогенные дислокации Верхнекеруленской впадины (юг Хэнтэй-Даурского мегасвода, Монголия) // Геология и геофизика. 2015. Т. 56, № 12. С. 2250–2262.
12. Формирование и развитие пойм горных рек в условиях активной селевой деятельности (на примере долины реки Баксан) / В. В. Сурков, Н. Н. Виноградова, И. В. Крыленко, А. М. Тарбееева // Геориск. 2013. № 4. С. 48–55.
13. Убугунов Л. Л., Убугунова В. И. Почвы поймы нижнего течения р. Ховд в котловине Большых озер Монголии // Почвоведение. 2011. № 11. С. 1295–1305.
14. Убугунов Л. Л., Убугунова В. И. Почвы речных пойм аридных территорий Внутренней Азии (р. Завхан, Монголия) // Почвоведение. 2012. № 3. С. 277–280.
15. Чалов Р. С., Чалова Е. Р. География русел рек, разветвленных на рукава, на территории России // Изв. РГО. 2019. Т. 151, вып. 6. С. 20–24. <https://doi.org/10.31857/S0869-6071151620-34>.
16. Age of the Khangai batholith and challenge of polychronic batholith formation in Central Asia / V. V. Yarmolyuk, A. M. Kozlovsky, E. B. Sal'nikova, I. K. Kozakov, A. B. Kotov, V. I. Lebedev, G. Eenjin // Doklady Earth Sciences. 2013. N 2. P. 1001–1007.

### **SOILS OF THE FLOODPLAINS OF THE OKHOTSK-MONGOLIAN OROGENIC BELT: MULTIDISCIPLINARY APPROACHES TO THE STUDY**

**V. I. Ubugunova, L. L. Ubugunov, V. L. Ubugunov**

*Institute of General and Experimental Biology SB RAS, Ulan-Ude, Russian Federation  
ubugunova57@mail.ru*

The features of the mountain rivers floodplains in the “seam” zone of the Mongolian-Okhotsk orogenic belt (Mongolia, the Upper Kerulen hollow) are studied. In the northern part of the

hollow, alluvial soils with a short profile are formed on floodplains of the flow-island type. The peculiarity of the morphological structure is the absence of layering and gley processes. Differences in soil types are expressed in dark-humus and gray humus accumulations. In places of discharge of chloride-bicarbonate and magnesium-sodium waters, salinization of soils is noted. In the central and southern parts of the hollow (steppe zone), the morphological structure of the soils shows the processes of carbonization, gley formation, salinization, light- and dark-humus accumulation. The types of alluvial light- and alluvial dark-humus soils were diagnosed.

# ПРИРОДНО-РЕСУРСНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ ЗЕМЛЕДЕЛЬЧЕСКОЙ ТЕРРИТОРИИ КАНСКОГО ОКРУГА КРАСНОЯРСКОГО КРАЯ

А. А. Шпедт, В. В. Злотникова

Красноярский научный центр СО РАН, Красноярск, Россия  
shpedtaleksandr@rambler.ru, kogoyakova.v@mail.ru

Природно-ресурсный потенциал (ПРП) агроландшафтов подразумевает совокупность естественных ресурсов, которые могут быть использованы в сельском хозяйстве, являющихся основным рычагом экологого-экономического развития территории. От состояния ПРП должно зависеть управление земельными ресурсами, пространственная организация территории. Оценка ПРП должна подразумевать комплексное, междисциплинарное мероприятие, учитывающее агрономические, климатические, социальные, экономические и другие факторы экосистемы.

Сельское хозяйство Красноярского края находится в зоне рискованного земледелия. Выращиванием сельскохозяйственной продукции занимаются в центральных и южных частях края. В структуре земель Красноярского края земли сельскохозяйственного назначения составляют – 16,80 % (39 757 тыс. га) из них пашни 2960 тыс. га [1].

Цель работы – оценить ПРП земледельческой территории Канского природного округа (ПО) Красноярского края.

Канский природный округ расположен в восточной части края, лесостепная зона размещается в центре и со всех сторон окружена зоной подтайги. Общая площадь округа составляет 2832 тыс. га, площадь пашни – 735 тыс. га. Территория Канского ПО представляет собой высокоподнятую и глубокорасчлененную холмисто-увалистую равнину, наиболее пониженную в центральной и северной частях. Высотные отметки увеличиваются от центра к периферии лесостепи, что обуславливает концентрическую зональность природных зон и подзон [2]. Теплообеспеченность в пределах Канского ПО крайне неравномерная: сумма температур выше +10 °C изменяется от 1560 до 1818 °C, годовая сумма осадков – от 359 до 452 мм, ГТК – от 1,00 до 1,44.

Почвенный покров лесостепной зоны Канского ПО почти наполовину представлен черноземами, среди которых преобладают выщелоченные (36,4 %). Значительную площадь занимают серые лесные почвы (32,4 %). Дерново-подзолистых почв в Канской лесостепи немного (2,1 %). Имеются азональные почвы (табл. 1). Однако структура почвенного покрова в характеризуемой зоне крайне неоднородная в различных её частях [3]. По климатическим показателям и по структуре почвенного покрова лесостепная зона подразделяется на три подзоны – северная, типичная и южная.

Почвенный покров подтаежной зоны представлен в основном серыми лесными почвами, которые занимают 66,1 % от общей площади. Черноземов очень мало. Среди них преобладают выщелоченные (3,6 %), формирующиеся

на пологих южных склонах под разреженными березовыми лесами или на лесных полянах. Оподзоленные черноземы (1,5 %) встречаются как в комплексе с выщелоченными, занимая едва заметные микропонижения, так и небольшими самостоятельными массивами на склонах юго-западной и юго-восточной экспозиций [4]. Дерново-подзолистыми почвами занято 12,4 % территории зоны. Они формируются под густыми смешанными лесами, тяготея к склонам северной ориентации и плоским водоразделам.

Структура почвенного покрова Канского ПО [2]

Таблица 1

Почвы	Площадь почв от площади подзоны, тыс. га			Площади почв в Канской лесостепи		Площади почв в зоне подтайги	
	северная	типичная	южная	Тыс. га	%	Тыс. га	%
Дерново-подзолистые	31,0	-	-	31,0	2,1	163,3	12,4
Светло-серые и серые	52,7	79,4	3,2	135,3	8,9	542,1	41
Темно-серые и бурые	174,4	176,6	4,4	355,4	23,5	332,0	25,1
Черноземы все, в том числе:	190,2	455,3	112,0	757,5	50,0	69,1	5,2
оподзоленные	43,7	38,9	3,3	85,9	5,7	19,3	1,5
выщелоченные	143,9	384,8	21,5	550,2	36,4	47,1	3,6
обыкновенные	2,6	31,6	87,2	121,4	8,0	2,7	0,1
Луговые	21,1	33,2	21,0	75,3	5,5	36,1	2,7
Болотные	54,0	52,7	6,7	113,4	7,5	169,2	12,8
Пойменные	3,2	5,7	21,7	30,6	2,0	9,4	0,7
Прочие	0,5	7,3	6,1	13,9	0,9	0,5	0,1
Все почвы, тыс. га	527,1	810,2	175,1	1512,4	100	1321,7	100

Анализ приведенных данных свидетельствует о значительных различиях в структуре почвенного покрова. В частности, в северной лесостепи больше се-рых лесных почв, чем черноземов, хотя в пашне преобладают черноземы.

В типичной лесостепи черноземов больше в почвенном покрове всей тер-ритории и абсолютно господствуют они среди пахотных массивов. Преимуще-ственное распространение из черноземов имеет выщелоченные.

Иная картина в южной лесостепи. 50 % территории занимают обыкно-венные черноземы, которые составляют не менее 80 % распаханных почв. В от-личие от других подзон здесь много азональных почв, среди которых преобла-дают пойменные почвы, приуроченные к поймам рек Кан, Рыбная, Усолка и др.

В зоне подтайги возможности для ведения сельского хозяйства ограниче-ны сильной залесенностью, сложным характером рельефа, заболоченностью, низким плодородием большинства почв [4].

Расположение земледельческой территории в основном приходится на зону лесостепи, это сыграло ключевую роль при определении ПРП. Оценка ПРП потенциала агроландшафтов базируется на фундаментальных параметрах,

которые в общих чертах характеризуют основные компоненты ландшафта и систему в целом. В качестве таковых используется почва, и климатические параметры, характеризующие условия тепло- и влагообеспеченности. Сумма температур выше 10 °C ( $\sum t > 10$ , °C) и годовая сумма осадков ( $\Sigma$  осадков, мм/год) южной лесостепи 1818 °C и 359 мм/год, что согласно балльной системе равняется 41 и 35 баллам. В типичной степи холоднее (1677 °C), но больше осадков (410 мм/год), что соответствует 33 и 41 баллам. В северной степи  $\sum t > 10$  °C – 1560 °C,  $\Sigma$  осадков – 390 мм/год, данные значения оцениваются в 28 и 39 баллов. Сумма температур выше 10 °C в подтайге – 1530 °C, годовая сумма осадков – 430 мм/год, в балльной системе оцениваются в 26 и 43 балла.

Оценка ПРП агроландшафтов Канского ПО выполнялась на основе информационно-логического анализа и уравнений, где оцениваемые показатели оказывают наибольшее влияние на результат, если стоят в начале формулы [5]. Расчет природно-ресурсного потенциала был произведен для всех видов почв, для подзон и для округа в целом, с учетом занимаемой площади (табл. 2).

Таблица 2

ПРП земледельческой территории Канского ПО

Почвы	Лесостепь			Подтайга
	Южная	Типичная	Северная	
Дерново-подзолистые	–	–	32,5	32,5
Серые лесные	41,8	39,3	36,3	36,3
Темно серые	45,5	49,3	46,3	40,0
Черноземы оподзоленные	51,8	43,0	40,0	46,3
Черноземы обыкновенные	52,8	53,8	51,5	53,0
Черноземы выщелоченные	52,8	53,8	51,5	53,0
Лугово-черноземные	50,3	51,3	49,0	50,5
Болотные	46,5	46,0	36,8	37,3
Пойменные	39,0	38,5	44,3	44,8
Средневзвешенный ПРП для подзоны	50,7	46,5	42,9	38,1
Средневзвешенный ПРП для зоны	45,4			38,1
Средневзвешенный ПРП Канского ПО	42,0			

Согласно полученным результатам наибольшим ПРП обладает чернозем обыкновенный и выщелоченный в типичной лесостепи его балл равен 53,8. В северной лесостепи чернозем обыкновенный оценивается в 51,5 балла, это обусловлено различиями в тепло- и влагообеспеченности. Наименьший балл у дерново-подзолистых почв – 32,5 балла, данный вид почв распространен в северной лесостепи и преимущественно в подтайге.

Для расчета ПРП подзоны, мы использовали формулу средневзвешенного значения. В результате мы определили, что ПРП южной лесостепи равен 50,7 балла, типичной – 46,7 балла, северной – 42,9 балла, что согласно градации относится к среднему природно-ресурсному потенциальному. ПРП подтайги оценивается в 38,1 балла, что соответствует пониженному значению ПРП. Средневзве-

шенный показатель для лесостепи – 45,5 балла. Для Канского природного округа ПРП равен 42 балла.

Основная часть территории лесостепной зоны, занята плодородными почвами и активно используется для сельскохозяйственного производства. За последние годы в подзонах южной и типичной лесостепи выращивается зерно пшеницы с хорошими хлебопекарными качествами, из которого можно получать высокосортную муку. Препятствием для земледелия в лесостепи являются крутые и покатые склоны с одной стороны, и заболоченность, солонцеватость и солончаковость пониженных элементов рельефа, с другой. Однако эти препятствия имеют место только в отдельных частях зоны.

В связи с более тяжелым гранулометрическим составом в Канской лесостепи в меньшей степени проявляется ветровая эрозия. На распаханных массивах при расчлененном рельефе имеет место водная эрозия, особенно в северной подзоне. Поэтому соблюдение противоэррозионных мероприятий является одной из основных задач сельского хозяйства.

Для земледелия на территории Канского ПО наиболее благоприятные условия складываются в южной лесостепи, ее ПРП равен 50,7 балла, также высоким ПРП обладает типичная лесостепь – 46,5 балла. Данные значения обусловливаются наличием почв со средним и повышенным ПРП. Средневзвешенный показатель ПРП для лесостепи – 45,4 балла. ПРП подтайги является пониженным (38,1 балла). Территория Канского природного округа почти в равной степени разделена на лесостепь (53,4 %) и подтайгу (46,6 %), природно-ресурсный потенциал для Канского ПО оценивается в 42 балла, что согласно градации относится к среднему значению ПРП.

### Литература

1. Государственный доклад «О состоянии и охране окружающей среды в Красноярском крае в 2019 году». Красноярск, 2020.
2. Крупкин П. И. Черноземы Красноярского края : монография. Красноярск : КрасГУ, 2002. 332 с.
3. Система земледелия Красноярского края на ландшафтной основе : руководство. Красноярск, 2015.
4. Топтыгин В. В., Крупкин П. И., Пахтаев Г. П. Природные условия и природное районирование земледельческой части Красноярского края : учеб. пособие / Краснояр. гос. аграр. ун-т. Красноярск, 2002. 144 с.
5. Шпедт А. А., Трубников Ю. Н., Методика оценки природно-ресурсного потенциала агроландшафтов России // Живые и биокосные системы. 2020. № 31. URL: <https://jbks.ru/archive/issue-31/article-1>

# **NATURAL RESOURCE POTENTIAL OF AGRICULTURAL TERRITORY OF THE KANSKY DISTRICT OF THE KRASNOYARSK REGION**

**A. A. Shpedt, V. V. Zlotnikova**

*Federal Research Center Krasnoyarsk Scientific Center SB RAS*

*Krasnoyarsk, Russian Federation*

*shpedtaleksandr@rambler.ru, kogoyakova.v@mail.ru*

The results of a study on the study and assessment of the natural resource potential (NRP) of the Kansk District of the Krasnoyarsk Territory are presented. In the course of the study, we determined that the conditions of the southern forest-steppe are most favorable for agriculture on the territory of the Kansk natural district, its NRP is 50.7 points, and a typical forest-steppe of 46.5 points also has a high NRP. In the northern forest-steppe, the natural resource potential is 42.9 points. According to the gradation, the obtained values refer to the average NRP. The subtaiga has a reduced NRP (38.1 points). The weighted average NRP for the Kansk District is estimated at 42 points, which means that the Kansk natural district has an average NRP.



# **Секция 1**

## **ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ПОЧВОВЕДЕНИЕ: ГЕНЕЗИС, ЭВОЛЮЦИЯ, КЛАССИФИКАЦИОННЫЕ ПРОБЛЕМЫ**



# МАГНИТНАЯ ВОСПРИИМЧИВОСТЬ МЕРЗЛОТНЫХ ПАЛЕВЫХ ПОЧВ ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЯКУТИИ

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

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

Мерзлотные палевые почвы Центральной Якутии являются уникальным типом почв, формирующимся в специфических природных условиях, отличающихся криоаридным климатом, среди различных геоморфологических ярусов Центрально-Якутской равнины на многолетнемерзлых почвообразующих породах (табл. 1). Географические закономерности распространения данных почв и особенности формирования их свойств и состава в разное время изучались различными исследователями [2; 3; 5; 6–8 и др.]. Однако магнитные свойства этих почв, и в частности их магнитная восприимчивость до последнего времени оставались неизученными.

В связи с этим целью данной статьи являлось исследование магнитной восприимчивости мерзлотных палевых почв Центральной Якутии в зависимости от их географо-генетических особенностей формирования свойств и состава.

Таблица 1

Географические и морфологические характеристики мерзлотных палевых почв  
Центральной Якутии

Почва, N разреза	Географические координаты	Место расположения, почвообразующие породы	Строение профиля
Палевая осоло-делая, разрез 6Т-05	61°48'46,9" N 129°32'32,0" E h = 234,1 м	Средний уровень аллювиальной равнины, аллювиальные карбонатные су-глинки	O(0–2)–A1A2(2–10)–A2(10–22)–B(22–43)–Bca(43–56)–BCca(56–102)–Ca(102–133 см)
Палевая осоло-делая, разрез 6Д-03	61°05'42,4" N 130°22'59,4" E h = 222 м	Средний уровень аллювиальной равнины, аллювиальные карбонатные су-глинки	O(0–2)–A1A2(2–7)–A2(7–17)–B(17–44)–Bca(44–64)–BCca(64–80 см)
Палевая осоло-делая, разрез 6-83	59°34'48,0" N 121°29'01,8" E h = 220 м	Средний уровень аллювиальной равнины, аллювиальные карбонатные супеси	A0A1(0–5)–A2(5–13)–B(13–42)–Bca(42–66)–BCca(66–80)–Cca(80–110 см)
Палевая выщелоченная, разрез 6А	60°55'36,0" N 128°45'06,1" E h = 419 м	Денудационная равнина Лено-Амгинского между-речья, делювий юрских алевролитов	A0(0–7)–A(7–11)–B(11–27)–BC(27–80)–C(80–125 см)
Палевая серая, разрез 8БС-18	62°01'35,0" N 129°37'03,9" E h = 97,8 м	II надпойменная терраса р. Лены, песчаные бескарбонатные аллювиальные отложения	O(0–3)–A0A1(3–8)–A(8–24)–ABca(24–40)–Bca(40–62)–BC(62–100)–C(100–110 см)
Палевая серая, разрез 2П-12	61°44'52,6" N 129°32'18,7" E h = 121 м	Нижняя часть склона коренного берега р. Лена, делювий юрских алевролитов	O(0–2)–A(2–30)–B(30–58)–BC(58–78)–C(78–98 см)

Объемная магнитная восприимчивость (ОМВ) определялась на малогабаритном измерителе магнитной восприимчивости КМ-7, который является усовершенствованной версией каппаметра КТ-6 чешского производителя StatisGeo. Величину удельной магнитной восприимчивости ( $\chi$ ) получали путем деления значения ОМВ на плотность почвы  $p$  (выраженную в  $\text{кг}/\text{м}^3$ ), т. е.  $\chi = \chi/p$ . Размерность удельной магнитной восприимчивости (УМВ) –  $10^{-8} \text{ м}^3/\text{кг}$  [1].

Палевые осолоделые почвы (табл. 2, разр. 6Т-05, 6Д-03, 6–83), как правило, приурочены к среднему уровню аллювиальной равнины и формируются на аллювиальных карбонатных суглинках. Профиль данных почв дифференцирован по свойствам и составу по элювиально-иллювиальному типу. Верхняя часть (гор. О, A0A1, A1A2, A2) обычно характеризуется слабокислыми и нейтральными, а нижняя (гор. Вса, BCsa, Csa) – щелочными значениями рН. Почвенно-поглощающий комплекс (ППК) насыщен обменными основаниями, среди которых значительная доля представлена катионами  $Mg^{+2}$  и  $Na^+$ , обеспечивающих солонцеватость гор. В и Вса. Содержание гумуса в гумусовом профиле данных почв обычно низкое и резкоубывающее.

Палевые серые почвы данного типа (табл. 2, разр. 8БС-18 и 2П-12) являются потенциально наиболее плодородными. Эти почвы отличаются, как правило, нейтральной-слабощелочной и щелочной реакцией среды, насыщенным ППК, абсолютным преобладанием в составе ППК поглощенного  $Ca^{+2}$  и отсутствием обменного  $Na^+$ , равномерным или аккумулятивным типом распределения частиц ила (<0,001 мм) и физической глины (<0,01 мм) и высоким содержанием гумуса в гумусово-аккумулятивном гор. А.

Палевые выщелоченные почвы (табл. 2, разр. 6А) характеризуются обычно слабокисло-слабощелочной реакцией среды, низким содержанием гумуса в гор. А, равномерным внутрипрофильным распределением тонкодисперсных частиц ила и физической глины, насыщенным ППК, включающим в своем составе также и обменный  $H^+$ .

В исследуемых мерзлотных палевых почвах средневзвешенные значения ОМВ изменяются значительно и составляют  $26,8\text{--}88,4 \times 10^{-5}$  ед. Си. Исходя из данных значений, в соответствии с известной шкалой [4], данные почвы в целом характеризуются как слабомагнитные. Также существенно в этих почвах изменяются и средневзвешенные значения УМВ. При этом в палевых выщелоченных почвах данные значения УМВ соответственно составляют 23,3, палевых серых – 40,8–42,1, палевых осолоделых –  $21,6\text{--}68,1 \times 10^{-8} \text{ м}^3/\text{кг}$ . Можно предварительно констатировать, что по средневзвешенным значениям УМВ изучаемые почвы объединяются в следующий ряд: палевые серые > палевые осолоделые > палевые выщелоченные. Этот ряд исследуемых почв совпадает с ростом интенсивности элювиальных почвообразовательных процессов (осолождение, выщелачивание) в их генезисе по мере повышения абсолютных высот различных уровней аллювиальной равнины, т. е. от нижних к средним и высоким. При этом нужно отметить, что осолождение как элювиальный почвообразовательный процесс, в отличие от оподзоливания, не приводит к заметному снижению значений ОМВ и УМВ в гор. А2 мерзлотных палевых осолоделых почв.

Таблица 2

## Физико-химические свойства мерзлотных палевых почв Центральной Якутии

Горизонт	Глубина, см	рН <sub>H2O</sub>	Гумус, %	Обменные катионы, смоль(экв)/кг почвы			Фракции, %		CO <sub>2</sub> карбонатов
				Ca <sup>+2</sup>	Mg <sup>+2</sup>	Na <sup>+</sup>	<0,001 мм	<0,01 мм	
<b>Палевая осоложелтая, разрез 6Т-05</b>									
A1A2	2–10	5,9	6,2	14,2	5,0	1,5	7,7	15,7	Н. о.
A2	10–22	6,0	0,4	6,3	1,6	1,3	7,5	14,8	-//-
B	30–40	6,1	0,6	11,4	7,0	1,3	22,6	30,8	-//-
Bca	45–55	6,3	0,6	9,5	5,7	1,3	18,5	26,2	4,6
BCca	70–80	8,8	0,5	25,2	11,4	1,7	17,8	25,6	4,6
Cca	110–120	8,9	-	-	-	-	-	-	2,4
<b>Палевая осоложелтая, разрез 6Д-03</b>									
O	0–2	5,2	54,9*	18,0	19,2	0,5	-	-	Н. о.
A0A1	2–7	4,7	34,4*	9,1	17,5	0,6	11,1	20,9	-//-
A2	7–17	5,6	3,3	10,4	20,8	0,9	12,3	29,9	-//-
B	25–35	6,8	2,3	29,4	23,8	1,2	19,3	34,4	0,4
Bca	50–60	8,3	0,7	-	-	-	16,4	33,6	1,1
BCca	65–75	8,3	-	-	-	-	14,0	29,5	1,5
<b>Палевая осоложелтая, разрез 6–83</b>									
A0A1	0–5	-	-	-	-	-	-	-	Н. о.
A2	5–13	6,3	1,5	4,8	6,1	0,3	7,8	21,9	-//-
B	20–30	6,8	0,4	7,6	6,9	0,3	14,9	24,2	-//-
Bca	42–52	8,7	0,7	-	-	-	9,6	17,2	7,0
BCca	60–80	8,9	0,4	-	-	-	7,8	16,4	3,6
Cca	80–100	8,9	0,1	-	-	-	4,5	14,0	3,1
<b>Палевая выщелоченная, разрез 6А</b>									
A0A1	0–7	5,2	10,9	30,6	39,7	6,1	21,0	40,2	Н. о.
A	7–17	5,2	2,6	14,1	26,9	2,3	25,8	50,2	-//-
B	30–40	6,2	0,4	15,3	16,3	1,8	31,0	56,2	-//-
BC	60–70	7,4	0,4	20,2	18,2	2,2	28,7	51,5	-//-
C	110–120	7,7	0,1	16,4	11,8	2,0	26,0	42,6	-//-
<b>Палевая серая, разрез 8БС-18</b>									
A0	3–8	6,1	51,6*	52,4	22,4	-	-	-	Н. о.
A	10–20	5,9	13,9	15,8	7,9	-	11,7	25,5	-//-
ABca	25–35	8,9	1,1	11,2	8,1	-	18,0	40,0	4,3
Bca	45–55	9,0	0,5	9,1	6,1	-	16,3	34,7	4,2
BC	75–85	8,6	0,3	11,4	8,1	-	13,3	26,4	-//-
C	100–110	9,2	0,2	4,0	1,7	-	3,3	6,4	-//-
<b>Палевая серая, разрез 2П-12</b>									
O	0–2	7,1	-	-	-	-	-	-	Н. о.
A	10–20	7,9	7,9	31,7	10,1	-	12,3	29,9	-//-
B	40–50	8,1	4,2	18,2	9,1	-	10,0	24,2	-//-
BC	60–70	8,0	3,7	17,5	8,2	-	9,9	25,7	-//-
C	80–90	7,7	1,1	15,6	6,8	-	14,2	30,7	-//-

\*Приведено значение потери при прокаливании. Н. о. – не определено.

Таблица 3

Магнитная восприимчивость мерзлотных палевых почв Центральной Якутии

Горизонт	Глубина, см	$\chi, \text{n} \times 10^{-5}$ ед. Си	$P, \text{n} \times 10^3$ $\text{kg/m}^3$	$\chi, \text{n} \times 10^{-8}$ $\text{m}^3/\text{kg}$	$\chi/\chi_c$
<b>Палевая осоложенная, разрез 6Т-05</b>					
A1A2	2–10	23,5	1,06	22,2	1,6
A2	10–22	31,9	1,26	25,3	1,8
B	30–40	25,0	1,23	20,3	1,5
Bca	45–55	22,1	1,28	17,3	1,3
BCca	70–80	35,9	1,29	27,8	2,0
Cca	110–120	17,3	1,26	13,7	1,0
Среднее*		26,8		21,6	
<b>Палевая осоложенная, разрез 6Д-03</b>					
O	0–2	6,2	0,44	14,1	-
A0A1	2–7	13,0	0,60	21,7	-
A2	7–17	33,0	1,17	28,2	-
B	25–35	43,9	1,22	36,0	-
Bca	50–60	67,1	1,24	54,1	-
BC	65–75	81,8	1,18	69,3	-
Среднее*		53,0		44,8	
<b>Палевая осоложенная, разрез 6–83</b>					
A0A1	0–5	20,3	0,86	23,6	0,2
A2	5–13	34,8	1,34	26,0	0,2
B	20–30	34,1	1,41	24,2	0,2
Bca	42–52	107,0	1,34	79,8	0,8
BC	60–80	118,7	1,35	87,9	0,8
C	80–100	137,5	1,31	105,0	1,0
Среднее*		88,4		68,1	
<b>Палевая выщелоченная, разрез 6А</b>					
A0A1	0–7	23,1	0,78	29,6	1,8
A	7–17	21,4	1,06	20,2	1,2
B	30–40	20,5	1,22	16,8	1,0
BC	60–70	41,2	1,32	31,2	1,9
C	110–120	21,9	1,35	16,2	1,0
Среднее*		31,0		23,3	
<b>Палевая серая, разрез 8БС-18</b>					
A0A1	3–8	3,6	0,44	8,2	0,1
A1	10–20	11,3	1,02	11,1	0,2
AB	25–35	39,3	1,21	32,5	0,5
Bca	45–55	54,3	1,21	45,1	0,7
BC	75–85	69,6	1,24	56,1	0,9
C	100–110	85,2	1,24	63,6	1,0
Среднее*		51,6		42,1	
<b>Палевая серая, разрез 2П-12</b>					
O	0–2	8,9	0,56	15,9	1,1
A	10–20	86,0	1,11	77,5	5,5
B	40–50	38,1	1,25	30,5	2,2
BC	60–70	40,8	1,22	33,4	2,4
C	80–90	18,8	1,34	14,0	1,0
Среднее*		47,8		40,8	

Характер магнитных профилей изучаемых почв, отмечаемый по внутрипрофильному изменению значений отношения  $\chi/\chi_c$ , целиком определяется индивидуальными особенностями формирования свойств и состава данных почв.

### Литература

1. Водяницкий Ю. Н., Шоба С. А. Магнитная восприимчивость как индикатор загрязнения тяжелыми металлами городских почв (обзор литературы) // Вестник Московского университета. Сер. 17, Почвоведение. 2015. № 1. С. 13–20
2. Еловская Л. Г., Коноровский А. К. Районирование и мелиорация мерзлотных почв Якутии. Новосибирск : Наука. Сиб. отд-ние, 1978. 175 с.
3. Еловская Л. Г. Классификация и диагностика мерзлотных почв Якутии. Якутск : Якут. филиал СО АН СССР, 1987. 172 с.
4. Золотая Л. А., Калишева М. В. Типы магнитных профилей почв // Железо в почвах : тез. докл. междунар. совещ. Ярославль : Ярославл. гос. техн. ун-т, 1999. С. 10–11.
5. Зольников В. Г. Почвы восточной половины Центральной Якутии и их использование // Материалы о природных условиях и сельском хозяйстве Центральной Якутии. М. : Изд-во АН СССР, 1954. С. 55–221.
6. Саввинов Д. Д. Физика мерзлотных почв: Избр. тр. Новосибирск : Наука, 2013. 504 с.
7. Соколов И. А., Турсина Т. В. Палево-серые почвы Центральной Якутии – аналог серых лесных почв // Почвоведение. 1979. № 3. С. 15–27.
8. Чевычелов А. П., Скрыбыкина В. П., Васильева Т. И. Географо-генетические особенности формирования свойств и состава мерзлотных почв Центральной Якутии // Почвоведение. 2009. № 6. С. 648–657.

### MAGNETIC SUSCEPTIBILITY OF PERMAFROST PALE SOILS OF CENTRAL YAKUTIA

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

*Institute of Biological Problems of the Cryolithozone SB RAS, Yakutsk, Russian Federation  
chev.soil@list.ru*

The volume and specific magnetic susceptibilities of permafrost pale soils of Central Yakutia were studied depending on their geographical and genetic features. It is shown that the weighted average values of VMS and SMS of these soils vary significantly and, respectively, are 31,0 and 23,3 for pale leached soils, 47,8–51,6 and 40,8–42,1 for pale gray soils, 26,8–88,4 $\times 10^{-5}$  units Si and 21,6–68,1 $\times 10^{-8}$  m<sup>3</sup>/kg for pale solodic soils. It is noted that based on these values of VMS, the studied permafrost pale soils are characterized as weakly magnetic, and the process of solodization does not lead to a noticeable decrease in the values of VMS and SMS in the A2 horizon of this subtype of pale soils.

## МАГНИТНАЯ ВОСПРИИМЧИВОСТЬ МЕРЗЛОТНЫХ ЧЕРНОЗЕМОВ ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЯКУТИИ

**А. А. Алексеев, А. П. Чевычелов**

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

Впервые мерзлотные черноземы, как зональный тип почв равнинных территорий Якутии приводится в систематическом списке, составленном Л. Г. Еловской с соавторами [2]. При почвенно-мелиоративном районировании Центральной Якутии в составе Якутской долинно-степной провинции мерзлотные черноземы рассматриваются как фоновые почвы [3]. Впоследствии особенности географического распространения, формирования свойств и состава данных почв также отмечались в работах [4; 6].

Мерзлотные черноземы Якутии являются автоморфным типом почв и формируются по мезоповышениям надпойменных террас и склонам южных экспозиций коренного берега, под степными ассоциациями в долине Средней Лены в пределах нижнего высотного уровня (100–140 м) Центрально-Якутской равнины в условиях котловинно-депрессионной зональности почвенно-растительного покрова [6]. В зависимости от положения в рельефе мерзлотные черноземы подразделяются на два подтипа – черноземы обыкновенные и черноземы выщелоченные (табл. 1).

Таблица 1  
Географические и морфологические характеристики мерзлотных черноземов  
Центральной Якутии

Почва, N разреза	Географические координаты	Место расположения	Строение профиля
Чернозем обыкновенный, разрез 2ЧТ-03	61°54'22,3" N, 129°33'39,2" E, h = 102,7 м	Гряда II надпойменной террасы р. Лена, окрест- ности г. Якутска	Av(0–1)–A(1–24)–AB(24– 35)–Bca(35–57)–BCca(57– 75)–C(75–150 см)
Чернозем обыкновенный, разрез 7Ой-04	61°28'24,0" N, 129°30'43,2" E, h = 103,8 м	Гряда II надпойменной террасы р. Лена, окрест- ности пос. Ой	Aa(0–20)–AB(20–42)–Bca (42–54)–BCca(54–86)– C(86–136 см)
Чернозем обыкновенный, разрез 2БС-09	61°01'15,8" N, 129°36'58,4" E, h = 100,3 м	Гравное повышение II надпойменной террасы р. Лена, окрестности г. Якутска	Aa(0–26)–AB(26–52)– B(52–67)–BCca(67–100) –Cca(100–146 см)
Чернозем обыкновенный, разрез 1T-13	61°51'45,2" N, 129°34'03,9" E, h = 101,2 м	Гравя II надпойменной террасы р. Лена, окрест- ности г. Якутска	Av(0–2)–A(2–26)–ABca (26–37)–Bca(37–68)–BCca (68–109)–Cca(109–153 см)
Чернозем обыкновенный, разрез 2T-13	61°52'03,6" N, 129°34'07,8" E, h = 102,0 м	Гравное повышение II надпойменной террасы р. Лена, окрестности г. Якутска	Aa(0–33)–AB(33–56)–Bca (56–82)–BCca(82–126)– C(126–158 см)
Чернозем вы- щелоченный, разрез 1T-07	61°52'01,2" N, 129°30'43,2" E, h = 124 м	Нижняя часть склона ко- ренного берега р. Лена, окрестности г. Якутска	Av(0–1)–A(1–32)–AB(32– 54)–B(54–62)–BCca(68– 92)–Cca(92–150 см)

Оба данных подтипа формируются в условиях криоаридного климата, при этом почвы второго подтипа характеризуются повышенным увлажнением.

Объемная магнитная восприимчивость (ОМВ) определялась на малогабаритном измерителе магнитной восприимчивости КМ-7, который является усовершенствованной версией каппаметра КТ-6 чешского производителя StatisGeo. Величину удельной магнитной восприимчивости ( $\chi$ ) получали путем деления значения ОМВ на плотность почвы  $p$  (выраженную в  $\text{кг}/\text{м}^3$ ), т. е.  $\chi = \chi/p$ . Размерность удельной магнитной восприимчивости (УМВ) –  $10^{-8} \text{ м}^3/\text{кг}$  [1].

В данной статье изучаются состав и свойства, в том числе и магнитная восприимчивость шести почвенных разрезов мерзлотных черноземов, сформированных в условиях криоаридного климата Центральной Якутии. Физико-химические свойства исследуемых подтипов мерзлотных черноземов существенно различаются (табл. 2). Так черноземы обыкновенные характеризуются, как правило, двучленным верхним – нейтральным и нижним – слабощелочным и щелочным профилем, средним содержанием гумуса в гор. А и АВ и его резкоубывающим профильным распределением, насыщенным почвенно-поглощающим комплексом (ППК) и присутствием в его составе обменного  $\text{Na}^+$ , максимальным количеством подвижных карбонатов  $\text{CaCO}_3$  и  $\text{MgCO}_3$  в акумулятивно-карбонатном гор. Вса. Гранулометрический состав данных почв изменяется от супесчано-легкосуглинистого до средне-тяжело-суглинистого и легкоглинистого. Обыкновенные черноземы легкого гранулометрического состава обычно не засолены (табл. 2, разр. 2ЧТ-03, 7ОЙ-04, 2БС-09), тогда как их суглинисто-легкоглинистые разновидности (табл. 2, разр. 1Т-13 и 2Т-13) характеризуются уже, как слабо- и среднезасоленные почвы.

Физико-химические свойства черноземов выщелоченных (табл. 2, разр. 1Т-07) существенно отличаются от таковых черноземов обыкновенных. Данные почвы обычно не засолены, характеризуются нейтрально-слабощелочными значениями  $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$ , более высоким содержанием гумуса и более мощным гумусовым профилем, меньшим количеством обменного  $\text{Na}^+$  в составе ППК, большей выщелоченностью от карбонатов щелочных земель, когда присутствие  $\text{CO}_2$  карбонатов фиксируется только в нижних гор. ВСса и Сса почвенного профиля. Также существенно различаются значения ОМВ и УМВ исследуемых подтипов мерзлотных черноземов. Так, средневзвешенные значения ОМВ и УМВ чернозема выщелоченного соответственно составляют  $9,9 \times 10^{-5}$  ед. Си и  $8,9 \times 10^{-8} \text{ м}^3/\text{кг}$ , тогда как таковые черноземов обыкновенных –  $57,2 - 106,9 \times 10^{-5}$  ед. Си и  $51,4 - 83,7 \times 10^{-8} \text{ м}^3/\text{кг}$ , т. е. в среднем увеличиваются в 8,3 и 7,6 раза. Исходя из данных значений ОМВ, в соответствии с известной шкалой [5], данные почвы в целом характеризуются как слабомагнитные. Также необходимо отметить, что незасоленные мерзлотные черноземы обыкновенные легкого гранулометрического состава (табл. 3, разр. 2ЧТ-03, 7ОЙ-04, 2БС-09) по сравнению с таковыми засоленными тяжелого гранулометрического состава (табл. 3, разр. 1Т-13 и 2Т-13) характеризуются большими значениями ОМВ и УМВ. Так, если в первых почвах данного типа средневзве-

шенные значения ОМВ и УМВ соответственно составляют  $87,8-106,9 \times 10^{-5}$  ед. Си и  $78,4-83,7 \times 10^{-8}$  м<sup>3</sup>/кг, то во-вторых –  $57,2-62,1 \times 10^{-5}$  ед. Си и  $51,4-57,1 \times 10^{-8}$  м<sup>3</sup>/кг, т. е. возрастают в 1,6 и 1,5 раза.

Таблица 2  
Физико-химические свойства мерзлотных черноземов Центральной Якутии

Гори- зонт	Глубина, см	рН <sub>H2O</sub>	Гумус, %	Обменные катионы, смоль(экв)/кг почвы			Содержание частиц <0,01 мм, %	Сумма солей, % CO <sub>2</sub> карбонатов, %	
				Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>	Na <sup>+</sup>			
<b>Чернозем обыкновенный, разрез 2ЧТ-03</b>									
A	1–11	6,3	5,4	15,4	2,4	1,8	14,4	0,077	Н. о.
A	12–22	6,9	4,4	20,0	2,9	1,6	21,7	0,088	-//-
AB	25–35	7,5	2,9	18,0	5,3	3,0	29,5	0,120	-//-
Bca	40–50	7,8	1,4	18,7	11,1	2,3	28,2	0,874	3,2
BCca	60–70	8,2	0,6	8,3	6,3	0,7	14,4	0,160	2,8
C	90–100	7,5	0,1	3,3	2,6	0,3	4,5	0,028	-/-
<b>Чернозем обыкновенный, разрез 7ОЙ-04</b>									
Aa	5–15	6,6	5,3	23,2	2,7	1,8	20,5	0,074	Н. о.
AB	30–40	7,6	2,3	22,5	1,3	1,2	23,3	0,100	-//-
Bca	43–53	8,5	1,4	39,6	17,1	2,3	20,4	0,324	12,8
BCca	65–75	8,7	1,0	38,6	20,5	3,8	22,9	0,386	4,8
C	120–130	8,8	0,9	12,7	5,7	1,9	25,0	0,173	-//-
<b>Чернозем обыкновенный, разрез 2БС-09</b>									
Aa	8–18	7,9	4,2	9,1	4,6	1,8	15,6	0,045	Н. о.
AB	30–40	8,0	3,7	9,1	4,1	2,1	15,3	0,090	-//-
B	55–65	8,7	1,7	6,6	4,6	2,0	20,6	0,094	-//-
BCca	80–90	8,7	1,3	8,7	5,1	2,3	25,0	0,129	5,3
Cca	101–107	9,0	-	-	-	-	11,8	0,080	3,5
Cca	110–120	8,9	-	-	-	-	15,1	-	3,2
<b>Чернозем обыкновенный, разрез 1Т-13</b>									
Av	0–2	6,2	9,9	26,7	5,1	-	12,7	0,201	Н. о.
A	7–17	7,0	4,1	16,4	8,2	-	36,7	0,381	-//-
ABca	26–36	8,9	1,4	14,3	6,1	-	58,1	0,773	8,1
Bca	50–60	8,9	0,9	11,2	7,1	-	51,4	0,575	5,3
BCca	100–110	8,6	0,8	-	-	-	47,2	0,468	2,5
Cca	135–145	8,6	-	-	-	-	37,6	-	2,4
<b>Чернозем обыкновенный, разрез 2Т-13</b>									
Aa	10–20	7,5	4,7	22,0	7,7	-	24,0	0,250	Н. о.
AB	40–50	7,2	2,3	14,2	9,2	-	28,5	0,445	-//-
Bca	70–80	9,0	1,0	12,2	7,1	-	47,6	0,592	6,0
BCca	100–110	8,7	0,8	10,1	6,2	-	51,6	0,547	4,2
C	140–150	8,4	-	-	-	-	35,4	0,543	Н. о.
<b>Чернозем выщелоченный, разрез 1Т-07</b>									
Av	0–1	6,9	5,9	22,7	7,7	1,8	12,0	-	Н. о.
A	2–12	6,6	4,3	18,5	7,2	1,2	19,3	-	-//-
A	20–30	6,7	2,1	19,6	9,3	1,1	23,0	-	-//-
AB	40–50	7,0	1,9	17,5	10,0	1,3	24,3	-	-//-
B	55–65	7,5	1,7	15,1	10,2	1,3	24,7	-	5,3
BCca	70–80	8,1	1,6	13,9	10,8	1,2	23,4	-	3,5
Cca	120–130	8,1	-	-	-	-	25,4	-	3,2

Примечание. Н. о. – не определено.

Таблица 3

## Магнитная восприимчивость мерзлотных черноземов Центральной Якутии

Горизонт	Глубина, см	$\chi, \text{n} \times 10^{-5}$ ед. Си	$P, \text{n} \times 10^3$ $\text{kg/m}^3$	$\chi, \text{n} \times 10^{-8}$ $\text{m}^3/\text{kg}$	$\chi/\chi_c$
<b>Чернозем обыкновенный, разрез 2ЧТ-03</b>					
Av	0–1	42,1	0,54	78,0	0,9
A	1–11	101,0	1,03	98,0	1,2
A	12–22	96,1	1,03	93,3	1,1
AB	23–35	83,7	1,09	76,8	0,9
Bca	40–50	63,9	1,06	60,3	0,7
BCca	60–70	97,4	0,99	98,3	1,2
C	140–150	113,9	1,39	82,0	1,0
Среднее*		99,5		78,4	
<b>Чернозем обыкновенный, разрез 7Ой-04</b>					
Aa	5–15	85,8	0,94	91,3	1,2
AB	30–40	85,2	0,98	86,3	1,1
Bca	43–53	91,4	1,01	90,5	1,2
BCca	65–75	85,2	1,10	77,4	1,0
C	120–130	90,7	1,16	78,2	1,0
Среднее*		87,8		82,3	
<b>Чернозем обыкновенный, разрез 2БС-09</b>					
Aa	8–18	117,9	1,36	86,7	1,0
AB	30–40	103,3	1,30	79,5	0,9
B	55–65	112,2	1,40	80,1	0,9
BCca	80–90	89,6	1,16	77,2	0,9
C1ca	101–107	132,0	1,32	100,0	1,1
C2ca	110–120	107,8	1,23	87,6	1,0
Среднее*		106,9		83,7	
<b>Чернозем обыкновенный, разрез 1Т-13</b>					
Av	0–2	61,6	0,82	75,1	1,5
A	7–17	82,7	1,08	76,6	1,5
ABca	26–36	57,1	1,02	56,0	1,1
Bca	50–60	41,9	1,07	39,2	0,8
BCca	100–110	51,8	1,19	43,5	0,8
Cca	135–145	59,0	1,15	51,3	1,0
Среднее*		57,2		51,4	
<b>Чернозем обыкновенный, разрез 2Т-13</b>					
Aa	10–20	79,6	1,01	78,8	1,4
AB	40–50	75,4	1,13	66,7	1,2
Bca	70–80	48,9	1,01	48,4	0,9
BCca	100–110	49,2	1,18	41,7	0,7
C	140–150	63,0	1,12	56,2	1,0
Среднее*		62,1		57,1	
<b>Чернозем выщелоченный, разрез 1Т-07</b>					
Av	0–1	15,7	0,97	16,2	2,2
A	2–12	14,5	1,09	13,3	1,8
AB	20–30	11,5	1,09	10,5	1,4
B	40–50	10,0	1,10	9,1	1,2
BCca	70–80	5,9	1,15	5,1	0,7
Cca	120–130	8,4	1,13	7,4	1,0
Среднее*		9,9		8,9	

\*Средневзвешенные значения.

Характер магнитных профилей изучаемых почв, отмечаемый по внутрипрофильному изменению значений отношения  $\chi/\chi_s$ , целиком определяется индивидуальными особенностями формирования свойств и состава данных почв. Так, для черноземов обыкновенных легкого гранулометрического состава отмечается более-менее равномерный тип магнитного профиля, когда данное отношение изменяется в пределах 0,7–1,2, а для их аналогов тяжелого гранулометрического состава и черноземов выщелоченных – аккумулятивный тип профиля, а отношение  $\chi/\chi_s$  уже составляет 0,7–1,5 и 0,7–2,2 соответственно.

### Литература

1. Водяницкий Ю. Н., Шоба С. А. Магнитная восприимчивость как индикатор загрязнения тяжелыми металлами городских почв (обзор литературы) // Вестник Московского университета. Сер. 17, Почвоведение. 2015. № 1. С. 13–20.
2. Еловская Л. Г., Иванова Е. Н., Розов Н. Н. К вопросу о классификации и систематике почв Якутии // Мерзлота и почва : докл. Всесоюз. конф. Вып. 3. Якутск : Якут. кн. изд-во, 1974. С. 29–78.
3. Еловская Л. Г., Коноровский А. К. Районирование и мелиорация мерзлотных почв Якутии. Новосибирск : Наука. Сиб. отд-ние, 1978. 175 с.
4. Еловская Л. Г. Классификация и диагностика мерзлотных почв Якутии. Якутск : Якут. филиал СО АН СССР, 1987. 172 с.
5. Золотая Л. А., Калишева М. В. Типы магнитных профилей почв // Железо в почвах : тез. докл. междунар. совещ. Ярославль : Ярославл. гос. техн. ун-т, 1999. С. 10–11.
6. Чевычелов А. П., Скрыбыкина В. П., Васильева Т. И. Географо-генетические особенности формирования свойств и состава мерзлотных почв Центральной Якутии // Почвоведение. 2009. № 6. С. 648–657.

## MAGNETIC SUSCEPTIBILITY OF PERMAFROST CHERNOZEMS OF CENTRAL YAKUTIA

A. A. Alekseev, A. P. Chevychelov

*Institute of Biological Problems of the Cryolithozone SB RAS  
Yakutsk, Russian Federation, chev.soil@list.ru*

In the present article, the features of geographical distribution, physical and chemical properties, as well as the volume and specific magnetic susceptibility of six soil sections of permafrost chernozems formed in the conditions of the cryoarid climate of Central Yakutia are studied. It is shown that both the physical and chemical properties and the values of VMS and SMS of the studied subtypes of permafrost chernozems differ significantly. Thus, the weighted average values of VMS and SMS of leached chernozem, respectively, are  $9,9 \times 10^{-5}$  units Si and  $8,9 \times 10^{-8} \text{ m}^3/\text{kg}$ , whereas those of ordinary chernozems –  $57,2\text{--}106,9 \times 10^{-5}$  units Si and  $51,4\text{--}83,7 \times 10^{-8} \text{ m}^3/\text{kg}$ , that is, an average increase of 8 times.

## РЕТРОСПЕКТИВНЫЙ АНАЛИЗ ИЗМЕНЕНИЙ ПОЧВ СТЕПНОЙ ЗОНЫ ВОСТОЧНО-ЕВРОПЕЙСКОЙ РАВНИНЫ В УСЛОВИЯХ ГЛОБАЛЬНЫХ ИЗМЕНЕНИЙ КЛИМАТА

А. О. Алексеев, Т. В. Алексеева, П. И. Калинин, М. В. Ельцов  
П. А. Шарый, Г. В. Митенко, В. В. Малышев

*Институт физико-химических и биологических проблем почвоведения РАН, Пущино, Россия alekseev@issp.psn.ru*

Современные ландшафты степной зоны Европейской части России отражают длительную историю естественной эволюции, которая отличалась сложностью и динамичностью вследствие изменений природных условий и возрастающего воздействия антропогенного фактора. Без анализа роли естественного тренда изменения климата и его воздействия на ландшафтную оболочку Земли невозможен прогноз долгосрочных последствий геоэкологических изменений и выработка адекватной стратегии поведения в условиях ускоряющегося развития экологического кризиса. Наиболее надежным носителем информации о палеоклимате и палеоэкологии в целом являются палеопочвы. В регионе сосредоточены два типа «временных капсул» четвертичного времени хранящих информацию о палеоэкосистемах и палеоклиматах. Во-первых, это голоценовые палеопочвы археологических памятников (курганы, валы грунтовых фортификационных сооружений). Во-вторых, это лессово-почвенные комплексы, фиксирующие последовательность развития степной зоны в плейстоцене и сохраняющие информацию длительного и многофакторного педогенеза. Кроме того, появляется возможность мониторинга изменения почв исследуемого региона в зависимости от динамики климатических показателей за последние несколько десятков лет (20–40 лет) базируясь на повторных исследованиях современных почв, приуроченных к охранным зонам археологических памятников.

Применение комплекса современных геохимических, минералогических, петрофизических и почвенных методов аналитики позволяет в настоящее время получить новые данные об эволюции почв и климата степной зоны [1–5]. Нашим коллективом продолжается активное изучение современных почв степной зоны для получения количественных функциональных зависимостей свойств минеральных и органических компонентов почв степной зоны юго-востока Русской равнины с климатическими параметрами как для задач палеореконструкций, так и для задач экологического моделирования с прогнозными целями. В ходе трехлетних маршрутных экспедиций (2018–2020) собран материал по более чем 90 почвенным разрезам равномерно покрывающих климатические зоны степной зоны юго-востока Русской равнины охватывающих почвы лесостепной, степной и полупустынной зон от центрально-черноземных районов до Прикаспийской низменности и от Южного Урала до Керченского пролива. Среднегодовые атмосферные осадки в пределах изученного региона изменяются в интервале от 200 до 700 мм/год, среднегодовая температура от +

8 до + 11 °С. Такой градиент осадков и температур позволил нам получить достоверную калибровку климатических параметров для почв степного региона. Кроме того, экспедиционные маршруты проходили по территории, в пределах которой находится основное число археологических памятников, используемых для изучения погребенных почв, а также лёссово-почвенных комплексов плейстоцена.

В результате получены новые качественные и количественные функциональные зависимости геохимических свойств минеральных и органических компонентов современных почв степной зоны юго-востока Русской равнины с климатическими параметрами (осадки, температура, индекс аридности), что позволяет использовать полученные показатели для анализа и корректировок уже проведенных палеореконструкций базирующихся на изучении большого набора четвертичных палеопочв (голоцен, плейстоцен) и оценки кризисных и оптимальных этапов в истории почвообразования как основы для оценки современного состояния почвенного покрова степной зоны юго-востока Русской равнины и прогноза его развития в контексте глобальных и региональных изменений климата

Изучены свойства органоминеральных комплексов (ОМК) почв степной зоны Восточно-Европейской равнины во взаимосвязи с климатическими параметрами (осадки, температура и аридность). Кроме того, изучены также ОМК четвертичных палеопочв этого региона. Органическое вещество палеопочв максимально сохраняется в форме стабилизованных органоминеральных комплексов. Проведена отработка методики расшифровки информации, сохраняющейся в органоминеральных комплексах палеопочв. Анализ параметров  $^{13}\text{C}$  ЯМР и ИК-спектров ОМК илистых фракций погребенных и современных почв продемонстрировал наличие прямых корреляций качественных характеристик органического вещества почв с вариациями климатических условий в прошлом и настоящем. В структуре ОМК содержание алифатических структур варьирует в интервале 12–27 %, ароматических 14–35 %. Соотношение этих групп определяется климатическими параметрами: при нарастании аридности увеличиваются содержание алкилов и уменьшается содержание ароматических структур и наоборот. Изменения изотопного состава углерода ( $\delta^{13}\text{C}$ ) ОМК палеопочв также связано с динамикой климатических условий степей в голоцене и плейстоцене и позволяют определить различие в соотношении групп C3/C4 растений в связи с глобальными изменениями климата. Характеристики ОМК хроно-последовательности почв позволяют получить дополнительную информацию о диагенетическом этапе преобразования ОВ и внести корректировки в палеоклиматические реконструкции (рис. 1).

Статистический анализ климатических зависимостей изменения магнитной восприимчивости в профиле современных почв степей юга Восточно-Европейской равнины в пределах климатических трансект 2018–2020 гг. продемонстрировал возможность определения количества атмосферных осадков, индекса аридности Де Мартона (IDM), коэффициента увлажненности (KU) в прошлые эпохи [1].

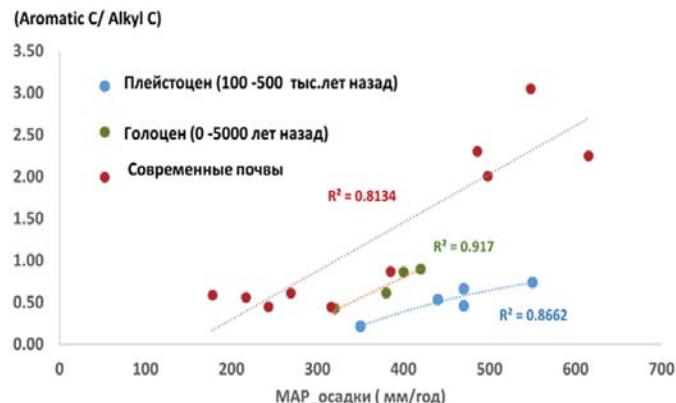


Рис. 1 Качественная характеристика органо-минеральных комплексов почв при вариации климата четвертичного почвообразования

Следует подчеркнуть, что гидротермический показатель IDM – наиболее подходящий с точки зрения возможных палеоклиматических реконструкций, позволяющих количественно проследить тренд аридизации климата. Следует указать на выявленные ограничения для проведения климатических реконструкций по магнитным свойствам почв в интервалах среднегодовых осадков <600 мм/год. По индексу аридности засушливые регионы мира подразделяются на три зоны: аридную, semiаридную и сухую субгумидную. Полученный инструмент был применен к накопленным на сегодняшний день данным для более 100 погребенных почв археологических памятников региона для реконструкции гидротермического показателя индекс аридности (IDM) с целью количественной оценки сдвигов границ климатических зон на протяжении позднего голоценена на юге Восточно-Европейской равнины (рис. 2). Картографическая реконструкция изменения индекса аридности (IDM) и положения границ сухостепной и пустынно-степной зоны ( $IDM = 20$ ) с использованием методов ГИС моделирования на основе палеопочвенных данных демонстрирует, что за последние 5000 лет на территории Волго-Донского междуречья происходили неоднократные изменения климатической ситуации, вызывавшие миграции границ почвенно-географических зон. Полученные результаты демонстрируют существенные сдвиги, выявлена динамика с амплитудой до 200–300 км. На основании полученных данных возможно детализировать палеоэкологическую периодизацию позднего голоцена для степной и лесостепной зон Восточной Европы.

Показано, что повторные обследование изученных 20–40 лет назад фоновых современных почв, прилегающих к археологическим памятникам (курганным могильникам) фиксируют существенные изменения свойств этих почв по физическим и химическим показателям, в связи с динамикой изменения климата и нарастающей антропогенной нагрузкой на территорию. Наиболее заметное изменение в свойствах почв, зафиксировано на территории Волго-Донского меж-

дуречья. Проведено моделирование пространственного распределения значений индекса аридности с построением изолиний и проанализировано смещение границ степной зоны на европейской территории России в зависимости от динамики климата за последние 60 лет. Продемонстрирован отклик в изменение свойств почв на аридизацию климата в степной зоне и нарастающим антропогенным прессингом на отдельные биоценотические свойства. Тенденции усиления засушливости в начале XXI века после этапа повышенного увлажнения второй половины XX века выявлена практически для всей территории юга Европейской равнины.

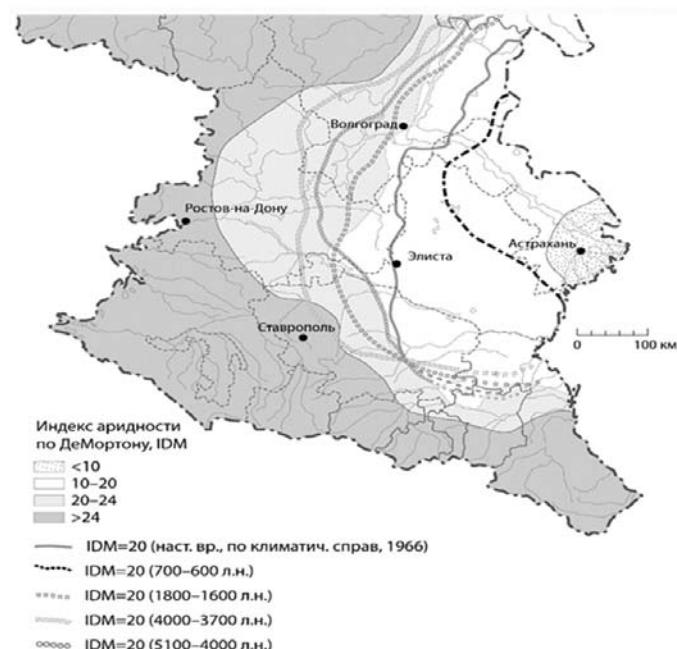


Рис. 2. Результаты ГИС моделирования сдвига границы границы сухостепной и пустынно-степной зоны ( $IDM = 20$ ) на юге Восточно-Европейской равнины в разные хроноинтервалы голоцена по палеопочвенным данным: – настоящее время, по климатическим справочникам, 1966; – 600–700 л. н.; – 600–1800 л. н.; – 3700–4000 л. н.; – 5100–4000 л. н.

В результате многолетних исследований создана первая версия базы данных почвенных характеристик и почвенной геоинформационной системы для комплексного анализа почвенных ресурсов степной зоны юго-востока Восточно-Европейской равнины для задач ретроспективного анализа данных.

*Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ № 19-29-05178.*

## **Литература**

1. Алексеев А. О., Митенко Г. В., Шарый П. А. Количественные оценки палеоэкологических изменений в позднем голоцене на юге Восточно-Европейской равнины на основе магнитных свойств почв // Почвоведение. 2020. № 12 .
2. Алексеев А. О., Калинин П. И., Алексеева Т. В. Почвенные индикаторы параметров палеоэкологических условий на юге восточно-европейской равнины в четвертичное время // Почвоведение. 2019. № 4. С. 389–399.
3. Почвенные параметры количественной оценки климатических изменений в позднем голоцене на юге восточно-европейской равнины / А. О. Алексеев, П. И. Калинин, Т. В. Алексеева, Г. В. Митенко // Доклады академии наук. 2019. Т. 485, № 1. С. 83–87.
4. Late Holocene climate reconstructions for the Russian steppe based on mineralogical and magnetic properties of buried palaesols / T. Alekseeva, A. Alekseev, B. A. Maher, V. Demkin // Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology. 2007. Vol. 249. P. 103–127.
5. Татьянченко Т. В., Алексеева Т. В., Калинин П. И. Минералогический и химический составы разновозрастных подкурганных палеопочв южных Ергеней и их палеоклиматическая интерпретация // Почвоведение. 2013. № 4. С. 379–392.

## **RETROSPECTIVE ANALYSIS OF SOIL CHANGES IN THE STEPPE ZONE OF THE EAST EUROPEAN PLAIN IN THE CONTEXT OF GLOBAL CLIMATE CHANGE**

**A. O. Alekseev, T. V. Alekseeva, P. I. Kalinin, M. V. Yeltsov, P. A. Sharyj,  
G. V. Mitenko, V. V. Malyshев**

*Institute of Physical Chemical and Biological Problems of Soil Science RAS  
Pushchino, Russian Federation, alekseev@issp.psn.ru*

Modern steppe zone landscapes of the European part of Russia reflect a long history of natural evolution, which was characterized by complexity and dynamism due to changes in natural conditions and the increasing impact of anthropogenic factors. Without an analysis of the role of the natural trend of climate changes and its impact on the environment and soils, it is impossible to predict the long-term consequences of geoecological changes and to develop an adequate strategy for behavior in the context of the accelerating development of the ecological crisis. The most reliable source of information about the paleoclimate and paleoecology in general are the paleosols. The use of a complex of modern geochemical, mineralogical, petrophysical and soil analysis methods allows us to obtain new data on the evolution of soils and climate of the steppe zone. New qualitative and quantitative functional dependences of the geochemical properties of mineral and organic components of modern soils of the steppe zone with climatic parameters (precipitation, temperature, aridity index) are obtained, which allow us to use the obtained indicators for the analysis and adjustments of already conducted paleoreconstructions based on the study of a large set of Quaternary paleosols (Holocene, Pleistocene). Retrospective analysis of paleosoils for prediction purposes should be carried out taking into account the change in the presently-dominating soil-formation factors. Soil formation in the steppe zone today and in the near future is determined by an altered combination of factors relative to the past, namely, the extremely intensive and direct anthropogenic effect in the form of agricultural use of soils in the steppe zone.

## КООРДИНАТНЫЙ АНАЛИЗ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ КЛИМАТИЧЕСКИХ НИШ ПОЧВ НА ЮЖНОЙ ГРАНИЦЕ КРИОЛИТОЗОНЫ ЗАБАЙКАЛЬЯ

Н. Б. Бадмаев, А. Б. Гынинова, Ю. Б. Цыбенов

Институт общей и экспериментальной биологии СО РАН  
Улан-Удэ, Россия, nima\_b@mail.ru

Забайкалье характеризуется чрезвычайно уникальным и контрастным сочетанием факторов почвообразования и поэтому является удобной моделью для изучения разнообразия, диагностики и классификации почв. В данном сообщении представлены результаты исследований по определению параметров климатических ниш почв юга Витимского плоскогорья (**ЮВП**) и севера Селенгинского среднегорья (**ССС**).

Для реализации цели почвенный покров представлен как система объектов, расположенных в п-мерном экологическом гиперпространстве, осями которого выступают факторы почвообразования [4]. Каждый тип почвы может формироваться лишь внутри определенной амплитуды значений каждого фактора. Крайние значения определяют тот объем многомерного пространства, который и может быть определен как экологическая ниша типа почвы. Для установления экологической ниши почв в системе *почва – климат* предлагается координатный анализ – изучение формирования почв в многомерном признаковом пространстве факторов почвообразования.

На основе иерархического принципа почвенно-географического районирования последовательно выбраны Северо-Байкальская и Забайкальская горная провинции, внутри которых выделены пространственные границы Еравнинско-Телембинского ЮВП и Кижингинско-Шилкинского среднегорного ССС почвенного округа по территории южной границы криолитозоны Забайкалья (табл.).

Сопряженный анализ картографической информации мелкомасштабных карт (М 1:3 500 000 [1], позволил выявить взаимоспецифические состояния почв и климатических факторов среды. На основе статистической выборки почвенной и тематических карт климатической среды сформировано многомерное признаковое пространство системы *почва – климат*. Сопоставление гидротермических показателей рассматриваемой территории с климатическими ареалами основных типов почв мира [6] и Предбайкалья [7] показывает, что в подобных климатических условиях располагаются лишь ареалы тундровых и подзолистых почв. По среднегодовой температуре воздуха диапазон колеблется в пределах от  $-3,8$  до  $-5,5$  °С. Годовая сумма осадков, в диапазоне которых функционируют почвы, составляет 250–400 мм.

Таблица

Многомерное признаковое пространство факторов почвообразования юга Витимского плоскогорья и севера Селенгинского среднегорья и общие параметры топоэкологических ниш типов почв

Но <sup>р</sup> ОР и почвы	ПЛ	«Красногорка»			«Дархутуй»			«Комсомольская сопка»			«Хасурта»			
		Чк	Сл	Чк	БР	ПЛ	Чк, к	А/ДЛ/с	Чкз	Чг	БР	КРа	ДЛ6	КРа
<b>КАМЕРАЛЬНЫЙ БЛОК (анализы, параметры экологических ниш почв, предварительная диагностика и классификация почв [2004, 2008])</b>														
Тип растительности	Березо- вый лес	Луговые степи	Лист- веннич- лес	Березовый лес	Луговые степи	Остеп- ненный луг	Луговые степи с гало- фитами	Листян- нично- березо- вые леса						
Рельеф	Пологий лесной склон северной экспозиции (969 м), водораздел (973 м) и крутой лугово-степной склон южной экспозиции (945 м)	Пологий длинный склон северной экспозиции от горы «Дархутуй» (1015 м) до высокогорного термоэркестрового озера «Хамисан» (945 м)	Крупная лесостепная катена склона южной экспозиции и лесосуловая катена склона южного склона северной экспозиции. Перепад высот – 889–862 м	Пологий склон ю-в экспозиции озера «Улан-Бургась» (781 м) до увалистых равнин (667 м)										
МП, Ген	Д, Дса	Дса	Э, Д	Д, Дса	Дса	О	Дса, А	Дса	Э, ЭД	Дса кам	ЭД, Д	Дса кам	Дса	Дса
МП, ГрС	тс, гл	тс	тс	с	гл	гл	тс	тс	тс	с	сп, п	с, лс	сп, п	сп, п
<b>ПОЛЕВОЙ БЛОК (описание почв и отбор образцов, установка датчиков Т и W, бурение и взятие кернов для радиоуглеродного анализа СВИД)</b>														
III	Палеоген-неогеновые отложения	Неогеновые и нижне-плейстоценовые базальты	Нижние-палеозойские гранитоиды											
Осадки, мм	350–400	350–400	200–400	350–400	200–400	350–400	200–400	350–400	200–400	350–400	400	250	200	200
Сумма $T > 10^\circ\text{C}$	1000– 1400	1400–1600	1000–1400	1400–1600	1400–1600	1400–1600	1400–1600	1400–1600	1400–1600	1600– 2000	1000– 2000	1600– 2000	1800– 2000	2000
<b>ПОДГОТОВИТЕЛЬНЫЙ БЛОК (обзор и создание факторно-экологической матрицы «Почва-климат (мерзлота)», поиск и определение ключевых ПТ)</b>														
Почвенные округи	Еравинско-Гелембинский ютюбинский	Киргантинско-Шилкинский среднегорский	Северо-Прибайкальская горная провинция	Забайкальская горная провинция										
Провинции														
Область														
ПОЯС														
<b>БОРЕАЛЬНЫЙ (УМЕРЕННО-ХОЛОДНЫЙ) ПОЯС</b>														

Примечание: ПЛ – полигон-трансект; ОР – опорные разрезы; Почки: \* – сезонномерзлотные, ПЛ – палевые темнотуесовые; Чк – черноземы квазилесные; Сл – слитоземы темные; БР – буровозмы грубогумусовые; Чк, к – черноземы влагогумусовые; ДЛ – залповальные (лимнические) дерновые слабозарывитые; Чкз – черноземы влагогумусовые; Чг – черноземы глеевые; Чк\*\* – криоградные; ДЛ\*\* – дерново-подзолы; КРа\*\* – криоградные; ДЛ6\* – дерново-лесной, Д – земноводно-лесной, А – аллювиальный, О – озерные отложения, МП, ГрС – транзулометрический состав; п – песок, сп – супесь, лс – лепкий суглинок, тс – тяжелый суглинок, гл – глина; ПЛ – почвообразующие породы.

В таком «узком» гидротермическом диапазоне, в классическом варианте которых формируются только два зональных типа (тундровые и подзолистые), на исследуемой территории выявлены до 11 типов почв. Причем последние находятся в холодной части ареала с отрицательной среднегодовой температурой. Ареалы других зональных типов почв (каштановые и черноземы) наблюдаются в условиях с положительными среднегодовыми температурами. Ведущим фактором дифференциации почвенного покрова выступает степень увлажнения, определяющая полноту использования тепловой энергии. Следовательно, специфичной для Предбайкалья и Забайкалья, можно считать низкий энергетический уровень почвообразования, небольшие различия в теплообеспеченности между генетическими далекими почвами, их территориальное единство.

На основе почвенных и климатических тематических карт определены климатические ареалы, составлена гидротермическая система и распределение полей почвенных типов Забайкалья (рис. 1).

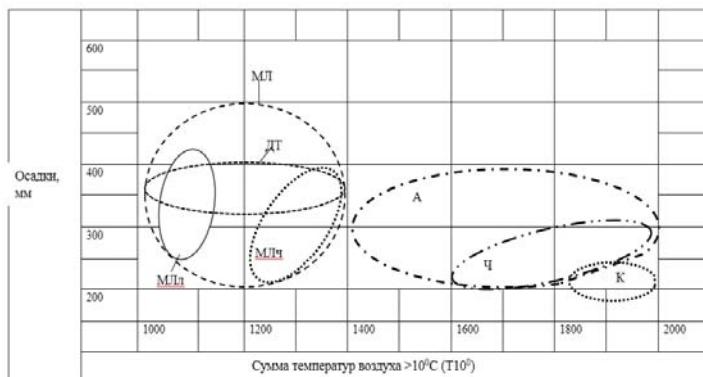


Рис. 1. Гидротермическая система и распределение полей почвенных типов ЮВП и ССС Забайкалья. Примечание: Ареалы почв: А – аллювиальные; К – каштановые; Ч – черноземы; ДТ – дерново-таежные; МЛл – мерзлотные лугово-лесные; МЛч – мерзлотные лугово-черноземные; МЛ – мерзлотные луговые

Из изученных почв по атмосферному увлажнению крайние позиции занимают черноземы и каштановые почвы криоаридных ландшафтов, с одной стороны, и мерзлотные лугово-лесные и мерзлотные луговые почвы криогидроморфных ландшафтов – с другой. Пространственная и информационная граница по этому показателю между последними проявляется на величине 250–300 мм. Пространственной и информационной границей между мерзлотными и сезонномерзлотными почвами является величина 1400 °C, ниже которой формируются и развиваются мерзлотные, выше – наоборот.

Таким образом, сопряженный анализ почв и климатического фона, при котором они формируются, позволил определить параметры экологических ниш в системе *почва – климат* на уровне почвенных округов.

В систему *почва – климат* для более полной оценки влияния климата как фактора почвообразования дополнен «мерзлотный субфактор», через глубину протаивания и промерзания почв [2–5, 8]. Представленные материалы свидетельствуют о тесной зависимости глубины протаивания и промерзания от гранулометрического состава материнских пород (рис. 2) и типа растительности (рис. 3). Выделяются отчетливо две зоны, сезоннопротаивающие мерзлотные почвы на палеоген неогеновых отложениях тяжелого гранулометрического состава и сезоннoprомерзающие холодные почвы на продуктах выветривания щебнистых нижнепалеозойских гранитоидах легкого гранулометрического состава.

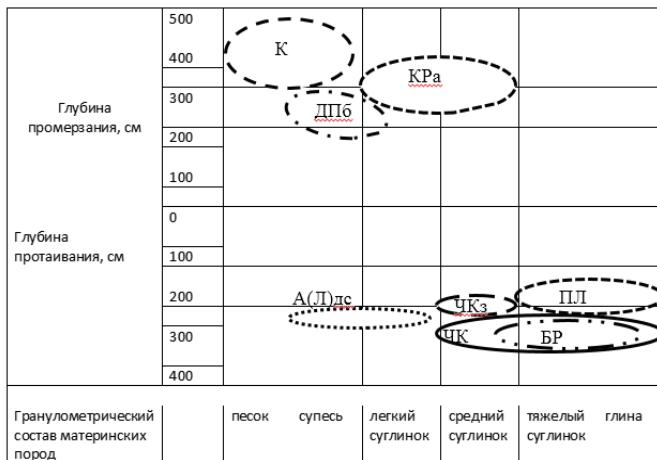


Рис. 2. Координатная система «Глубина промерзания / протаивания почв – гранулометрический состав материнских пород».

Почвы: **холодные:** К – каштановые; КРа – криоаридные; ДПб – дерново-подбуры; **мерзлотные:** БР – буроземы; ПЛ – палевые; ЧК – черноземы квазиоглеевые; ЧКз – черноземы квазиоглеевые засоленные; А(Л)дс – аллювиальные (лимнические) дерновые слаборазвитые

Первая группа почв занимают пологие склоны северных экспозиций, начиная от лиственничных вершин (буроземы – 2,5–3,0 м), через березовые леса средних частей (палевые – 2,3–2,5 м) до луговых степей (черноземы квазиоглеевые 2,1–2,75) аккумулятивных ландшафтов. Эти почвы представляют Еравнинско-Телембинский котловинный почвенный округ ЮВП в пределах переходной зоны от островного к сплошному распространению многолетней мерзлоты.

Вторая группа почв формируются в условиях засушливого холодного климата под степной растительностью и сосновыми лесами. Наиболее глубоко промерзают каштановые (3–5 м) и криоаридные (3–4 м) элювиальных и делювиальных породах супесчано-суглинистого состава. Дерново-подбуры нижне-

таежного пояса отрогов хр. Улан-Бургасы промерзают несколько ниже (2,5–3 м) и замыкают группу почв Кижингинско-Шилкинского почвенного округа ССС в условиях островного распространения многолетней мерзлоты (мощностью 50–30 м).

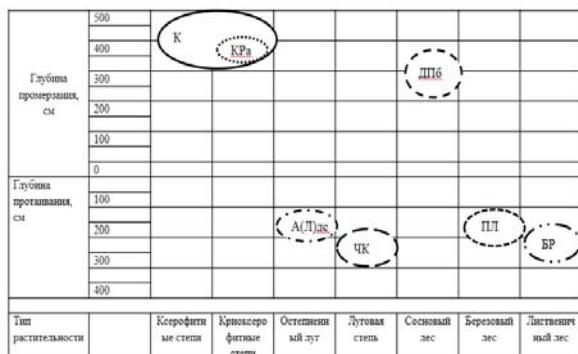


Рис. 3. Координатная система «Глубина промерзания / протаивания почв – тип растительности».

Почвы: *холодные*: К – каштановые; Кра – криоаридные; ДПб – дерново-подбурые;  
*мерзлотные*: БР – буроземы; ПЛ – палевые; ЧК – черноземы квазиоглеевые; ЧКз –  
 черноземы квазиоглеевые засоленные; А(Л)дс – аллювиальные (лимнические) дерновые  
 слаборазвитые

На основе иерархического принципа почвенно-географического районирования последовательно выбраны Северо-Байкальская и Забайкальская горная провинции, внутри которых выделены пространственные границы Еравнинско-Телембинского юга Витимского плоскогорья (ЮВП) и Кижингинско-Шилкинского среднегорного севера Селенгинского среднегорья (ССС) почвенного округа на южной границе криолитозоны Забайкалья. Сопряженный анализ мелкомасштабных карт позволил выявить взаимоспецифические состояния почв и климатических факторов среды, определить климатические ареалы почв и распределение полей в координатах системы «почва-климат» на уровне почвенных округов.

*Работа выполнена при финансовой поддержке ГЭФ (проект RFO-GPSO\_2014-071(IWC-78317), гранта РФФИ № 19-29-05250 «Температурное поле почв криолитозоны Забайкалья: закономерности развития и прогноз изменений» и проекта НИР № 121030100228-4 ИОЭБ СО РАН «Эволюционно-генетические, биогеохимические и продукционные функции почв Байкальского региона, как компонента биосферы, оценка их ресурсного потенциала и разработка технологии рационального использования и охраны»*

### Литература

1. Атлас Забайкалья. М. ; Иркутск : ГУГК, 1967. 76 с.
2. Бадмаев Н. Б. Классификационная оценка теплового режима мерзлотных катен Витимского плоскогорья // Почвоведение. 1995. № 9. С. 1109–1114.

3. Бадмаев Н. Б. Мерзлотный режим катен Еравнинской котловины Байкальского региона // География и природные ресурсы. 1997. № 2. С. 179–183.
4. Бадмаев Н. Б. Координатный анализ и принципы распознавания почв. Улан-Удэ : Изд-во Бурят. гос. ун-та, 2008. 206 с.
5. Бадмаев Н. Б., Корсунов В. М., Кулников А. И. Тепловлагообеспеченность склоновых земель. Улан-Удэ : БНЦ СО РАН, 1996. 126 с.
6. Волобуев В. Р. Экология почв (очерки). Баку, 1963. 260 с.
7. Кузьмин В. А. Почвы Предбайкалья и Северного Забайкалья. Новосибирск : Наука, 1988. 175 с.
8. Кулников А. И., Дугаров В. И., Корсунов В. М. Мерзлотные почвы: экология, тепло-энергетика и прогноз продуктивности. Улан-Удэ : БНЦ СО РАН, 1997. 313 с.

**COORDINATE ANALYSIS AND DETERMINATION OF THE PARAMETERS  
OF CLIMATIC NICHES OF SOILS AT THE SOUTHERN BORDER  
OF THE CRYOLITHOZONE OF THE TRANSBAIKALYE**

**N. B. Badmaev, A. B. Gyninova, Yu. B. Tsybenov**

*Institute of General and Experimental Biology SB RAS  
Ulan-Ude, Russian Federation, nima\_b@mail.ru*

On the basis of the hierarchical principle of soil-geographical zoning, North Baikal and Transbaikal mountain provinces, within which spatial borders of the Yeravninsko-Telembinsky south of the Vitim plateau (SEP) and the Kizhinginsko-Shilkinsky of the middle mountain north of the Selenga middle mountains (MSS) of the soil district along the territory of the southern border permafrost zones of Transbaikalia. Conjugate analysis of small-scale maps (M 1: 3500000) revealed mutually specific conditions of soils and climatic factors of the environment, to determine the climatic areas soils and the distribution of fields in the coordinates of the "soil-climate" system at the level of soil districts.

# ФИЗИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ГИСТЕРЕЗИСА ПОЧВЕННОЙ ВЛАГИ – ОТ ГИДРАВЛИКИ ДО НЕЛИНЕЙНОЙ ФИЗИКИ

Н. Д. Гайденок

Сибирский федеральный университет, Красноярск, Россия  
ndgay@mail.ru

Проведен предметный анализ гистерезиса почвенной влаги где показана возможность описания ее функционирования на основе математического аппарата аналитической механики на примере физического маятника. Сама диаграмма гистерезиса почвенной влаги подобна фазовому портрету физического маятника при зависимости  $pF = V^2$ . Целью данного исследования является исследование особенностей гистерезиса ОГХ. В данной области существуют классические методики определения потенциала почвенной влаги с помощью установки, вид которой заимствован из [6] и показан также на одноименном рис. 1.

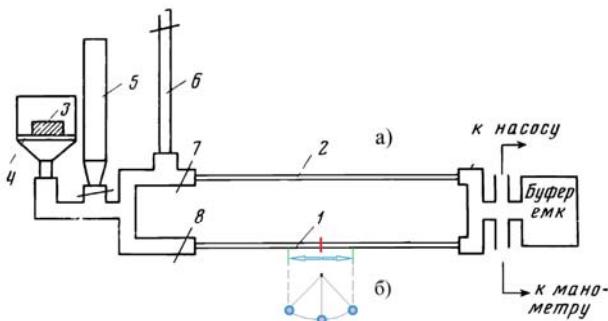


Рис. 1. Принципиальная схема лабораторной тензиометрической установки нулевого типа

Определение потенциала почвенной влаги (ППВ) методически сводится к мониторингу положения мениска – капилляр 1 – и с физических позиций перемещение мениска эквивалентно колебаниям, в первом приближении математического маятника, а в более реальном аспекте – физического. Различия математического и физического маятника сводятся к тому, что в уравнении движения (1.1) потенциал восстанавливающей силы  $V(x)$  представим в различном виде – (1.2)

$$d[\partial L / \partial [dx/dt]] = dx^2/dt^2 = -\partial V / \partial x, 2L = [dx/dt]^2$$

$$V = \begin{cases} x^2, & \text{математический} \\ f(x) \rightarrow \cos x, p_{2n}(x), & \text{физический,} \end{cases} \quad (1)$$

где  $x$  – отклонение от положения равновесия,  $p_{2n}(x)$  – полином четного порядка или, даже любая четная функция.

Динамика ППВ при чередовании режимов увлажнения/иссушения иллюстрируется с помощью рис. 2 заимствованного из [2] с авторскими дополнениями типа режима в виде цветных линий. Иллюстрация колебаний физического маятника при различных величинах механической энергии в качестве аналога динамики ППВ показана на рис. 2, В, построенного на основе [1].

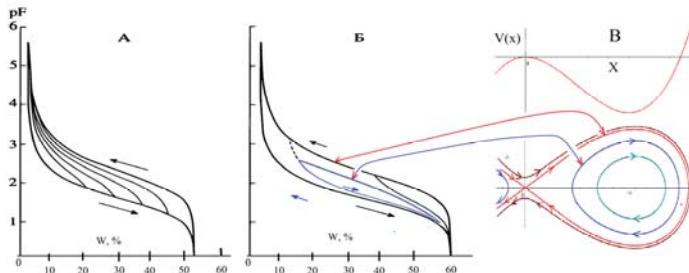


Рис. 2. Иллюстрация режимов увлажнения/иссушения ППВ – А и Б – и фазовый портрет физического маятника с потенциалом  $V = 1/2x^2 - 1/3x^3$

На рис. 2 динамика режимов увлажнения/иссушения ППВ показана в координатах  $[W, \% ; pF = \lg P]$ . Для дальнейшего анализа эквивалентности динамик ППВ и физического маятника необходимо рассмотреть особенности изменения ППВ с гидравлических позиций.

Установка, показанная на рис. 1, является классическим разветвленным трубопроводом с сопротивлением трения по его длине, местными сопротивлениями, куда входит и образец с повой и градиентом давления на его концах [4], который измеряется во время мониторинга ППВ. Для каждого конца данного трубопровода справедливо уравнение Бернулли, отражающее закон сохранения механической энергии (2)

$$\rho g Z + P + \frac{1}{2} \rho V^2 + \frac{1}{2} \rho \sum \zeta_i V^2 = \text{const}, \quad (2)$$

где  $\rho$ ,  $g$ ,  $Z$ ,  $P$ ,  $V$  – плотность воды, ускорение свободного падения, уровень, давление и скорость движения воды.

Здесь возникает вполне законный вопрос: «О какой скорости движения воды может идти речь, если каждое измерение ППВ проходит в стационарном режиме?». Ответом на это может служить: «А о той скорости, которая бы фиксировалась более совершенными датчиками в непрерывном режиме, соответственно изменению давления».

Член  $\frac{1}{2} \rho V^2$  называется динамическим напором или давлением и играет кардинальную роль в дальнейшем анализе. Положение дел здесь заключается в том, что при отсутствии перепада уровней и местных сопротивлений имеется следующее соотношение (3) между  $P$  и  $V^2$ :

$$P = \frac{1}{2} \rho V^2 \quad (3)$$

Д. с., выражение (3) определяет два принципиальных положения:

1. Эквивалентность между динамиками – и как следствие уравнениями ее определяющими – увлажнения/иссушения и физического маятника;

2. Формальное условие разрешающее сам гистерезис ПВ как таковой – действительно (3) остается справедливым, как при положительной величине  $V$ , так и при отрицательной.

Конечно, выражению (3) не следует придавать сакральный характер, полностью устраниющий такие явления, как образование моно слоев на сорбционной стадии или заполнение капилляров на одноименной стадии и которые определяют фактический разброс значений ПВ при ее динамике.

Опираясь на полученные факты, перейдем к выражению практических результатов мониторинга ППВ не в логарифмах, а в абсолютных величинах скорости. На рис. 3 представлены результаты из работы [7] в м/с виртуальной скорости.

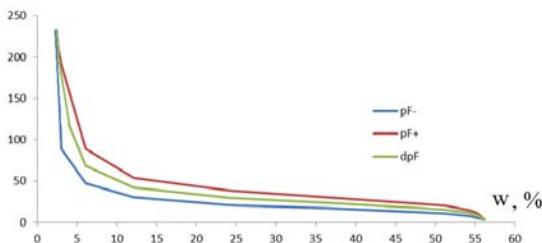


Рис. 3. Выражение результатов мониторинга ППВ из рис. 2, А  
в единицах м/с виртуальной скорости

Далее производится следующий шаг анализа, в известной мере подобный методологии ван-Генучтена [8] (которую проанализируем ниже), – центрирование ветвей гистерезиса, которое производится следующим образом:

- 1) вычисляется их среднее в каждой точке;
- 2) вычитается из нижней и верхней ветви гистерезиса.

В результате получаем аналог фазового портрета из рис. 2, в – рис. 4 – за тем исключением, что на рис. 4. наблюдаются иные замкнутые кривые более высокой степени нелинейности, чем классические эллипсы математического маятника, представляющие собой квадратичную нелинейность.

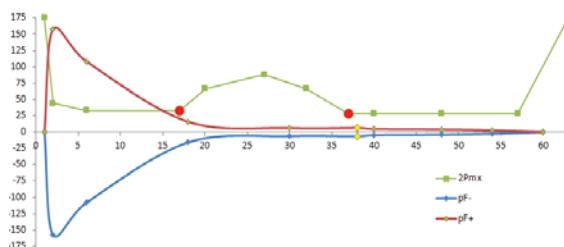


Рис. 4. Представление ППВ в виде фазового портрета в единицах  
м/с виртуальной скорости

Забегая вперед скажем, что получить достаточную аппроксимацию кривых pF- и pF+ в виде замкнутой кривой можно путем умножения классического уравнения эллипса (4.1) на функцию «двойной ступеньки»  $S(w, v)$  – (4.5) – рис. 5.

$$El = W^2 + V^2 = R^2 \quad (4)$$

$$S_w = (1 - \text{th}(0.017(W - W_s)))/2; S_a = 1 + 1.15aS_w; S_v = 1/(1 + ((V - V_s)/S_a)^2)$$

$$S(w, v) = S_w S_v$$

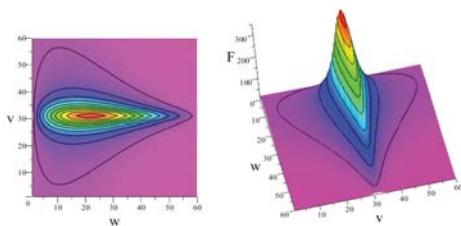


Рис. 5. Иллюстрация преобразования эллипса в ППВ

Далее, если вместо представления  $S_w$  через  $\text{th } x$  использовать выражение (5) и разложить его в ряд по  $W$  при минимальной целой нелинейности  $n = 2$  с оставлением только первого члена

$$S_w = a^n / (a^n + W^n) \rightarrow (1 - (W/a)^n) \quad (5)$$

и подставить полученный результат в (6)

$$F = [W^2 + V^2 - R^2] (1 - (W/a)^2), \quad (6)$$

то получим уже выражение 4-го порядка (7), представляющее собой прямое подобие классической катастрофы сборки [5]:

$$(1 - (W/a)^2) [W^2 + V^2 - R^2] \rightarrow b_0 W^4 + b_1 W^2 + b_5 = 0. \quad (7)$$

Однако, принципиальным вопросом, исходя из теоретических, а не из практических позиций является статус замкнутости крайних кривых ППВ в крайних точках при минимальном и максимальном значении ПВ. Это ярко наблюдается при анализе уже классической модели ван-Генучтена [8], реально представляющей собой отображение замкнутого влажностного диапазона  $[0, 1]$  в незамкнутый интервал pF ( $0 < \epsilon, 1$ ) – рис. 6.

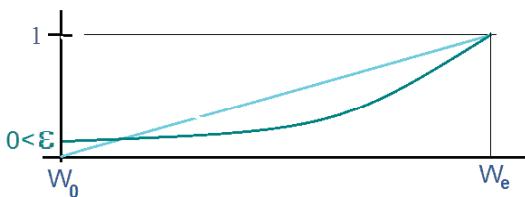


Рис. 6. Формальный анализ модели ван-Генучтена

Перейдем к дальнейшему анализу. На рис. 7, построенному на основании рис. 2, а, лишенному полевых неточностей, – показан ряд кривых. Первым шагом здесь является построение кривой кусочно-линейной аппроксимации Арг, например для верхней кривой  $pF^+$  – для нижней все аналогично. Она позволяет четко выделить две стадии в распределении  $pF^{1/2}$ , отвечающие классическим сорбционной и капиллярным процессам, между которыми находится стадия конденсации при переходе от монослоев к многослойным образованиям.

В зависимости от интенсивности сорбционных, конденсационных и капиллярных процессов в реальных условиях может наблюдаться различное соотношение между значениями  $pF^{1/2}$  на рассмотренных интервалах, что показано на рис. 7, б – д. Рассмотрим это подробнее.

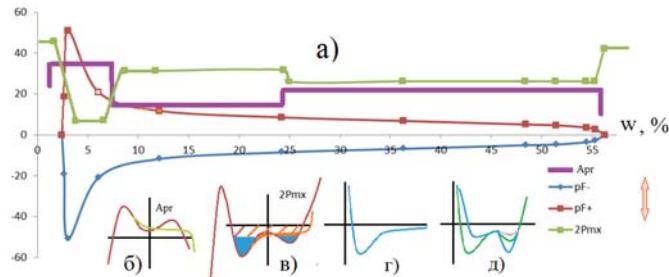


Рис. 7. Соответствие фазовых кривых и потенциала (1. 1) по рис. 2. а

На рис. 7, д в соответствии с [5] показаны все структурные особенности катастрофы сборки:

$$G(x) = x^4 + ax^2 + bx,$$

при  $a < 0$ , когда имеется показанное структурное разнообразие, при  $a \geq 0$  – строгий минимум.

Рассмотренные структурные особенности распределения ППВ, как правило, подобны рис. 7, г. Если в порядке повышения эффективности наглядности рассмотреть нижнюю кривую  $pF^-$ , то она имеет наибольшее сходство с классическим потенциалом Леннарда – Джонсона [9] (8) – рис. 7, г:

$$V(x) \sim a/x^{12} - b/x^6. \quad (8)$$

Однако А. В. Смагиным (личное сообщение) при анализе опытных данных на основе методологии, содержащейся в [3], была обнаружена форма ППВ, имеющая второй более мелкий максимум в области высоких значений ПВ.

Далее, в соответствии с выражением (6), – потенциал аналитической механики  $V$ , который является интегралом (6) для уравнения (1. 1), – должен иметь порядок не ниже пятого – катастрофа «Ласточкин хвост» [5].

Полное произведение  $EL S_w S_v$  с учетом разложения (5) имеет вид (9):

$$EIS(w, v) = \left( (w - ws)^2 + (v - vs)^2 - \frac{1}{4} R^2 \right) \cdot \left( 1 - \frac{(w - ws)^2}{a^2} \right) \cdot \left( 1 - \frac{(v - vs)^2 \left( 1 + S_w \frac{(w - ws)^2}{a^2} \right)^2}{a^2} \right) \quad (9)$$

и является уже полиномом 8-го порядка по  $w$ , который уже выходит за рамки элементарной теории катастроф [5].

### Литература

1. Арнольд В. И. Математические модели механики. М. : Наука, 1984. 324 с.
2. Глобус А. М., Неусыпина Т. А. Определение влажностного гистерезиса и удельной поверхности почв методами электронной микрографо- и психометрии // Почвоведение. 2006. № 3. С. 303–310.
3. Дерягин Б. В., Чураев Н. В., Муллер В. М. Поверхностные силы. М. : Наука, 1985. 364 с.
4. Киселев П. Г. Гидравлика. М. : Энергоиздат, 1963. 424 с.
5. Постон Т., Стоарт Я. Теория катастроф и её приложения. М. : Мир, 1980.
6. Шваров А. П. Степень проявления гистерезиса зависимости капилярно-сорбционного потенциала от влажности почвы // Почвоведение. 1983, № 3. С. 123–126.
7. Шваров А. П., Корнева Е. А. Явление гистерезиса зависимости капилярно-сорбционного потенциала от влажности почвы // Почвоведение. 2008. № 10. С. 1179–1187.
8. Genuchten M. T. -van. A closed form equation – form predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soils // Soil Sci. Soc. Amer. J. 1980. Vol. 44, N 5.
9. Lennard-Jones J. E. Proc. Roy. Soc., 1924, v. A 106, p. 463.

## PHYSICAL ASPECTS OF SOIL MOISTURE HYSTERESIS – FROM HYDRAULICS TO NONLINEAR PHYSICS

N. D. Gaydenok

*FSBNU SSU, Krasnoyarsk, Russian Federation*  
*ndgay@ail.ru*

A subject analysis of the soil moisture hysteresis is carried out, which shows the possibility of describing its functioning on the basis of the mathematical apparatus of analytical mechanics on the example of a physical pendulum. The soil moisture hysteresis diagram itself is similar to the phase portrait of a physical pendulum at the dependence  $pF = V^2$ .

## ФОРМИРОВАНИЕ КРИОГЕННОЙ СТРУКТУРЫ В ТАЕЖНЫХ СУГЛИНИСТЫХ ПОЧВАХ СИБИРИ

Ю. А. Головлева<sup>1</sup>, Е. А. Коркина<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Московский государственный университет им. М. В. Ломоносова

Москва, Россия, Julango85@gmail.com

<sup>2</sup> Нижневартовский государственный университет, Нижневартовск, Россия

Специфические слабодифференцированные почвы: в Западной Сибири – криометаморфические, а в Восточной – палевые, расположенные на террасах крупных рек в зоне средней тайги, характеризуются наличием округлых агрегатов в серединных горизонтах, наблюдавшихся в ходе микроморфологического исследования. При полевом описании в криометаморфических почвах они проявляются как икряная структура, которой в палевых почвах не наблюдается. Данная работа выполнена с целью уточнения процессов почвообразования, приводящих к формированию специфической структуры в таежных суглинистых почвах Сибири.

Суглинистые почвы изучались на участках, расположенных на Северо-Сосьвинской возвышенности, Аганском Увале, Юганско-Ларьеганской возвышенной террасе и Приленском плато. Климат территории континентальный, изменяющийся от умеренного к резкому. В Западной Сибири среднегодовая температура составляет -4–2 °C, средняя температура января – -20 °C, а июня – 18 °C, годовое количество осадков – 580 мм. Почвообразующими породами являются эоловые отложения. В Восточной Сибири среднегодовая температура составляет -10,2 °C, средняя температура января – -38,6 °C и июля – 19,5 °C, годовое количество осадков – 238 мм. В качестве почвообразующих пород выделяются суглинки, супеси, пески древнеаллювиального генезиса. Районы исследования относятся к зоне вечной мерзлоты: островного типа для Западной Сибири и сплошного типа для Восточной.

Для криометаморфических почв характерны буроватый цвет, средне и тяжелосуглинистый гранулометрический состав, уплотненность, глинистые и глинисто-гумусовые кутаны, икряная структура в иллювиальном горизонте, переходящая в шлировую; во влажном состоянии липкость и проявление тиксотропных свойств. Для палевых – бледно-желтый цвет, более легкий гранулометрический состав, глинисто-гумусовые и карбонатные кутаны, шлировая структура, часто скементированная льдом в нижней части профиля.

Согласно классификации WRB криометаморфические почвы были отнесены к реферативной группе: Cambisols, а палевые – к Cryosols [1].

Состав обменных катионов влияет на свойства почв, в частности, на способность к пептизации и агрегированию [2]. Так катион  $Na^+$  имеет мощный диффузный слой, что приводит к смешению частиц друг относительно друга под влиянием механических сил или с током просачивающейся воды и, следовательно, пептизации тонкодисперской части почв. У катионов  $Ca^{2+}$  и  $Al^{3+}$  против слабый диффузный слой: частицы находятся в связном состоянии, в результате повышается степень агрегированности и водопрочности [3]. В

изучаемых почвах Западной Сибири высокое содержание  $\text{Ca}^{2+}$  и  $\text{Al}^{3+}$ , а в Центральной Якутии –  $\text{Ca}^{2+}$  и  $\text{Na}^+$ .

Влияние обменных катионов на илистую фракцию приводит к возможности формирования икряной структуры в условиях криогенеза: как наличия многолетнемерзлых пород, так и циклов промерзания-протаивания за счет сезонного действия холода.

Формирующаяся в процессе постепенного промерзания икряная, структура подзолистого горизонта определяется миграцией воды в поровом пространстве. Её механизм образования связан с постепенным охлаждением и промерзанием несвязной и гигроскопической воды. Образование мелких округлых структурных отдельностей диаметром 1–2 мм, исходя из полученных микроморфологических изображений, связано с тем, что мелкодисперсный материал стягивается в сублимационные округлые кристаллы льда вокруг минеральных частичек, концентрируя в центре железистые и железисто-марганцевые конкреции, в чем проявляется конденсационный процесс, связанный с давлением насыщенного пара [4].

Также было отмечено, что при добавлении воды в образец почвы ненарушенного сложения выходит защемленный воздух. Это явление говорит о физическом процессе льдообразовании, когда при постепенном охлаждении нагретой поверхности образуются паровые пузырьки, создавая округлые полости. Части округлых структурных агрегатов, более крупного размера присутствуют в иллювиально-железистом горизонте. В ядре округлых структурных агрегатов, содержащих мелкодисперсный пылеватый материал, наблюдаются железистые стяжения и конкреции.

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

### Литература

1. IUSS working Group WRB. World reference base for soil resources 2014. International soil classification system for naming soils and creating legends for soil maps. World soil resources reports No. 106. FAO, Rome, 2014. 181 p.
2. Орлов Д. С. Химия почв. М. : Изд-во Московского университета, 1985. 376 с.
3. Воронин А. Д. Основы физики почв. М. : МГУ, 1986. 246 с.
4. Ершов Э. Д., Кучуков Э. З., Комаров И. А. Сублимация льда в дисперсных породах. М., 1975. 224 с.

## CRYOGENIC STRUCTURE FORMATION IN TAIGA CLAY SOILS OF SIBERIA

Iu. A. Golovleva<sup>1</sup>, E. A. Korkina<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Lomonosov Moscow State University, Russian Federation, Julango85@gmail.com

<sup>2</sup>Nizhnevartovsk State University, Nizhnevartovsk, Russian Federation

Specific poorly differentiated soils: in Western Siberia – cryometamorphic, and in the Eastern Siberia – pale, located on the terraces of large rivers in the middle taiga zone, are characterized by the presence of rounded aggregates in the middle horizons, observed during micromorphological study. According to the field description of the cryometamorphic soils, they characterized by caviar structure, which is not observed in the pale soils. This work is carried out in order to clarify the processes of soil formation that lead to the formation of a specific structure in the taiga loamy soils of Siberia. We hypothesized that the exchange cations and their combined effect lead to a formation special structure. Furthermore the caviar structure could form due to ice sublimation.

## ОСНОВНЫЕ ТИПЫ ПОЧВ РОСТОВСКОЙ АГЛОМЕРАЦИИ

С. Н. Горбов<sup>1,2</sup>, О. С. Безуглова<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Южный федеральный университет, Ростов-на-Дону, Россия

sngorbov@sfedu.ru

<sup>2</sup>Российский университет дружбы народов, Москва, Россия

gorbow@mail.ru

Антропогенно-преобразованные почвы городских территорий долгое время не исследовались почвоведами, несмотря на то что важность таких изысканий обосновал еще В. В. Докучаев, разработавший подробный план-проект изучения почв Санкт-Петербурга [6]. Почвы, функционирующие в окружающей среде городов, отличаясь разнообразием сложения и свойств, являются важным фактором их экологического состояния, выполняя прежде всего протекторные функции. Это обуславливает необходимость систематики и инвентаризации таких почв, а также изучения особенностей их экологических функций [1; 9; 11; 14]. Южный федеральный округ (ЮФО), несмотря на его сельскохозяйственную специализацию, является одновременно индустриальным регионом страны и имеет один из высоких уровней урбанизации территории, который в настоящее время практически сравнялся со средним показателем по России – и составил около 74 % [5].

Основой для формирования городских почв водораздельной части Ростовской агломерации послужили, прежде всего, черноземы обыкновенные карбонатные (миграционно-сегрегационные) [8] различной мощности и гумусированности, претерпевшие ряд изменений под влиянием урботехнопедогенеза. При этом под урботехнопедогенезом понимается комплекс почвообразовательных процессов, протекающих в условиях города под влиянием техногенных воздействий [7].

В условиях интенсивной эксплуатации территории промышленных и селитебных районов старой части города наиболее характерный для урботехнопедогенеза процесс трансформации черноземов – это полное (до горизонта ВС) или частичное (горизонт А) скальпирование (снятие верхнего слоя) почвенного профиля с последующей стагнацией оставшейся части профиля. Срезанные естественные горизонты в совокупности с бытовым и строительным мусором формируют основу верхней части профиля урбостратоземов, отличительным диагностическим элементом которых является наличие мощного горизонта «урбик». На современном этапе развития почвоведения сформировалось определенное коллегиальное мнение относительно морфогенетических характеристик данного горизонта. В коллективной работе [12] указывается, что горизонт «урбик» (UR) – синлитогенный диагностический горизонт: постепенно образующийся за счет привнесения различных субстратов на дневную поверхность в условиях городских и сельских поселений».

В Ростовской агломерации диагностированы следующие варианты антропогенно-преобразованных почв, являющихся производными от черноземов (рис.).

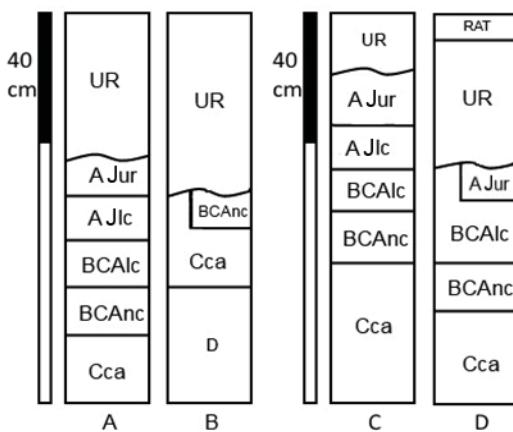


Рис. Схематическое строение профилей антропогенно-преобразованных почв Ростовской агломерации: А – урбостратозем на погребенном черноземе миграционно-сегрегационном; Б – урбостратозем на лессовидных суглинках; С – урбостратифицированный чернозем миграционно-сегрегационный; Д – Реплантозем на погребенном черноземе миграционно-сегрегационном

Урбостратоземы (урбаноземы) на погребенных черноземах миграционно-сегрегационных имеют профиль UR–AUur–[AUlc(AUur)–BCAlc–BCAnc–Cca], либо в случае полного скальпирования чернозема UR–[Cca (D)], в которых мощность горизонта урбик UR > 40 см. В этом случае почва называется урбостратоземом (урбаноземом) на лессовидных суглинках.

Нередко горизонт UR ясно разделяется на подгоризонты UR1, UR2 и т. д., отличающиеся друг от друга по морфологии, составу, свойствам. Эти почвы в силу изменившихся условий процессов почвообразования и осадконакопления и, как следствие, особенностей строения профиля, следует относить к стволу синлитогенных почв и отделу стратоземов [12]. Широко распространены и урбостратифицированные подтипы черноземов миграционно-сегрегационных (или урбо-черноземов), имеющие профиль UR–AUlc(AUur)–BCAlc–BCAnc–Cca, в которых мощность горизонта UR не превышает 40 см, а зачастую лежит в пределах 10–25 см. С нашей точки зрения, для этих почв необходимо найти место в стволе постлитогенных почв.

В зависимости от проводимых мероприятий по рекультивации в своем составе почвы могут содержать верхний рекультивационный компостно-гумусовый горизонт (RAT), созданный специально под газонные покрытия или многолетники и представляющий собой насыпной поверхностный органоминеральный слой городской почвы, темной окраски, комковатой структуры, со-

держащий более 4 % гумуса (рис. 1, D). Подобного рода рекультивационные горизонты являются диагностическими для выделения почвоподобных тел – техноземов (реплантоземов и конструктоземов) [12]. По мнению Т. В. Прокофьевой с соавторами [11], потенциально они являются основой для будущего городского почвообразования. При постоянных подсыпках органического материала слои увеличиваются по мощности и сохраняют свои свойства. Авторы считают, что в городской среде при «свободном функционировании» такие горизонты постепенно трансформируются в горизонты AUig или AJur (рис. 1, D).

Данные типы почв наиболее характерны для селитебной, и, отчасти, промышленной зон города. Стагнация, прежде всего, сказывается на таких важных для черноземообразования процессах, как гумусонакопление и миграция карбонатов, и тот и другой процессы прекращаются, и содержание этих компонентов меняется мало, за исключением тех случаев, когда перекрывающий материал содержит в повышенных количествах карбонаты кальция.

Еще одним из существенных преобразований почвенного покрова городских ландшафтов является запечатывание почвы посредством ее перекрытия непроницаемыми субстратами, такими как асфальт или бетон. На подобных закрытых территориях почвы либо уничтожаются в ходе строительства, либо поверхность изолируются с образованием особой группы запечатанных почв – экраноземов или экранированных грунтов [10]. Как следствие, очередной путь эволюции чернозема в условиях городской среды – это его консервация под непроницаемым покрытием. При этом нередко почвенный профиль, принимая во внимание его природную глубину, может сохранять свою мощность практически в том состоянии, которое было присуще почве до запечатывания, а содержание основных компонентов остается на уровне, характерном для черноземов в их естественном сложении. Исключение составляет гумус. Его содержание уменьшается, стабилизируясь через некоторое время на довольно низком уровне [3].

Подобная консервация профиля чернозема в условиях интенсификации современного градостроительства зачастую носит временный характер и при освобождении запечатанных почв от покрытия они автоматически становятся объектом обследования, представляя собой своего рода биокосный резерв урбозэкосистемы. Обусловлено это тем, что почва в состоянии стагнации или консервации сохраняет свои основные свойства и в случае «высвобождения» способна восстанавливать свой потенциал [4].

Изучение территорий с открытой поверхностью в условиях Ростовской агломерации показало наличие здесь старопахотных черноземов. Одной из основных функций почвенного покрова этих территорий является аккумулятивная, в данном случае проявляющаяся накоплением специфического органического вещества. Причем превалируют территории, занятые искусственными лесными массивами, и с этой точки зрения Ростовская агломерация характеризуется значительным преобразованием растительного покрова и изменением его флористического состава: степная растительность замещается лесной.

Проведенные нами исследования показывают, что в озелененных территориях города наблюдается увеличение содержания гумуса в поверхностном

10-см слое по сравнению с нативными черноземами [3]. За более чем полувековую историю развития лесопаркового пояса содержание гумуса в 7,0 % становится для почв, слагающих эти массивы, среднестатистической величиной с границами типичных значений от 5,9 до 8,5 %.

Как известно, под древесными насаждениями характер поступления растительного опада иной, чем в степи, в результате чего происходит изменение распределения гумуса и почвенной влаги в профиле черноземов. Изменяется и характер водного режима: затенение поверхности почвы кроной деревьев способствует в жаркое время года сохранению влаги, и в целом по году преобладанию нисходящих токов влаги над восходящими. Прежде всего, это сказывается на распределении карбонатов, которые подвергаются выщелачиванию, как минимум, в горизонты BCAlc или BCAnc, а иногда и в Csa. Степень выщелоченности может быть как слабая (высоко карбонатные), так и средняя (средне карбонатные). Чернозем при этом диагностируется как миграционно-сегрегационный высококарбонатный, либо среднекарбонатный. Изредка встречаются и сильно выщелоченные почвы (глубококарбонатные виды).

Таким образом, инситный урботехнопедогенез определяет три пути морфологической трансформации чернозема в черте города: стагнация под погребенной толщей, консервация под твердой непроницаемой поверхностью и интенсификация процессов гумусонакопления и выщелачивания карбонатов под лесной растительностью.

Еще один, особенный, путь – хемотрансформация, наблюдающаяся под влиянием значительного химического загрязнения, при котором во внешних морфологических признаках чернозема явные изменения проявляются не всегда в силу того, что они идут на уровне микроморфологического сложения [5], состава почвенно-поглощающего комплекса и почвенных растворов. В этом случае, в зависимости от степени, вида и масштаба загрязнения, чернозем может относиться либо к роду загрязненных тяжелыми металлами или нефтепродуктами, если их содержание немногим превышает ПДК (ОДК), либо при содержании загрязнителя более 5 ПДК, почва вне зависимости от строения профиля и остальных свойств будет называться хемоземом.

Исследование выполнено при поддержке Российского Фонда фундаментальных исследований (№ 19–29–05187) с использованием оборудования ЦКП «Биотехнология, биомедицина и экологический мониторинг» и ЦКП «Высокие технологии» Южного федерального университета.

### Литература

1. Апарин Б. Ф., Сухачева Е. Ю. Классификация городских почв в системе российской и международной классификации почв // Бюллетень Почвенного института имени В. В. Докучаева. 2015. № 79. С. 53–72. URL: <https://doi.org/10.19047/0136-1694-2015-79-53-72>.
2. Глазовская М. А., Солнцева Н. П., Геннадиев А. Н. Технопедогенез: формы проявления // Успехи почвоведения. М. : Наука, 1986. С. 108–113.
3. Горбов С. Н., Безуглова О. С. Специфика органического вещества почв Ростова-на-Дону // Почвоведение. 2014. № 8. С. 953–962.

4. Генотоксичность и загрязнение тяжелыми металлами естественных и антропогенно-преобразованных почв Ростова-на-Дону / С. Н. Горбов, О. С. Безуглова, Т. В. Вардуни, А. В. Горовцов, С. С. Тагиведиев, Ю. А. Гильдебрант // Почвоведение. 2015. № 12. С. 1519–1529
5. Горбов С. Н. Генезис, классификация и экологическая роль городских почв Европейской части Юга России (на примере Ростовской агломерации) : дис. ... д-ра биол. наук М., 2018. 448 с.
6. Докучаев В. В. Вопрос об исследовании Санкт-Петербурга и его окрестностей в естественно-историческом, физико-географическом и сельскохозяйственном отношениях. Доклад проф. С.-Петерб. ун-та В. В. Докучаева на VIII съезде русских естествоиспытателей и врачей. СПб. : Тип Шредера, 1890. 23 с.
7. Замотаев И. В., Белобров В. П., Дмитриева В. Т., Шевелев Д. Л. Технопедогенез на футбольных полях России. М. : Медиа-ПРЕСС, 2012. 264 с.
8. Классификация и диагностика почв России / Л. Л. Шишов, В. Д. Тонконогов, И. И. Лебедева, М. И. Герасимова. Смоленск : Ойкумена, 2004. 342 с.
9. Матинян Н. Н., Бахматова К. А. Почвы и почвенный покров парков Петергофа / под ред. Б. Ф. Апарина. СПб. : Филологический факультет СПбГУ, 2012. 96 с.
10. Прокофьева Т. В. Городские почвы, запечатанные дорожными покрытиями : автореф. дис. ... канд. биол. наук. М., 1998. 24 с.
11. Прокофьева Т. В., Мартыненко И. А., Иванников Ф. А. Систематика почв и почвообразующих пород Москвы и возможность их включения в общую классификацию // Почвоведение. 2011. № 5. С. 611–623.
12. Введение почв и почвоподобных образований городских территорий в классификацию почв России / Т. В. Прокофьева, М. И. Герасимова, О. С. Безуглова, К. А. Бахматова, А. А. Гольцева, С. Н. Горбов, Е. А. Жарикова, Н. Н. Матинян, Е. Н. Наквасина, Н. Е. Сивцева // Почвоведение, 2014. № 10. С. 1–11.
13. Рейтинг урбанизации стран мира. Гуманитарная энциклопедия // Центр гуманитарных технологий. 18.06.2011 (ред. 18.03.2015). URL: <http://gtmarket.ru/ratings/urbanization-index/inf>
14. Строганова М. Н., Мягкова А. Д., Прокофьева Т. В. Городские почвы: генезис, классификация, функции // Почва, город, экология / под общ. ред. Г. В. Добропольского. М. : Фонд «За экономическую грамотность», 1997. С. 15–85.

## THE MAIN TYPES OF ROSTOV AGGLOMERATION SOILS

S. N. Gorbov<sup>1,2</sup>, O. S. Bezuglova<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Southern Federal University, Rostov-on-Don, Russian Federation*

*sngorbov@sfedu.ru*

<sup>2</sup>*Peoples Friendship University of Russia, Moscow, Russian Federation*

*gorbow@mail.ru*

In most of the Rostov agglomeration, the basis for the formation of urban soils were calcic chernozems. Urbopedogenesis determines several ways of morphological transformation of chernozem: stagnation under the buried layer of loose and semipermeable horizons with the formation of Urbic technosols (molic) and Urbic technosols (molic, novic); conservation under a solid impermeable surface, leading to the formation of Urbic leric technosols, and chemotransformation under chemical pollution with the formation of a special type of soil – Urbic technosols (toxic). Forest-park zones of the city are a zone of more intensive circulation of substances and provide an intensification of the soil-forming process. As a result, under the woody vegetation, the processes of humus accumulation in the surface 10-cm layer are more pronounced, here the humus content reaches 7.3±0.2 %.

## ЦИКЛИЧНОСТЬ ПОЧВООБРАЗОВАНИЯ В ЛЕСНЫХ ЭКОСИСТЕМАХ

А. Г. Дюкарев, Н. В. Климова, А. Н. Никифоров  
Н. А. Чернова, С. Г. Копысов

*Институт мониторинга климатических и экологических систем СО РАН  
Томск, Россия, DAG@imces.ru*

Современные изменения климата привлекают внимание многих исследователей. С современным потеплением связывают изменение границы леса в высотном и широтном экотонах. С лесными экосистемами бореальной зоны, особенно при высоких, нарушающих естественные циклы, антропогенных нагрузках не все так очевидно. Это определяется высоким пространственным разнообразием лесов и лесорастительных условий, различным типом восстановительных сукцессионных циклов, которые по продолжительности могут перекрывать климатические. Поэтому современные леса в большей степени представлены структурно-динамическими состояниями, отражающими фазу сукцессионного развития и эдафические условия, прежде всего увлажнения и богатство почв. Климатические условия на региональном, уровне вторичны.

На территории таёжной зоны Западной Сибири в настоящее время господствуют леса, находящиеся на разной стадии восстановления. Зрелые коренные леса сохранились небольшими массивами на слабо доступных территориях. Деградация лесов имеет преимущественно антропогенную природу, связана с обширными пожарами при земледельческом освоении в начале прошлого столетия и высокими лесохозяйственными нагрузками на последующих этапах. Восстановление лесов протекает по сукцессионному циклу с классической смешанной породой. Продолжительность цикла естественного восстановления лесной экосистемы определяется ландшафтно-геохимическими условиями, богатством почв, варьирует в зависимости от основной лесообразующей породы, от 100 до 400 лет в простом сукцессионном цикле. В сложных сукцессиях, что отмечается в богатых эдафотопах, восстановление «зонального» типа леса затягиваются на неопределенно долгое время.

Исследования по выявлению связи лесообразовательного и почвообразовательного процессов проведены на территории южной тайги Западной Сибири, на модельных участках, различающихся ландшафтно-геохимическими и гидрологическими условиями, богатством почв. Кеть-Чулымское междуречье (Чулымская наклонная равнина) отличается высоким разнообразием литологического состава почвообразующих пород и неоднородностью почвенного и растительного покрова [1]. Модельный участок выбран на слабо дренированной территории сложенной суглинистыми отложениями. Господствующими типами леса, в автономных положениях рельефа, являются – пихтовые с участим кедра, мелкотравно-зеленомошные. В подчиненных позициях – в различной степени переувлажненные леса и олиготрофные болота. На вырубках лиственные, чаще березовые молодняки.

Почвы подзолистые и слабо-дерново-подзолистые, характеризуются слаборазвитым гумусовым профилем, низким (до 3 % в верхнем горизонте) содержанием гумуса, кислой реакцией среды и относительно однородным гранулометрическим составом. Следует отметить высокую отзывчивость почв на изменение растительного покрова. Так на стадии лиственных лесов, с развитием травяного напочвенного покрова, содержание гумуса за 30–40 лет в поверхностных горизонтах почв может возрастать в 1,5–2 раза [1].

Васюганская наклонная равнина, сложенная карбонатными отложениями, характеризуется высокой заболоченностью. Почвенный покров отличается высокой вариабельностью от дерново-подзолистых до темно-гумусовых органоаккумулятивных почв дренированных местообитаний до различного типа заболоченных почв. Общей чертой почв является сложное строение гумусового профиля, включающего как современные, так и реликовые горизонты. Содержание гумуса в зависимости от типа почв изменяется от 3 до 8 % [2]. Вторые гумусовые горизонты, судя по наличию корней, также участвуют в питании растений. Реакция почв нейтральная под травяными лесами или слабокислая под темнохвойными типами леса. Особенностью почв является широкое, особенно во-вторых гумусовых горизонтах, отношение Сгк/Сfk, что и дает основание предположить их реликтовую природу [3].

Приаргинская наклонная равнина выделяется в районе крутого погружения Алтай-Саянской горной области, отличается высокой неоднородностью рельефа. Перепады высот здесь достигают 80 м. Почвы дерново-подзолистые, малопромерзающие, с мощным, до 80 см элювиальным горизонтом, формируются в условиях интенсивного делювиального выноса продуктов педогенеза на «подшве» плотных тайгинских глин [4]. Несмотря на богатство растительного покрова, интенсивный делювиальный вынос не способствует накоплению гумуса и формированию гумусового горизонта в элювиальных позициях рельефа. Почвы нейтральные, глубоко выщелочены.

Барабинско-Пихтовская наклонная равнина выделяется на исследуемой территории небольшими фрагментами между Васюганской и Приаргинской равниной. В целом территория является подтайной с господством лиственных и фрагментами темнохвойных лесов. Территория сложена высоко вскипающими слабо солонцеватыми суглинками. Почвы серые и темно-гумусовые гидрометаморфизованные, в различной степени осололедевые [4]. Содержание гумуса варьирует от 10 % в темно-гумусовых почвах до 3–4 % в солодах дерновых. Мощность гумусового профиля варьирует от собственно дернового, до мощного, охватывающего всю зону выщелачивания карбонатов в темно-гумусовых гидрометаморфизованных.

В соответствии с условиями эдафотопа формируется и структура фитоценозов в лесных экосистемах. Широкому распространению разнотравных типов леса способствует благоприятный термический режим и богатство почв. По сравнению с лесами Чулымской равнины, на Приаргинской и Васюганской наклонных равнинах в напочвенном покрове больше доля трав и меньше кустарничков. Отмирающие побеги трав и листьев составляют значительную долю опада, который при обеспеченности теплом и влагой активно разлагается уже в первый год, что поддерживает гумусовый баланс почв.

В темнохвойных лесах доля разнотравья в напочвенном покрове невелика (20–25 %). При разрушении лесной экосистем в результате экзогенного воздействия (рубки, пожары) восстановление древесного полога идет через стадию лиственных лесов, и на этой стадии наблюдается разрастание более густого (70–100 %) травяного покрова с доминированием высокотравья, достигающего средней высоты 80–90 см. Развитию травяного покрова благоприятствует в том числе и смена лесообразователя. У березы и осины, по сравнению с темнохвойными, кроны пропускают больше света, а опад более обильный и дает менее кислые продукты при разложении. Хорошо развитый травяной покров и опад листвы способствует накоплению гумуса. В то же время густой травяной покров затрудняет возобновление древесных видов. Развитие темнохвойного подроста затрудняется то, что ведет к формированию длительно-производных мелколиственных лесов. Так, на территории Томь-Яйского междуречья (Приаргинская равнина) на месте классической черневой тайги в настоящее время наиболее распространены мелколиственные березовые и осиновые леса с хорошо развитым (100 %) и редким темнохвойным возобновлением. В fazu травяных лиственных лесов сдерживается деградация почв и поддерживается богатство эдафотопа, что в свою очередь затрудняет естественную смену лиственных пород на хвойные. Формируются длительно производные леса со сложной пространственной структурой. Новый сукцессионный цикл, начинается только после нарушения лесной экосистемы при воздействии внешних сил (пожары, ветровалы, инвазии вредителей) и протекает уже в других климатических и эдафических условиях. Сложные сукцессионно-восстановительные циклы богатых эдафотопов с формированием длительно-производных лесов по продолжительности превышает большинство динамических (внутривековых и вековых) климатических циклов, на которые лесная экосистема, в силу своей инерционности, не успевает среагировать. Простые сукцессионный циклы черневой тайги, с классической сменой пород позволяют адекватно отражать уже вековые колебания климата изменением продуктивности древостоя, структуры напочвенного покрова, богатства почв.

В настоящее время более половины лесопокрытой площади южной приходится на лиственные осиновые и березовые леса. Согласно данным Лесного регламента Бакчарского лесничества Томской области 2014 г., занимающего центральную часть Васюганской равнины, до 70 % площади лесного фонда здесь представлено лиственными лесами. Темнохвойные леса с дерновыми, в различной степени оподзоленными почвами, сохранились на приподнятых дренированных поверхностях недоступных для хозяйственной деятельности.

Наиболее сложное строение гумусового профиля почв связано с длительно-производными лиственными лесами. Формирование их объясняется не только цикличностью климата в голоцене, но и естественной биологической цикличностью развития лесных экосистем на ландшафтно-геохимических границах – на юге лесной зоны, где условия для произрастания хвойных древостоев становятся напряженными, сукцессионные циклы растягиваются во времени, взаимосвязи между почвенным и растительным компонентами ландшафта нарушаются, признаки климатической зональности в почвенном и растительном покрове приобретают островной характер. Почвообразование

здесь протекает в условиях более высокой биологической активности, поступления на поверхность растительного опада, отличающегося как по количественным, так и качественным характеристикам. В почвенном покрове господствуют почвы с различной сохранностью палеогумусовых горизонтов. На дренированных поверхностях формируются органо-аккумулятивные дерновые оподзоленные, реже дерново-подзолистые остаточно-гумусовые высоковскипающие почвы [3]. И те, и другие в своем распространении тесно связаны с лиственными травяными лесными сообществами, находящимися на разных стадиях восстановления коренных темнохвойных лесов. Реликтовая часть гумусового профиля выделяется во всех исследованных почвах. Радиоуглеродный возраст реликтового горизонта, определенного по гуминовым кислотам, варьирует от 4 до 6 тыс. лет [5]. Степень его сохранности варьирует от темно-серого, почти черного, сливающегося по окраске с современным, горизонтом, до сероватых пятен в элювиальной части и гумусовых потоков в верхней части иллювиального профиля. Мощность элювиальной части в целом соответствует исходной мощности гумусового горизонта. Свойства гумусовых профилей тесно связаны с продуктивностью растительных сообществ. Так, в лиственных лесах продуктивность травяного яруса составляет 30–56 ц/га. К этому количеству следует добавить до 30–35 ц/га быстро разлагаемой листвы. В зональных темнохвойных лесах продуктивность напочвенного, покрова в 6–10 раз ниже, а ежегодный опад редко превышает 6–7 ц/га. Формируется травяно-древесная по составу подстилка мощностью до 5 см, массой 118–164 ц/га.

Качественный состав гумуса отражает различия в генезисе гумусовых горизонтов. Современный горизонт дерновых оподзоленных почв формируется в соответствии с климатическими условиями юга таежной зоны и имеет фульватно-гуматный состав гумуса. Сгк/Сfk варьирует от 1,1 до 1,6. Остаточно-гумусовые горизонты характеризуются повышенным содержанием гуминовых кислот, уменьшением доли агрессивных фульвокислот (1 и 1а) и самым широким в профиле отношением Сгк/Сfk (более 2,0). Отмечено увеличение содержания фракций связанных с кальцием, как среди гуминовых, так и среди фульвокислот. Фитолитные комплексы остаточно-гумусовых горизонтов, как нами отмечалось ранее, близки к современному комплексу фитолитов гумусово-гидрометаморфической почвы, которая считается аналогом почв атлантического оптимума голоцен. Прослеживается связь между сохранностью реликтового гумусового горизонта и стадийностью лесообразовательного процесса. Чем больше растянут по времени лесовосстановительный процесс и стадия травяных лиственных лесов, тем выше сохранность реликтового гумусового горизонта и больше мощность современного. На стадии коренных темнохвойных лесов, под кислыми лесными подстилками, идет деградация гумусового горизонта. На восстановительном этапе под травяными березовыми лесами идет активизация гумусонакопления и некоторое восстановление как современного, так и реликтового гумусового горизонтов. Нами также отмечено в травяных лесах активное проникновение корней в реликтовый горизонт. Следовательно, и здесь возможно «подновление» и омоложение гумуса, что выявляется и при датировании [6].

Таким образом, восстановительно-возрастная динамика лесных экосистем включает как этапы деградации, так и проградации гумусового профиля почв. Такую цикличность мы определяем как маятниковую эволюцию почвообразования. Однако с учетом продолжительности восстановительного цикла в лесных экосистемах, особенно заметной на ландшафтно-геохимических границах, каждый последующий почвообразовательный цикл происходит в несколько иных, прежде всего климатических условиях. Чем продолжительнее стадия лиственных лесов, тем более выражены как современный, так и реликтовый горизонты. В зональных кедрово-елово-пихтовых лесах на глубоковыщелоченных породах стадия восстановления ограничивается только одним поколением лиственных лесов, поэтому проградация гумусового горизонта здесь практически незаметна – развивается в классическом виде элювиальное почвообразование.

### Литература

1. Пологова Н. Н., Дюкарев А. Г. Трансформация почв в восстановительной динамике кедровых лесов Западной Сибири // Экология таёжных лесов : тез. докл. межд. конф. Сыктывкар, 1998. С. 112–113.
2. Дюкарев А. Г., Пологова Н. Н. Особенности почвообразования в таежной зоне Западной Сибири // Почвоведение. 2009. № 2. С. 189–197.
3. Дюкарев А. Г., Пологова Н. Н. Почвы Васюганской равнины со сложным органо-профилем // Почвоведение. 2011. № 5. С. 525–538.
4. Дюкарев А. Г. Ландшафтно-динамические аспекты таежного почвообразования в Западной Сибири. Томск : Изд-во НТЛ. 2005. 284 с.
5. Бляхарчук Т. А., Курьина И. В., Пологова Н. Н. Позднеголоценовая динамика растительного покрова и увлажнённости климата юго-восточного сектора Западно-Сибирской равнины по данным палинологического и ризоподного исследований торфяных отложений // Вестник Томского государственного университета. Биология. 2019. № 45. С. 164–189.
6. Гаврилов Д. А. Генезис второго гумусового горизонта почв Васюганской наклонной равнины // Бюллетень Почвенного института им. В. В. Докучаева. 2016. Вып. 85. С. 3–19.

## CYCPLICITY OF SOIL FORMATION IN FOREST ECOSYSTEMS

**A. G. Dyukarev, N. V. Klimova, A. N. Nikiforov, N. A. Chernova, S. G. Kopysov**

*Institute for Monitoring of Climatic and Ecological Systems SB RAS  
Tomsk, Russian Federation, DAG@imces.ru*

Comprehensive studies of soils in the regenerative dynamics of forest ecosystems have revealed new mechanisms of soil evolution and resistance of forest ecosystems to climate change. The dynamics of soils in succession cycles includes both the stages of soil degradation at the stage of mature and overmature stands, and the graduation of soils at the stage of derivative deciduous forests. This kind of dynamics was recognized as pendulum evolution. The longer the reforestation cycle, the higher the resistance of soils and forest ecosystems to climate change, since the succession cycles prolongation significantly exceed the climatic ones. At the same time, each subsequent succession cycle begins in different climatic conditions. It was also noted that the longer the stage of deciduous forests results in the more complex humus profile, and the more pronounced both modern and relict horizons. In cedar-spruce-fir forests on deeply leached soils the stage of restoration is limited to only one generation of deciduous forests (monosyllabic succession) and restoration of the humus horizon is less noticeable which correspond to the development of classical form of eluvial soil formation.

# ГУМУСОВЫЕ ВЕЩЕСТВА: ПРОБЛЕМЫ ТЕРМИНОЛОГИИ, КЛАССИФИКАЦИИ И ГЕНЕЗИСА

А. Г. Заварзина

*Московский государственный университет им. М. В. Ломоносова  
Москва, Россия, zavarzina@mail.ru*

## Введение

Органическое вещество почв представляет собой главный резервуар органического углерода ( $C_{опт}$ ) в биосфере. В почвенном гумусе сосредоточено около 1500 Гт С, что втрое больше, чем в наземной биомассе. Почвы служат долговременным стоком атмосферной  $CO_2$ , процессы гумусообразования во многом определяют климат, а вещества гумуса обуславливают плодородие почв и их биосферные функции.

Несмотря на более, чем 200-летнюю историю изучения гумуса, происхождение, структура и состав его веществ продолжают оставаться предметом дискуссий [5; 6], характерных и для первой трети прошлого века [см. 1]. Одни исследователи считают, что гумус на 85–90 % состоит из специфических новообразованных соединений – гуминовых веществ (ГВ), наличие которых отличает ОВ почв от неизмененного вещества растений, животных и микроорганизмов [3; 5], другие – что гумус представляет собой совокупность компонентов растительных и микробных тканей на разных стадиях деструкции [1; 6; 10]. Спорная классификация веществ гумуса, основанная на растворимости, и неопределенность понятия ГВ приводят к предложениям отказаться от всей гуминовой номенклатуры и концепции ГВ как характерных соединений гумуса [1; 6; 10].

## Проблема номенклатуры, терминологии и идентификации

Органическое вещество почв делят на органические остатки (ткани, полностью или частично сохраняющие анатомическое строение) и гумус – темноокрашенное аморфное ОВ почв, присутствующее в почвах в свободном виде или в виде органо-минеральных образований. Гумус четко выделяется морфологически и функционально и определяет свойства почв и их биосферные функции. Однако понятия «гумус» и «ОВ почв» часто отождествляются [1; 4], что вносит неопределенность. В составе гумуса принято выделять неспецифические и специфические вещества. В первую группу попадают вещества известного строения – аминокислоты, углеводы, фенольные соединения, липиды, и др., а во вторую – темноокрашенные вещества неопределенной химической структуры, которые и носят название “собственно гумусовых веществ” [2] или гуминовых веществ [3; 4].

Насколько оправдано разделение веществ гумуса на индивидуальные вещества и ГВ? По сути, такое разделение возможно только на уровне номенклатуры. Все, что касается строения и образования ГВ является областью гипотез [3; 4]. Ранее ГВ определяли как совокупность гетерогенных и полидисперсных

веществ от желтой до темной окраски, которые не имеют аналогов в живых организмах, обладают относительно высокой молекулярной массой и устойчивостью и образуются в результате химических и биохимических реакций при разложении и трансформации органических остатков [2–4]. В настоящее время установлено, что устойчивость обеспечивается не молекулярной структурой органических веществ, а их изоляцией от деятельности микроорганизмов-деструкторов [10]. Длительное время пребывания  $C_{\text{опр}}$  в почвах обусловлено адсорбцией на минералах или окклюзией внутри агрегатов. Парадигма ГВ как системы гетерополимеров (5–100 кДа) подвергнута сомнению. Согласно супрамолекулярной теории ГВ представляют собой небольшие молекулы (2–6 кДа), образующие надмолекулярные ассоциаты за счет нековалентных взаимодействий [8 9; 11]. Темная окраска как диагностический критерий ГВ также не очевидна, так как темной окраской обладает неопределенная часть веществ гумуса. Полностью отделить окрашенные вещества от неокрашенных затруднительно и вряд ли такое разделение оправдано с точки зрения функционирования веществ гумуса в почвах. Таким образом, четких химических критериев для идентификации ГВ не существует. Окраска, молекулярная масса, устойчивость к таким критериям не относятся. Еще одну проблему составляет определение ГВ как веществ, не встречающихся в живых организмах и как полимерных продуктов внеклеточных синтетических реакций. ГВ как продукты трансформации компонентов растительных и микробных тканей наследуют структурные фрагменты исходных веществ; растительные и микробные ткани уже содержат гетероструктуры (комплексы лигнина с белками, меланинов с белками и др), отличить которые от продуктов вторичного синтеза затруднительно. Нет согласия, считать ли вещества известного строения в составе ГВ их частью [9] или пытаться отделить, воздействуя на эфирные связи [гумеомика, 7].

### Проблема классификации ГВ

Классификация ГВ основана на растворимости в щелочах. Выделяют три основные группы ГВ: гуминовые кислоты (ГК, растворимы в щелочах, осаждаются кислотой при  $\text{pH} < 2$ ), фульвокислоты (ФК, растворимы при всех значениях  $\text{pH}$ ) и гумин (нерасторимый остаток). Гумусовые кислоты (ГК и ФК) обогащены полярными функциональными группами и считаются наиболее реакционноспособными представителями ГВ. Разделение ГВ на группы по растворимости крайне условно и представляет собой явное противоречие номенклатуры и ее практического воплощения. Щелочная экстракция применяется к гумусу в целом, а не к предварительно выделенным из него ГВ. Таким образом, ГК, ФК, гумин являются операционными фракциями гумуса. Каждая из фракций содержит как вещества известного строения, так и неизвестного строения, что создает проблему селективности экстракции по отношению к ГВ. Ранее было принято считать, что вещества известного строения составляют 10–15 % от ОВ гумуса [2]. Однако, вклад этой категории веществ в гумус – величина непостоянная и, помимо природных процессов, зависит от развития методов исследования ОВ почв. Например, ранее считали, что гумин – это ГК и ФК, прочно связанные с минеральной частью почв [2]. В настоящее время методом  $^{13}\text{C}$ -ЯМР установлено, что гумин в гумусовых горизонтах почв представлен в ос-

новном алифатическими структурами, относящимися к липидам, компонентам кутикул (кутин, суберин) и др. [5]. Поскольку ГВ по определению являются веществами неопределенной структуры, отнесение гумина к категории ГВ предложено пересмотреть [5]. При этом, гумин составляет 30–50 % ОВ гумуса и степень трансформации входящих в его состав веществ – отдельный вопрос, требующий изучения. В результате, не решен вопрос о количественном вкладе веществ неизвестного строения в гумус, неизвестно, что относить к ГВ – только гумусовые кислоты, или еще и гумин. По сути, ГК, ФК, гумин представляет собой препараты веществ гумуса, полученные определенным способом [1], при этом часть веществ в составе этих препаратов трансформирована в результате щелочной обработки.

### **Проблема генезиса**

Процесс образования ГВ носит название гумификации [3]. Реакции вне-клеточной конденсации считают специфическими для гумификации в аэробных условиях. Предполагаемая важная роль этих реакций отражена в одном из определений ГВ как “веществ, образующихся в результате вторичного синтеза” [4]. Под вторичным синтезом понимают внеклеточную сборку гуминовых макромолекул из продуктов деструкции компонентов растительных и микробных тканей [2; 4]. Согласно полифенольной теории, фенольные соединения растительного и микробного происхождения окисляются до фенокси-радикалов и хинонов за счет фенолоксидаз или абиогенных катализаторов и далее вступают в спонтанные реакции конденсации с нуклеофилами, в основном азотистыми соединениями. Это приводит к образованию полимерных темноокрашенных азотсодержащих гетероструктур. Существование ГВ как массовых продуктов таких реакций и само их протекание в почвах подвергается сомнению [6; 10]. Действительно, осуществимость этих реакций была показана для высоких концентраций реагирующих веществ и для замкнутых систем – в жидкофазных культурах грибов, в модельных смесях фенольных и азотистых веществ в присутствии биогенных и абиогенных катализаторов [2; 4; 12]. Возможность образования полимеров в открытых динамических системах (почвах) и при низких концентрациях реагирующих веществ требует подтверждения. Не вполне понятно, относить ли к реакциям вторичного синтеза реакции со-полимеризации, например, аминокислот с продуктами окисления лигнина. Тем не менее, биохимия процессов трансформации лигнифицированных остатков грибами, производящими неспецифические внеклеточные пероксидазы и лакказу, позволяет сделать однозначный вывод о возможности протекания свободнорадикальных реакций в почвах [12]. Количество вклад таких реакций в формирование и стабилизацию веществ гумуса должен быть в фокусе дальнейших исследований.

### **Заключение**

Концепция разделения гумуса на ГВ и не-ГВ требует пересмотра. Вероятно, было бы правильно не делить гумус на вещества известного и неизвестного строения. Граница между ними динамична вследствие взаимных переходов одних в другие под воздействием биоты. И те и другие составляют единый сложный ансамбль, определяющий функционирование гумуса как природного

образования. В поддержку такого подхода стоит привести тот факт, что понятие ГВ было недавно переопределено Международным гуминовым обществом (IHSS). Согласно новому определению, ГВ – это сложная и гетерогенная смесь полидисперсных материалов, образующихся в почвах, осадках и природных водах в результате биохимических и химических реакций в процессе деструкции и трансформации растительных и микробных остатков ([www.humic-substances.org](http://www.humic-substances.org)). Для почв это определение фактически соответствует понятию “вещества гумуса”. Оно лишено противоречий, связанных с выделением в гумусе особой категории соединений, обладающих темной окраской, устойчивостью, высокой молекулярной массой и т. д., но не исключает возможности изучения процессов формирования таких веществ при деструкции органических остатков и изучения вклада их в гумус. Понятия ГК, ФК, гумин следует сохранить как устоявшиеся названия фракций гумуса, полученных определенным способом. Отношение  $C_{\text{гк}}/C_{\text{общ}}$  является удобным показателем типов гумуса, отражающим биоклиматические условия его образования.

Работа выполнена при финансовой поддержке Госзадания 121040800154-8 (проблемы терминологии), гранта РНФ 17-14-01207 (проблема генезиса), гранта РФФИ 20-04-00888 (проблемы классификации), а также в рамках Программы развития Междисциплинарной научно-образовательной школы МГУ «Будущее планеты и глобальные изменения окружающей среды».

### Литература

1. Ваксман С. Гумус. Происхождение, химический состав и значение его в природе. М. : Сельхозгиз. 1937. 471 с.
2. Кононова М. М. Органическое вещество почв и методы его изучения. Изд-во АН СССР. 1963. 315 с.
3. Орлов Д. С. Гумусовые кислоты почв и общая теория гумификации. М: Изд-во МГУ. 1990. 332 с.
4. Stevenson F. J. Humus chemistry: genesis, composition, reactions. 2<sup>nd</sup> ed. 1994.
5. Hayes, M. H. B., Swift R. S. Vindication of humic substances as a key component of organic matter in soil and water // Adv. Agronomy. 2020. Vol. 163, Ch. 1.
6. Lehmann J., Kleber M. The contentious nature of soil organic matter // Nature. 2015. Vol. 528. P. 60–68.
7. Nebbiolo A., Piccolo A. Advances in humeomics: Enhanced structural identification of humic molecules after size fractionation of a soil humic acid // Anal. Chim. Acta. 2012. Vol. 720. P. 77–90.
8. Piccolo, A. The supramolecular structure of humic substances: A novel understanding of humus chemistry and implications in soil sciences // Adv. Agron. 2002. Vol. 75. P. 57–134.
9. Sutton R., Sposito G. Molecular structure in humic substances: the new view // Environ. Sci. Technol. 2005. Vol. 39. P. 9009–9015.
10. Marschner. Stabilization of organic matter in temperate soils: mechanisms and their relevance under different soil conditions – a review / I von Lützow M., K. Kögel-Knabner, H. Ekschmitt, G. Flessa, E. Guggenberger, B. Matzner // Eur. J. Soil Sci. 2006. Vol. 57. P. 426–445.
11. Wells M. J. M. Supramolecular answers to the organic matter controversy // J. Environ. Qual. 2019. Vol. 48. P. 1644–1651. <https://doi.org/10.2134/jeq2019.02.0089>
12. Fungal oxidoreductases and humification in forest soils / A. Zavarzina, A. Lisov, A. Leontievsky, A. Zavarzin // Soil Enzymology. Vol. 22 of Soil Biology. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg. 2011. P. 187–205.

**SUBSTANCES OF HUMUS:  
PROBLEMS OF TERMINOLOGY, CLASSIFICATION AND GENESIS**

**A. G. Zavarzina**

*Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russian Federation*  
*zavarzina@mail.ru*

Soil organic matter is the main reservoir of organic carbon in the biosphere. However, the composition and origin of substances, comprising humus remain the point of debate. Traditionally, humus is subdivided into humic substances (HS) and non-humic substances. The former are considered as heterogeneous mixture of dark-colored molecules formed by secondary synthesis reactions during decay of plant and microbial remains. In our opinion, such concept of humus creates many problems. Identification of HS in humus and their separation from non-HS is highly problematic. It would be more straightforward not to separate molecules of known structure from those of unknown structure in humus. Both categories form a complex ensemble which determines the functioning of humus as a natural body. The terms humic acids, fulvic acids and humin should be used as operational designations of humus fractions and not as groups of specific HS. The ratio of  $C_{HA}/C_{org}$  is convenient indicator of humus types, reflecting bioclimatic conditions of humus formation.

## БИОХИМИЯ ЛИГНИНА В ПОЧВАХ: ПЕРСПЕКТИВЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

И. В. Ковалев, Н. О. Ковалева

Московский государственный университет им. М. В. Ломоносова  
Москва, Россия, kovalevmsu@mail.ru

Высокомолекулярные соединения лигнина, обладая ценными свойствами, находят широкое применение в производстве гуминовых препаратов для внесения в почву и растения. Однако понимание структуры макромолекул лигнина древесных и травянистых растений и дальнейшая их трансформация в почве остаются все еще малоизученными. Недостаточная изученность лигнина как одного из самого распространенного в биосфере биополимера, поступающего в почву с надземной и подземной биомассой растений, была обусловлена трудностью его биохимической диагностики в почвах. Поэтому биохимия лигнина характеризуется обилием спорных, противоречивых, подчас взаимоисключающих фактов и положений. Неуклонное развитие методов тонкой биохимии почв и использование нанотехнологий в почвенных исследованиях дают возможность взглянуть по-новому на устоявшиеся научные парадигмы, в том числе на теорию гумусообразования, с целью получения биопрепаратов с уникальными свойствами и способов управления почвенным плодородием.

*Объекты исследования:* хвойные леса; южнотаежные березо-осиновые леса и агроэкосистемы, в том числе и осушенные, Коломенского ополья Московской области; дубово-липовые широколиственные леса («Тульские засеки») на серых лесных почвах; березовые колки лесостепи и агроэкосистемы Брянской области на агросерых почвах; типичный чернозем (Курский биосферный заповедник); тропический лес Амазонии на красноземах (Бразилия);

*Методы исследования.* Поскольку результаты, получаемые общепринятыми методами выделения лигнина (класон-лигнин, «остаточный лигнин»), слишком грубы даже для растительных материалов и чрезвычайно завышены для образцов подстилки и почвы, мы пользовались методикой Ertel J. R., Hedges J. I. [6] в приведенной ниже модификации (Amelung W., 1997 [5]; Ковалев, Ковалева, [1–5]). Определение лигнина в почвах включало щелочное окисление образца оксидом меди при 170<sup>0</sup> под давлением в азотной среде; осаждение гуминовых кислот; концентрацию фенольных продуктов под давлением на компактных одноразовых колонках C18. Колонки, после того как через них пропустили образец, высушивались, а лигнин растворялся в этилацетате. Процедура эвапорирования этилацетата на роторном испарителе позволила выделить собственно препараты лигнина. Составляющие лигнин фенолы после предварительной дериватизации и превращения их в trimetilsilyловые эфиры, на газовом хроматографе с масс-спектрометром Heweled-Packard Palo Alto CA USA они разделялись на пламенно-ионизационном детекторе, оборудованном капиллярной колонкой. Щелочное окисление исследуемых образцов оксидом ме-

ди дало 11 фенолов, которые сгруппированы по их химической природе в 4 структурных семейства: ванилиновые или гвяциловые (V), сирингиловые или силеневые (S), *n*-кумаровые (C) и феруловые фенолы (F). Сумма продуктов окисления (VSC) отражает общее содержание лигнина в образце. Важно подчеркнуть, что продукты мягкого окисления лигнина – это лишь метилированные лигниновые структуры без каких-либо изменений в кольцевых фрагментах.

**Результаты исследования.** Разработана и апробирована системная методология изучения биохимического круговорота продуктов окисления лигнина в различных биомах и в основных типах почв (серых лесных, черноземах, красноземах и др.), в том числе и почв сельскохозяйственного использования. Трансформация биополимера впервые изучена практически во всех звеньях цепи, начиная от растительных тканей и опада и заканчивая гумусовыми веществами. Предложена научная гипотеза, объясняющая генезис продуктов окисления лигнина в составе гумуса отдельных типов почв в различных природных зонах и позициях ландшафта с учетом биохимического состава растений. Изучены факторы и установлены причинно-следственные связи состава органического вещества почв (гумуса) и биохимического состава различных частей растений, выявлена особая роль лигниновых фенолов подземных органов растений в процессе гумификации. Показаны закономерности трансформации лигнина в почвах в зависимости от термодинамических условий среды и агронтропогенного использования. Раскрыты пути и механизмы стабилизации продуктов окисления лигнина на всех уровнях структурной организации почв: в геохимически сопряженных катенах, по профилю почв, в почвенных агрегатах и конкреционных новообразованиях, в гранулометрических фракциях, на уровне молекулярных взаимодействий.

Так, значимо установлено, что наибольшее содержание лигниновых фенолов свойственно не надземным, а подземным тканям растений [1; 2]. Коэффициент корреляции содержания лигнина в почве и биомассы корней – 0,92–0,99. Наибольший вклад корневого лигнина присущ луговым экосистемам и особенно в степных сообществах со значительным преобладанием подземной биомассы над надземной, где отношение подземных органов к надземным достигает 20. В лесных экосистемах это отношение значительно ниже, отношение подземных органов к надземным – 3–7. Наименьшая роль корней в круговороте лигнина обнаружена в агронтропогенных экосистемах с равными долями надземной и подземной биомассы, достигая 1. Соотношения лигниновых фенолов в корневой биомассе повторяют закономерности, свойственные надземным органам. Установлено, что наибольшее суммарное (VSC) количество продуктов окисления лигнина в рассматриваемых горизонтальных рядах почв приурочено к почвам естественных биогеоценозов с наивысшей биопродуктивностью: серая лесная почва Тульских засек, черноземы Курского заповедника. При этом, показана линейная зависимость увеличения степени измененности боковых цепочек лигниновых структур. Так в почвах южной тайги она составляет 5–8 %, в лесостепи – 9–10 %, в черноземах – 10–12 % и, достигая максимальных значений в красноземах тропического леса до 30–50 %, т. е. фактически следует за величиной периода биологической активности. В условиях антропогенного ис-

пользовании количество лигнина в почвах уменьшается по сравнению с естественными аналогами [1; 3].

Установлено распределение лигниновых фенолов на всех уровнях структурной организации почв. На уровне почвенного профиля наибольшее суммарное количество продуктов окисления (VSC) лигнина в рассматриваемых рядах почв приурочено к верхним гумусово-аккумулятивным горизонтам – до 12–18 мг/г Сорг., наименьшее (1–4 мг/г Сорг.) – к нижним частям профилей. В гумусовых горизонтах количественно преобладают альдегиды, а в иллювиальных – кислоты. Последнее обусловлено большей подвижностью кислот в профиле почв. Вероятно, именно ванилиновая кислота обладает наибольшей миграционной способностью в профилях таежных почв, внося свою долю в пул органических кислот, формирующих подзолистые и глеевые горизонты. Агрегатный уровень организации почвенной массы демонстрирует, что на поверхности агрегата в окислительных условиях наблюдается меньшее количество продуктов окисления лигнина и более высокая степень его окисленности в ванилиновых и сирингилловых единицах, нежели внутри агрегата, где складывается восстановительная обстановка и преобладают факультативные анаэробные микроорганизмы. На уровне элементарных почвенных частиц: содержание лигниновых фенолов с уменьшением размера частиц количество лигнина в них значительно снижается ( $p < 0,001$ ) – в 10 раз по сравнению с фракциями крупных частиц [7]. Однако именно к наиболее мелким илистым и пылеватым фракциям приурочены величины максимальной степени окисленности и степени трансформации боковых цепочек биополимера, что способствует их стабилизации глинистыми минералами. При этом в мелких фракциях характерно и наибольшее содержание биофильных элементов. На молекулярном уровне. Оригинальные результаты о количестве и степени трансформации молекул биополимера в ряду: «ткани растений – подстилка – почва – дневные гуминовые кислоты – погребенные гуминовые кислоты» позволяют оценить решающую роль ароматических структур лигнина в гумификации почв. В обозначенном ряду увеличивается количество ароматических кислот по отношению к альдегидам во всех типах объектов независимо от общего количества лигнина в них и достигает максимума в препаратах гуминовых кислот из погребенных почв [1; 3; 4]. Тем самым, наши результаты подтверждают положение о нарастающем карбоксилировании лигниновых остатков как о главном процессе их трансформации в гумус. Лигнин высших растений принимает участие в формировании молекул специфических соединений гумуса почв, причем, как алифатических, так и ароматических их частей. Высокая корреляция содержания продуктов окисления лигнина в почве с площадью пиков лигниновых структур на  $^{13}\text{C}$  ЯМР-спектрах гуминовых кислот при 147 ppm и 56 ppm является доказательством участия последних в формировании гумуса почв. С течением времени доля ароматического углерода лигниновой природы увеличивается за счет уменьшения его количества в периферийной части молекул [1]. В почвах с контрастным окислительно-восстановительным режимом складываются благоприятные условия для вхождения фенольных соединений в состав органо-железистых комплексов. Распашка и осушение (5–20 лет последействия дренажа) вызывает глубокую раз-

рушительную трансформацию и таких, казалось бы, устойчивых соединений как лигниновые фенолы, в почвах и конкреционных новообразованиях [2].

Результаты исследований оригинальны, во многом не имеют аналогов в мировой научной практике, и могут быть использованы при:

- разработке технологий применения органических удобрений. В зависимости от содержания и композиционного состава лигнина растений в органическом удобрении корректируется его норма внесения в почву. Лигнин считается главным источником образования, обновления и воспроизведения почвенного органического вещества. Поэтому важна оценка направленности процессов гумификации, уровней плодородия почв, оптимизации использования средств коррекции урожая, особенно в системах точного земледелия, где «точность» результат реализации новых знаний;

- производстве гуминовых препаратов, их идентификации и сертификации. Впервые стало возможным идентифицировать генезис гуминовых препаратов. Допускается, что именно благодаря лигнину в почве образуются гуминовые вещества, придающие почвенному органическому веществу и его стабильной части – гумусу, особые свойства и функции. Разработка новых продуктов от сорбентов до препаратов гуминовых веществ на основе биополимера – лигнина, отвечает современным тенденциям науки. Весьма перспективным будет исследование по сорбции лигнинами в составе злаковых культур, в том числе биомассы пшеница, рожь, ячмень, рожь и др., обладающих высокой сорбционной способностью тяжелых токсичных металлов (хром кадмий, свинец) и радиоактивных изотопов  $K^{40}$ ,  $U^{238}$ ,  $Th^{232}$ ,  $Ra^{226}$ ;

- биоконверсии и консервации отходов гидролизной, деревообрабатывающей и иной промышленности, имеющей сырьевым источником лигниносодержащие соединения. Показаны возможные механизмы и скорость трансформации лигниновых фенолов в зависимости от композиционного состава лигнина древесных и травянистых растений в разных почвенно-географических условиях, и на этой основе – выбор оптимальной технологии утилизации лигоцеллюлозы. Гидролизный лигнин превратился из отхода производства в ценное сырье для сельского хозяйства (биопрепараты и удобрения);

- анализе устойчивости почв к агрогенному воздействию. Агроландшафтное использование (распашка, осушение, производственное лесоразведение) вызывает ускоренную деструкцию макромолекулы лигнина при сохранении неизменными главных лигниновых структур. В результате в почвах с контрастным окислительно-восстановительным режимом складываются благоприятные условия для стабилизации лигниновых фенолов в составе глинистых минералов, на поверхности и внутри агрегата, в составе металлогорганических комплексов, гуминовых кислотах;

- оценке современных приемов обработки почвы и приемов биологизации земледелия. Наблюдается усиление микробиологической активности почв, что делает возможным участие лигниновых фенолов в реакциях хелато- и гумусообразования, формируется агрономически ценная структура. Проявление аллелопатических свойств лигниновых фенолов при длительном использовании приемов биологического земледелия требует систематических исследований

биохимии лигнина в почвах. Так, в практике использования технологии No-till, в первые годы получаем высокие урожаи, а уже на 3–4 годы резкое снижение урожайности сельскохозяйственных культур.

*Исследования выполнены при финансовой поддержке гранта РНФ № 17-14-01120n, в рамках госзаданий МГУ: № 121040800146-3 и № 117031410017-4*

### **Литература**

1. Ковалев И. В. Биохимия лигнина в почвах : автореф. дис. ... д-ра с.-х. наук. М., 2016. 50 с.
2. Ковалев И. В., Ковалева Н. О. Биохимия лигнина в почвах периодического переувлажнения (на примере агросерых почв ополий Русской равнины) // Почвоведение. 2008. № 10. С. 1205–1216.
3. Ковалева Н. О., Ковалев И. В. Биотрансформация лигнина в дневных и погребенных почвах разных экосистем // Почвоведение. 2009. № 11. С. 84–96.
4. Ковалева Н. О., Ковалев И. В. Лигниновые фенолы в почвах как биомаркеры палеорастительности // Почвоведение. 2015. № 9. С. 1073–1086.
5. Amelung W. Zum Klimaeinfluß auf die organische Substanz nordamerikanischer Prärieböden. Bayreuth, 1997. 131 s.
6. Ertel J. R., Hedges J. I. The lignin component of humic substances: Distribution among the soil and sedimentary humic, fulvic and base-insoluble fractions // Geochim. Cosmochim. Acta. 1984. Vol. 48.
7. Kovaleva N., Kovalev I., Kozlova O. Lignin transformation in soils of arable lands, russia plain // International Journal of Agricultural Resources, Governance and Ecology. 2020. Vol. 16, N 3. P. 289–300.

### **BIOCHEMISTRY OF LIGNIN IN SOILS: PROSPECTS FOR RESEARCH**

**I. V. Kovalev, N. O. Kovaleva**

*Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russian Federation  
kovalevmsu@mail.ru*

It was explained the genesis of different soil types from the standpoint of biochemical composition of plants. It was proposed a systematic methodology of research of lignin transformations in the series: plant tissues – litter – litter – soil – humic acid. It was proposed a typology of processes of lignin phenols biochemical transformations in soils of zonal row: forest, steppe, meadow, tropical, agro-anthropogenic types; it is proved that the structure of the molecules humic acids is largely determined by the phylogenetic origin of lignin. The fields of application of lignin phenols in the practice of agriculture and medicine are proposed.

# ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ СТАТИСТИЧЕСКОГО АНАЛИЗА ПРИ ИЗУЧЕНИИ ОСОБЕННОСТЕЙ ФОРМИРОВАНИЯ И ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ПОЧВ ЮЖНОГО ПРЕДБАЙКАЛЬЯ

А. А. Козлова, А. А. Приставка

*Иркутский государственный университет, Иркутск, Россия*  
*allak2008@mail.ru*

Южное Предбайкалье является частью субконтинента Северной Азии, представляющая собой природный район суб boreального пояса, расположенного внутри boreального. Его территория включает Иркутско-Черемховскую равнину и южную часть Прибайкальской впадины, которые являются краевыми впадинами Сибирской платформы, а также Приольхонское плато – тектонический блок, зажатый между Байкальским хребтом и Байкальской впадиной [1].

Важнейшими среди факторов формирования и функционирования почв Южного Предбайкалья являются климат и рельеф, поскольку именно они определяют своеобразие механизмов местных циркуляции воздуха, тепла и влаги. Совместное влияние котловинного эффекта и аридно-теневой формы вертикальной зональности обусловило нахождение на ограниченной площади резко-контрастных ландшафтов: от подтаежных до сухостепных. Здесь расположены североазиатские сениаридные ландшафты, включающие светлохвойные сосновые подгорные подтаежные и горнотаежные, а также светлохвойные равнинные ландшафты разного генезиса. На нижней ступени вертикальной поясности с широкими речными террасами и пологими южными склонами располагаются островные степи [4], представленные южносибирскими формациями разнотравно-злаковых и злаковых степей, а в Приольхонье (Тажеранская степь) – сухими степями [8].

Особенности природных условий исследуемого региона наложили определенный отпечаток на формирование почвенного покрова, который характеризуется большим разнообразием почв. Согласно «Почвенному районированию Иркутской области» [2] территория Южного Предбайкалья относится к округу равнин дерново-подзолистых, подзолисто-глеевых, гумусово-гидроморфических, перегнойно-гидроморфических, торфяных эутрофных, черноземов, серых и темногумусовых почв провинции подзолистых, буровоземов, серых и темногумусовых почв Иркутского амфитеатра. Диапазон экосистем соответствует разным субконтинентам Азии, взаимопроникновение которых является уникальным ландшафтно-ситуационным примером сибирской природы в пределах Северной Азии [9].

Совместное влияние лito- и климатической неоднородности, палеокриогенного микрорельефа привели к формированию в Южном Предбайкалье почв текстурно-дифференцированного (дерново-подзолистые, дерново-бурово-подзолистые, серые типичные), структурно-метаморфического (буровоземы оподзоленные и остаточно-карбонатные, серые метаморфические), гумусово-аккумулятивного (черноземы глинисто-иллювиальные и дисперсно-карбонатные), аккумулятивно-карбонатного (каштановые) отделов постлитогенного ствола и отдела стратоземов синтилогоенного ствола [7].

Котловинно-горный эффект и аридно-теневая форма вертикальной зональности способствовали развитию на вершинах водоразделов в подтайге дерново-подзолистых почв, буровоземов оподзоленных и остаточно-карбонатных, а также дерново-бурово-подзолистых почв лесостепи. В средней и нижней части склонов в условиях лесостепи развиты серые типичные и метаморфические почвы, черноземы глинисто-иллювиальные. На террасах рек в настоящей и сухой степи распространены черноземы дисперсно-карбонатные и каштановые почвы. Экспозиция склонов оказала существенное влияние распределение почвенного покрова на мезоурбовне. Наветренные более увлажненные северо-западные склоны заняты дерново-подзолистыми, дерново-бурово-подзолистыми, серыми типичными, черноземами глинисто-иллювиальными. Подветренные юго-восточные менее увлажненные склоны занимают буровоземы оподзоленные и остаточно-карбонатные, серые метаморфические, черноземы дисперсно-карбонатные, каштановые почвы [5; 6].

Спецификой почвообразования региона является высокая инерционность изменений свойств почв при смене биоклиматических условий, что выражается в их нестыковке с морфологическим строением. Профиль большинства почв региона сформировался за счет наложения одних горизонтов на другие, характеризующиеся различиями в скорости и интенсивности, протекающих в них процессов выветривания и почвообразования, сопровождающиеся дальнейшим их преобразованием или консервацией [7].

Особенностью функциональных свойств почв Южного Предбайкалья является микробиологическая деятельность, активность которой составляет очень короткий период (1–1,5 месяца), но при этом интенсивность ее очень высокая, что сказывается на преобразовании органического вещества. Так, в летний период, когда почва достаточно нагрета и хорошо увлажнена, темпы разложения растительного опада довольно велики. Осеню этот процесс резко замедляется, и поэтому успевают образоваться только простейшие гуминовые кислоты. Затем, весной при общей засушливости климата они обезвоживаются, стареют и переходят в нерастворимые формы [5; 6].

Особенности формирования и функционирования почв оценивали с учетом концепции почвы, выступающей в качестве двуединого тела, обладающего набором устойчивых свойств (гранулометрический и валовой состав, состав ППК, электросопротивление, содержание и состав гумуса, агрегатный состав), характеризующих историю формирования почв как биоскопного тела и комплекс динамических показателей (гидротермические и агрохимические, продуктивность фито- и агроценозов, биологическая активность), отвечающих за функционирование почв в современную fazu почвообразования [4].

Применение методов статистического анализа позволило установить особенности формирования и функционирования различных типов почв Южного Предбайкалья в условиях подтайги, лесостепи, степи и сухой степи ландшафтов по близости устойчивых свойств и динамических показателей. Так, метода главных компонент выявил четкие различия в формировании почв различных ландшафтов по устойчивым свойствам (рис. 1).

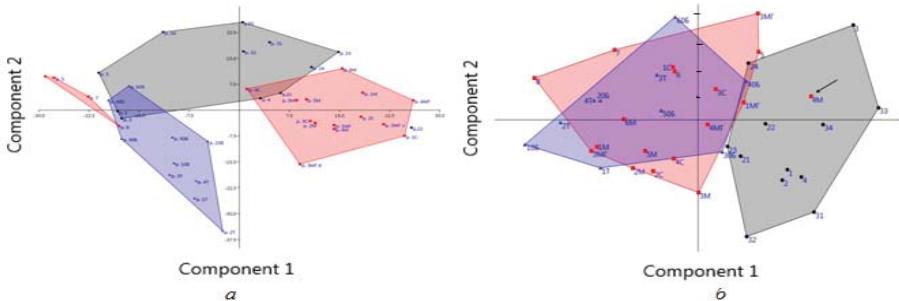


Рис. 1. Метод главных компонент, примененный для характеристики:  
 $a$  – устойчивых;  $b$  – динамических свойств почв в пространстве двух главных компонент.  
Условные обозначения: ● – почвы подтайги (р. 31–34, 1–4, 21–24); ■ – почвы лесостепи (р. 1М–6М, 1МГ–4МГ, 1С–4С, 5–8); ▲ – почвы степи и сухой степи (р. 10Б–60Б, 1Т–4Т)

Главными компонентами в изменении устойчивых свойств почв выступают гранулометрический состав, содержание и состав гумуса, динамических – содержание влаги и подвижное гумусовое вещество. На первую и вторую компоненты проецируется максимальная доля общей дисперсии – 96 и 3,3 % соответственно. В пространстве этих двух компонент координаты точек, соответствующих почвам подтайги, отличаются от локализации точек, относящихся к почвам лесостепи, настоящей и сухой степи. Согласно рис. 1,  $a$  область почв подтайги, степи и сухой степи по их устойчивым свойствам выделилась отдельно, а лесостепь разделилась на две части: в одну вошли все серые почвы, в другую – черноземы глинисто-иллювиальные, что связано с развитием первых на продуктах выветривания бескарбонатных юрских песчаников, вторых – на сартанских высококарбонатных суглинках.

Процесс функционирования почв, определяющий современный процесс почвообразования и отраженный в динамических свойствах, близок в почвах лесостепи и степи (рис. 1,  $b$ ). На графике их площади перекрываются в большинстве точек по сходному содержанию в почвах фульвокислот 1а фракции и влаги. Наибольший вклад в первую компоненту дает показатель «влажность» ( $r = 0,999$ ), а во вторую – содержание гумуса ( $r = 0,997$ ). Формирование почв лесостепи происходило, преимущественно, на средних и нижних частях склонов, террасах рек в условиях трансаккумулятивных и аккумулятивных ландшафтов. Отдельно выделяется область подтайги. Занимая вершины водоразделов, почвы здесь находятся в условиях элювиального ландшафта, являются автоморфными, обеспечивающие влагой за счет атмосферного увлажнения, что определяет более высокую их влажность. В них повышенено содержание влаги и понижено – гумуса, по сравнению с почвами лесостепи. Медианные значения влажности для почв лесостепи, настоящей и сухой степи оказались в 1,8 раза ниже по сравнению с подтайгой, что можно объяснить различиями в количестве поступающих атмосферных осадков, удалением части влаги с поверхностным и внутрипочвенным стоком, а также более высокой интенсивностью испарения. В пространство главных координат подтайги попадает только одна точка

из разреза пахотной почвы лесостепи (рис. 1, б, точка р. 4М указана стрелкой) с низкими запасами гумуса, обусловленными длительной обработкой почвы, приведшей к ее выпаханности. В остальных случаях почвы лесостепи, настоящей и сухой степи имеют сходные, более высокие, чем в подтайге запасы гумуса.

Дендрограмма кластерного анализа, построенная методом невзвешенного попарного арифметического среднего (UPGMA) в метрике евклидова расстояния, примененная к устойчивым свойствам почв (рис. 2, а), показала, что почвы степи кластеризуются вместе.

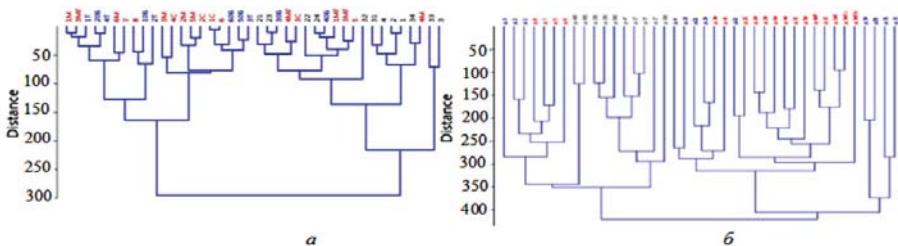


Рис. 2. Кластерный анализ, примененный для характеристики:

а – устойчивых свойств почв; б – динамических свойств почв. Условные обозначения: ● – почвы подтайги (р. 31–34, 1–4, 21–24); ■ – почвы лесостепи (р. 1М–6М, 1МГ–4МГ, 1С–4С, 5–8); ▲ – почвы степи и сухой степи (р. 10Б–60Б, 1Т–4Т)

Лесостепные почвы делятся на два абсолютно разных кластера, совпадающих с двумя областями в пространстве главных координат. Почвы подтайги разделились на три отдельные клады. Территориально они находятся на расстоянии 50–150 км друг от друга и развиты на различных породах: юрских и ордовикских песчаниках, верхнекембрийских красноцветных породах. Применение кластерного анализа к динамическим свойствам исследуемых почв (рис. 2, б) достоверно (100 % воспроизводимость при бутстреп-проверке) делит исследуемые почвы на два основных кластера, соответствующих высокому и низкому содержанию гумуса и питательных веществ. В кластере, расположеннном справа, сгруппированы почвы, находящиеся в условиях подтайги, низкогумусные серые почвы легкого гранулометрического состава лесостепи, а также агропочвы настоящей степи, содержащие наименьшие запасы гумуса. В левом кластере собраны почвы, имеющие более высокие запасы гумуса и питательных элементов. Следует отметить, что двухкластерная архитектура дерева, при которой почвы подтайги группируются вместе, сохраняется независимо от метода построения дерева (UPGMA, Ward) и метрики использованных расстояний (Euclidean, Gower, Chord, Manhattan и др.). Объединение почв в более мелкие кластеры («листья») преимущественно определяется увлажненностью ландшафта: повышенная влажность собрала вместе почвы подтайги и часть наиболее влажных почв лесостепи, а недостаток влаги объединяет их с низковлажными почвами настоящей и сухой степи. Большое влияние на увлажненность оказывает гранулометрический состав почв (чем он легче, тем почвы суще), а также продуктивность фитоценозов.

В целом по устойчивым свойствам почвы подтайги, лесостепи и степи отнесены к разным областям и кластерам, что указывает на различия их формирования в прошлом. Близкие значения динамических показателей подчеркивают сходство процессов функционирования почв различных ландшафтов в современную фазу почвообразования. Область почв подтайги выделяется отдельно, что показывает некоторую обособленность их развития.

### **Литература**

1. Атлас. Иркутская область: экологические условия развития. М. ; Иркутск, 2004. 90 с.
2. Белозерцева И. А. Почвенный покров // Географическая энциклопедия Иркутской области. Общий очерк. Иркутск : ИГ СО РАН, 2017. С. 50–55.
3. Добровольский Г. В., Никитин Е. Д. Сохранение почв как незаменимого компонента биосферы. М. : Наука, 2000. 185 с.
4. Иркутская область (природные условия административных районов) / Н. С. Беркин [и др.]. Иркутск: Изд-во Иркут. ун-та, 1993. 304 с.
5. Козлова А. А. Почвы лесных ландшафтов Южного Предбайкалья. Saarbrucken, Germany : Lambert Academic Publishing, 2016. 186 с.
6. Козлова А. А. Почвы степных и сухостепных ландшафтов Южного Предбайкалья и Приольхонья. Saarbrucken, Germany : Lambert Academic Publishing, 2016. 113 с.
7. Козлова А. А., Белозерцева И. А., Лопатина Д. Н. Почвы Южного Предбайкалья: разнообразие и закономерности распространения // География и природные ресурсы. 2021. № 1. С. 103–114.
8. Коновалова Т. И. Ландшафты. Физико-географическое районирование // Географическая энциклопедия Иркутской области. Общий очерк. Иркутск : ИГ СО РАН, 2017. С. 84–89.
9. Михеев В. С., Коновалова Т. И. Комплексная ландшафтная основа регионального экологического картографирования // Региональный экологический атлас. Концепция, проблематика, научное содержание. Новосибирск : Изд-во СО РАН, 1998. С. 169–185.

## **THE APPLICATION OF METHODS OF STATISTICAL ANALYSIS IN STUDYING THE FEATURES OF FORMATION AND FUNCTIONING OF SOILS IN THE SOUTHERN PREBAIKALYA**

**A. Kozlova, A. A. Pristavka**

*Irkutsk State University, Irkutsk, Russian Federation  
allak2008@mail.ru*

The most important factors of soil formation in the Southern Prebaikalia – climate and relief determine the uniqueness of the mechanisms of local circulation of air, heat and moisture, which affect the formation and functioning of soils in the region. The observed basin and submontane effect with significant fluctuations in heights contribute to a significant variegation of natural and climatic conditions, which leads to the formation of sharply contrasting landscapes and soils: from subtaiga to dry steppe. The soils were considered from the point of view of a two-piece body with a set of stable properties characterizing the history of soil formation as a bioinert body and a set of dynamic indicators responsible for the functioning of soils in the modern phase of soil formation, using the methods of statistical analysis.

## ПОЧВЕННЫЙ ПОКРОВ СРЕДНЕГО УРАЛА НА КАРТАХ ПРОШЛОГО И НАСТОЯЩЕГО

М. А. Кондратьева, И. А. Самофалова

*Пермский государственный аграрно-технологический университет  
Пермь, Россия, samofalovaираida@mail.ru*

До середины XX в. считалось, что на Урале вследствие преобладания низкогорного рельефа не выражена вертикальная зональность почв, которая отчетливо проявляется на Кавказе и в других молодых горных странах. Почвенно-географическое районирование горных стран не имеет детального деления в связи с недостаточной изученностью и труднодоступностью.

В настоящее время природа Урала достаточно хорошо изучена. Одним из первых исследователей природы Южного и Среднего Урала был начальник горных казенных уральских заводов, основатель Екатеринбурга, Перми и Оренбурга, видный государственный деятель времен Петра I, историк и географ В. Н. Татищев (1686–1750). Во второй половине XVIII в. большой вклад в изучение Урала внесли П. И. Рычков и И. И. Лепехин. В середине XIX столетия геологическое строение Уральских гор почти на всем их протяжении изучал профессор Петербургского университета Э. К. Гофман [6]. Особенно детально исследованы геологическое строение и рельеф.

На ранних картографических источниках почвенный покров (ПП) горных территорий представлен довольно схематично. Одной из первых почвенных карт, включающих территорию Пермской губернии, является почвенная карта Европейской России, составленная под руководством В. В. Докучаева Н. М. Сибирцевым, Г. И. Тан菲尔ьевым, А. Р. Ферхминым и изданная в Санкт-Петербурге в 1900 г. Масштаб карты 6 верст в английском дюйме (1:2 520 000). Это была первая почвенная карта, основанная на конкретных полевых почвенно-картоографических работах. Почвенный покров Урала на карте схематично представлен «азональными почвами», в том числе грубыми и скелетными на силикатных породах и «примесями к почвам силикатного хряща». В осевой части Среднего Урала отмечены выходы силикатных горных пород, в предгорьях Среднего Урала выделены скелетные почвы на известковых породах.

Первые сведения о почвах Пермской губернии дал Р. В. Рисположенский [15–17]. Первой почвенной картой, частично включающей территорию Северного и Среднего Урала, была карта Пермской губернии Р. В. Ризположенского (1909 г.) масштаба 1: 840 000. В основу карты легли результаты исследований Р. В. Рисположенского и его казанских коллег С. И. Коржинского, А. Я. Гордягина, выполненные в период 1894–1907 гг. В соответствии с морфологогенетической классификацией Р. В. Рисположенского почвы горной части определены как хрящеватые подзолистые и каменистые.

В 30-х годах в СССР по инициативе Л. И. Прасолова начали составление многолистной Государственной карты СССР (ГПК) масштаба 1:1 000 000. Систематический список почв ГПК предусматривал выделение 8 единиц карто-

графированием горных почв. Изображение основывалось на схемах высотной поясности и отчасти экспозиционных закономерностях. Считалось, что горные почвы повторяют равнинные, за исключением, горно-луговых.

Активизировались экспедиционные исследования малоизученных в почвенном отношении регионов. Так, в 1939–1945 г. г. состоялась Уральская комплексная научная экспедиция по изучению ПП Урала. По материалам исследований Е. Н. Ивановой проведено почвенное районирование горной страны. Почвенный покров ПП Среднего Урала отображен на листах О-40 и О-41. Составление карт осуществлялось главным образом путем сводки и обобщения почвенно-карографических материалов более крупного масштаба. Позднее на базе данных листов ГПК издана почвенная карта Среднего Урала [8] (рис.).

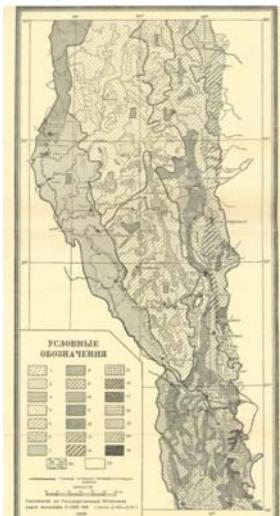


Рис. Почвенная карта Среднего Урала [8]

Согласно представлениям данного периода изученности почвенного покрова, территории Среднего Урала соответствовал район горных среднеподзолистых и дерново-среднеподзолистых почв. Считалось, что горно-луговые и примитивно-аккумулятивные почвы формируются только в условиях средних и высоких гор, а Средний Урал считали низкогорьем [8]. Впервые на данной территории выделены горные лесные кислые неоподзоленные почвы, южная граница которых располагается на широте пос. Кусье-Александровский ( $58^0$  с. ш.). Лесные кислые неоподзоленные почвы с бурым недифференцированным профилем впервые описаны Е. Н. Ивановой [8]. Отсутствие оподзоленности объяснялось влиянием пород – основного состава и кристаллических сланцев. Е. Н. Иванова рассматривала эти почвы как своеобразные почвы горной тайги. Позже, Р. П. Михайлова [11] определила эти почвы как бурые лесные грубогумусовые. На высотах выше 900 м

показаны типичные высокогорные почвы: горно-тундровые и дерново-горно-луговые альпийские и субальпийские под высокогорными лугами и дерновые горно-лесные под высокогорным еловым редколесьем с травяным покровом [8].

В 1978 году специалистами Пермского филиала института УралгипроЗем и кафедры почвоведения Пермского СХИ им. Д. Н. Прянишникова была составлена и издана почвенная карта Пермской области масштаба 1:300 000 [13]. Составление карты осуществлялось путем сводки и обобщения почвенно-карографических материалов более крупного масштаба. Названия почв на карте даны в соответствии с единым систематическим списком почв СССР. Горные почвы представлены 11 единицами почвенного картирования. О степени изученности почвенного покрова горной части края можно судить по плотности почвенных контуров – в сравнении с сельскохозяйственно освоенными районами региона она минимальна. Сложность строения ПП карты отражена с помощью «комплексов и сочетаний». В целом ПП Среднего Урала в пределах границ региона повторяет его рисунок на листах ГПК и карты Среднего Урала

1949 г. Незначительные различия связаны с переименованием горных лесных кислых неоподзоленных в горные лесные бурые, выделяемые на севере горной полосы до широты г. Горнозаводск ( $58^{\circ}17'c.$  ш.). Высотные пояса, расположенные выше зоны леса, заняты горно-лесными примитивно-аккумулятивными почвами, горно-луговыми и горно-тундровыми. Южнее, в почвенном покрове преобладают горные аналоги дерново-слабоподзолистых и сильноподзолистых почв, сменяющиеся к югу от села Кын ( $57^{\circ}52'$ ) равнинными почвами, в том числе дерново-средне- и сильно подзолистыми.

В 1988 г. издана Почвенная карта РСФСР масштаба 1:2 500 000 [14]. Основу раздела о почвенном разнообразии и территориальном размещении почв составляет систематический список почв СССР, принятый в программах Государственной почвенной карты СССР масштаба 1:1 000 000 и карты РСФСР масштаба 1:2 500 000 [25]. Горные территории на карте представлены горными провинциями, которые по своему таксономическому положению соответствуют равнинной почвенной зоне. На Среднем Урале выделены две вертикальные почвенные зоны: горно-лесная и горная тундра. Горные почвы представлены горно-луговыми дерновыми и горными лесо-луговыми. Список почв пополнился новыми типами – подбурами и буро-таежными почвами. Почвенный покров Среднего Урала на карте представлен следующим образом. В нижней части склонов под среднетаежными лесами преобладают подзолистые почвы, в средней – буротаежные (Бргр). Выше под разреженными травянистыми лесами – горные лесо-луговые почвы (Глл). В северной части Среднего Урала верхний пояс представлен тундровыми подбурами в сочетании с примитивными почвами и каменистыми россыпями. В южной части Среднего Урала в нижнем поясе появляются дерново-подзолистые почвы.

Почвенная карта Пермского края в Национальном атласе почв России [12] и ЕГРН [7] показывает, что в горной части не установлена вертикальная зональность почв, что не соответствует региональным исследованиям ученых [3–5; 9; 10]. В Национальном атласе территории Среднего Урала представлена буротаежными, горными лесо-луговыми, подзолистыми, дерново-подзолистыми, что соответствует классификации 1977 г.

Учёными почвенного института [1; 2] проводится модернизация обще-российской почвенной карты на новой технологической основе. Авторы проекта по переводу единиц легенды карты РСФСР (1988) в номенклатуру классификации почв России считают, что новый материал за последние десятилетие получен, большей частью, в отношении только почв Сибири и Дальнего Востока. При характеристике почв Среднего Урала авторы ссылаются на научные работы по Северному Уралу, в то время как имеется современные материалы, посвящённый изучению почв Среднего Урала [18–24]. Карты почвенно-географического районирования [7; 12; 14] не отражают реальной картины в отношении горной территории Урала, в частности Среднего.

В настоящее время проведена процедура перевода раздела легенды почвенной карты России (ПКРФ) «Почвы горных территорий» [2]. Так, согласно классификации почв России (КПР) на карте Среднего Урала вместо бурых грубогумусовых почв появятся ржавоземы грубогумусовые и ржавоземы типичные в средней и южной тайге соответственно. Горные аналоги дерново-подзолистых

почв на кислых магматических и метаморфических породах предлагается перевести в дерново-подзолы иллювиально-железистые, а на основных породах в ржавоземы оподзоленные; на плотных породах (кислых изверженных и метаморфических, сланцах, песчаниках) в дерново-элювиально-метаморфические и дерново-элюваземы.

Таким образом, анализ почвенных карт позволяет проследить изменения в научных взглядах на почвенный покров Урала, в том числе в его наименее изученной части – на Среднем Урале. Следует отметить, что за последние несколько десятилетий степень детализации почвенного покрова данной территории не претерпела существенных изменений. Картографическое отображение почвенного покрова Среднего Урала основано на материалах исследований первой половины XX столетия, представлениях о высотной поясности и характере почвообразующих пород. Основные нововведения в содержании карт были связаны, главным образом, с изменением систематической принадлежности почв.

Считаем, что полноценное представление о разнообразии и пестроте почвенного покрова Среднего Урала, его сложности и закономерностях пространственной организации может быть получено на основе данных современных исследований, выполненных с почвенно-географических позиций.

### Литература

1. Ананко Т. В., Герасимова М. И., Конюшков Д. Е. Опыт обновления почвенной карты РСФСР Масштаба 1:2. 5 млн в системе классификации почв России // Почвоведение. 2017. № 12. С. 1411–1420.
2. Ананко Т. В., Герасимова М. И., Конюшков Д. Е. Почвы горных территорий в классификации почв России // Бюллентень Почвенного института им. В. В. Докучаева. 2018. Вып. 92. С. 122–146. <https://doi.org/10.19047/0136-1694-2018-92-122-146>.
3. Атлас Пермской области. География. История. М. : ДИК, 2000. 48 с.
4. Баландин С. В., Ладыгин И. В. Флора и растительность хребта Басеги // Средний Урал / Институт экологии растений и животных УРО РАН. Пермь, 2002. С. 3.
5. Горчаковский П. Л. Растительный мир высокогорного Урала. М. : Наука, 1975. С. 13–67.
6. Гофман Е. К. Северный Урал и береговой хребет Пай-Хой. Исследования экспедиции Русского географического общества в 1847, 1848 и 1850 гг. СПб, 1856. 318 с.
7. Единый государственный реестр почвенных ресурсов России. Версия 1. 0. Коллективная монография. М. : Почвенный ин-т им. В. В. Докучаева Россельхозакадемии, 2014. 768 с. ISBN 978-5-8125-1960-5.
8. Иванова Е. Н. Горно-лесные почвы Среднего Урала // Труды Почвенного ин-та АН СССР, 1949. Т. 30. С. 168–193.
9. Кондратьева М. А., Бажукова Н. В. Картографическая изученность почв от Пермской губернии до Пермского края // От карты прошлого – к карте будущего: сб. науч. тр. : в 3 т. / отв. ред. С. В. Пьянков; ПГНИУ. Пермь, 2017. Т. 1. С. 14–4–156.
10. Коротаев Н. Я. Почвы Пермской области. Пермь, 1962. С. 247–268.
11. Михайлова Р. П. Некоторые особенности почвообразования в центрально-горной части среднетаежной подзоны Среднего Урала // Тезисы докладов на региональном совещании почвоведов северо- и среднетаёжной подзоны Европейской части СССР, 1968.
12. Национальный атлас почв РФ / гл. ред. С. А. Шоба, отв. ред. И. О. Алябина, Г. В. Добропольский, И. С. Урусевская, О. В. Чернова. М. : Астрель: АСТ, 2011. 632 с.
13. Почвенная карта Пермской области масштаба 1:300 000. Пермь, 1978.
14. Почвенная карта РСФСР. Масштаб 1:2 500 000 / гл. ред. В. М. Фридланд. М. : ГУГК, 1988.

15. Рисположенский Р. В. Описание Пермского Предуралья в почвенном отношении. Вып. 1. Казань, 1899. 120 с.
16. Рисположенский Р. В. Описание Пермской губернии в почвенном отношении: отчет Пермскому губернскому земству о почвенных исследованиях / Изд. Перм. губ. зем., 1909. 284 с.
17. Рисположенский Р. В. Почвенная карта Пермской губернии. Масштаб: в 1 английском дюйме 20 verst. 1909.
18. Самофалова И. А. Геомоделирование почвенного покрова на основе обобщённого пространственного анализа территории заповедника «Басеги» (Средний Урал) // ИнтерКарто. ИнтерГИС. Геоинформационное обеспечение устойчивого развития территорий. М. : Изд-во МГУ, 2020. Т. 26. Ч. 4. С. 131–146. <https://doi.org/10.35595/2414-9179-2020-4-26-110-120>.
19. Самофалова И. А. Информационно-логический анализ дифференциации почвенного покрова высотных геосистем на Среднем Урале // Вестник Алтайского государственного университета. 2017. № 11 (157). С. 105–114.
20. Самофалова И. А. Использование бассейнового подхода для изучения дифференциации растительного и почвенного покровов (хребет Басеги, Средний Урал) // География и природные ресурсы. 2020. N 1. P. 175–184. [https://doi.org/10.21782/GIPR0206-1619-2020-1\(175-184\)](https://doi.org/10.21782/GIPR0206-1619-2020-1(175-184)).
21. Самофалова И. А. Почва как компонент охраняемых ландшафтов в системе ООПТ (на примере ФГБУ «Государственный заповедник «Басеги») // Агрехимический вестник. 2021. № 1. С. 19–27.
22. Самофалова И. А., Лузянина О. А. Горные почвы Среднего Урала (на примере ГПЗ «Басеги»). МСХ РФ, ФГБОУ ВПО Пермская ГСХА. Пермь : Изд-во ФГБОУ ВПО Пермская ГСХА, 2014. 154 с.
23. Самофалова И. А., Рогова О. Б., Лузянина О. А. Использование группового состава соединений железа для диагностики горных почв Среднего Урала // Бюллетень Почвенно-го института им. В. В. Докучаева. 2015. № 79. С. 111–136.
24. Геохимические особенности распределения макроэлементов в почвах ненарушенных ландшафтов Среднего Урала (на примере заповедника «Басеги») / И. А. Самофалова, О. Б. Рогова, О. А. Лузянина, А. Т. Савичев // Бюллетень Почвенного института им. В. В. Докучаева. 2016. № 85. С. 56–76.
25. Фридланд В. М. Структура почвенного покрова. М. : Мысль, 1972. 423 с.

## SOIL COVER OF THE MIDDLE URALS ON THE MAPS OF THE PAST AND PRESENT

**M. A. Kondrateva, I. A. Samofalova**

*Perm State Agro-Technological University named after Academician D. N. Pryanishnikov  
Perm, Russian Federation, samofalovairaida@mail.ru*

Soil-geographical zoning of mountainous countries does not have a detailed division due to insufficient knowledge and inaccessibility. In early cartographic sources, the soil cover of mountain areas is presented rather schematically. The first maps, where the soils of the Perm province were presented, and partly the territory of the Northern and Middle Urals, were the soil map of European Russia, compiled under the leadership of V. V. Dokuchaev (1900); map of Perm province R. V. Rizpolozhensky (1909). Later, E. N. Ivanova, a soil map of the Middle Urals was published. The existing modern maps of soil-geographical zoning (1988, 2011, 2014) do not reflect the real picture in relation to the mountainous territory of the Urals, in particular the Middle. Over the past several decades, the level of detailing of the soil cover of this territory has not undergone significant changes. The cartographic mapping of the soil cover of the Middle Urals is based on research materials from the first half of the 20th century. A full-fledged idea of the diversity and variegation of the soil cover of the Middle Urals, the patterns of its spatial organization can be obtained on the basis of the data of modern studies carried out from soil-geographical positions.

## СВОЙСТВА ГОЛОЦЕНОВЫХ И ВЕРХНЕПЛЕЙСТОЦЕНОВЫХ ПОЧВ И ОТЛОЖЕНИЙ НА ОАН «СТОЯНКА «МАЛЬТА-МОСТ 3»

С. А. Коршунова, С. Л. Куклина

*Иркутский государственный университет, Иркутск, Россия  
korshunovsвета98@bk.ru, kukl\_swet@mail.ru*

Актуальность исследования обусловлена тем, что археологические объекты являются важнейшим источником информации о прошлом, при их комплексном исследовании складывается полная «картина» об изменении жизни на планете в целом, и определенных участках в частности.

В последние десятилетия все более активное внимание уделяется концепции памяти почв, основные идеи которой были заложены еще В. В. Докучаевым в конце XIX в. [4]

Почвы и отложения, на которых они формируются, хранят в своих свойствах множество информации о климате, условиях осадконакопления и почвообразовании [1].

Цель исследования – выявить особенности свойств голоценовых и верхнеплейстоценовых почв и отложений на объекте археологического наследия (ОАН) «Стоянка «Мальта-Мост 3».

Территория исследования расположена на Иркутско-Черемховской равнине с полого-холмистым рельефом на слабонаклонном склоне в долине реки Белой (левый приток Ангары). Горные породы представлены доломитами нижнего кембрия. Климат резко-континентальный, с продолжительной зимой и коротким жарким летом. Растительность преимущественно лесостепная.

Стоянка находится в Усольском районе Иркутской области в 500 м на северо-запад от г. Усолья-Сибирского (рис. 1). На ОАН «Стоянка «Мальта-Мост 3» в полевой сезон 2020 г. проводились спасательные работы при строительстве автодороги Р-255 «Сибирь», где были вскрыты большие площади отложений.

Нами подробно изучена небольшая по протяженности стенка раскопа, где наиболее репрезентативно представлена стратиграфия вскрытых почв и отложений. Объектом исследования являются почвы и вмещающие их отложения ОАН «Стоянка «Мальта-Мост 3». Данный объект интересен тем, что здесь были найдены следы деятельности древнего человека (палеолит – мезолит) [3].

В ходе исследования в почвах и отложениях было проведено морфологическое описание; определены содержание общего гумуса методом И. В. Тюрина и гранулометрический состав методом А. Н. Качинского.

Для интерпретации результатов использовался педолитологический метод, основанный на морфогенетической диагностике всей вскрытой толщи рыхлых отложений для определения антропогенных и природных событий в строении разреза [1].



Рис. 1. Местонахождение объекта исследования

По морфологическим признакам всю вскрытую толщу можно разделить на 3 пачки отложений (литологические пачки) (рис. 2). Характеристика пачек приведена в порядке стратиграфической последовательности – снизу вверх по разрезу.

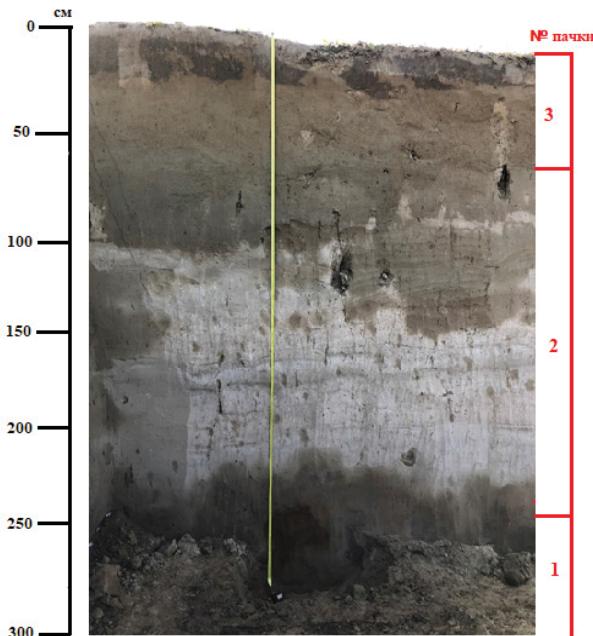


Рис. 2. Строение почв и отложений на ОАН «Стоянка «Мальта-Мост 3»

*Пачка 1.* Глубина 280–240 см. Представлена оглеенной солифлюционированной толщой с фрагментами палеопочв. Не гумусированные отложения содержат 0,39–0,57 % гумуса, гранулометрический состав варьирует от легко- до тяжелосуглинистого (рис. 3). Гумусированные фрагменты среднесуглинистого состава содержат 0,93 % общего гумуса и сохранили реликтовую ореховатую структуру горизонтов почв. В целом пачка 1 имеет самый тяжелый гранулометрический состав, что может указывать на ослабление эоловых процессов. Это же способствовало хорошему проявлению криогенных процессов (солифлюкция, инволюции).

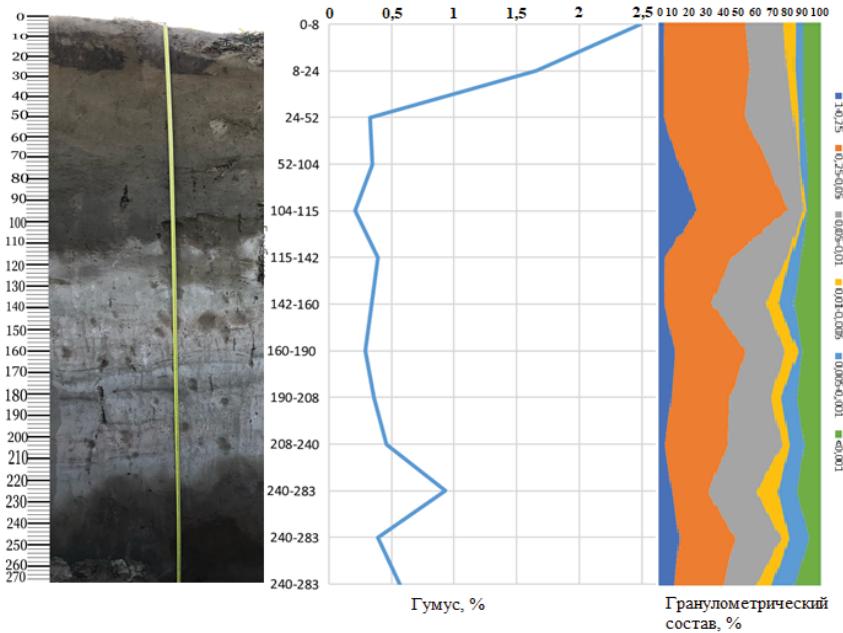


Рис. 3. Химические и физические показатели ОАН «Стоянка «Мальта-Мост 3»

Предположительно, отложения имеют раннесартанский возраст (24–21 тыс. лет) с фрагментами каргинских палеопочв (28–24 тыс. лет).

*Пачка 2.* Глубина 240–52 см. Представлена желтовато-серыми слоистыми легко- и среднесуглинистыми не гумусированными (0,21–0,36 % гумуса) отложениями с песчаными прослойками, которые свидетельствуют об усилении эоловых процессов.

В толще отложений фиксируются две слаборазвитые палеопочвы, имеющие буровато-розовую окраску. Такая окраска гумуса является специфической и отмечается в литературных источниках для палеопочв последнего ледниково-го периода [2; 5]. Содержание гумуса невысокое и составляет 0,39–0,46 %.

Предположительно, отложения пачки имеют средне- и позднесартанский возраст (11–24 тыс. лет).

Между пачками 2 и 3 отмечается реакция с 10%-ным раствором HCL, что часто является маркером проведения границы распространения голоценовых и плеистоценовых отложений. Содержание карбонатов и другие различия в свойствах пачек 2 и 3 позволяют нам провести здесь границу между двумя периодами.

*Пачка 3.* Глубина 52–0 см. Представлена современной почвой, которая по классификации 2004 г. [4] может быть отнесена к буроземам с профилем АY-BM-C. Несмотря на то что на данный момент почва находится под луговой растительностью, ее морфологические свойства указывают, что формировалась она под лесом.

Верхний горизонт АY<sub>1</sub> (0–8 см) имеет светло-серую окраску и плотное сложение. Содержание общего гумуса составляет 2,49 % (рис. 3). Горизонт АY<sub>2</sub>, залегающий на глубине 8–24 см, содержит 1,66 % гумуса. Гранулометрический состав обоих горизонтов представлен легким суглинком. Срединный горизонт BM (24–52 см) обладает желто-буровой окраской с супесчанным гранулометрическим составом.

Возраст отложений – голоценовый 11,7–0 тыс. лет.

При исследовании почв и отложений ОАН «Стоянка «Мальта-Мост 3» по морфологическим свойствам было выделено 3 пачки отложений.

Верхнеплеистоценовые горизонты представлены отложениями сартанского возраста (11–24 тыс. лет) с фрагментами палеопочв позднекаргинского возраста (28–24 тыс. лет), голоценовые отложения представлены современной почвой – буроземом.

### Литература

1. Воробьева Г. А. Почва как летопись природных событий Прибайкалья: проблемы эволюции и классификации почв. Иркутск : Изд-во Иркут. гос. ун-та, 2010. 205 с.
2. Куклина С. Л. Пойменные почвы сартанского и голоценового возраста в долине р. Белой (Приангарье). Томск : ТМЛ-Пресс, 2010. Т. 1. С. 151–153.
3. Песков С. А. АКТ государственной историко-культурной экспертизы выявленного объекта археологического наследия – «Мальта-Мост 3», стоянка. Иркутск, 2015. 34 с.
4. Классификация и диагностика почв России / Л. Л. Шишов [и др.]. Смоленск : Ойкумена, 2004. 342 с.
5. Palaeopedological marker horizons in northern central Europe: characteristics of Lateglacial Usselo and Finow soils / K. Kaiser, A. Hilgers, N. Schlaak, M. Jankowski, P. Kuhn, S. Bussemer, K. Przegietka // Boreas. 2009. Vol. 38. August. P. 591–609.

### PROPERTIES OF HOLOCENE AND UPPER PLEISTOCENE SOILS AND SEDIMENTS AT THE OAN “PARKING LOT “MALTA-MOST 3”

S. A. Korshunova, S. L. Kuklina

Irkutsk State University, Irkutsk, Russian Federation  
korshunosveta98@bk.ru, kulk\_swet@mail.ru

The aim of the study is to elucidate the features of the properties of Holocene and Upper Pleistocene soils and sediments at the site of the archaeological heritage (OAN) “Parking lot “Mal-

ta-Most 3». The object is located in the Usolsky district of the Irkutsk region, 500 m from the city of Usolye-Sibirskoye. The small length of the excavation wall was studied in detail, where the stratigraphy of the exposed soils and sediments is most representative. This object is interesting because traces of ancient human activity (Paleolithic – Mesolithic) were found here. When studying the soils and sediments of the OAN «Malta-Most 3 «Parking Lot», 3 bundles of sediments were identified by morphological properties.

The Upper Pleistocene horizons are represented by deposits of Early Sartan age (21–24 thousand years) with Kargian paleosols (28–24 thousand years), Middle and Late Sartan deposits of 11–24 thousand years. In the Holocene sediments, the modern soil – brown earth-is formed.

## ПРОБЛЕМЫ КЛАССИФИКАЦИИ И ЗАПИСИ ФОРМУЛ СТРОЕНИЯ ПРОФИЛЕЙ АЛЛЮВИАЛЬНЫХ ПОЧВ РОССИИ

С. Л. Куклина, Г. А. Воробьева

*Иркутский государственный университет, Иркутск, Россия*

*kukl\_swet@mail.ru*

Проблема классификации почв в русском почвоведении всегда служила объектом острых дискуссий. Не явились исключением и аллювиальные почвы.

Первыми российскими почвоведами, которые подняли вопросы номенклатуры и классификационной принадлежности аллювиальных почв явились В. В. Докучаев, Н. М. Сибирцев, К. Д. Глинка [1; 2; 8]. Благодаря их работам к середине XX в. был накоплен материал для систематизации этих почв. Следует отметить, что аллювиальные почвы в разных регионах могли иметь местные названия и нередко, эти названия входили в классификации республик СССР.

В 1963 г. серьезным шагом к решению этих проблем явилась разработка Почвенным институтом им. В. В. Докучаева принципов систематики и номенклатуры почв и «Единого систематического списка почв СССР» [7].

В 1967 г. были изданы «Указания по классификации и диагностике почв», которые состояли из пять выпусков для различных зон: таежно-лесных, буроzemно-лесных, степных, полупустынных и пустынных, влажных и полусухих субтропических областей СССР [9]. Из-за того, что в подготовке каждого выпуска участвовали, как правило, разные авторы, принципы выделения родов, видов и градации признаков могли существенно различаться. В большинстве названий типов почв отмечались зональные особенности.

В 1977 году на основе «Указаний..., 1967» выходит «Классификация и диагностика почв СССР». Здесь, в связи с экологическими особенностями почвообразования в поймах, характера водного режима и связанных с ним процессов обмена веществ между почвой и растительностью аллювиальные почвы разделены на 3 группы: дерновые, луговые и болотные. Разделение почв по критерию кислотности позволило выделить по 3 типа аллювиальных дерновых почв и луговых почв. В группе аллювиальных болотных почв 3 типа выделены по степени разложения и аккумуляции органических веществ [3].

Среди недостатков этих разработок важно отметить следующие: а) в описании разных типов пойменных почв, в том числе и на прирусловых валах, в профиле почв отмечается наличие горизонта «В»; б) при описании большей части пойменных почв не фиксируется наличие в профиле погребенных гумусовых горизонтов.

Первая версия современной «Классификации почв России» была издана в 1997 году, затем работа по ее совершенствованию была продолжена и в 2004 году выпущена «Классификация и диагностика почв России», в которой в самостоятельном отделе в стволе «синлитогенные почвы», аллювиальные почвы представляются в виде профиля с простой формулой A-C<sup>~</sup> или A-G-CG<sup>~</sup> и др.,

содержащего органо- или гумусово-аккумулятивный горизонт, сменяющийся слоистой толщей аллювия. В зависимости от характера верхних горизонтов и почвообразующей породы, в отделе аллювиальных почв выделено 13 типов естественных и агрогенно-преобразованных почв. Кроме этого, в отделе слаборазвитых почв выделен тип аллювиальных слоистых почв (W-C<sup>~</sup>). Разделение на подтипы дается по особенностям проявления почвообразовательных метаморфических и гидрогенно-аккумулятивных процессов [4]. Позднее, в 2008 году в «Полевом определителе почв», добавляется еще 5 типов почв, имеющие в профиле рудяковый, слитой или мергелистый горизонты [6].

В «Классификации..., 2004» удалось исправить следующие два недостатка прежних классификаций: 1) полнее охарактеризовать особенности верхних горизонтов аллювиальных почв, обозначая их соответствующими индексами (AY, AU, T, P, PU и др.); 2) исключить из формул индексы срединных горизонтов (горизонтов «В»), для развития которых аллювиальные почвы не имеют достаточного времени, поскольку процесс почвообразования периодически прерывается интенсивным осадконакоплением.

С другой стороны, судя по формулам аллювиальных почв, «Классификация..., 2004» по-прежнему не дает никакой информации о конкретном строении почвенного профиля, его слоистом характере, наличии серии погребенных гумусовых горизонтов. Такой подход, игнорирующий полициклический характер строения почвенного профиля, ни в коей мере не отражает качество почв и не несет палеоэкологическую информацию, зашифрованную в слоистом строении их профиля. К тому же, погребенные гумусовые горизонты по своим качествам (мощности, содержанию гумуса и др.) могут существенно превосходить самый молодой поверхностный горизонт. В этом случае название почвы по верхнему горизонту может совершенно не соответствовать качествам почвы, пониманию ее плодородия.

Возникает вопрос и об индексации почвообразующей породы. Отсутствие обозначенных правил создает неопределенность: по какому аллювиальному прослою определять индекс – по верхнему прослою, расположенному сразу под горизонтом А или по низам почвенного разреза? Если оценивать первый сверху аллювиальный нанос, то в подавляющем большинстве аллювиальных почв (кроме почв низкой поймы) он является неоглеенным и ему надо придавать индекс – C<sup>~</sup>. Если исходить из морфологии нижних горизонтов почвенного профиля, то их окислительно-восстановительные особенности могут быть отражены в разрезах разными индексами -C<sup>~</sup>, -Cg<sup>~</sup>, -Cq<sup>~</sup>, -G-CG<sup>~</sup> и -Q-CQ<sup>~</sup>.

Если в формулу почв вносить индекс только верхнего и нижнего горизонтов, то каждая формула аллювиальных слоистых почв будет содержать лакуну в строении почвенного профиля (от верхнего горизонта до почвообразующей породы). Такой вариант записи строения профиля и классификации аллювиальных почв не соответствует современному объему знаний и представлений о генезисе и эволюции аллювиальных почв [5].

Таким образом, разделение аллювиальных почв в «Классификации..., 2004» не имеет детального характера и сводится только к характеристике верхнего горизонта, не предлагая правил индексации горизонтов глубже лежащей

части профиля. Формула аллювиальных почв в виде А-С~ не несет ни качественной, ни количественной информации о реальном строении почв, их качестве и плодородии. Для примера приведем строение одной из серогумусовых аллювиальных почв (рис. 1) на высокой пойме реке Белой (Прибайкалье), где с глубины 25 см встречается серия темногумусовых горизонтов АУ, что как не отражается в составленной по правилам «Классификации..., 2004» формуле типа почв – АY-С~.

Мы предлагаем для научных или других целей, требующих детального рассмотрения строения профиля аллювиальных почв, за основу принять правило записи формулы слоисто-охристых почв отдела вулканических в «Классификации..., 2004». Так в формуле АО-[ВН-ВАН]<sup>3</sup>-С~ особенности строения профиля и его полициклический характер отражены в квадратных скобках в виде последовательности почвенных горизонтов, а количество повторяющихся циклов – в виде цифры над квадратными скобками [5].

Если использовать данное правило, то формула приведенной на рисунке слоистой аллювиальной почвы будет выглядеть следующим образом: [AY-(C~)]<sup>3</sup>-[AU-(C~)]<sup>4</sup>-AY-C~-AC-C~.

Подходя с аналогичных позиций к записи формул аллювиальных почв, мы получаем конкретную информацию об особенностях строения всего профиля исследуемых почв, что позволяет реально оценивать их агропроизводственные возможности, экологическую устойчивость и влияние палеоэкологических условий на эволюцию.

Такая подробная запись формулы почвы не исключает использование упрощенного варианта формулы в классификационных целях, в картографии и для отображения принципа строения современной почвы на том или ином участке поймы, если не требуется детальный анализ особенностей ее строения.

### Литература

- Глинка К. Д. Почвоведение. М. : Гос. изд-во с/х и колхоз.-кооперат. лит., 1932. 603 с.

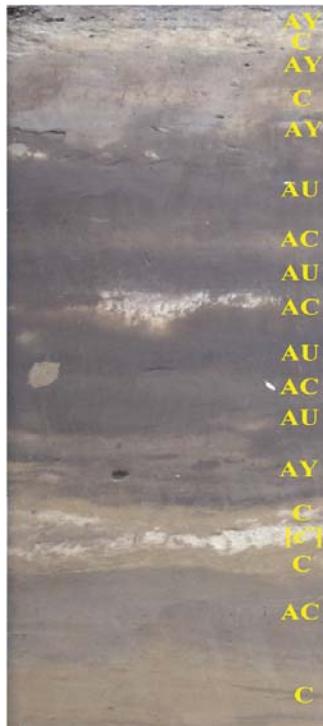


Рис. Пример слоистого строения разреза аллювиальной почвы (высокая пойма. р. Белая, Приангарье) Общая формула почвы (по Классификации..., 2004): АY-С~. Конкретная формула разреза: [AY-(C~)]<sup>3</sup>-[AU-(C~)]<sup>4</sup>-AY-C~-AC-C~

2. Докучаев В. В. Сочинения: Т. 6. Преобразование природы степей: работы по исследованию почв и оценке земель, учение о зональности и классификация почв. 1888–1900 / под ред. Л. И. Прасолова, И. В. Тюрина. М. ; Л. : Изд-во АН СССР, 1951. 596 с.
3. Классификация и диагностика почв СССР / сост. В. В. Егоров [и др.]. М. : Колос, 1977. С. 189–203.
4. Классификация и диагностика почв России / Л. Л. Шишов [и др.]. Смоленск : Ойкумена, 2004. С. 232–244.
5. Кукилина С. Л. Аллювиальные почвы и палеоэкологические условия их образования в долине р. Белой (Западное Прибайкалье) : дис. ... канд. биол. наук : 03.02.13 – Почвоведение. Иркутск, 2020. 164 с.
6. Полевой определитель почв. М. : Почв. ин-т им. В. В. Докучаева, 2008. 182 с.
7. Савицкая Н. В. Подходы к классификации и номенклатуре аллювиальных почв таежно-лесной зоны // Современные проблемы изучения почвенных и земельных ресурсов : сб. докл. второй Всерос. открытой конф. с междунар. участием. Москва, 28–30 ноября 2017 г. М. : Почвенный ин-т им. В. В. Докучаева, 2017. С. 31–33.
8. Сибирцев Н. М. Избранные сочинения : в 2 т. / под ред. С. С. Соболева. М. : Сельхозгиз, 1951. Т. 1 : Почвоведение. 472 с.
9. Указания по классификации и диагностике почв : в 5 т. / под ред. Е. Н. Иванова, Н. Н. Розова. Т. 5. Вып. 1–5. М. : Колос, 1967. 405 с.

## PROBLEMS OF CLASSIFICATION AND RECORDING OF FORMULAS FOR THE STRUCTURE OF PROFILES OF ALLUVIAL SOILS IN RUSSIA

**S. L. Kuklina, G. A. Vorobyova**

*Irkutsk State University, Irkutsk, Russian Federation*

*kukl\_swe@yandex.ru*

The article reflects the history of the development of classifications for alluvial soils, from V. V. Dokuchaev (1879) to the modern classification published in 2004. The current problems of classification and recording of formulas for the structure of profiles of alluvial soils in Russia are described. The formulas of alluvial soils, compiled according to the modern classification, do not provide any information about the specific structure of the soil profile, its layered nature, the presence of a series of buried humus horizons. The rules for recording the profiles of volcanic soils, adopted in the “Classification and Diagnostics of Soils of Russia” in 2004, are proposed to be used for alluvial soils. This will make it possible to consider in more detail the paleoecological features of the structure of soils, which are encoded in the structure and properties of buried soil horizons and also to assess their agricultural production capabilities and environmental sustainability.

## ИЗМЕНЕНИЕ ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА ЛИСИНСКОГО УЧЕБНО-ОПЫТНОГО ЛЕСХОЗА ЗА 200 ЛЕТ АНТРОПОГЕННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

М. А. Лазарева

*Центральный музей почвоведения им. В. В. Докучаева – филиал ФГБНУ ФИЦ  
«Почвенный институт им. В. В. Докучаева», Санкт-Петербург, Россия  
margoflams@mail.ru*

Территория Лисинского учебно-опытного лесхоза (Лисино), находящаяся в пределах Ленинградской области претерпела за прошедшие 200 лет существенные изменения. Об этом свидетельствуют данные монографии «Лисино. 200 лет службы лесам России» [5]. До 1800 г. какого-либо организованного хозяйства в Лисино не было. С 1800 г. стали происходить изменения, которые связаны, прежде всего, с антропогенной деятельностью, состоящей в прокладке осушительных каналов, дорог, торфоразработках при добыче торфа, строительстве зданий и сооружений, распашке земель и пр. [5]

По данным литературных источников [1–3; 6] воздействие человека на окружающую среду приводит к изменениям почвенного покрова, появлению новых форм и структур почвенного покрова, не имеющих естественных аналогов. Поэтому в целях оценки состояния почвенного покрова Лисино на сегодняшний день, выявления роли антропогенного фактора в его изменении и прогнозирования ситуации на будущие изменения крайне необходимо создание информационного ресурса, отражающего современное состояние почвенного покрова.

На базе Центрального музея почвоведения им. В. В. Докучаева (ЦМП) в соответствии с госзаданием созданы авторские макеты цифровых почвенных карт (ЦПК) Лисино масштаба 1:50 000 – современной и реконструкции почвенного покрова на период 1800 г. ЦПК включают Перинское, Лисинское и Кастенское лесничества, Лисинскую, Ижорско-Тосненскую, Малиновскую, Глинковскую, Машинскую, Гришкинскую дачи. Основой для ЦПК послужила база данных (БД), также созданная в ЦМП. В БД введены данные, отражающие факторные, морфолого-генетические и аналитические характеристики каждого отдельно взятого почвенного разреза. Всего в БД охарактеризован 231 почвенный разрез. Проведена экспертная оценка и выявлены доли площади каждой почвы, представленной на ЦПК реконструкции и современной в почвенном покрове.

При анализе ЦПК реконструкции выявлено, что до начала активной антропогенной деятельности на территории Лисино были широко распространены подзолистые глееватые перегнойные почвы на моренных суглинках, элювиально-метаморфические глееватые перегнойные почвы на ленточных глинах, торфяно-перегнойно-глеевые почвы. Согласно БД данные почвы были распространены под хвойными еловыми лесами, в условиях пониженной равнины, на элементах рельефа с дополнительным увлажнением. Подзолистые глееватые перегнойные почвы в условиях лесничества формировались под ельником чер-

ничником, ельником кисличником, ельником чернично-долгомошным. Элювиально-метаморфические глеевые перегнойные почвы – под ельником политрихозником. Торфяно-перегнойно-глеевые почвы формировались при длительном насыщении почв водой, в западинах между озовыми грядами, в понижениях у ручьев. Эти почвы занимали местоположения с невыраженными точками и гранями рельефа, и относительными превышениями менее 5 м с постоянным либо периодическим избыточным увлажнением [4]. Доля подзолистых глеевых перегнойных почв составляла 30 % от территории Лисинского лесхоза, доля элювиально-метаморфических глеевых перегнойных и торфяно-перегнойно-глеевых почв – по 20 %. При сравнении ЦПК реконструкции и современной выявлены существенные различия в распространении данных почв. На карте, отражающей современное состояние почвенного покрова, доля подзолистых глеевых перегнойных почв в 3 раза меньше по сравнению с реконструкцией и составляет 10 %, что связано, прежде всего, с осушением территории и появлением подзолистых глеевых перегнойных окисленных почв. В связи с осушением территории, рубками леса, распашкой, доля элювиально-метаморфических глеевых перегнойных почв сократилась в 4 раза на современной карте по сравнению с картой реконструкции и составила 5 %. Доля этих почв сократилась за счет увеличения площадей элювиально-метаморфических глеевых перегнойных окисленных и элювиально-метаморфических глеевых перегнойных турбированных почв. Доля торфяно-перегнойно-глеевых почв на современной карте также сократилась в 4 раза и составила 5 %. Сокращение произошло из-за осушения территории за счет увеличения площадей торфяно-перегнойно-глеевых окисленных почв.

На территории Лисино на период до начала антропогенного воздействия в условиях верховых болот и торфяных залежей были распространены торфяные олиготрофные почвы. Данные почвы формировались на водораздельных пространствах в условиях застойного увлажнения атмосферными водами под сфагновыми мхами. Доля этих почв на карте реконструкции составляет 10 %, их же доля в современных условиях в 2 раза меньше и составляет 4 %, что связано с активными работами по добыче и переработке торфа и появлением торфяных осушенных почв – торфоземов.

Автоморфные позиции рельефа на карте реконструкции занимают элювиально-метаморфические почвы ленточных глин, подзолистые почвы моренных отложений. Наиболее ценные в отношении плодородия элювиально-метаморфические почвы первостепенно осваивались и на современной карте не выделены вследствие распашки, строительства зданий, сооружений и формирования на месте данных почв преимущественно агроземов структурно-метаморфических и их комбинаций с непочвенными образованиями (НПО). Их доля на карте реконструкции составляет 3 %. Согласно БД данные почвы формировались под смешанным лесом (ель, береза, осина, рябина) чернично-бруснично-зеленомошным, чернично-кислично-зеленомошным, вейниково-папоротниково-зеленомошным, чернично-майниковым. Подзолистые почвы в условиях лесничества формируются под хвойными еловыми, хвойно-мелколиственными лесами (ельник зеленомошник, ельник-березняк зелено-

мощник). Доля подзолистых почв на карте реконструкции составляет 13 %. На современной карте их число уменьшилось в 2 раза и составило 7 %, что связано, главным образом, с рубкой леса и появлением подзолистых турбированных почв. Подзолистые и элювиально-метаморфические почвы занимают местоположения со слабовыраженными точками и гранями рельефа, и относительными превышениями менее 5 м; естественно дренируемые, с периодическим переувлажнением [4].

Приуроченные к озам, береговым валам под хвойными сосновыми, смешанными лесами (сосняк сфагново-чернично-брюсличный, сосново-березово-еловый лес чернично-брюслично-папоротниковый, чернично-майниково-зеленомошный, кислично-вейниково-зеленомошный) встречаются подзолы, к окраинам верховых болот под смешанным лесом (сосна, береза, рябина) чернично-брюслично-зеленомошным, чернично-папоротниково-зеленомошным – подзолы глееватые перегнойные, под хвойно-мелколиственными лесами (березово-еловый лес травянико-кисличный) – дерново-подзолы, сформированные на валунных, озерных песках, двучленных отложениях. Доля подзолов глееватых перегнойных и дерново-подзолов на карте реконструкции составляет по 5 %, подзолов 6 %. В современных условиях доля подзолов составляет 5 %. Сокращение числа их контуров связано с рубками леса и появлением контуров подзолов турбированных. Доля дерново-подзолов также сократилась на 1 % вследствие распашки и формирования агродерново-подзолов. Доля подзолов глееватых перегнойных сократилась в 2 раза и составила 2 % что связано, прежде всего, с осушением территории и появлением подзолов глееватых перегнойных окисленных.

По берегам рек выделены контуры аллювиальных почв, сформированных на аллювиальных отложениях. Среди аллювиальных почв на территории Лесхоза распространены аллювиальные серогумусовые глееватые (3 % на карте реконструкции), аллювиальные серогумусовые глеевые (2 % на карте реконструкции) и аллювиальные торфяно-глеевые почвы (2 % на карте реконструкции). Доля аллювиальных серогумусовых глееватых и глеевых почв на современной карте сократилась на 1 % вследствие распашки и появления агрогумусовых аллювиальных и агрогумусовых аллювиальных глеевых почв.

### Литература

1. Красная книга почв Ленинградской области / Б. Ф. Апарин, Г. А. Касаткина, Н. Н. Матинян, Е. Ю. Сухачева. СПб. : Аэроплан, 2007. 320 с.
2. Апарин Б. Ф. Сухачёва Е. Ю. Эволюция почв и почвенного покрова мелиорированных земель. СПб. : СПбГУ, 2009. 265 с.
3. Гумусовые горизонты почв урбоэкосистем / Б. Ф. Апарин, Е. Ю. Сухачева, А. М. Булышева, М. А. Лазарева // Почтоведение. 2018. № 9. С. 1071–1084.
4. Исаченко Г. А. Методы полевых ландшафтных исследований и ландшафтно-экологическое картографирование : курс лекций. СПб. : Изд-во С.-Петерб. ун-та. 1999. 112 с.
5. Лисино. 200 лет служения лесам России / под ред. А. В. Селиховкина. СПб. : СПбГЛТА, 2009. 224 с.
6. Принципы и методы создания цифровой среднемасштабной почвенной карты / Е. Ю. Сухачева, Б. Ф. Апарин, Т. А. Андреева, Э. Э. Казаков, М. А. Лазарева // Вестник Санкт-Петербургского университета. Науки о Земле. 2019. Т. 64, № 1. С. 100–113.

## **CHANGE IN THE SOIL COVER OF THE LISINO EDUCATIONAL AND EXPERIMENTAL FORESTRY FOR 200 YEARS OF ANTHROPOGENIC ACTIVITY**

**M. A. Lazareva**

*V. V. Dokuchaev Central Soil Museum, Saint-Petersburg, Russian Federation*  
*margoflams@mail.ru*

On the basis of a comparative analysis of reconstruction and modern digital soil maps (a scale of 1:50 000) changes in the soil cover of the Lisino educational and experimental forestry for 200 years of anthropogenic activity were established. Changes in the soil cover are mainly caused by drainage of the territory, peat extraction, etc. . As a result of anthropogenic impact, the share of Albic Luvisols decreased by 3 times, Lamellic Albic Luvisols and Histic Gleysols decreased by 4 times, the number of Fibric Histosols decreased by 2 times. As a result of anthropogenic impact, the soil diversity has increased sharply. On the reconstruction map, 29 soil varieties are highlighted, and on the modern map – 69 soil varieties.

## МАЛОМОЩНЫЕ ЩЕБНИСТЫЕ ПОЧВЫ НА ПЛОТНЫХ ПОРОДАХ СИБИРИ

С. Н. Лесовая

Санкт-Петербургский государственный университет  
Санкт-Петербург, Россия, s.lesovaya@spbu.ru

В настоящее время маломощные (мощность профиля до 50 см) щебнистые почвы рассматриваются как этап эволюции ландшафтов [8], объект взаимодействия биоты с минеральным субстратом на начальных стадиях почвообразования [9]. Почвы на выходах карбонатных и силикатных пород даже в пределах одной природной зоны закономерно различаются по направленности педогенеза, преобразованию силикатного материала в различных условиях рН. Целью настоящей работы является изучение специфики фазового минералогического состава и профильного распределения глинистых минералов в маломощных почвах, развитых при близком залегании плотных пород различного генезиса и состава.

Объектами исследований послужили подбуры на породах основного состава, относящихся к трапповой формации Среднесибирского плоскогорья (Эвенкийский автономный округ, Красноярский край), и буроземы на карбонатных отложениях Прибайкалья (Качугский район, Иркутская область). Проанализированы физико-химические свойства, гранулометрический состав почв и минералогический состав илистых фракций почв (XRD-анализ), а также химико-минералогические свойства плотных силикатных пород. Классификационная принадлежность почв и индексация почвенных горизонтов даны в соответствии с подходами [4].

Среднесибирское плоскогорье является единственным местом на планете, где выветривание и почвообразование на породах основного состава (траппах) происходит в условиях холодного, резко-континентального климата. Было показано, что специфические черты ландшафтов и почв Среднесибирского плоскогорья во многом обусловлены своеобразием литогенной основы [5]. Исследованные нами разрезы были заложены в окрестностях поселка Тура, который расположен на берегу Нижней Тунгуски. Подстилающие породы и фрагменты плотных пород в разрезах представлены базальтами и долеритами. Породы слабо изменены в гипергенных условиях. В шлифах пород диагностированы агрегаты смектитов. Агрегаты замещают первичные минералы и являются вторичными по отношению к исходному составу пород. Маломощные подбуры сформированы непосредственно из элювия плотных пород. Последовательность горизонтов в профиле: Оао–ВНФ–ВМ–М. Это кислые почвы, с характерными признаками альфегумусовой дифференциации.

Несмотря на значения рН в кислом диапазоне, в илистой фракции почвенных горизонтов доминируют унаследованные от породы, хорошо окристаллизованные слоистые силикаты, принадлежащие к группе смектита. Противо-

рение полученных данных заключается в том, что именно смектиты являются наиболее неустойчивыми в кислой среде в соответствии с гипотезой селективного разрушения глинистых минералов [6]. Для объяснения указанного противоречия была рассмотрена специфика формирования глинистого материала в плазме почв. Показано, что в почвенных горизонтах аккумуляция тонкодисперсного материала происходит как непосредственно на поверхности плагиоклазов, формируя пленки различной толщины; так и в трещинах между зернами плагиоклазов. Формирующиеся пленки предотвращают фрагменты пород от дальнейшего разрушения. Кроме того, фрагменты траппов в почвенных горизонтах являются своеобразным «контейнером», из которого глинистый материал (агрегаты смектитов и продукты соссюритизации плагиоклазов) поступает в плазму основы. В результате тонкие фракции почв обогащены унаследованными от породы слоистыми силикатами даже при их небольшой доле в породе. «Консервация» смектитов в унаследованных агрегатах предотвращает растворение минералов в кислой среде почвенных горизонтов. Как следствие, в илистых фракциях маломощных кислых почв – подбуров доминируют унаследованные от породы смектиты, т. е. минералы потенциально неустойчивые в кислой среде. В полнопрофильных почвах (подбуры) происходит растрескивание и дробление агрегатов смектитов и их конвертация в глинистый материал почвенной плазмы [10].

Таким образом, полученные результаты дополняют схемы выветривания и почвообразования на плотных породах, в соответствии с которыми продукты трансформации в примитивно-криогенном типе коры выветривания представлены плохо окристаллизованными смешанослойными образованиями [7], либо органо-минеральными соединениями [11].

Помимо подбуров на основных породах, были изучены маломощные буровозмы остаточно-карбонатные. Разрезы расположены в пределах Лено-Ангарского плато, на высотах ~ 700 м, к востоку от поселка Качуг. Почвообразующие породы представлены карбонатными пылеватыми красноватыми суглинками, являющимися элювием кембрийских алевролитов. Алевролиты являются подстилающими профиль породами. Последовательность горизонтов: AYca–BMca–BCsa–M. Почвы щелочные по всему профилю, что обусловлено присутствием включений карбонатных пород. На нижней стороне распадающегося на плитки алевролита (преимущественно M горизонт) диагностированы признаки вторичного окарбоначивания – карбонатные натеки, указывающие на миграцию карбонатов. Разнонаправленная миграция почвенных растворов: нисходящей во влажные сезоны года и восходящей к фронту промерзания в осенний период была показана на примере мерзлотных почв [3].

Несмотря на значения pH в щелочном диапазоне и морфологически слабо проявляющуюся дифференциацию профиля, в нем выражены признаки элювиально-иллювиального перераспределения илистых фракций. Минералогический состав илистых фракций по всему профилю представлен единой ассоциацией глинистых минералов: диоктаэдрические слюды/ иллит и продукты их трансформации, представленные неупорядоченным смешанослойным образование с низким содержанием смектитовых пакетов, а также хлорит и в небольшом ко-

личестве каолинит. В этих почвах отсутствует смектитовая фаза, что является значимым отличием от широко распространенных в Предуралье почв на пермских карбонатных красноцветных породах. В илистой фракции почв на пермских отложениях Предуралья доминируют (70–90 %) индивидуальные смектиты. Их доля уменьшается в верхних горизонтах почвенных профилей как результат кислотного гидролиза [2].

В буровозах остаточно-карбонатных Прибайкалья развитие процессов внутрипочвенного выветривания подтверждается данными минералогического состава илистой фракции. По сравнению с горизонтом ВСса в вышележащих горизонтах профиля уменьшается доля хлорита, ухудшается окристаллизованность слюд и, вероятно, увеличивается доля смешанослойного образования с невысоким содержанием смектитовых пакетов в результате деградации слюд. Ранее было показано [1], что такие почвы отражают наиболее специфические черты почвообразования на карбонатных породах Сибири. В их профиле процессы, характерные для почвообразования на карбонатных отложениях в более гумидных регионах (выщелачивание карбонатов, элювиально-иллювиальная дифференциация илистой фракции, признаки внутрипочвенного выветривания, подтверждающиеся данными минералогического состава илистой фракции) сочетаются с наличием карбонатных включений во всех горизонтах и вторичным окарбоначиванием карбонатов.

Таким образом, результаты исследований маломощных щебнистых почв, развитых на плотных породах Сибири различного генезиса и состава, дополняют:

1) схемы выветривания и почвообразования на плотных силикатных породах (на основании данных о конвертации траппов Среднесибирского плоскогорья в глинистый материал почв);

2) данные об особенностях минералогического состава почв и специфических чертах почвообразования на карбонатных, красноцветных породах Прибайкалья.

*Работа выполнена при поддержке РФФИ (проект 20-04-00888а).*

### **Литература**

1. Горячkin С., Лесовая С., Конюшков Д. Почвы на карбонатных породах Прибайкалья: педоклиматогенная специфика химико-минералогических свойств и генезиса // Генеза, географія та екологія ґрунтів. Львів, 2008. С. 205–213.
2. Градусов Б. П., Урусевская И. С. Особенности глинистого материала дерново-карбонатных и дерново-подзолистых почв западных и восточных районов Русской равнины // Вестник Московского университета. Серия 6, Биология, почвоведение. 1974. № 6. С. 105–113.
3. Зольников В. Г. Почвы восточной половины Центральной Якутии, их использование // Материалы о природных условиях и сельском хозяйстве Центральной Якутии. М. : Изд-во АН СССР. 1954. Вып. 4. С. 55–222.
4. Классификация и диагностика почв России. Смоленск. : Ойкумена, 2004. 342 с.
5. Соколов И. А., Градусов Б. П. Почвообразование и выветривание на основных почвах в условиях холодного гумидного климата // Почвоведение. 1978. № 2. С. 5–17.
6. К дифференциации минералогического и химического составов дерново-подзолистых и подзолистых почв / В. Д. Тонконогов, Б. П. Градусов, Н. Е. Рубилина, В. О. Таргульян, Н. П. Чижикова // Почвоведение. 1987. № 3. С. 68–81.

7. Черняховский А. Г. Современные коры выветривания. М. : Наука, 1991. 208 С.
8. Bockheim J. G. Classification and development of shallow soils (< 50 cm) in the USA // Geoderma Regional. 2015. Vol. 6. P. 31–39.
9. Chizhikova N. P., Lessovaia S. N., Gorbushina A. A. Biogenic weathering of mineral substrates (review) / In: Biogenic-Abiogenic Interactions in Natural and Anthropogenic Systems. – Lecture Notes in Earth System Sciences. Switzerland, 2016. P. 7–14.
10. Traprocks transformation to clayey material in soil environment (Central Siberian Plateau, Russia) / S. N. Lessovaia, M. Ploetze, S. Inozemzev, S. Goryachkin // Clay and Clay Minerals. 2016. Vol. 64. P. 668–676.
11. Wilson M. J., Jones D. Lichen weathering of minerals: implication for pedogenesis // Residual Deposits: Surface Related Weathering Processes and Material / R. C. L. Wilson ed. Special Publications, 11. Geological Society. Blackwell, London, 1983. P. 2–12.

## SHALLOW STONY SOILS FROM THE SOLID ROCKS OF SIBERIA

S. N. Lessovaia

*Saint Petersburg State University, Saint Petersburg, Russian Federation  
s.lesovaya@spbu.ru*

The aim of the present research was to study the clay mineralogy and vertical patterns of clay mineral distribution in the well-drained, shallow and stony soils underlain by solid rocks from the different regions of Siberia. The solid rocks were represented by traprocks of the Central Siberian plateau and limestones of south Siberia (the Baikal region). The studied soil profiles developed from the fine earth of traprocks and red colored calcareous substrate, correspondently. The scheme of traprocks conversion into a clay-rich matrix within inherited smectite forming the secondary plasma in the acidic soil environment was discussed. The data increased the knowledge concerning the schemes of weathering and pedogenesis from the solid silicate rocks. Besides the specificity of pedogenesis and soil clay mineralogy on the red colored calcareous substrate of the Baikal region comparing with the soils on the Permian calcareous and red colored sediment from European Russia was elucidated.

## ИЗМЕНЕНИЕ ПОЧВ НА НАЧАЛЬНЫХ ЭТАПАХ ИСКУССТВЕННОГО ЛЕСОВОССТАНОВЛЕНИЯ В ПОДЗОНЕ СРЕДНЕЙ ТАЙГИ (РЕСПУБЛИКА КОМИ)

И. А. Лиханова, Е. Г. Кузнецова, Е. М. Лаптева, С. В. Денева

Институт биологии Коми НЦ УрО РАН, Сыктывкар, Россия  
*likhanova@ib.komisc.ru*

Начальные этапы почвообразования в ходе восстановительной сукцессии на посттехногенных территориях изучались многими исследователями, о чем детально изложено в книге Е. В. Абакумова и Э. И. Гагариной [1]. Большинство отечественных авторов указывают, что основными процессами, участвующими в формировании молодых почв, являются процессы биогенной аккумуляции и трансформации органического вещества. По мнению В. А. Андроханова с соавт. [2], эти процессы составляют генетическую и экологическую сущность почвообразования. Отмечено, что особенности гумусообразования во многом определяются типом растительности. Зарубежными исследователями также показано, что на разных стадиях сукцессии видовой состав растительного сообщества оказывает влияние на состав органического вещества почвы [3; 4].

Цель данной работы – выявить особенности формирования почв на начальных этапах восстановления нарушенной территории (карьеры) после проведения лесной рекультивации в средней тайге на северо-востоке Европейской части России.

Объектами исследований послужили два карьера («Даса» и «Важелью») по добыче полезных ископаемых (строительного песка), эксплуатация которых закончилась в конце 90-х годов, после чего их территория была рекультивирована. На территории карьеров были высажены 2-летние сеянцы сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris*) без улучшения свойств субстрата: на карьере «Даса» в 1998 г. (площадь 5,8 га), карьере «Важелью» – в 1999 г (5,0 га). Наблюдения за изменениями растительности и почв проведены с 2000 по 2018 г. на 1–5, 12, 18-й годы управляемой сукцессии.

В качестве контрольных (фоновых) были выбраны в окрестностях карьеров участки с ненарушенным почвенно-растительным покровом. Почвы на участках: вблизи карьера «Даса» в сосновке бруслично-зеленомошном – подзол иллювиально-гумусово-железистый, вблизи карьера «Важелью» в сосново-еловом травяно-чернично-зеленомошном лесу – почва подзолистая грубогумусовая потечногумусовая.

По данным гранулометрического анализа техногенно-поверхностные образования (абралиты) днищ карьеров, выполняющие роль почвообразующей породы, различаются: в карьере «Даса» субстрат песчано-супесчаный, «Важелью» – суглинистый. Они близки по данному показателю к почвообразующим породам соответствующих фоновых участков. В минералогическом составе абралитов обоих карьеров преобладает кварц, содержание полевых шпатов

небольшое, присутствуют рутил, кальцит и доломит. Содержание карбонатов составляет 2–3 %. Реакция среды – слабощелочная (рН около 8).

Через пять лет после посадки культур сосны их высота на обоих карьерах составила около 0,5 м, к началу второго десятилетия – 2–3 м, к его концу – 5–7 м при сомкнутости крон 0,4–0,5 и густоте 2,3–2,9 тыс. шт./га.

Проведенное исследование показало, что процесс почвообразования на начальных этапах функционально связан с развитием растительного покрова, формирование которого в ходе сукцессии в свою очередь обусловлено свойствами субстратов.

В течение первых пяти лет после посадки саженцев древесные породы не оказывали значительного влияния на почвообразование. Основная функция в формировании гумусово-аккумулятивного горизонта принадлежала травянистой растительности, которая развивалась более интенсивно на суглинистом субстрате.

Дальнейшее развитие лесного сообщества на суглинистом карьере сопровождалось постепенным уменьшением роли трав в развитии напочвенного покрова, деградацией дернового горизонта, появлением хвойной подстилки, которая чередуется с участками (особенно в междурядье), где еще выделяется дерновый горизонт. На песчано-супесчаном субстрате накопление органического вещества развивалось менее активно в связи со слабым формированием напочвенного покрова, обусловленного в свою очередь низким содержанием мелкодисперсных частиц. К концу второго десятилетия в гумусово-аккумулятивном слое (0–20 см) песчано-супесчаных почв аккумулируется до 2,7 т/га органического углерода, суглинистых – 6,3 т/га, азота – соответственно 0,1 и 0,4 т/га. Скорость накопления С орг. в почве песчано-супесчаного карьера достигала 0,16, суглинистого – 0,37 т/га/год. В составе почвенного органического вещества отмечены по сравнению с подзолистыми почвами фоновых участков более высокое содержание водорастворимых и лабильных компонентов гумуса, низкая степень конденсированности гуминовых кислот.

Минеральная часть формирующихся почв на обоих карьерах преобразована незначительно: во втором десятилетии сукцессии отмечены слабо выраженные процессы элювиирования и иллювиирования, о чем свидетельствовали морфологические признаки (наличие в верхнем слое белесых отмытых кварцевых зерен) и перераспределение фракции физической глины в профиле. Начальные этапы почвообразования характеризовались подкислением верхних горизонтов почв: отмечено возрастание актуальной кислотности от 8,0 ед. рН в почвообразующей породе (абралите) до 6,3–6,7 ед. рН в горизонте W. В суглинистых почвах скорость процесса подкисления была ниже по сравнению с песчано-супесчаными. Выщелачивание карбонатов подтверждалось отсутствием кальцита и доломита в минералогическом составе верхних горизонтов формирующихся почв, снижением в них валового содержания оксида кальция (в абралите – 4 %, в горизонте W почв – 2–3 %) и карбонатов кальция (соответственно 3 % и <0,5 %).

Таким образом, в первые пять лет сукцессии слабое развитие растительного сообщества на песчаном субстрате обуславливает отсутствие изменений

морфологического строения и химических свойств минерального материала днища карьеров. На суглинистом субстрате отмечалось прокрашивание в темно-серые тона верхнего маломощного слоя грунта за счет накопления органического вещества.

Во втором десятилетии формирующиеся на карьерах почвы можно уже отнести к отделу слаборазвитых. На песчаном субстрате в процессе сукцессии ряд почв представлен переходом от псаммоzemов гумусовых к псаммоzemам грубогумусированным оподзоленным, на суглинистом – от пелоземов гумусовых к пелоземам грубогумусированным элювиированным. В профиле формирующихся почв выделяется гумусово-слаборазвитый горизонт W. Его мощность на песчано-супесчаном карьере составляет около 1 см, на суглинистом – до 3 см. Глубже минеральный субстрат слабо затронут почвообразовательным процессом.

Установлено, что в первые два десятилетия восстановительного процесса на карьерах преобладают процессы накопления органического вещества. Ведущими процессами почвообразования являются подстилкообразование, формирование гумусово-аккумулятивных горизонтов и гумусонакопление, скорость которых определяется степенью развития растительного сообщества.

### Литература

1. Абакумов Е. В., Гагарина Э. И. Почвообразование в посттехногенных экосистемах карьеров на северо-западе Русской равнины. СПб. : Изд-во СПбГУ, 2006. 208 с.
2. Андроханов В. А., Куляпина Е. Д., Курачев В. М. Почвы техногенных ландшафтов: генезис и эволюция. Новосибирск : Изд-во СО РАН, 2004. 205 с.
3. Carbon and nitrogen in soil and vegetation at sites differing in successional age / C. G. F De Kovel, A. (J.) E. M. Van Mierlo, Y. J. O. Wilms, F. Berendse // Plant Ecology. 2000. Vol. 149, N 1. P. 43–50.
4. Emmer I. M. Humus form and soil development during a primary succession of monoculture *Pinus sylvestris* forests on poor sandy substrates. Amsterdam, 1995. 135 p.

### THE CHANGES IN SOILS AT THE INITIAL STAGES OF ARTIFICIAL REFORESTATION IN THE MIDDLE TAIGA SUBZONE (KOMI REPUBLIC)

I. A. Likhanova, E. G. Kuznetsova, E. M. Lapteva, S. V. Deneva

*Institute of Biology, Komi Science Centre UB RAS, Syktyvkar, Russian Federation*  
*likhanova@ib.komisc.ru*

Two decades of years were devoted to the studies on soil formation stages from ‘zero’ stage on the territory of borrow pits for mineral resources (builder’s sand) extraction in the middle taiga subzone of the European North-East of Russia. The study territory was artificially reforested (planted with *Pinus sylvestris*). We identified soil formation mechanisms on different-textured materials (sandy, sandy-loamy and loamy). The leading soil formation mechanisms were litter formation, formation of humus-accumulative soil horizons, humus accumulation. The character of these processes depended on development stage of plant community.

# БИОГЕОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ПОЧВООБРАЗОВАНИЯ В РЕАЛИЗАЦИИ ЭКОСИСТЕМНЫХ ФУНКЦИЙ ФОСФОРИТОНОСНЫХ ЛАНДШАФТОВ МОНГОЛИИ БАЙКАЛЬСКОЙ РИФТОВОЙ ЗОНЫ

Н. А. Мартынова

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

Биогенный цикл элементов, представленный процессами их аккумуляции и выноса, характеризует движение материи в системе «почва – растение». Миграция химических элементов, как и другие природные явления, основанные на законах единства противоположностей, рассматривается как комбинация аккумулятивных и миграционных процессов. Подвижность элементов в основном определяется характеристиками вод (рН, ЕН и др.) и живого вещества. Параметры биогеохимической миграции элементов как интегральные характеристики, отражающие изменение вещества и энергии в ландшафтах, могут служить индикаторами экологического состояния природной среды.

Почва, как центральная геосистема и связующее звено функционирования природных сред в малом биологическом круговороте веществ, характеризуется наибольшей способностью накопления информации о главных стадиях и процессах в развитии ландшафта, в реализации биотопами своих экосистемных функций и отражении происходящих изменений внешних условий. Биогеохимические классы ландшафтов формируются под совместным влиянием климата, геологических структур, рельефа и почвенно-растительного покрова. Почва, как сложное биокосное тело природы с высокой степенью ее изменчивости во времени и пространстве, не всегда характеризуется четкими критериями диагностики, что особенно характерно для горных почв и затрудняет их классификацию.

Территория исследования относится к юго-западному окончанию Байкальской рифтовой зоны. Здесь находится один из крупнейших в мире фосфоритоносный бассейн Восточной Тувы, Прихусгугуля и Западного Прибайкалья, образование которого приурочено к венду и верхнему рифею, – к существовавшему в то время морскому бассейну, покрывавшему южную окраину Сибирской платформы и северную часть складчатого пояса Байкальских поднятий. Поверхностная часть литосферы исследуемой территории имеет сложный и мозаичный характер. Горные возвышенности характеризуются эрозионно-денудационной морфоструктурой с элементами гляциального рельефа. Осадки выпадают нерегулярно. Их сумма варьирует от 250 до 1000 мм. Вся территория бассейнов подвержена влиянию мерзлоты.

На исследуемой территории Хубсугульского аймака Монголии и Хубсугульского национального парка, наряду с классами Al-Fe-гумусовых профильно-дифференцированных подзолов и подбуротов с оторфованым гумусовым горизонтом тундрового и лесного поясов, с Ca-классами степных ландшафтов, Fe- и Ca-Fe классами пятнистых комбинаций галоморфных и полугид-

роморфных почв и сукцессий в депрессиях, мы выделили класс Са-Р ландшафтов Онголигнурского месторождения фосфоритов во всех высотных поясах Прихубсугуляя.

Почвы, сформированные на фосфоритах, характеризуются большим количеством валового и подвижного фосфора, что определяет их своеобразные свойства. Выветривание фосфатно-карбонатных пород ведет к разрушению и выносу карбонатов, к остаточной аккумуляции кремниевого компонента, глинистых минералов и илестого органического вещества. Миграционная способность образующихся при почвообразовании прочных карбонатно-фосфорно-гумусовых склональных комплексов снижена благодаря стабилизирующему закрепляющему воздействию фосфора и карбонатов, что способствует их накоплению. Эти коллоидные комплексы покрывают тонкой пленкой растительные остатки, тем самым защищая их от процессов дальнейшей гумификации и минерализации.

Основные теоретические концепции биогеохимических циклов, путей и методов их исследования были развиты в работах В. И. Вернадского, Б. Б. Полянова, А. И. Перельмана, М. А. Глазовской, В. А. Ковды и др. ученых. Скорость направления геохимической миграции элементов в Прихубсугулье определяется в основном биотой, физико-химическими характеристиками почв и пород, так же как и степенью изрезанности территории, локальным характером ее склонов и климатическими особенностями. Биогеохимические потоки веществ через процессы денудации и аккумуляции закономерно связывают между собой все элементы горного рельефа, что приводит к формированию литогенно-упорядоченных макроструктур ПП, особенно ярко проявляющихся в межгорных котловинах, на подгорных и флювиогляциальных склонах. В горах имеется сильный боковой сток веществ, но нет благоприятных условий для роста ареалов рассеивания фосфатных дисперсий благодаря развитию вокруг исследуемых геосистем карбонатного геохимического барьера, представленного продуктами трансформации и выветривания фосфоритов, доломитов и известняков.

Биогеохимическая структура экосистем формируется в результате комбинаций аккумулятивных и миграционных процессов, где основными движущими силами подвижности химических элементов в биосфере являются живое вещество и природная вода. В структуре биотопов различных высотных зон особых морфологических признаков не было замечено, как и в структуре типоморфных элементов, несмотря на то, что в водах и донных отложениях оз. Хубсугул, примыкающих к территории месторождения, – отмечается некоторая аккумуляция фосфатов.

Наряду с глобальными закономерностями организации почвенного покрова в юго-западной части Прихубсугуляя выражены и местные, обусловленные биоклиматической фациальностью из-за смены субширотного положения хребтов на субмеридианальное, осложнения структуры вертикальной поясности, изменения экспозиций и уклонов склонов, температурных инверсий и направлений преобладающих ветровых коридоров, что приводит к формированию зонально-фациального типа мегаструктуры почвенного покрова, его комплексности и неоднородности, представленных различными сочетаниями (кон-

трастными почвенными комбинациями – при смене литологии и рельефа) и вариациями (со слабой контрастностью между компонентами) пологих склоновых поверхностей). В тундровом высотном поясе Прихусугулья преобладают контрастные структуры с ведущей ролью комплексов и мозаик. В лесном поясе комплексность несколько снижается. Минимальная сложность и неоднородность почвенного покрова характерна для лесостепных и степных ландшафтов исследуемой территории.

Продуктивность высокогорных мезоксерофитных и криофитных овсяницеvo-кобрязиево-дриадовых (*Dryas oxyodonta*, *Cobresia sibirica*, *C. bellardii*, *Festuca ovinus*, *Astragalus dasyanthus*, *Oxytropis oxyphylla*) тундр Прихусугулья, занимающих подгольцовый пояс в пределах 1800–2800 м н. у. м., составляет 185–263 г/м<sup>2</sup> воздушно-сухой фитомассы (в. с. ф.) в сочетании с пятнами щебнистых тундр (148–170 г/м<sup>2</sup> в. с. ф.) и луготундр. Травянистый ярус кобрязиодриадовых тундр обогащает почву кремнеземом и магнием, содержит достаточно высокий процент алюминия и калия. Разнотравье накапливает в своей фитомассе преимущественно Ca (50 %), несколько меньше Mg и K. Злаковые накапливают кремний. Удельная биомасса травянистого яруса составляет 155 г/м<sup>2</sup> (рис. 1, 2). Здесь формируются карболитоземы, перегнойно-глеевые почвы, тундровые подбуры и др.

Высотно-экспозиционно-островной характер таежных ( boreально-лесных, травяных и остепененных) ландшафтов в районе месторождения фосфоритов (до 2500 м н. у. м.) характеризуется невысоким фаунтным древостоем разновозрастных (170–220 лет) лиственничников (*Larix sibirica*) V класса бонитета с разреженным кустарничковым ярусом и с однородным злаково-разнотравно-бобовым травостоем (22 вида растений), включая злаковые (*Trisetum sibirica*, *Poa sibirica*, *Festuca brachyphylla*, *Bromis inermis*), бобовые (*Vicia multicaulis*, *Lalhydrus humilis*), осоковые (*Carex globularis*, *Kobresia Bellardii*), разнотравье (*Anemone sylvestris*, *A. sibirica*, *Aegopodium alpestre* и др.), моховые (*Rhytidium rugosum*) с пятнами лишайника (*Cladonia sylvatica*). Продуктивность лесной фитомассы ключевой площадки составила 1152 г/м<sup>2</sup> в. с. ф. Удельная биомасса укоса трав – 144 г/м<sup>2</sup> (рис. 2). Более 30 % укоса биомассы – приходится на Ca (преимущественно за счет бобовых), около 25 % – на Si (за счет злаковых). Несколько меньше в составе укоса Mg и Al, достаточно ощущаемое количество калия, возможно, сохраняемого для растений образующимися глинистыми минералами и илистым органическим веществом. Хвоя, кора и ветви лиственницы интенсивно накапливают Ca и Mg, несколько меньше – Si (рис. 2). Подстиlocным ярусом также аккумулируется Ca. Калий также неплохо накапливают растения леса, особенно – костер безостый. Тип структуры почвенного покрова лесного яруса территории месторождения – экспозиционный, в составе которого доминируют серые, серые метаморфические, буровоземы остаточно-карбонатные.

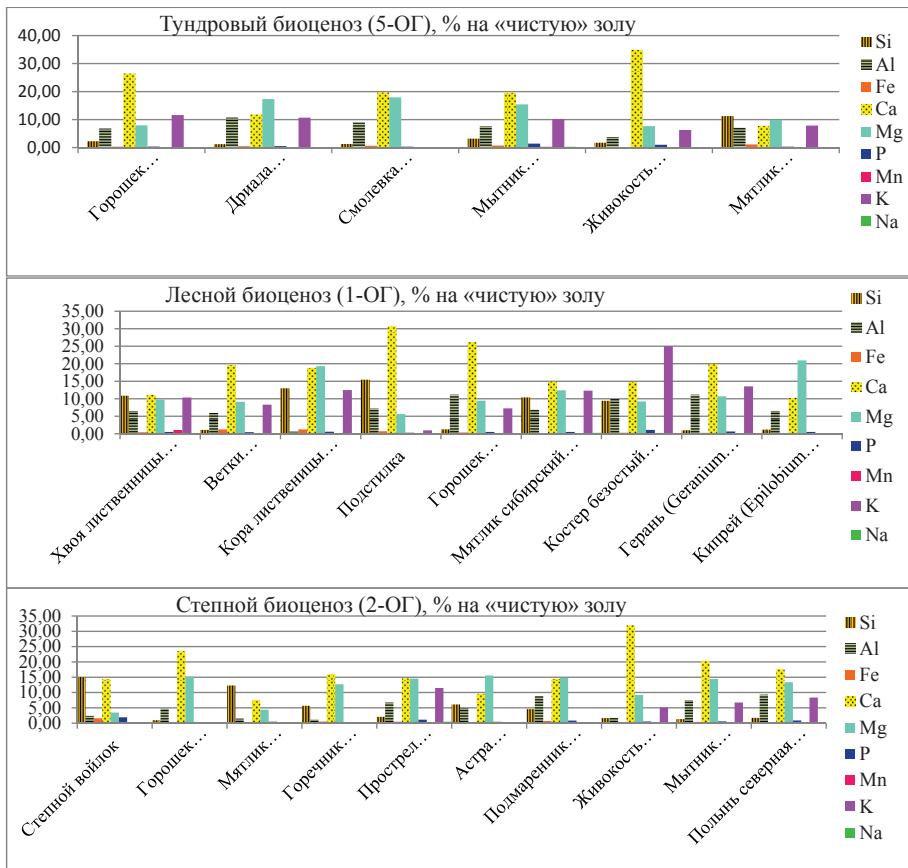


Рис. 1. Элементный состав биоценозов, развитых на фосфоритах Прихубсугуля, % в пересчете на «чистую» золу

На юго-западных склонах территории месторождения фосфоритов распространены полидоминантные мелкодерновинные злаковые степи с участками – ковыльных. Они представлены злаками (*Festuca linensis*, *Poa attenuate*, *Koeleria cristata*, *Helictotrichon schellianum*, *Agropyron cristatus*, *Festuca sibirica*); полынями (*Artemisia borealis*, *A. frigida*, *A. gmelinii*, *A. Mongolica*); бобовыми (*Astragalus membranaceus*, *A. mongolicus*, *Oxytropis filiformis*, *Vicia multi-caulis*); разнотравьем (*Euphorbia discolor*, *Gypsophila patrinii*, *Thymus serpyllum*, *Joungia tenuifolia*, *Chamaerhodos erecta* и др.). Встречается *Carex pediformis*. Общее количество видов – 64. Продуктивность степных фитоценозов варьирует по рельефу от 6,8 до 11,5 ц/га. В составе укоса в элементном составе также преобладает Са (рис. 2). Большое влияние на накопление Si (он – на втором месте после Са) оказывают злаки и степной войлок. На третьем месте – Mg, затем – Al. Mg активно накапливают в биомассе представители разнотравья. Значимо возросло в

укусе степного укоса содержание фосфора, возможно, за счет бобовых растений, которые, являясь кальцефилами и выделяя фосфорную кислоту через корневую систему, могут растворять фосфатно-карбонатные минералы почв. Фосфор активно накапливается степным войлоком, прострелом сомнительным (*Pulsatilla ambigua*), полынью северной (*Artemisia borealis*).

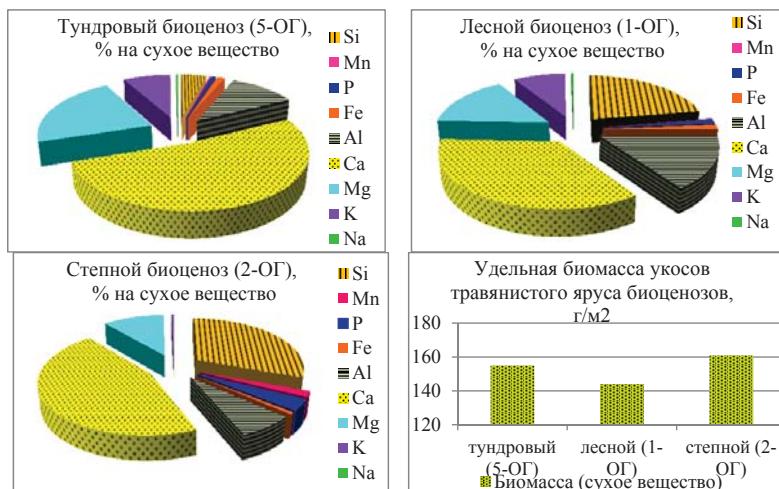


Рис. 2. Элементный состав и удельная биомасса укосов травянистого яруса исследуемых биоценозов Прихубсугулья, развитых на фосфоритах

Биогенная составляющая, фосфатность и карбонатность изучаемых экосистем является мощным биосферным и биогеохимическим барьером для многих химических элементов, что способствует сохранению биоразнообразия региона, замедляет и предотвращает зафосфачивание акватории оз. Хубсугул.

## BIOGEOCHEMICAL FEATURES OF SOIL FORMATION IN THE IMPLEMENTATION OF ECOSYSTEM' FUNCTIONS OF PHOSPHORITE-BEARING LANDSCAPES OF MONGOLIA OF THE BAIKAL RIFT ZONE

N. A. Martynova

*Irkutsk State University, Irkutsk, Russian Federation, natamart-irk@yandex.ru*

The elemental composition of ecosystems formed on the outcrops of phosphate rocks to the surface of the Ongolignur deposit of phosphorites of Mongolia of Baikal Rift zone was studied. Along the high-altitude belts of the Prikhubsugulya mountains, larch forests, steppes, tundra censoses with an exceptionally rich herbaceous layer of cereals and legumes develop on the territory of the phosphorite deposit. Phytocenoses differ in structure and composition. The biological productivity of censoses and the biogeochemical cycle of chemical elements determine the direction and intensity of the processes of soil formation and material-energy exchange of the studied ecosystems. The biogenic component, phosphate and carbonate content of the studied ecosystems is a powerful biospheric and biogeochemical barrier for many chemical elements, which contributes to the conservation of the region's biodiversity, slows down and prevents the phosphatization of the water area of lake Huvsugul.

## СУКЦЕССИОННАЯ ДИНАМИКА ПОЧВООБРАЗОВАНИЯ В ПИХТОВЫХ ЛЕСАХ НА ЮГЕ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

А. Н. Никифоров, А. Г. Дюкарев Н. В. Климова  
С. Г. Копысов, Н. А. Чернова

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

Почва, являясь неотъемлемым частью ландшафта, развивается и синхронно изменяется с его основным компонентом – фитоценозом. Наиболее заметна такая связь в лесных экосистемах, продолжительность восстановления которых достигает сотни и более лет. Восстановительный цикл включает стадии, различающиеся между собой, на первом этапе – гидрологическим и температурном режимах, а затем важными для почвообразования накоплением на поверхности органического вещества – основного почвообразователя. В естественных условиях сукцессионная динамика имеет локальный характер и после вывала дерева формирует пространственную структуру по типу окно-дерево в соответствии с которой и формируется неоднородность почвенного покрова [1]. При антропогенных нарушениях и тем более пожарах, нарушаются значительные по площади участки леса. Так, пожаром 1908 г. была охвачена практически вся территория таёжной зоны – от Байкала до Урала. Восстановление лесных экосистем существенно растягивается, а формирующаяся сукцессионная неоднородность почвенного покрова накладывается на исходную пространственную неоднородность.

В соответствии с продолжительностью восстановительного цикла выделяются сложные сукцессии и простые односложные с прямым последовательным восстановлением коренных лесов через одно поколение лиственных. Нами исследована взаимосвязь динамики почв в темнохвойных лесах, на юге таёжной зоны Западной Сибири. Особенность этих лесов является высокая скорость восстановления древостоя (по типу черневой тайги). Возраст наиболее старых пихт редко превышает 80 лет. При вывале пихта достаточно быстро замещается осиной. «Вывальное» окно зарастает разнотравьем и высокотравьем. Спустя 5–10 лет через стадию разнотравного осинника начинается новый лесовостановительный цикл.

Зональным типом для темнохвойных южно-таёжных лесов Западной Сибири являются дерново-подзолистые почвы со слабо выраженным гумусовым профилем. На территории Томь-Яйского междуречья, где проводились исследования, под пихтовыми лесами наиболее распространены дерновые глубокооподзоленные малопромерзающие почвы [2; 3], отличающиеся от типичных более контрастным текстурно-дифференцированным профилем, высокой активностью биодеструкционных процессов. Интенсивно отбеленные элювиальные горизонты позволяют проследить динамику гумусонакопления в связи с изменениями напочвенного покрова даже в кратковременных сукцессионных циклах.

В качестве объектов исследования выбраны почвы пихтовых лесов на юго-востоке Томской области, на территории сопряженной с Алтае-Саянской горной областью. Доминирование в древостое пихты сибирской является характерной чертой зональных лесов южной тайги. Отличие таких лесов от средне- и северотаежных обусловлено формированием хорошо развитого травяного покрова, со слабо выраженным кустарниковым и моховым ярусом. Выявленные особенности сближают исследованные южнотаежные пихтовые леса с низкогорными черневыми лесами [4]. Не случайно эту территорию выделяли как «пролив» – зону сопряжения горной и равнинной пихтовой тайги. Почвы также имеют много общего с почвами низкогорий Салаира и Кузнецкого Алатау и отличаются от типично таежных почв других территорий высокой элювиально-иллювиальной контрастностью почвенного профиля [2].

Сукцессионная динамика проявляется, прежде всего, в смене напочвенно-го растительного покрова, и изменении видового состава растительного сообщества и постоянном замещение доминантов [5]. При этом происходит последовательная трансформация, не только в структуре фитоценоза, но и в верхних горизонтах почвенного профиля. Важным в динамике исследуемых лесов является скротечность сукцессии, постоянное изменения структуры леса, формирование относительно крупных (на месте выпавших деревьев) окон с высокотравьем и их быстрое зарастание с формированием преимущественно осиновых разнотравных лесов. Быстро протекающие сукцессии являются причиной высокой пространственной неоднородности в лесных экосистемах подобного типа проявляющейся на всех ярусах: древостое, подлеске, напочвенном покрове, гумусовом профиле почв.

Так, под пологом разновозрастного пихтового леса (Р551, сомкнутость крон 0,6–0,8, возраст до 80 лет, диаметр до 50 см) формируется разреженный разнотравный напочвенный покров (проективное покрытие около 20 %), основу которого образует сныть обыкновенная. Крупнотравье представлены в основном вегетативными особями. Продуктивность травяного яруса здесь невелика и в среднем составляет 1,4 ц/га. Основу опада составляет, хвоя формирующая на поверхности почв небольшой (до 3 см) органогенный горизонт состоящий преимущественно из хвои, реже листьев и отпада трав. Собственно гумусовый горизонт (AY) небольшой мощности, светло серый с максимальным содержанием гумуса 3–4 % и резким снижением до 1. 5 % на глубине 20–25 см. pH слабокислая или близкая к нейтральной (рис. 1). Запасы гумуса в 0,5-метровой толще профиля почв составляют около 1500 т/га.

При достижении предельного возраста начинается локальный распад коренного древостоя. При вывале старых пихт образуются, как правило, небольшие в 1–3 дерева «окна» (р 551а), в которых формируются высокотравные фитоценозы с густым двухъярусным травяным покровом (проективное покрытие около 80 %, высота до 1,6 м), основу которого образует страусник обыкновенный и сныть обыкновенная, присутствует также целый ряд других видов крупнотравья находящихся на генеративной стадии развития. В окнах наблюдается максимальная продуктивность напочвенного покрова, составляющая в среднем 30,9 ц/га, что обеспечивает поступление на поверхность почв большого объема

мортмассы и активизации процессов гумусонакопление. Высокая биологическая активность мало промерзающих дерново-подзолистых почв [6] обеспечивает быструю гумификацию и минерализацию растительных остатков, введение продуктов распада в новый цикл биологического круговорота, что при невысоких общих запасах элементов питания является основой высокой биопродуктивности черневых лесов и их южнотаежных аналогов, однако не приводит к сколь либо заметному гумусонакоплению. Можно отметить и небольшое увеличение мощности гумусового горизонта (рис. 2), и содержания гумуса в его самой верхней части. Запасы гумуса в 0,5 м слое увеличиваются более чем на треть, до 2100–2200 т/га. Невысокая активность гумусонакопления связана и с непродолжительностью стадии окна, которое уже через несколько лет начинает активно затягиваться с краев осиновой порослью. Экосистема переходит к следующему этапу – стадии производных лиственных, в данном случае осиновых лесов.

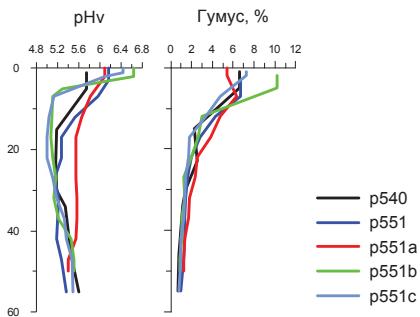


Рис. 1. Профильное распределение основных физико-химических показателей почв исследуемого участка

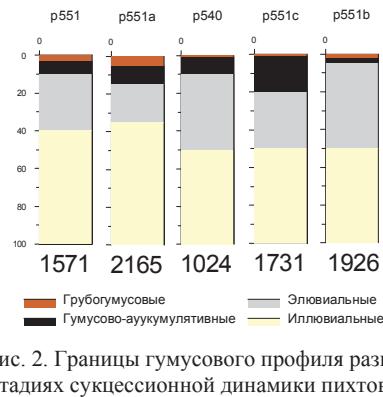


Рис. 2. Границы гумусового профиля разных стадиях сукцессионной динамики пихтовых лесов. В нижней части диаграммы представлены запасы гумуса в верхних 50 см (т/га)

Осинники разнотравные (разрез 551с) представляют следующий этап развития исследуемой экосистемы. В фитоценозе здесь происходят существенные изменения как в качественном, так и в количественном отношении. Значительно уменьшается присутствие крупнотравья, сохраняются только его вегетативные формы, в травяном покрове (проективное покрытие 85 %) абсолютно доминирует сныть обыкновенная, а продуктивность составляет 20,8 ц/га. На стадиях начального восстановления пихтового древостоя почвы характеризуются довольно высокими запасами элементов питания. Грубогумусовые горизонты имеют малую мощность, в связи с высокой микробиологической активностью и трансформируется практически полностью к следующему периоду вегетации. Мощность гумусовой толщи увеличивается вдвое и достигает своего максимума в исследуемом ряду. Запасы гумуса же, несмотря на увеличение мощности гумусового профиля, по приведенным ранее причинам уменьшаются.

Осинники фоновой территории, расположенные севернее, на стыке горной и равнинной тайги (в зоне «пролива») (разрез 540), уже ближе по экологической структуре почвенного и растительного покрова к типично южно-таёжным. Содоминантом разнотравью здесь выступают сныть обыкновенная и папоротник-орляк, а продуктивность снижается до 13,3 ц/га. Уменьшаются и запасы гумуса до 1000–500 т/га. Грубогумусовый горизонт при этом практически полностью минерализуется, обогащая минеральную часть высвобождающимися зольными элементами и биофилами. Гумусовый профиль может иметь различные вариации, в зависимости от локальных особенностей геохимии: частичное или полное вовлечение элювиальные горизонты. Учитывая множество перестойных и больных деревьев, подавленное травостоем восстановление пихты, можно сделать вывод о растянутости во времени данного сукцессионного этапа, что связано с повышенными антропогенными нагрузками, не позволяющими завершить естественный сукцессионный цикл.

Следующая стадия восстановления представлена сомкнутыми (0,8–0,9), мертвопокровными пихтовыми молодняками возрастом 20–40 лет, диаметром преимущественно до 15 см, высотой 8–10 м (разрез 551б). В напочвенном покрове можно отметить единичные представители таежного мелкотравья, разнотравья и крупнотравья. Несмотря на бедность напочвенного покрова почвы здесь самые богатые. На поверхности, под хорошо выраженным органогенным горизонтом, формируется грубогумусовый и маломощный гумусово-аккумулятивный горизонты. Богатство почв здесь определяется двумя основными причинами: наследием предшествующих восстановительных этапов гумусонакопления в состоянии высокотравного окна и разнотравного осинники; в загущенных древостоях больше площадь, кроны соответственно и больше объем хвои, а, следовательно, и поступление ее на поверхность почв.

К этому возрасту в результате внутривидовой конкуренции начинается распад древостоя и выпадение наиболее слабых деревьев, что также активизирует поступление на поверхность почв органики. Обеспечивает некоторую стабильность гумусового профиля.

Исследования показали, что содержание гумуса даже в кратковременных сукцессионных циклах варьирует в довольно широком диапазоне, от минимальных в коренных пихтарниках, до максимальных на заключительных этапах восстановления – мертвопокровных молодняках.

Сумма обменных катионов в верхних горизонтах профиля почв последовательно убывает в сторону увеличения деградации древесного яруса коренных темнохвойных лесов и резко возрастает на стадии начального возобновления пихты. Сумма обменных катионов в мг\*экв/100г распределяется по хроноряду (рис. 2) следующим образом:

$$28,8 - 27,2 - 26,4 - 29,6 - 22,0.$$

Такое распределение свидетельствуют о вовлечение катионов щелочных земель в малый биологический круговорот, их депонирование в структуре живых и отмерших частей растений и последующем высвобождении при минерализации мартмассы.

Таким образом, сукцессионная динамика затрагивает преимущественно верхние горизонты почвенного профиля, трансформация которых проявляется как в структурно-морфологических изменениях почвенного профиля, так в отдельных, наиболее динамичных свойствах. Такие изменения носят последовательный характер, начиная с менее устойчивых – морфологических, вовлекая физико-химические и химические. Вследствие этого почва проходит полный цикл трансформации, возвращаясь к близким к исходным параметрам процессов, свойств и признаков.

### Литература

1. Васенев И. И. Почвенные сукцессии. М. : URSS, 2008 – 395 с.
2. Лесные почвы горного окаймления юго-востока Западной Сибири // Генетические особенности глубокооподзоленных почв черневой тайги Салаирья и некоторые элементы современного почвообразования. Новосибирск : Наука, 1974. С. 133–192.
3. Дюкарев А. Г. Физические свойства и особенности генезиса текстурно-дифференцированных почв Томь-Яйского междуречья : дис. ... канд. биол. наук. Новосибирск, 1985. 217 с.
4. Экология сообществ черневых лесов Салаирья / Н. Н. Лашинский [и др.]. Новосибирск : Наука. Сиб. отд-ние, 1991. 72 с.
5. Сукцессии и биологический круговорот / А. А. Титлянова [и др.]. Новосибирск : Наука, 1993. 157 с.
6. Почвы черневой тайги Западной Сибири – морфология, агрохимические особенности, микробиота / Е. В. Абакумов [и др.] // Сельскохозяйственная биология. 2020. Т. 55, № 5. С. 1018–1039.

### SUCCESSIONAL SOIL FORMATION DYNAMICS IN *ABIES SIBIRICA* FORESTS IN THE SOUTH OF WESTERN SIBERIA

A. N. Nikiforov, A. G. Dyukarev, N. V. Klimova, S. G. Kopysov, N. A. Chernova

*Institute for Monitoring of Climatic and Ecological Systems SB RAS*  
*Tomsk, Russian Federation, a.nik-n@mail.ru*

The variability of soils in the regenerative dynamics of dark coniferous forests in the south of Siberia was studied. It was noted even in monosyllabic intrasecular successions, changes in soil properties are noticeable. The greatest changes are manifested in the upper part of the humus profile. Both degrading and progradation stages have been identified. The work reflects the main mechanisms and patterns associated with the influence of secondary biogenic successions.

## РЕГИОНАЛЬНЫЕ И БАЗОВЫЕ КЛАССИФИКАЦИИ ПОЧВ: ПРОБЛЕМЫ И ИХ РЕШЕНИЕ

Е. Г. Пивоварова

*Алтайский государственный аграрный университет, Барнаул, Россия  
pilegri@mail.ru*

К проблемам почвоведения в области классификации почв И. А. Соколов [11] кроме всех прочих отнес и вопрос о базовой классификации, ее необходимости, принципах построения и совместимости с другими существующими классификациями [1; 2] и реферативными базами [6; 11]. Главное условие, по его мнению, в том, что базовая классификация должна строиться на генетических принципах, отражать основные законы почвообразования, кроме того классификационные единицы (группы) должны объединены на основе таких свойств, которые служат причинами других свойств или признаков. Однако выбор таких свойств зачастую неочевиден, поэтому часто за основу той или иной группировки берут наиболее доступные или бросающиеся в глаза свойства или признаки. В связи с этим актуальным является вопрос об определении таксономического веса признаков (свойств почвы).

Среди дополнительных требований к базовой классификации почв (или вообще любой классификаций) должно выполняться условие объективной диагностики каждой классификационной категории, желательно количественная оценка и разделение генеральной совокупности всех почв на непересекающиеся группы [3; 7]. При создании базовой классификации не преследуется цель создания идеальной классификации, которая заменила бы все остальные, но позволила бы соединить все существующие классификации и реферативные базы, путем создания алгоритма перехода от одной классификации к другой.

Однако предусмотреть в общей или базовой классификации все реальное разнообразие местных особенностей почв и почвенного покрова практически невозможно. Для местных условий может оказаться важным учесть такие особенности, которые не учитываются в обобщающих классификациях. Поэтому существование и разработка региональных (местных) классификаций на основе базовой не только возможно, но и полезно. «В этом случае местные классификации будут вписываться в глобальные и государственные и не будут препятствовать общему учету и планированию использования почвенных ресурсов» [10].

В связи с выше изложенным **целью данной работы** являлась разработка математического подхода к выделению классификационных групп почв в региональной классификации на основе базовой профильно-генетической классификации почв СССР [2], обоснование выбора диагностических признаков на основании их таксономического веса и определении классификационных границ на уровне двух почвенных районов лесостепной зоны Алтайского края.

Объектами исследований явились почвы лесостепной зоны двух почвенных районов 14 ПР (район выщелоченных среднегумусных среднемощные и

маломощных черноземов и темно-серых лесных почв) и 15 ПР (район выщелоченных среднегумусных и тучные черноземов и темно-серых лесных почв). Зональными почвами 14 и 15 почвенных районов Алтайского края являются: черноземы выщелоченные, черноземы оподзоленные и темно-серые лесные почвы [5]. Для работы использованы данные крупномасштабного почвенного картирования, проведенного в 1990–2000 гг. АлтайНИИГипрозем.

В качестве методологической основы использован метод информационно-логического анализа [8]. Основными параметрами информационного анализа являются коэффициент эффективности  $K_{\text{эфф}}$  передачи информации между изучаемыми параметрами (оценивающий тесноту связи между фактором и явлением) и специфичные (наиболее вероятные) состояния функции для определенных состояний аргумента. На основе специфичных состояний функции можно разработать количественную математическую модель явления (например, таксономической группы почв) в зависимости от состояния морфологических и/или физико-химических свойств почвы.

Таблица 1

Коэффициенты эффективности передачи информации между свойствами почв и их принадлежности к таксономической группе и генетическому горизонту

Свойства	Коэффициент эффективности передачи информации $K_{\text{эфф}}$	
	14 ПР	15 ПР
Мощность гумусового горизонта А+АВ, см	0,0262	0,0721
Содержание гумуса, %	<b>0,2144</b>	<b>0,2013</b>
Гидролитическая кислотность Нг, мг-экв. /100 г	Не опр.	0,1150
pH водной вытяжки	0,0905	<b>0,1513</b>
Содержание обменного калия $K_2O$ , мг. /100 г	0,0305	0,0744
Содержание подвижного фосфора $P_2O_5$ , мг. /100г	0,0254	0,0937
Содержание валового азота Nb, %	<b>0,2003</b>	<b>0,1408</b>
Сумма поглощенных оснований S, мг-экв. /100г	<b>0,1520</b>	0,1147
Содержание фракции <0,001мм, (Ил) %	<b>0,1392</b>	0,0527
Содержание фракции <0,01мм, (ФГ), %	<b>0,1633</b>	0,0758

Анализ значений коэффициентов эффективности передачи информации  $K_{\text{эфф}}$  (табл. 1) от свойства к таксономической группе и генетическому горизонту позволяет отметить некоторые закономерности, позволяющие использовать этот показатель в качестве параметра, характеризующего таксономический вес признака. Так, величина  $K_{\text{эфф}}$  зависит от принципов построения базовой классификации: в данном случае профильно-генетических. Таксономический вес больше у тех свойств, которые отражают основной почвообразовательных процесс, в данном случае – дерновый. Это такие признаки как, содержание гумуса, валового азота, поглощенных катионов. Поскольку в оподзоленных черноземах и темно серых лесных почвах проявляется влияние подзолистого процесса – возрастает таксономический вес признака pH. Поскольку в современных почвах закреплены признаки не только естественного почвообразования, но и агрогенной трансформации, можно отметить увеличение таксономического веса таких признаков, как содержание гранулометрических фракций физической гли-

ны и ила. Это связано с развитием эрозионного процесса и дифференциацией грансостава в профиле почв (облегчение пахотного горизонта).

Специфичные состояния свойств зональных эталонов почв определялись с помощью двухфакторного информационного анализа. Специфичные состояния свойств почв в соответствие с подтипом и генетическим горизонтом почвы позволяют дать характеристику наиболее вероятных значений свойств региональных почв (табл. 2, 3). Набор этих параметров представляет собой количественную модель региональных эталонов почв 14 и 15 почвенного района по классификации СССР 1977 года.

Таблица 2  
Специфичные (наиболее вероятные) состояния свойств региональных эталонов почв  
14 почвенного района лесостепи Алтайского края

Свойства	Тип почвы					
	Ч <sup>в</sup>		Ч <sup>о</sup>		С <sub>3</sub>	
	A <sub>II</sub>	A <sub>III</sub>	A <sub>II</sub>	A <sub>III</sub>	A <sub>II</sub>	A <sub>III</sub>
Г, %	5,1->6,1 (5-6)	2,1-3,0 (2)	>6,1 (6)	3,1-5,0 (3-4)	>6,1 (6)	2,1-3,0 (2)
pНв	6,0-6,5 (4)	>6,5 (5)	6,0-6,5 (4)	6,0-6,5 (4)	5,0-5,5 (2)	<5,0 (1)
S, мг-экв./100 г	>25,1 (5)	>25,1 (5)	20,1->25,1(4-5)	20,1-25,0 (4)	15,1-20,0 (3)	10,1-15,0 (2)
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , мг/100г	15-25 (3-4)	25->25 (4-5)	20-25 (4)	10-15 (2)	>25 (5)	<10,0 (1)
K <sub>2</sub> O, мг/100г	10,5-12,5 (5)	4,5-6,5 (2)	8,5-10,5 (4)	4,5-6,5 (2)	10,5-12,5 (5)	10,5-12,5 (5)
Nb, %	>0,35 (7)	0,10-0,15 (2)	>0,35 (7)	0,20-0,25 (4)	0,30-0,35 (6)	0,15-0,20 (3)
Ил, %	15,1-20,0(3)	>20,1(4)	>20,1(4)	>20,1(4)	10,1-15,0(2)	15,1-20,0(3)
ФГ, %	>40 (5)	35-40 (4)	>40 (5)	30-40 (3-4)	30-40 (3-4)	35-40 (4)
M, см	35-40 (4)		30-35 (3)		35- >40 (4-5)	

Примечание: Г – содержание гумуса; pHv – актуальная кислотность; S – сумма поглощенных оснований; Нг – гидролитическая кислотность; М – мощность горизонтов A+AB (A<sub>1</sub>+A<sub>1</sub>A<sub>2</sub>), см; P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> – содержание подвижного фосфора; K<sub>2</sub>O – содержание обменного калия; Nb – содержание валового азота; Ил – содержание фракции менее 0,001 мм; ФГ – содержание фракции менее 0,01 мм.

Таблица 3  
Специфичные состояния свойств региональных эталонов почв 15 ПР лесостепной зоны  
Алтайского края

Свойства	Специфичные состояния, метрическое значение (ранг)					
	Ч <sup>в</sup>		Ч <sup>о</sup>		С <sub>3</sub>	
	A <sub>II</sub>	AB	A <sub>II</sub>	AB	A <sub>1</sub>	A <sub>1</sub> A <sub>2</sub>
Г, %	6,0-8,0 (6-7)	2,0-4,0 (2-3)	5,0-6,0 (5)	2,0-4,0 (2-3)	6,0-8,0 (6-7)	2,0-4,0 (2-3)
pНв	5,5-6,0 (4)	5,5-6,0 (4)	5,0-5,5 (3)	5,0-5,5 (3)	5,0-5,5 (3)	4,5-5,0 (2)
S, мг-экв. /100г	>40,0 (6)	25,0-35,0 (3-4)	25,0-30,0 (3)	20,0-30,0(2-3)	35,0-40,0 (5)	20,0-30,0(2-3)
Hg, мг-экв. /100г	4,0-4,5 (4)	<3,0 (1)	4,0-5,0 (4-5)	<3,0 (1)	5,0-5,5 (6)	3,5-4,0 (3)
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , мг/100г	20,0-25,0 (4)	20,0-30,0 (4-5)	20,0-30,0(4-5)	>30,0 (6)	10,0-15,0 (2)	25,0->30 (5-6)
K <sub>2</sub> O, мг/100г	5,01-10,0 (2)	<5,0 (1)	5,0-15,0 (2-3)	<5,0-10,0(1-2)	5,0-15,0 (2-3)	<5,0 (1)
Nb, %	>0,31 (6)	0,10-0,25 (2-4)	0,21-0,30(4-5)	0,11-0,15 (2)	0,21-0,30(4-5)	0,16-0,20 (3)
Ил, %	20,0-25,0(1-2)	25,0-30,0 (3)	<20,0 (1)	25,0-30,0 (3)	<20,0 (1)	20,0-25,0 (2)
ФГ, %	45,1-50,0 (5)	40,1-50,0 (4-5)	35,1-40,0 (3)	35,1-40,0 (3)	40,1-45,0 (4)	40,1-45,0 (4)
M, см	25,1-35,0(3-4)		30,1-35,0 (4)		35,1-45,0(5-6)	

Сравнение региональных эталонов 14 ПР и 15 ПР лесостепной зоны позволяет отметить несколько закономерностей. Черноземы выщелоченные 14 ПР отличаются большей мощностью гумусового горизонта, но меньшим содержанием гумуса в пахотном горизонте, менее кислой реакцией среды по сравнению с аналогичными почвами 15 ПР. Этапоны оподзоленных черноземов лесостепи отличаются в меньшей степени, тем не менее сохраняется тенденция более кислой реакции среды, меньшей гумусированности и содержания валового азота в почвах 15 ПР. Темно серые лесные почвы напротив, в 15 ПР более мощные (35–40 см), более гумусированные (6,0–8,0 %), содержат больше поглощенных катионов, чем аналогичные почвы 14 ПР.

Реальные почвы не всегда представляют полный набор свойств регионального эталона, это переходные типы, подтипы, так называемые классификационные соседи. Такая ситуация создает неопределенность при их диагностике. Численная классификация предлагает качественно-количественную модель диагностики региональных почв. Для построения информационно-логической модели региональных эталонов почв необходимо провести информационный анализ простых (однофакторных) связей тип, подтип почвы – свойство, таксономический признак; генетический горизонт – таксономический признак. Информационный анализ, являющийся лишь первым шагом в обработке материала, позволяет установить форму логической зависимости явления от рассматриваемого набора параметров. Построение качественно-количественной модели диагностики региональных эталонов почв осуществляется с применением функций многозначной логики:

$$\begin{aligned} \text{ТП}^{15\text{ПР}} &= pH^A \boxtimes (\Gamma^A \boxtimes pH^{AB} \boxtimes N_B^A \boxtimes (S^A \boxtimes S^{AB} \wedge H_\Gamma^A)), \\ \text{ТП}^{14\text{ПР}} &= И_{Л^{A\mu}} \boxtimes S^{A\mu} \boxtimes (N^{A\mu} \boxtimes \Gamma^{A\mu} \boxtimes И_{Л^{AB}} \vee (\Gamma^{AB} \boxtimes \Phi \Gamma^{AB} \boxtimes \Phi \Gamma^{A\mu} \boxtimes S^{AB} \boxtimes N^{AB})). \end{aligned}$$

где ТП – ранг типа почвы 14 или 15 ПР; pH<sup>A</sup>, Γ<sup>A</sup>, ΦΓ<sup>AB</sup> и т. п. ранг свойства почвы pH и содержания гумуса в горизонте A<sub>нах</sub>; ранг содержания фракции физической глины в горизонте AB; ⊗, V, ∨, ∧ – функция нелинейного произведения, функция дизъюнкции, функция конъюнкции, соответственно.

Полученные модели предназначены для диагностики почв лесостепи Алтайского края на основе их физико-химических свойств. Безошибочный прогноз полученных моделей составляет 40–47 %, а с ошибкой в один ранг увеличивается до 75–87 %. Разработка моделей на основе любой другой классификации позволит идентифицировать любую почву по каждой из классификаций. Корреляция между классификациями – это важнейшая задача в том многообразии национальных почвенных классификаций и реферативных баз которые на сегодняшний день существуют.

Полученные модели региональных эталонов почв можно использовать в долгосрочном мониторинге почв, их экологического состояния и оценке интенсивности агрогенной трансформации агрохимических, морфологических и агрофизических свойств [4]. В литературе продолжается дискуссия по поводу места численной классификации в почвоведении: от полного отрицания необходимости базовой (генетической) классификации и замены ее на автоматизированную систему или генератор почвенных групп по их свойствам [9; 11], до по-

нимания роли «...математических подходов и электронно-вычислительной техники в решении классификационной проблемы...» [10]. По удивительно точному прогнозу И. А. Соколова цифровые технологии должны занять свое место «...в разработке численных целевых и региональных классификаций; установлении в их рамках количественных диагностических показателей...». Вместе с тем разработка численных классификаций позволяет решать не только прикладные задачи, но и следить в ходе мониторинга за тенденциями региональных и глобальных изменений, происходящих в почвах.

*Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ (№ 18-44-220003/20) и Минобрнауки Алтайского края Н-40.*

### **Литература**

1. Классификация и диагностика почв России / Л. Л. Шишов, В. Д. Тонконогов, И. И. Лебедева, М. И. Герасимова. Смоленск: Ойкумена. 2004. 342 с.
2. Классификация и диагностика почв СССР / В. В. Егоров [и др.]. М. : Колос, 1977. 223 с.
3. Павлинов И. Я. Две концепции взвешивания в систематике: взвешивание признаков и взвешивание сходства // Русский орнитологический журнал 2009. Т. 18. С. 1187–1204.
4. Пивоварова Е. Г., Федченко Л. А. Региональные эталоны почв как индикаторы агрогенной трансформации их агрохимических свойств // Аграрная наука – сельскому хозяйству : сб. материалов XV Междунар. науч.-практ. конф. : в 2 кн. Барнаул, 2020. С. 282–284.
5. Почвы Алтайского края. М: Изд-во АН СССР, 1959. 380 с.
6. Почвенный справочник : пер. с фр. Смоленск : Ойкумена, 2000. 288 с.
7. Пузаченко Ю. Г., Скулкин В. С. Топологические основания выделения систем в географических науках // Вопросы географии. 1977. Вып. 104. С. 37–54.
8. Пузаченко Ю. Г., Карпачевский Л. О., Взнуздаев Н. А. Возможности применения информационно-логического анализа при изучении почвы на примере ее влажности, распространения заболеваний // Закономерности пространственного варьирования свойств почв и информационно-статистические методы их изучения. М. : Наука, 1970. С. 103–121.
9. INFOSOIL – информационно-справочная система по классификации и распознаванию почв России / Рожков, С. В. Рожкова, П. В. Кравец, Д. Е. Конюшков // Бюллетень Почвенного института им. В. В. Докучаева. 2015. Вып. 79. С. 3–22.
10. Соколов И. А. Теоретические проблемы генетического почвоведения. Новосибирск, 2004. 296 с.
11. World Reference Base for Soil Resources 2006. A framework for international classification, correlation and communication. Food and Agricultural Organization of the United Nations. Rome. 2006. 128 p.

## **REGIONAL AND BASIC SOIL CLASSIFICATIONS: PROBLEMS AND SOLUTIONS**

**E. G. Pivovarova**

*Altai State Agrarian University, Barnaul, Russian Federation  
pilegri@mail.ru*

The paper presents an approach to numerical classification based on information-logical analysis. Regional soil reference standard have been developed for two soil areas of the forest-steppe zone of the Altai Territory. The efficiency coefficient of information transfer is proposed as a parameter that characterizes the taxonomic weight of a soil feature. Mathematical models of regional soil standards are part of the regional classification of soils based on the basic profile-genetic classification. The proposed approach can be used for correlation between the existing classifications of soils in Russia and in the world, as well as for monitoring the properties of soils and their ecological state.

## ПОЧВА КАК ПОКАЗАТЕЛЬ СОСТОЯНИЯ ГЕОСИСТЕМ ОСТРОВОВ ЗАЛИВА ПЕТРА ВЕЛИКОГО (ПРИМОРСКИЙ КРАЙ)

Б. Ф. Пшеничников<sup>1</sup>, К. С. Ганзей<sup>2</sup>, М. С. Лящевская<sup>2</sup>  
А. Г. Киселева<sup>2</sup>, И. М. Родникова<sup>2</sup>, Н. Ф. Пшеничникова<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Дальневосточный федеральный университет, Владивосток, Россия, [bikinbf@mail.ru](mailto:bikinbf@mail.ru)

<sup>2</sup>Тихоокеанский институт географии Дальневосточного отделения РАН

Владивосток, Россия, [geo2005.84@mail.ru](mailto:geo2005.84@mail.ru); [lyshevskay@mail.ru](mailto:lyshevskay@mail.ru); [alena\\_kiseleva@mail.ru](mailto:alena_kiseleva@mail.ru);  
[rodnikova\\_ilona@mail.ru](mailto:rodnikova_ilona@mail.ru); [n.f.p@mail.ru](mailto:n.f.p@mail.ru)

Почва наряду с другими природными географическими компонентами (массами твердой земной коры, массами гидросфера, воздушными массами атмосферы, биотой, климатом, рельефом) является составной частью ландшафтов (геосистем). Геосистемы представляют собой пространственно-временную систему географических компонентов, взаимообусловленных в своем размещении и развивающихся как единое целое [9]. Тесная взаимосвязь между отдельными географическими компонентами и почвами в геосистемах логически вытекает из представлений В. В. Докучаева об образовании почв в результате «...чрезвычайно сложного взаимодействия местного климата, растительных и животных организмов, состава и строения материнских горных пород, рельефа местности, наконец, возраста страны...» [8]. Из этого следует, что почва является отражением состояния всех компонентов геосистемы, на основании чего В. В. Докучаев рассматривает почву как «зеркало ландшафта».

Согласно современным представлениям почва среди ландшафтообразующих факторов занимает особое место, в силу того, что она обнаруживает как прямую, так и обратную взаимосвязь между географическими компонентами. Почва, с одной стороны является функцией взаимодействия природно-географических компонентов, а с другой стороны – фактором, предопределяющим их состояние и динамику. Она прямо или косвенно контролирует ряд важнейших процессов, происходящих в литосфере, гидросфере, атмосфере и биосфере в целом [8; 11; 15]. Почвы представляют собой уникальные природные объекты, так как позволяют получать информацию как об истории развития территории, закономерностях формирования почв в прошлом, так и об особенностях их современного состояния и степени антропогенного воздействия [12; 16].

В связи с вышеизложенным, сотрудниками лабораторий биогеографии и экологии, центра ландшафтно-экологических исследований и информационно-картографического центра Тихоокеанского института географии ДВО РАН совместно с кафедрой почвоведения Школы естественных наук ДВФУ проводится изучение современного состояния, устойчивости и динамики геосистем на островах Залива Петра Великого (ЗПВ) – Русский, Попова, Рикорда, Рейнеке, входящих в состав островных территорий г. Владивостока, имеющих разную историю освоения и испытывающих в разной степени современный антропогенный пресс [1–6; 10; 13; 14; 17]. Исследования включают изучение геоморфологического и геологического строения, геоботанических, лихенологических и почвенных характеристик ландшафтов (рис. 1).



Рис. 1. Район исследования

Пространственная дифференциация почвенного покрова островов обусловлена в первую очередь природными факторами: высотой, крутизной, экспозицией склонов и разнообразием растительности. Основной фон в структуре почвенного покрова островов составляют бурозёмы.

По гребням водоразделов распространены неполноразвитые бурозёмы, профиль которых включает подстилку О, мощностью не более 1–2 см, аккумулятивно-гумусовый горизонт АY (5–7 см), подстилающийся каменисто-щебнистым делювием плотных пород.

Наиболее распространёнными являются бурозёмы типичные, формирующиеся под широколиственными лесами на склонах средней крутизны. Их профиль (О-AYBM-BMC), как правило, маломощный и сильнокаменистый.

Под полидоминантными широколиственными лесами с хорошо развитым травяным напочвенным покровом формируются бурозёмы тёмные с высоко гумусированным профилем (О-AU-AUBM-BM-BMC).

Ограниченнные площади на выполненных склонах с замедленным водообменом преимущественно под ольхово-чёрёмухово-ивовыми лесами занимают бурозёмы оподзоленные с характерным осветлением подгумусовой части профиля и наличием следов оглеения в иллювиальном горизонте (О-AYe-BMg-BMC).

К нижним, выполненным частям склонов под зарослями гмелинопольниковых, мискантусовыми лугами и разрежёнными криволесьями с развитым травяно-кустарниковово-полукустарниковым ярусом приурочены бурозёмы тёмные иллювиально-гумусовые (О-AU-BMhi-BM-BMC). Они выделяются глубокой гумусированностью профиля.

Современное состояние геосистем островных территорий г. Владивостока обусловливается степенью антропогенного пресса. На заселённых островах Русский, Попова и Рейнеке в силу низкогорного характера рельефа, малой мощности и сильной скелетности почвенных профилей каменисто-щебнистого состава, эродированность почвенного покрова довольно высока. Большая часть

территории населённых пунктов, грунтовых дорог, а также туристических троп относится к эрозионно-опасной группе земель.

На дорогах и их обочинах отмечается активная плоскостная эрозия в большинстве типов ландшафтов. В сезон ливневых осадков наблюдается активный плоскостной смыв подстилки и частичное обнажение корневой системы подроста древесных пород даже на залесённых склонах. Особенно этот процесс наблюдается при крутизне склонов более 15°. Немаловажную и, к сожалению, отрицательную роль в состоянии почвенно-растительного покрова играет использование «луговых ландшафтов» под сенокосы и выпас скота местным населением на о. Рейнеке. Ежегодное отчуждение элементов питания при этом вызывает истощение почв, снижение уровня потенциального плодородия и повышает эрозионную опасность на лугах.

На островах с активной рекреационной нагрузкой состояние геосистем в значительной степени обусловлено соблюдением туристами правил поведения на отдыхе. Одним из ведущих факторов при этом выступает пирогенный, с которым связано уничтожение растительного покрова и развитие эрозии, как это произошло с лесным массивом на о-ве Рейнеке.

На антропогенно изменённых территориях развиты кустарниково-разнотравные сообщества и дубняки. На островах повсеместно встречаются нитрофильные лишайники *Candelaria concolor*, *Phaeophyscia rubropulchra*, *Physciella melanochra*, которые являются показателем загрязнения приземного воздуха соединениями азота. На талломах отмечены следы пожаров не только вблизи населённых пунктов, но и в наиболее удалённых от жилья участках. Отмечается снижение видового разнообразия лишайников, исчезновение редких видов.

Пожары являются одним из важнейших факторов трансформации почвенно-растительного покрова, последствия их воздействия отмечаются повсеместно в ландшафтах островов. Проявляются они в пирогенной минерализации подстилки, гумуса поверхностных горизонтов почв и активизации эрозии почв.

Значительная удалённость от материкового побережья и отсутствие постоянного населения на о. Рикорда обеспечивает постепенное самовосстановление естественных ландшафтов, испытавших ранее значительное нарушение в качестве военного полигона. Однако почвенный покров на перешейке острова, соединяющий северную и южную части острова, в силу появления временных водотоков и туристов, подвержен значительным эрозионным процессам.

Анализ пространственной дифференциации ландшафтов [6] по группам устойчивости выявляет взаимосвязь между устойчивостью ландшафтов и геоморфологическим строением территории. Данный вывод был подтверждён корреляционным анализом, как между отдельными показателями, так и между группами показателей устойчивости: фиксируется положительная корреляционная взаимосвязь геолого-геоморфологических показателей с гидрологическими и почвенными [17].

## Литература

1. Ганзей К. С., Киселёва А. Г., Пшеничникова Н. Ф. Ландшафты острова Русский. Карта. Масштаб 1:25 000. Владивосток : Колорит, 2016.
2. Ганзей К. С., Киселёва А. Г., Пшеничникова Н. Ф. Ландшафты острова Русский (залив Петра Великого, Японское море): пространственная организация и особенности функционирования // Успехи современного естествознания. 2016. № 6. С. 138–143.
3. Современное состояние и антропогенная трансформация геосистем островов залива Петра Великого / К. С. Ганзей, А. Г. Киселёва, И. М. Родникова, Н. Ф. Пшеничникова // Регионоведческие исследования. 2016. № 1. С. 40–49.
4. Природные и антропогенные факторы развития геосистем острова Попова (Японское море) / К. С. Ганзей, А. Г. Киселёва, И. М. Родникова, М. С. Лящевская, Н. Ф. Пшеничникова // География и природные ресурсы. 2018. № 1. С. 131–141.
5. Современное состояние геосистем островных территорий муниципального образования г. Владивостока / К. С. Ганзей, Б. Ф. Пшеничников, А. Г. Киселёва, И. М. Родникова, Н. Ф. Пшеничникова // Почвы и ноосфера : монография / Е. Р. Абрамова [и др.]. Владивосток : Изд-во Дальневост. feder. ун-та, 2019. С. 328–341.
6. Ганзей К. С., Пшеничникова Н. Ф., Киселёва А. Г. Оценка устойчивости островных геосистем архипелага императрицы Евгении (залив Петра Великого, Японское море) // География и природные ресурсы. 2020. № 2. С. 62–70.
7. Добровольский Г. В., Никитин Е. Д. Функции почв в биосфере и экосистемах (Экологическое значение почв). М. : Наука. 1990. 261 с.
8. Докучаев В. В. Русский чернозем. Сочинения Т. 3. М. : Изд-во АН ССР. 1949. С. 378–404.
9. Исащенко А. Г. Ландшафтovedение и физико-географическое районирование. М. : Высшая школа. 1991. 366 с.
10. Историко-географическое исследование островов залива Петра Великого (на примере острова Рикорда) / Ю. В. Латушко, К. С. Ганзей, М. С. Лящевская, Я. Е. Пискарева, А. Г. Киселёва, С. Д. Прокопец, Н. Ф. Пшеничникова // Ойкумена. Регионоведческие исследования. 2016. № 1. С. 23–39.
11. Никитин Е. Д. Роль почв в жизни природы. М. : Знание. 1982. 48 с. .
12. Память почв: Почва как память биосферно-геосферно-антропосферных взаимодействий / отв. ред. В. О. Таргульян, С. В. Горячкин. М. : Изд-во ЛКИ, 2008. 692 с.
13. Пшеничников Б. Ф., Пшеничникова Н. Ф. Специфика формирования буровоземов на островах залива Петра Великого (юг Дальнего Востока) // Вестник ДВО РАН. 2013. № 5. С. 87–96.
14. Роль фациальности биоклиматических условий почвообразования в географии буровоземов прибрежно-островной зоны Приморского края (юг Дальнего Востока, Россия) / Б. Ф. Пшеничников, Н. Ф. Пшеничникова, А. Г. Киселёва, И. М. Родникова // Тихоокеанская география. 2020. № 3. С. 29–37.
15. Соколов И. А. Теоретические проблемы генетического почвоведения. Новосибирск : Гуманитарные технологии, 2004 . 288 с.
16. Таргульян В. О., Бронникова М. А. Память почв: теоретические основы концепции, современное состояние и перспективы развития // Почвоведение. 2019. № 3. С. 259–275.
17. Ganzev K. S. Dynamics of land use (2007–2014) and future prospects for development of Russkii Island (Gulf of Peter the Great) // Geography and Natural Resources. 2016. Vol. 37, N 3. P. 257–263.

**SOIL AS INDICATOR OF THE STATE OF GEOSYSTEMS  
OF PETER THE GREAT BAY ISLANDS (PRIMORSKY KRAI)**

**B. F. Pshenichnikov<sup>1</sup>, K. S. Ganzei<sup>2</sup>, M. S. Lyashchevskaya<sup>2</sup>, A. G. Kiselyova<sup>2</sup>,  
I. M. Rodnikova<sup>2</sup>, N. F. Pshenichnikova<sup>2</sup>**

*<sup>1</sup>Far Eastern Federal University, Vladivostok, Russian Federation, bikinbf@mail.ru*

*<sup>2</sup>Pacific Institute of Geography FEB RAS, Vladivostok, Russian Federation*

*kganzei@tig.dvo.ru, lyshevskay@mail.ru, alena\_kiseleva@mail.ru,*

*rodnikova\_ilona@mail.ru, n.f.p@mail.ru*

The research characterizes the current condition of the geosystems of Vladivostok Urban District islands – Russky, Popova, Rikorda, Reyneke. We analyze the role of soil cover on the state of geosystems under various types of anthropogenic loads. The research shows that active development of the island territories should take into account the landscape stability as well as natural resource and socioeconomic potentials.

## ОПЫТ КЛАССИФИКАЦИИ ПОЧВ УРБАНИЗИРОВАННЫХ ТЕРРИТОРИЙ С РАЗНОЙ СТЕПЕНЬЮ АНТРОПОГЕННОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ

Ю. А. Романкевич

*Институт природопользования НАН Беларусь, Минск, Республика Беларусь  
yuliya\_romankevich@mail.ru*

В мире постоянно растет научный интерес к изучению антропогенно-трансформированных и антропогенно-созданных почв, важное место среди которых занимают городские, а также к их систематизации и классификации. В то же время в актуальной версии национальной классификации почв Беларусь почвы, трансформированные в результате урботехногенеза, не выделяются.

Важной целью на пути создания классификации почв урбанизированных территорий явилась разработка методологического и терминологического аппаратов [3–5], что позволило использовать модель в качестве сегмента в составе национальной классификации для определения почв с разной степенью и спецификой антропогенной трансформации, или как самостоятельное классификационное построение для диагностики и учета разнообразия почвоподобных и непочвенных образований, измененных/созданных особым образом, функционирующих в условиях городской среды.

Методические подходы апробированы при создании картосхемы почв г. Несвижа с разной степенью антропогенной трансформации в масштабе 1:10 000, выполненной в целях разработки и реализации Генерального плана г. Несвижа.

При типологии городских почв использовалась ретроспективная карта почвенного покрова г. Несвижа, составленная в масштабе 1:10 000, соответствующая периоду доселитебного освоения территории [4]. Системные натурные исследования почвенного покрова урбанизированных территорий г. Несвижа включали: заложение почвенных разрезов, выполнение системы прикопок, отбор почвенных образцов для аналитических исследований.

Почвы урбанизированных территорий как объект исследований и предмет классификации. Почвы, генетические горизонты и свойства которых практически не претерпели изменений под влиянием урбо- и агротехногенеза, были отнесены к естественным. Главным критерием выделения почв этого отдела явилось сохранение и диагностирование основных генетических горизонтов: гумусового (органогенного), элювиального (срединного) и иллювиального. Такие почвы распространены под лесами, представлены под лесопарками, находящимися в составе городских земель, а также в пределах неосвоенных водосборов естественных водных объектов.

Представление о естественных почвах соответствовало [1], для их определения использовались соответствующая номенклатура и диагностика. Выделение таких почв в г. Несвиже основано на данных ретроспективной карты, ре-

жима использования территории с момента освоения, полевых исследованиях. Выделялись: дерново-палево-подзолистые, дерново-подзолистые заболачивающиеся слабоглеевые и глеевые, дерновые заболачиваемые глеевые и торфяно-болотные низинные.

Поверхностно-преобразованные – почвы, которые претерпели изменения в процессе хозяйственной деятельности, но сохранили классификационно-генетические признаки естественных почв. Выделение таких почв в г. Несвиже основано на данных ретроспективной карты и особенностей функционального использования, проявившихся в наличие агро/урбоседимента в верхней части профиля мощностью до 40 см с учетом сохранения признаков поверхностного горизонта в структуре профиля, диагностируемых в полевых условиях. Так, были выделены агропочвы согласно [1], а также урбопочвы на основании [2].

Представление о поверхностно-преобразованных почвах под воздействием урботехногенных факторов разработано Т. В. Прокофьевой, И. А. Мартыненко, Ф. А. Иванниковым [2]. Распространены на пустырях, в парках, в ложбинках стока, в пределах водосборов естественных водных объектов в пределах урбанизированных территорий. Понятие о поверхностно-преобразованных почвах под воздействием агротехногенных факторов сформировано Н. И. Смеляном и Г. С. Цытром при классификации сельскохозяйственных почв. Согласно [1], эти почвы формируются в результате земледельческого освоения естественных почв, распространены на пахотных землях, а также на месте луговых и лесных земель, ранее используемых под пашню. Целесообразность выделения таких почв в пределах урбанизированных территорий подтверждена данными учета земель в городах Республики Беларусь.

Глубоко-преобразованные – почвы, возникшие в результате глубокой трансформации профиля и свойств естественных и антропогенно-естественных почв под влиянием хозяйственной деятельности и утратившие свои классификационно-генетические признаки. Характерной их особенностью является наличие в профиле антропогенно-преобразованного горизонта, сформированного на месте нескольких верхних естественных диагностических горизонтов и залегающего непосредственно на срединном горизонте, почвообразующей или подстилающей породе [1].

Агроземы, урбаноземы и культуrozемы представили глубоко-преобразованные почвы, выделялись по тому же принципу, что агро- и урбо- почвы, при условии более глубокого преобразования профиля – на уровне 50 см и более [2]. Культуроземы отличал особый седимент в верхней части профиля, диагностированный согласно [2], сформированный под воздействием комбинации агро- и урбо- факторов. Одни распространены в пределах сельскохозяйственных угодий и чаще всего соответствуют пашням, другие – в районах среднеэтажной застройки, третьи – в границах староосвоенных приусадебных участков и старых садов. Ввиду того, что ранее урбаноземы и культуrozемы в классификации почв Республики Беларусь не выделялись, поэтому представление о них складывалось на основании [2] с учетом разработанной авторами номенклатуры и диагностики, агроземы – согласно [4].

В качестве отдельной единицы классификации на самом высоком уровне (таксон) выделили почвоподобные городские образования (ППО), под которыми понимали целенаправленно сконструированные почвоподобные тела, состоящие из природного материала, характеризуемые гумусированностью и структурностью верхних горизонтов, подстилаемые природными почвообразующими породами или антропогенным грунтом.

В составе группы ППО выделялись: реплантоземы – рекультивируемые образования с одномоментно созданным слоем поверхностного репланта, распространены в районах расположения промышленных и складских помещений; рекреаземы – рекультивируемые образования с 2 и более слоями поверхностного репланта, распространены в пределах цветников, вдоль дорог и благоустроенных газонов; урбиквазиземы – рекультивированные образования, сформированные на культурном слое; конструктоземы – многослойные поверхностно рекультивируемые образования в районе инженерных сооружений (мостов, дорожных развязок, мелиоративных систем, спортивных комплексов и др.); некроземы – турбированные образования городских кладбищ. При выделении ППО использовались номенклатура и диагностика [2; 6].

Под непочвенными образованиями (НПО) понимали техногенно-созданные грунты собственно городского или промышленного происхождения, содержащие остаточные продукты хозяйственной деятельности. Представлены как бесструктурным органо-минеральным материалом, так и специфическим новообразованным субстратом, не встречающимся в природной среде [6].

Все образования – и почвоподобные, и непочвенные, находясь на поверхности и, тем самым, функционируя в экосистеме, не являются почвами в «документаевском» смысле этого понятия, поскольку в них еще не сформировались генетические горизонты. Вместе с тем, такие образования нуждаются в систематике и диагностике, поскольку как почвы, а также другие поверхностные тела суши, могут и должны быть объектом изучения и картографирования. До настоящего времени в Беларуси система, позволяющая учитывать ППО и НПО отсутствовала.

Таким образом, «почвы урбанизированных территорий» определены нами как совокупность в разной степени антропогенно-преобразованных почв, а также ППО и НПО, распространенных на урбанизированных территориях.

Методология предлагаемой классификации как системного построения. Под единой классификацией почв урбанизированных территорий мы понимали систематизированное распределение почв в разной степени преобразованных, а также ППО и НПО, согласно их таксономическому рангу, определенному в соответствии с разработанными критериями, на основании обобщения известных признаков и выбранных методов, позволяющих в одной иерархической системе учитывать сходства и различия классифицируемых элементов, сформированных под воздействием природных, а также агро- и урботехногенных факторов. Предлагаемая классификация получила название «единой» так как в одной иерархической системе упорядочивает объекты на основании их генетической однородности (почвы, ППО и НПО), а также предлагает учитывать не только природные и агротехногенные (согласно национальной классификации почв),

но и урботехногенные факторы. Такой подход является новым и применяется впервые [3; 5].

Главной целью классификации явилось создание системы, отражающей основные законы антропогенного почвообразования в условиях урбопедогенеза и разделения совокупности почв урбанизированных территорий на непересекающиеся группы, которые могут объективно диагностироваться [3; 5]. Задачи классификации: на основании разработанных критериев и обобщения известных признаков, позволяющих определить, диагностировать и систематизировать конкретные отдельные группы объектов (почвы, ППО и НПО) на разных таксономических уровнях в единой системе, представить упорядоченное отражение разнообразия почв урбанизированных территорий, их внешних и внутренних связей, а также признаков, имеющих значение для их использования, учёта и охраны [3; 5].

В разрабатываемой системе использована генетическая методология и морфологическая диагностика. Предложенная разработка не является целостной классификационной системой. Она представляет собой систематическую общность таксонов, отражающих разнообразие антропогенно-трансформированных почв, которые подразделяются по традиционной таксономической схеме [3; 5].

Объектом исследований явились городские территории, предметом – почвенный покров, представленный в разной степени антропогенно-трансформированными почвами, а также ППО и НПО. В качестве модельного был выбран почвенный покров малого города, в пределах которого представлены разные виды антропогенных трансформаций на фоне устоявшегося регламента использования городских территорий в течение длительного времени [3; 5].

Выделение почв, ППО и НПО в составе почвенного покрова урбанизированных территорий основывалось на представлении о почве как о природном образовании, характеризующимся наличием генетического профиля и обладающим плодородием. На основании этого представления к почвоподобным были отнесены техногенно-природные образования с искусственно сформированным профилем и обладающие плодородием. Непочвенные образования в свою очередь были определены как неприродные, не имеющие профиля и не обладающие плодородием. Таким образом, выделение осуществлялось по критерию генетичности [3; 5].

Главным принципом, определяющим теоритическую сущность построения настоящей классификации, является профильно-генетический факторный. В основу системы также положены принципы генетичности, объективности и субъективности, «естественности» и «утилитарности» [1; 3; 5]. Кроме того, классификационное построение выполнено с учетом общеизвестных принципов: иерархичности, открытости, преемственности, изменчивости и стабильности, которые также использовались при построении классификации почв России [2] и Беларуси [1].

Настоящая классификация базируется на использовании иерархического метода, который определяет ее структуру, в качестве дополнительного также использует фасетный. Также были применены дедуктивный и индуктивный методы для сравнения множества единичных объектов классификации. В резуль-

тате применения совокупности методов и методических приемов, все образуемые подразделения составили единую систему классификации распределяемого множества со взаимосвязанными подразделениями, где все элементы системы взаимосвязаны и определенным образом соподчинены [3; 5].

Предлагаемые критерии разработаны на основе общепринятых, используемых в национальной классификации, базируются на представлении о генетической классификации естественных почв [1]. Они представлены в одной системе для почв, ППО и НПО с учетом таксономической иерархии [3; 5].

Данная разработка – открытая и динамичная система, которая может быть дополнена: диагностическими горизонтами и признаками, эталонированными профилями. Созданную классификацию почв урбанизированных территорий, как любую классификацию почв, нельзя считать завершенной [3; 5].

Для систематизации почв, независимо от их степени антропогенного преобразования, применялась таксономическая структура национальной классификации: таксон → отдел → класс → подкласс → тип → (надподтип) → подтип → род → вид → разновидность [5]. В качестве структуры для упорядочивания ППО и НПО был разработан и научно обоснован новый таксономический ряд: категория → порядок → разряд → подразряд → группа → надподгруппа → подгруппа → серия → ряд → форма. Данный методический прием позволил в рамках единой системы классифицировать генетически разнородные объекты, а также учитывать их особенности, определяя место в иерархической системе. Критерии выделения таксонов представлены в полном объеме [5].

Главным критерием выделения почв на уровне типа/группы для естественных почв явилось сохранение и диагностирование основных генетических горизонтов, для ППО и НПО – наличие единообразно созданных горизонтов в процессе хозяйственной деятельности при полном отсутствии классификационно-генетических признаков естественных почв [3; 5].

На уровне надподтипа/надподгруппы было предложено вместо режимов увлажнения и степени их проявления учитывать качественные особенности поверхностных и срединных горизонтов, проявляющиеся в загрязнении. Ранжирование значений состояния окружающей среды осуществлялось на основании показателя суммарного загрязнения Zс. Выделение подтипов/подгруппы было основано на проявлении качественных особенностей срединных естественных генетических горизонтов и на антропогенно-обусловленных признаках в антропогенно-преобразованных горизонтах.

В предлагаемой классификации для названия естественных, а также в разной степени трансформированных под воздействием сельскохозяйственного производства почв использовалась номенклатура национальной классификации [1]. Для обозначения специфических почв и почвоподобных образований, трансформированных в условиях урбанизации – разработки российских учебных-почвоведов [2; 6].

Диагностика почв осуществлялась на основе качественных признаков диагностических горизонтов и их комбинаций с использованием метода описания «центрального образа», а для низших таксонов – на основании данных ретроспективной карты. При эталонировании почв урбанизированных территорий

использовались «центральные образы» с соответствующими им системами диагностических горизонтов и признаков, разработанные отечественными [1] и зарубежными специалистами [2] с учетом предложений автора.

### **Литература**

1. Полевая диагностика почв Беларуси : практика / под ред. Г. С. Цытран. Минск : Учебный центр подготовки, повышения квалификации и переподготовки кадров землеустроительной и картографо-геодезической службы, 2011. 175 с.
2. Прокофьева Т. В., Мартыненко И. А., Иванников Ф. А. Систематика почв и почвообразующих пород Москвы и возможность их включения в общую классификацию // Почвоведение. 2011. № 5. С. 611–623.
3. Романкевич Ю. А. Единая классификация почв урбанизированных территорий с разной степенью антропогенной трансформации // Природопользование. 2019. № 2. С. 125–141.
4. Романкевич Ю. А. Ретроспективная карта почвенного покрова г. Несвижа (Беларусь) для изучения трансформации городских почв // Проблемы геологии и освоения недр : тр. XXI Междунар. симп. им. акад. М. А. Усова студентов и молодых ученых, посвящ. 130-летию со дня рожд. проф. М. И. Кучина. Т. 1. Томск : Изд-во Том. политехн. ун-та, 2017. С. 812–813.
5. Романкевич Ю. А. Методические подходы к созданию единой классификации почв урбанизированных территорий с разной степенью антропогенной трансформации // Природопользование. 2019. № 2. С. 108–124.
6. Тонконогов В. Д., Шишов Л. Л. О классификации антропогенно-преобразованных почв // Почвоведение. 1990. № 1. С. 72–79.

### **EXPERIENCE OF CLASSIFICATION OF SOILS OF URBANIZED TERRITORIES WITH DIFFERENT DEGREES OF ANTHROPOGENIC TRANSFORMATION IN BELARUS**

**J. A. Ramankevich**

*Institute of Nature Management of the National Academy of Sciences of Belarus  
Minsk, Belarus, yuliya\_romankevich@mail.ru*

The results of approbation of a unified classification of soils in urban areas with varying degrees of anthropogenic transformation at the level of lower taxa in Nesvizh (Belarus) are presented. For the first time, a methodical technique has been proposed that allows combining soils, soil-like and non-soil formations into a single classification system. A way of accounting for chemical contamination of soils within the classification has been suggested.

**Keywords:** soil classification, soil-like formations, non-soil formations, soils of urbanized territories, soil pollution.

# ПРОСТРАНСТВЕННАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА НА СРЕДНЕМ УРАЛЕ НА УРОВНЕ ЭЛЕМЕНТАРНЫХ ПОЧВЕННЫХ СТРУКТУР

И. А. Самофалова

*Пермский государственный аграрно-технологический университет  
Пермь, Россия, samofalovaираida@mail.ru*

Биогеоценозные изменения связаны с направленными сменами природных условий длительного воздействия или нарастанием действия какого-либо фактора. Высотная поясность представляет собой закономерное отражение пространственной дифференциации ландшафтов. Границы существования конкретного растительного сообщества в определенных условиях высоты достаточно размыты, но для каждого биоценоза выделяется наиболее благоприятный интервал высот для его развития [2–6, 9–12]. Соответственно, изменение почвенного покрова в пределах высотного пояса должно подчиняться тем же закономерностям. На основании этого, введено понятие «высотный ряд почв», характеризующий почвенный покров в пределах конкретного высотного пояса.

Цель исследования – изучить почвенное разнообразие высотных поясов на Среднем Урале. Объекты исследования – почвы высотных поясов. Методология исследования почвенного покрова горных геосистем основана на бассейно-ландшафтной концепции формирования почв. Исследования проведены в пределах ненарушенной части Среднего Урала – хребет Басеги (включён в состав «Государственного заповедника «Басеги»). Хребет расположен в восточной части Пермского края, на западном склоне Уральской горной страны ( $58^{\circ}45'–59^{\circ}00'$  с. ш.,  $58^{\circ}15'–58^{\circ}38'$  в. д.). Определение состава почвенного покрова высотных ландшафтов осуществлялось по общепринятым в почвоведении методам морфологического описания с учётом основных диагностических горизонтов [7]. Обследование территории проводили методом маршрутов с использованием сравнительно-географического метода исследования и морфологического метода – оценки свойств почв на уровне почвенного профиля и генетических горизонтов. Ландшафтная карта хребта Басеги включает три ландшафтных пояса: горно-таежный (300–600 м над ур. моря), подгольцовый (600–800 м) и горно-тундровый (> 800 м) [1].

*Почвенное разнообразие тундровых и гольцовых ландшафтов.* По рельефу зона тундры представляет слабонаклоненную платообразную поверхность. Плато на высоте 820–850 м относится к древней поверхности выравнивания, выше которой расположены вершины гор (гольцовые ландшафты). Тундровые биотопы характеризуются фрагментарным почвенным покровом (мозаика из каменистых россыпей и тундр) и представлены петрозёмами, подбурами, перегнойно-тёмногумусовыми почвами, литозёмами (сухоторфяными, грубогумусовыми, серогумусовыми).

Высотный ряд почв горно-тундрового пояса образуют типы: перегнойно-темногумусовая элювиированная, петрозёмы, литозёмы сухоторфяные (кон-

трастные микромозаики) – дерново-подбур, дерново-подзол, литозём грубогумусовый, петрозём гумусовый (контрастные микромозаики) – подбур грубогумусированный, литозём грубогумусовый и серогумусовый, петрозёмы (микроташеты). Образование почв в горной тундре происходит при обильном промывании профиля осадками до плотной породы, что приводит к значительному выносу оснований. Каждый горизонт в почвах является геохимическим барьером (сорбционным, физико-химическим, биологическим и др.). Основными процессами почвообразования являются: аккумуляция и разложение растительных остатков, торфообразование, гумусообразование, кислотный гидролиз минеральных компонентов, выщелачивание, альфегумусовый, элювирирование.

*Подгольцовый пояс* (500–820 м) отличается разнообразием биотопов [9; 12]: на границе подгольцового и гольцовского поясов (740–770 м) – еловоберезовое крупно-папоротниковое криволесье; ниже (600–650 м над у. м.) – крупнотравно-злаковые луга; далее вниз по склону, около 600–608 м – двукисточниково-разнотравные переувлажненные луга с зарослями кустарников; ниже 600 м над у. м. нагорные парковые леса, разные по составу травяного яруса (ельник папоротниковый на западном склоне, пихтово-еловый аконитовый лес на восточном). Подпояса (криволесье, луга, парковый лес) не имеют четко выраженных границ и строгой высотной приуроченности, а взаимно проникают друг в друга. На высоте 517–518 м на выровненной слабонаклоненной к западу части склона расположено болото, где доминируют кустарничково-сфагновые и пушицево-сфагновые фитоценозы с угнетенной береской, елью, кедром. В пределах болота по трансекте «центр-окраина» диагностированы: торфяная олиготрофная глеевая иловато-торфянная – глеезем грубогумусированный – перегнойно-глеевая грубогумусированная ожелезненная.

Переходная зона между горно-лесным и подгольцовским поясами соответствует высоте 500–700 м над у. м. В этой зоне границы экотонов наиболее мобильны, что проявляется в быстрой экспансии тех или иных контактирующих биотопов при смене соотношения тепла, атмосферной влаги, рельефа, местного стока. Здесь формируются практически все диагностируемые в заповеднике типы почв. Таким образом, почвенный покров подгольцового пояса представлен почвами отделов: альфегумусовые, структурно-метаморфические, органоаккумулятивные, торфяные, глеевые, литозёмы, слаборазвитые. Высотный ряд почв представлен типами: бурозём темногумусовый грубогумусированный (794 м) – подзол иллювиально-железистый (745 м) – бурозем темногумусовый ожелезненный (623 м) – серогумусовая глинисто-иллювиированная (608 м) – бурозем элювиированный (580 м) – бурозем глинисто-иллювиированный (565 м) – торфяная олиготрофная глеевая иловато-торфянная, глеезём грубогумусированный, перегнойно-глеевая грубогумусированная ожелезненная (517–518 м).

Почвенный покров подгольцового пояса: в криволесье – комбинации подзолов с литозёмами и петрозёмами (контрастные микросочетания-мозаики); в луговых полянах криволесья – литоземы серо- и темногумусовые в комплексе с буроземами темногумусовыми (микросочетания); ниже, под луговым разнотравьем – серогумусовые обнаруживаются в комплексе с буроземами (микровариации); в парковом редколесье – буроземы ожелезненные, глееватые, элювиированные (микровариации на склонах; микроташеты на выложенных участ-

ках склона). В пределах болотного массива структура почвенного покрова представлена неконтрастными (микровариации-ташеты) и контрастными (микросочетания-мозаики) комбинациями.

*Горно-лесной пояс* соотносится с нижними частями склонов, где развиваются еловые, елово-пихтовые леса на буроземах, глеезёмах, перегнойно-глеевых почвах, а также с внутренней долиной рек, где формируются аллювиальные гумусовые глеевые почвы. Под пологом сомкнутого темнохвойного леса плотная лесная подстилка, состоящая из хвои и мхов, создает свой гидротермический режим (медленное прогревание), оказывающий первостепенное влияние на трансформацию растительных остатков и условия гумусообразования. На высоте 315–450–500 м н. у. м. распространены различные типы леса, которые создают разнообразные условия для формирования почв, с преобладанием *буроземов* в составе почвенного покрова. Почвы различаются по строению, что отражается в наличии диагностических горизонтов (*BM, G*) и степени выраженности генетических признаков (*f, ao, g*). Почвы горно-лесного пояса характеризуются наличием морфологических признаков оглеения: сизоватые и серые холодные тона окраски горизонтов, пятна и слои оржавления, новообразования железа, бурые Fe-Mn конкреции. Кроме того, в горно-лесном поясе можно обнаружить литозёмы грубогумусные (300–500 м).

Высотный ряд почв горной тайги представлен следующими типами почв: *глеезем грубогумусированный* ожелезненный – бурозем грубогумусовый ожелезненный – аллювиальная гумусовая глеевая элювиированная ожелезненная оруденелая. Таким образом, на склоновых поверхностях почвенные комбинации представлены контрастными микросочетаниями с односторонним характером связи, а в речных долинах контрастными и неконтрастными комбинациями – микромозаики, микроташеты и микровариации соответственно.

Для каждой высотной геосистемы определены вероятностные специфические состояния почвенного покрова. Установлена максимальная степень вариации типов почв для высоты 500–700 м (переходная зона горно-лесной—подгольцовский пояса), где формируются практически все типы почв. Отмечается высокая теснота связи между фактором высоты и типами почв. Например, петроземы формируются в нижней части горной тайги (300–500 м), а петрозёмы торфяные с большей долей вероятности формируются в горной тундре на высоте >900 м н. у. м. Параметры информационно-логического анализа высокие. Итак, определена логическая взаимосвязь формирования почв на уровне отдела, типа, подтипа в разных ландшафтных условиях.

Высотное сочетание почв образует *зональный ряд* (снизу вверх): бурозёмы (горная тайга) → серогумусовые (луга) → альфагумусовые (подзолы в кричевесье, подбуры в тундре).

На уровне мезоструктур наибольшую группу почв, встречающуюся во всех экотонах высотных поясов и на разных элементах структурной организации бассейнов рек, образуют почвы постлитогенные и первичного почвообразования: бурозёмы, литозёмы, петрозёмы. Полученные результаты подтверждают общие особенности почвенного покрова горных систем мира [8]: преобладание на склонах почв первой стадии горного почвообразования – литозёмов, петрозёмов; наличие вертикально-зональной структуры почв; повсеместное

распространение на горных склонах мира буро окрашенных слабо дифференцированных на горизонты почв. С позиций эволюционной концепции почвообразования – горный буровозём – это определенная историческая стадия развития почвенного покрова гумидных горных склонов, независимо от климатических особенностей горной страны [8].

В системе почвенного покрова горных территорий литоземы, и сопутствующие, им петрозёмы отнесены к интразональным почвам, как наиболее распространенным во всех высотных поясах и образуют *интразональный ряд почв*: петрозёмы → литозёмы.

В горных условиях происходит взаимодействие и взаимообусловленность вертикальных (бассейны рек) и горизонтальных (высотные пояса) геосистем, максимально проявляющееся на границе высотных поясов и водосборных воронок (элементов бассейновых структур рек). В этих условиях формируются специфичные (азональные) почвы (глеевые, торфяные), приуроченные к высоте 498–578 м н. у. м., несоответствующие высотной зональности. Их наличие указывает на проявление «деформации» высотно-растительных геосистем, где нарушаются стабильные функциональные взаимосвязи между компонентами ландшафта. Установлен *азональный ряд почв*: глеевые → торфяные.

Почвенный покров высотных поясов соотнесен с элементами структурной организации бассейнов рек. Водораздельные пространства (дуги, фанды) заняты литозёмами, петrozемами, подбурами, дерново-подбурами и дерново-подзолами, перегнойно-темногумусовыми; склоновые поверхности (выше водосборных воронок – фанды) представлены почвенным покровом, в состав которого входят подзолы иллювиально-железистые, серо- и тёмногумусовые почвы, буровозёмы, литозёмы; водосборные воронки характеризуются почвенным покровом из торфяных глеевых почв, глеевозёмов ожелезнённых, перегнойно-глеевых, буровозёмов грубогумусовых; склоновые поверхности (ниже водосборных воронок) представлены комбинациями подтипов буровозёмов (грубогумусовые, глеевые, глееватые), глеевозёмов, перегнойно-глеевых и литозёмами (глееватыми, перегнойными); во внутренней долине рек – аллювиальные гумусовые глеевые, и выше к границе склоновой поверхности – буровозёмы (ожелезненные, глеевые, элювиированные).

Таким образом, пространственная организация почвенного покрова на уровне элементарных почвенных структур демонстрирует почвенное разнообразие и контрастный почвенный покров в пределах как горизонтальных, так и вертикальных геосистем.

### Литература

1. Баландин С. В., Ладыгин И. В. Флора и растительность хребта Басеги // Средний Урал / Институт экологии растений и животных УРО РАН. Пермь, 2002. С. 3.
2. Эколо-генетические особенности формирования торфяных почв горной ландшафтной зоны Северного Урала (Печоро-Ильчский заповедник) / Е. В. Жангиров, Ю. А. Дубровский, С. В. Дегтева, А. А. Дымов // Лесоведение. 2017. № 2. С. 94–101.
3. Жангиров Е. В., Дубровский Ю. А., Дымов А. А. Характеристика почв и растительного покрова высотных поясов хребта Малды-Нырд (Приполярный Урал) // Известия Коми научного центра УрО РАН. Сыктывкар, 2012. Вып. 4 (12). С. 40–48.

4. Коновалова М. Е., Кофман Г. Б., Коновалова А. Е. Сопряженность признаков рельефа и типов леса в горных условиях // География и природные ресурсы. 2015. № 2. С. 177–182.
5. Краснощеков Ю. Н. Структура почвенного покрова горных лесов Хэнтэйского нагорья в Монголии // Вестник КрасГАУ. 2013. № 12. С. 77–82.
6. Кузьмин С. Б., Шаманова С. И., Казановский С. Г. Определение высотной поясности Западного Прибайкалья на основе анализа рельефа и дендрофлоры // География и природные ресурсы. 2012. № 4. С. 137–149.
7. Полевой определитель почв России. М. : Почв. ин-т им. В. В. Докучаева, 2008. 182 с.
8. Розанов Б. Г. Почвенный покров земного шара. М. : Изд-во МГУ, 1977. 248 с.
9. Самофалова И. А. Влияние морфометрических показателей рельефа на пространственную изменчивость растительности и почвенного покрова в горных ландшафтах (Средний Урал) // Географические аспекты устойчивого развития регионов : II Междунар. науч.-практ. конф. Гомель, 23–24 марта 2017 г. : [материалы]. Гомель : ГТУ им. Ф. Скорины, 2017. С. 377–383.
10. Самофалова И. А. Геомоделирование почвенного покрова на основе обобщённого пространственного анализа территории заповедника «Басеги» (Средний Урал) // ИнтерКарто. ИнтерГИС. Геоинформационное обеспечение устойчивого развития территорий : материалы Междунар. конф. М. : Изд-во Моск. ун-та, 2020. Т. 26, ч. 4. С. 131–146. <https://doi.org/10.35595/2414-9179-2020-4-26-110-120>.
11. Самофалова И. А. Индикационная связь между генетическими признаками почв и высотными ландшафтами на Среднем Урале (хребет Басеги) // Российский журнал прикладной экологии. 2019. № 2 (18). С. 42–48.
12. Самофалова И. А. Использование бассейнового подхода для изучения дифференциации растительного и почвенного покровов (хребет Басеги, Средний Урал) // География и природные ресурсы. 2020. № 1. С. 175–184. [https://doi.org/10.21782/GIPR0206-1619-2020-1\(175-184\)](https://doi.org/10.21782/GIPR0206-1619-2020-1(175-184)).

## SPATIAL ORGANIZATION OF SOIL COVER IN THE MIDDLE URALS AT THE LEVEL OF ELEMENTARY SOIL FORMATIONS

**I. A. Samofalova**

*Perm State Agro-Technological University named after Academician D. N. Pryanishnikov  
Perm, Russian Federation, samofalova@raida@mail.ru*

The concept of “high-altitude row of soils” is introduced, which characterizes the soil cover within a specific altitude zone. The studies were carried out within the undisturbed part of the Middle Urals – the Basega ridge. The high-altitude row of soils of the mountain-tundra zone is formed by alfehumus, lithozems, organo-accumulative, underdeveloped soils, forming contrasting micro-mosaics and microtashes. The soil cover of the subalpine zone is represented by soils: alfehumus, structural-metamorphic, organo-accumulative, peat, gley, lithozems, underdeveloped soils. Both contrasting and non-contrasting soil combinations are formed here: microcombinations, microcombinations-mosaics, microvariations, microtashes, microvariations-tachets. The altitudinal row of soils in the mountain taiga is represented by gley soils, burozems, lithozems, and alluvial soils. Soil combinations are represented by contrasting microcombinations, and in river valleys by contrasting and non-contrasting combinations (micromosaics, microtashes, microvariations). Thus, the high-altitude combination of soils forms a zonal row (from bottom to top): brown soils (mountain taiga) → gray-humus (meadows) → alfehumus (podzols in crooked forests, podburs in tundra); intrazonal series of soils: petrozems → lithozems; azonal range of soils: gley → peat. The spatial organization of the soil cover at the level of elementary soil structures demonstrates soil diversity and contrasting soil cover.

## ОСОБЕННОСТИ АГРОГЕННОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ ЧЕРНОЗЁМОВ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

Е. Н. Смоленцева

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

В гоноценовой эволюции почв и почвенного покрова Земли особое место занимают процессы агрогенного почвообразования (агропедогенеза), которые относятся к группе процессов антропогенной трансформации почв [1; 13]. В рамках ранее существовавшей парадигмы [5] почвы пахотных угодий рассматривались как классификационные аналоги естественных почв. Начиная с 90-х гг. прошлого столетия, развивалось теоретическое обоснование и возникла практическая необходимость классификационного разделения естественных и пахотных почв [6; 14]. Это разделение было реализовано в начале XXI в. в субстантивно-генетической классификации почв России [4; 8], согласно которой основным диагностическим горизонтом агрогенных почв является поверхностный агрогоризонт. В рамках современного подхода предложено пять типодиагностических агрогоризонтов [8]. В зависимости от их сочетания с естественными подпахотными или срединными горизонтами выделяют отделы, типы и подтипы агрогенных почв. Таким образом, в рамках субстантивно-генетической классификации почв [4] агрогенно трансформированные почвы в зависимости от строения профиля рассматриваются или как самостоятельные типы почв в рамках каждого отдела, или выделяются в отдел Агрозёмы. Также предложен эволюционно-генетический ряд агрогенной трансформации почв: естественная почва → агропочва → агрозём [6]. Была высказана также идея о региональной специфичности пахотных горизонтов [2; 3], согласно которой свойства пахотных горизонтов и агрогенных почв зависят не только от генетической природы естественных почв – «предшественников», но и от природных условий региона и характера агрогенного воздействия. Несмотря на теоретическую и практическую значимость этой идеи, вопросы региональных особенностей агрогенных почв в отечественной литературе слабо освещены.

Агрогенное почвообразование широко проявляется в районах с развитым земледелием, к которым относится чернозёмная область Западной Сибири (ЗС), где пахотные угодья занимают 30–60 % территории, а площадь западно-сибирских чернозёмов достигает 14 500 тыс. га, или 6,3 % от всего земельного фонда ЗС [15]. Поскольку ранее агропочвы и агрозёмы не выделялись, особенности агрогенной трансформации западно-сибирских чернозёмов и их агропедогенеза недостаточно изучены. В прошлом уделялось внимание сравнительному анализу свойств целинных и пахотных почв [9]. Однако строение профиля с точки зрения типодиагностических горизонтов и таксономическое положение агрогенно-трансформированных чернозёмов в ЗС остаются слабо изученными. Данная публикация имеет целью охарактеризовать таксономию и некоторые

морфогенетические особенности почв, сформировавшиеся в результате агрогенной трансформации чернозёмов этого региона, а также региональные особенности агропедогенеза в чернозёмной области ЗС.

Ранее было показано [10], что в чернозёмной области ЗС диагностированы все типы чернозёмов, выделяемые в классификации: чернозёмы глинисто-иллювиальные, чернозёмы и чернозёмы текстурно-карбонатные [4]. В типе чернозёмов были выделены подтипы миграционно-мицелярные, сегрегационно-мицелярные, дисперсно-карбонатные (табл.). Региональной морфогенетической особенностью чернозёмов ЗС, особенно лесостепных, является бескарбонатная зона между гумусовой толщиной и аккумулятивно-карбонатным горизонтом [10; 11], которая по диагностическим признакам соответствует структурно-метаморфическому горизонту ВМ.

Таблица

Чернозёмы Западной Сибири и их агрогенные аналоги

Естественные почвы	Агрогенно-трансформированные почвы
<b>Тип, подтип почвы (Формула профиля)</b>	
Чернозёмы глинисто-иллювиальные (AU–BI–BM–Csa)	Агрочернозёмы глинисто-иллювиальные (PU–AU–BI–BM–Csa) Агрозёмы тёмные глинисто-иллювиальные (PU–BI–BM–Csa)
Чернозёмы миграционно-мицелярные (AU–BM–BCAmc–Csa)	Агрочернозёмы миграционно-мицелярные (PU–AU–BM–BCAmc–Csa) Агрозёмы тёмные аккумулятивно-карбонатные мицелярные (PU–AU–BM–BCAmc–Csa)
Чернозёмы сегрегационно-мицелярные (AU–BM–BCAnc–Csa)	Агрочернозёмы сегрегационно-мицелярные (PU–AU–BM–BCAnc–Csa) Агрозёмы тёмные аккумулятивно-карбонатные сегрегационные (PU–AU–BM–BCAnc–Csa)
Чернозёмы дисперсно-карбонатные (AU–(BM)–BCAdc–Csa)	Агрочернозёмы дисперсно-карбонатные (PU–AU–(BM)–BCAdc–Csa) Агрозёмы тёмные дисперсно-карбонатные (PU–BM–BCAdc–Csa)
Чернозём текстурно-карбонатный (AU–(BM)–CAT–Csa)	Чернозёмы текстурно-карбонатные (PU–AU–(BM)–CAT–Csa) Агрозёмы тёмные текстурно-карбонатный (PU–(BM)–CAT–Csa)

Также региональным признаком западно-сибирских чернозёмов является укороченная, по сравнению с европейскими аналогами, мощность гумусового профиля и регressive-аккумулятивный тип распределения гумуса [10; 15]. В силу своей маломощности тёмногумусовый горизонт AU чернозёмов ЗС при распашке зачастую полностью преобразуется в агротёмногумусовый горизонт, залегающий непосредственно на срединном горизонте. Поэтому чернозёмы быстро трансформируются в агрозёмы, минуя стадию агрочернозёмов, а такая

морфогенетическая особенность как маломощность горизонта АУ влияет на таксономическое положение агрогенно-трансформированных почв.

Эволюционно-генетический ряд и стадии агрогенной трансформации чернозёмов на примере чернозёмов глинисто-иллювиальных представлены следующими типами почв: чернозём глинисто-иллювиальный → агрочернозём глинисто-иллювиальный (1-я стадия) → агрозём тёмный глинисто-иллювиальный (2-я стадия). Агрогенно-деградационная трансформация почв (абразионный агропедогенез) связана с развитием водной эрозии почв на территориях с расчленённым рельефом, который характерен для предгорных платообразных и возвышенных равнин юго-восточной хорошо дренированной части чернозёмной области ЗС. Смыг верхней части гумусового профиля пахотных почв приводит сначала к изменению их подтипового статуса с типичного на абрэдированный, а затем при полной потере гумусового горизонта таксономическое положение почвы меняется на уровне отдела: агрозём тёмный глинисто-иллювиальный абрэдированный → агроабразёмы глинисто-иллювиальный. Таким образом, абразионный агропедогенез обуславливает появление двух дополнительных стадий агрогенной трансформации (на примере чернозёмов глинисто-иллювиальных): агрочернозём глинисто-иллювиальный → агрозём тёмный глинисто-иллювиальный → агрозём тёмный глинисто-иллювиальный абрэдированный (3-я стадия) → агроабразём глинисто-иллювиальный (4-я стадия).

В подчинённых позиций ландшафтов при аккумуляции смыываемого почвенного материала агрогенная трансформация включает также синлитогенный агропедогенез [13] и образование агростратозёмов. Так, например, в Предалтайской почвенной провинции ЗС значительное распространение получили агростратоземы темногумусовые, характеризующиеся мощным стратифицированным горизонтом [7, 12], формирование которых обусловлено процессом стратозёмного агропедогенеза.

В случае прекращения агрогенного воздействия на почвы и образования залежи на месте пашни, чернозёмы включаются в процесс постагрогенной трансформации. Прекращение механического воздействия на гумусовый горизонт и восстановление естественной растительности, запускают процессы регенерации агрогумусового горизонта до состояния близкого к естественному. В связи с этим был выделен постагрогенный подтип в агрочернозёмах и агрозёмах тёмных ЗС. Диагностическим признаком для его выделения послужил дерновый горизонт, сформировавшийся в верхней части пахотного горизонта, с мелкозернистой структурой, отличающейся от структуры агрогоризонта.

**Заключение.** Агрогенная трансформация чернозёмов ЗС с позиций субстантивно-генетической классификации почв характеризуется следующим эволюционно-генетическим и стадиально-трансформационным рядом: естественные почвы → агрочернозёмы (1-я стадия) → агрозёмы тёмные (2-я стадия) → агрозёмы тёмные абрэдированные (3-я стадия) → агроабразёмы и агростартозёмы тёмногумусовые (4-я стадия). Проявление 3-й и 4-й стадии трансформации чернозёмов обусловлено влиянием абразионного и синлитогенного агропедогенеза.

Степень агрогенной трансформации чернозёмов ЗС и таксономическое положение агрогенно трансформированных почв зависят от мощности гумусового горизонта. С учётом маломощности гумусового профиля западно-сибирских чернозёмов таксономическое положение их агрогенных аналогов определяется этим параметром на уровне отдела (агрочернозём или агроэзём). Установлена также постагрогенная трансформация агрогенных аналогов чернозёмов и формирование постагрогенного подтипа в агрочернозёмах и агроэзёмах тёмных ЗС.

Региональная особенность агрогенной трансформации чернозёмов ЗС заключается также в том, что в настоящее время их агрогенные аналоги находятся в стадии агроэзёмов и агроэзёмов абрэдированных. При этом стадия агрочернозёмов здесь либо отсутствовала изначально в силу маломощности гумусового горизонта, либо уже закончилась из-за эрозионных процессов. Это отражается в компонентном составе почвенного покрова пахотных угодий некоторых территорий тем, что в нём преобладают агроэзёмы. Учитывая, что возраст агрогенно трансформированных почв на этой территории составляет не более 200 лет, широкое распространение агроэзёмов доказывает, что скорость и степень агрогенной трансформации чернозёмов Западной Сибири значительно выше, чем в европейской части России. Спецификой агрогенной эволюции чернозёмов ЗС является высокая активность процессов деградации и короткие характерные времена их реализации.

*Работа выполнена по Государственному заданию ИПА СО РАН.*

### **Литература**

1. Антропогенные почвы / М. И. Герасимов [и др.]. М. : Юрайт, 2020. 237 с.
2. Караваева Н. А. Агрогенные почвы: условия среды, процессы, свойства // Почвоведение. 2005. № 12. С. 1518–1529.
3. Караваева Н. А., Лебедева И. И., Скворцова Е. Б. Географо-генетический подход к изучению пахотных горизонтов: диагностика подклассов // Почвоведение. 2004. № 6. С. 645–653.
4. Классификация и диагностика почв России / Л. Л. Шишов, В. Д. Тонконогов, И. И. Лебедева, М. И. Герасимова. Смоленск : Ойкумена, 2004. 342 с.
5. Классификация и диагностика почв СССР. М. : Колос, 1977. 223 с.
6. Лебедева И. И., Тонконогов В. Д., Шишов Л. Л. Агрогенно-преобразованные почвы: эволюция и систематика // Почвоведение. 1996. № 3. С. 351–358.
7. Современное состояние почв и антропогенная трансформация почвенного покрова увалисто-холмистых предгорий Алтая / Е. Г. Пивоварова, Е. В. Кононцева, Ж. Г. Хлуденцов, Е. М. Комякова // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2016. № 1 (135). С. 47–54.
8. Полевой определитель почв России. М. : Почв. ин-т им. В. В. Докучаева, 2008. 182 с.
9. Семеняева Н. В. Влияние сельскохозяйственного использования на свойства почв Западной Сибири. Новосибирск : Изд-во НГАУ, 2011. 168 с.
10. Смоленцева Е. Н. Региональные и зонально-провинциальные особенности чернозёмов Западной Сибири // Почвы в биосфере : сб. материалов Всерос. науч. конф. с междунар. участием, посвящ. 50-летию Института почвоведения и агрохимии СО РАН. Томск, 2018. С. 105–110.

11. Смоленцева Е. Н. Агрогенные почвы степного биома Обь-Иртышского междуречья / Современное состояние чернозёмов: материалы II Международной научной конференции, том 1. Таганрог: Изд-во Южного федерального ун-та, 2018. С. 254–261.
12. Почвы Предалтайской лесостепной почвенной провинции Западной Сибири (на примере Буготакского мелкосопочника): путеводитель полевой почвенной экскурсии Всерос. науч. конф. с междунар. участием, посвященной 50-летию Ин-та почвоведения и агрохимии СО РАН «Почвы в биосфере», 10–14 сентября 2018 г. / Е. Н. Смоленцева [и др.]. Томск : Издат. дом ТГУ, 2018. 49 с.
13. Тонконогов В. Д., Лебедева И. И., Герасимова М. И. Основные горизонто- и профилеобразующие процессы в почвах России // Почвообразовательные процессы. М. : Почв. ин-т им. В. В. Докучаева, 2006. С. 13–37.
14. Тонконогов В. Д., Шишов Л. Л. О классификации антропогенно-преобразованных почв // Почвоведение. 1990. № 1. С. 72–79.
15. Хмелёв В. А. Лёссовые чернозёмы Западной Сибири. Новосибирск : Наука. Сиб. отд-ние, 1989. 201 с.

## FEATURES OF AGROGENIC TRANSFORMATION OF CHERNOZEMS IN WESTERN SIBERIA

E. N. Smolentseva

*Institute of Soil Science and Agrochemistry SB of RAS  
Novosibirsk, Russian Federation, smolentseva@issa.nsc.ru*

Agrogenic soils are widespread in Western Siberia (WS). According to the rules of the Russian soil classification, arable soils have a different taxonomic position relative to natural soils. This article characterizes the taxonomy and some morphogenetic features of the soils that were formed as a result of the agrogenic transformation of the west-siberian chernozems. The influence of the humus horizon thickness on the taxonomy of agrogenic transformed soils has been established. The evolutionary-genetic series and stages of agrogenic transformation of chernozems and the influence of abrasive and synlithogenic agropedogenesis on them are shown. This series includes the following soils: chernozems → agrochernozems (stage 1) → dark agrozems (stage 2) → dark abraded agrozems (stage 3) → agroabrozems and (or) dark humus agrostratozems (stage 4). The manifestation of the 3rd and 4th stages of the transformation of chernozems is due to the influence of abrasive- and synlithogenic agropedogenesis.

**УЧИТЕЛЬ И УЧЕНИК:**  
**ПОЧВОВЕДЫ И. В. НИКОЛАЕВ И В. А. КУЗЬМИН**

**В. А. Снытко<sup>1,2</sup>, И. А. Белозерцева<sup>2,3</sup>**

<sup>1</sup>*Институт истории естествознания и техники им. С. И. Вавилова РАН*

*Москва, Россия, vsnytko@yandex.ru*

<sup>2</sup>*Институт географии им. В. Б. Сочавы СО РАН, Иркутск, Россия*

<sup>3</sup>*Иркутский государственный университет, Иркутск, Россия*

*belozia@mail.ru*

Иван Васильевич Николаев (рис. 1) – основатель школы Восточно-Сибирских почвоведов, кандидат биологических наук, профессор, известный сибирский почвовед. Родился в с. Урлук Верхнеудинского уезда Забайкальской области. В 1908 г. он поступил в Томский технологический институт. В 1910 г. перевелся в Московский Петровско-Разумовский сельскохозяйственный институт (Тимирязевская академия), который окончил в 1914 г. с получением звания ученого агронома.

В 1915–1921 гг. являлся участником Первой мировой и гражданской войн. Затем работал агрономом в г. Чите, преподавателем и заведующим учебным хозяйством Иркутского сельскохозяйственного техникума.

В 1923 г. при университете был организован Биолого-географический научно-исследовательский институт (БГНИ). Исследования выполнялись И. В. Николаевым и В. Г. Дубовым под руководством профессора А. И. Потапова. Составлены первые почвенные карты землепользования Иркутской опытной станции и Баяндаевского опытного поля (1929, 1932).

С 1925 г. И. В. Николаев работал преподавателем кафедры агрономии. В 1927 г. экспедицией Иркутской переселенческой партией под руководством И. В. Николаева проведено почвенное обследование необжитых пространств района Тайшет-Братск. По материалам обследования И. В. Николаевым составлена рукописная почвенная карта М 1:420 000, на которой было выделено 9 типов почв.

В 1931 г. была организована кафедра почвоведения ИГУ. Работу в университете И. В. Николаев в 1934–1938 гг. совмещал с заведованием кафедрой земледелия и растениеводства ИСХИ. В 1935 г. он защитил кандидатскую диссертацию «Почвы Восточно-Сибирского края», в 1936 г. был утвержден в ученом звании профессора кафедры почвоведения ИГУ. Он был первым деканом биологического факультета (1937–1949 гг.) и первым заведующим кафедрой (1931–1955 гг.), до 1964 г. был профессором-консультантом кафедры почвоведения.

С момента организации кафедры начинается новый период в развитии почвенных исследований в Иркутском университете. Закладываются основы формирования Восточно-Сибирской школы почвоведов. Первые научные рабо-



Рис. 1. Николаев  
Иван Васильевич  
(15.03.1890–  
04.01.1964)

ты этого периода И. В. Николаева (1932, 1935) были посвящены изучению агрохимических свойств почв. Затем тематика работ расширилась: изучение органического вещества почв (1938).

В 1932 г. им была составлена почвенная карта Восточно-Сибирского края, на карте отмечено 23 почвенных разностей. Под руководством И. В. Николаева проведено исследование почв отдельных зерносовхозов края, в частности Камалинского, и дана агрохимическая характеристика двух типов почв: черноземов и бурых слабооподзоленных суглинков (1932).

В 1934 г. опубликована его монография «Почвы Восточно-Сибирского края». В монографии впервые дана схема классификации и эволюции почв Восточной Сибири. Одним из важных положений, выдвинутых И. В. Николаевым в этой работе, является следующее: современные почвы Восточной Сибири стали развиваться не на материнских породах, в противоположность почвам Западной Сибири, где оледенением были уничтожены следы ранее протекавших почвенных процессов, а на почвах предыдущих геологических эпох. Предыдущая, т. е. ледниковая эпоха характеризовалась холодным климатом и иной растительностью.

В 1939 г. под руководством И. В. Николаева были проведены почвенные обследования сортопропагандистских участков Нижнеудинского района, Тайшетского района и колхоза «Новый путь» Тулунского района с целью выяснения изменения некоторых свойств почв в зависимости от приемов их использования.

В 1949 г. И. В. Николаев подвел итог почвенным исследованиям в Бурят-Монгольской АССР за 25 лет. В работе анализируются материалы, полученные различными организациями, и приводятся данные по почвенной карте, составленной им в 1946 году. Эта карта ( $M 1:1\,000\,000$ ) была продемонстрирована и рассмотрена на заседании секции географии и генезиса почв во время Докучаевской юбилейной сессии при АН СССР (1946), а затем на заседании Ученого совета Бурят-Монгольского государственного НИИ культуры и экономики (1947). На карте было выделено 14 типов почв, что явилось значительным шагом вперед по сравнению с картой 1932 г.

В результате производственных и научных работ в начале 40-х гг. был собран большой материал, свидетельствующий о многообразии и специфике почв Предбайкалья. Эти материалы позволили И. В. Николаеву уточнить свои прежние представления о генезисе и географии почв Восточной Сибири и дать более развернутую характеристику почвенного покрова Иркутской области в книге «Почвы Иркутской области» (1949). Им опубликовано около 60 научных работ, из них – 2 монографии [5–9]. Это был широко эрудированный специалист в области геологии и почвоведения.

Под руководством И. В. Николаева вышли известные ученые: профессор О. В. Макеев (заслуженный деятель науки Бурятской АССР, почетный член Академии наук «Сохранение жизни»), проф. Н. И. Карнаухов, д-р геогр. наук В. А. Кузьмин и др. (рис. 2). Иван Васильевич был строгим и справедливым руководителем, опытным педагогом и специалистом высокого уровня, пользовался заслуженным авторитетом, много времени уделял ученикам и сотрудникам кафедры.



а) И. В. Николаев – третий в первом ряду,  
В. А. Кузьмин – справа в верхнем ряду

б) И. В. Николаев – в центре экзаменационной  
комиссии, В. А. Кузьмин – слева от него.

Рис. 2. Выпускники и преподаватели ИГУ, 1952

Кузьмин Виталий Андриянович (рис. 1, б) – выпускник биологического факультета ИГУ (1952), доктор биологических наук, почетный член Докучаевского общества почвоведов, известный почвовед в стране и за рубежом. Родился 1 февраля 1930 г. в пос. Жигалово Иркутской области. В 1952 г. он окончил биологический факультет Иркутского госуниверситета по специальности «Почвоведение».

В 1955 г. В. А. Кузьмин перешел в академическую лабораторию из университета. Прошел в ИГУ обучение в аспирантуре под руководством проф. И. В. Николаева. Со своим руководителем Виталий Андриянович тесно работал в экспедициях и камерально в лаборатории, перенимал опыт составления карт. В 1961 г. защитил кандидатскую диссертацию по структуре и физико-химическим свойствам почв Верхнего Приангарья.

В 1956–1961 гг. В. А. Кузьмин был младшим научным сотрудником Отдела биологии Восточно-Сибирского филиала АН СССР. С 1961 г. его научная работа проходила в Институте географии СО РАН. Здесь он прошёл путь от младшего до главного научного сотрудника.

В. А. Кузьмин исследовал формирование сложного гумусового профиля почв палеокриогенных бугристо-западинных ландшафтов Приангарья с помощью аэрокосмических снимков. Им изучены почвенно-геохимические особенности трех котловин байкальского типа (1976), почвы пяти крупных нагорий Прибайкалья, Северного Забайкалья и Монголии. Он более 30 лет возглавлял Иркутское отделение Докучаевского общества почвоведов.

В 1988 г. при участии Виталия Андрияновича составлена «Почвенная карта РСФСР», а также опубликована его монография «Почвы Предбайкалья и



Рис. 3. Кузьмин  
Виталий Андриянович  
(01.02.1930–  
04.02.2016)

Северного Забайкалья» [2] и «Почвенная карта Иркутской области» масштаба 1:1 500 000 в соавторстве с коллективом ученых (Колесниченко В. Т., Уфимцева К. А., Кузьмин В. А. и др.).

Итогом совместной работы иркутских почвоведов (И. В. Николаев, Б. В. Надеждин, М. А. Корзун, О. В. Макеев и др.) явились почвенные карты в «Атласе Иркутской области» (М 1:1 000 000 и М 1:2 000 000).

На основании больших массивов данных макро- и микроэлементного состава почв и пород В. А. Кузьмин установил их пространственные литологогеохимические различия и особенности процессов физико-химической трансформации рыхлой толщи, издал монографию «Геохимия почв юга Восточной Сибири».

В 1986 г. В. А. Кузьмин в Новосибирске защитил докторскую диссертацию по теме «Формирование почвенного покрова и почвообразование в Предбайкалье и Северном Забайкалье». На VIII Международном конгрессе почвоведов в Бухаресте (1964) им представлен доклад об особенностях развития почв в горных районах юга Сибирской платформы. На большом фактическом материале установлена неадекватность химического состава почв и плотных пород, что обосновано их глубокой трансформацией при гипергенезе, конвергенции, золовом и делювиальном перемещением вещества.

В начале XX в. ученый активно развивает почвенно-экологическое направление, что отражено в его статьях в журнале «Почвоведение» – «Экология почв Прибайкалья» (2000), «Почвенно-экологическое районирование Иркутской области» (2002) и в монографии «Почвы центральной зоны Байкальской природной территории» (2002).

Результаты его многолетних исследований отражены в четырех монографиях [1–4], более 300 публикаций, в том числе более 150 статьях и целом ряде карт. Около 20 статей опубликовано в журнале «Почвоведение». Под его руководством защищены кандидатские диссертации А. А. Козловой и И. А. Белозерцевой

Основанная И. В. Николаевым в 1931 г. кафедра почвоведения провела большую работу по подготовке специалистов почвоведов для Восточной Сибири, Дальнего Востока и западных регионов страны. Вклад В. А. Кузьмина в почвенно-географическую науку значителен. Им выдвинут ряд теоретических положений, в частности о множественности типов взаимодействия почв со средой. Им установлены парагенетические ряды почв, особенности их развития на разных породах.

### Литература

1. Кузьмин В. А. Почвы котловин Байкальского типа. Иркутск : Вост.-Сиб. кн. изд-во, 1976. 144 с.
2. Кузьмин В. А. Почвы Предбайкалья и Северного Забайкалья. Новосибирск : Наука, 1988. 175 с.
3. Кузьмин В. А. Почвы Центральной зоны Байкальской природной территории. Иркутск : ИГ СО РАН, 2002. 166 с.
4. Кузьмин В. А. Геохимия почв юга Восточной Сибири. Иркутск : ИГ СО РАН, 2005. 137 с.

5. Николаев И. В. Возделывание картофеля и турнепса применительно к условиям Восточно-Сибирского края (из работ опытных учреждений Восточной Сибири). Иркутск : ОГИЗ, Вост. -Сиб. отд-ние, 1931. 47 с.
6. Николаев И. В. Борьба с сорными травами. Применительно к условиям Восточно-Сибирского края. М. ; Иркутск: ОГИЗ, 1932. 56 с.
7. Николаев И. В. Почвы Восточно-Сибирского края. М. ; Иркутск: ОГИЗ, 1933. 164 с.
8. Николаев И. В. Почвы Иркутской области. Иркутск : ОГИЗ, 1948. 404 с.
9. Николаев И. В. О генезисе засоленных почв Бурят-Монгольской республики. Иркутск : Тип. «Сов. боец», 1949. 20 с.

**TEACHER AND STUDENT:  
SOIL SCIENTISTS I. V. NIKOLAEV AND V. A. KUZMIN**

**V. A. Snytko<sup>1,2</sup>, I. A. Belozertseva<sup>2,3</sup>**

<sup>1</sup>*Vavilov Institute of the History of Natural Science and Technology RAS  
Moscow, Russian Federation, vsnytko@yandex.ru*

<sup>2</sup>*Sochava Institute of Geography SB RAS, Irkutsk, Russian Federation*

<sup>3</sup>*Irkutsk State University, Irkutsk, Russian Federation, belozia@mail.ru*

Founded by I. V. Nikolaev in 1931, the Department of Soil Science carried out great work on the training of soil scientists for Eastern Siberia, the Far East and the western regions of the country. Under the leadership of I. V. Nikolaev, famous scientists came out: O. V. Makeev, N. I. Karnaukhov, V. A. Kuzmin and others. One of the important provisions put forward by I. V. Nikolaev is the following: modern soils of Eastern Siberia began to develop not on maternal rocks, but on soils of previous geological eras. He created the first soil maps of Predbaikal for use in agriculture. The contribution of the famous scientist V. A. Kuzmin to soil and geographical science is significant. He put forward a number of theoretical provisions, in particular on the multiplicity of types of interaction between soils and the environment. He established the paragenetic series of soils, the peculiarities of their development on different rocks, created soil maps, etc.

## ЧЕРНОЗЕМЫ КОЙБАЛЬСКОЙ СТЕПИ АБАКАН-ЕНИСЕЙСКОГО МЕЖДУРЕЧЬЯ

В. З. Спирина, Т. Н. Белкина

Национальный исследовательский Томский государственный университет  
Томск, Россия, Spirina.pochva@mail.ru

Каждая почва как природный объект представляет собой сложную систему с определенными свойствами, которые обуславливают ее плодородие. В условиях сельскохозяйственного использования в почве происходит нарушение естественной цикличности почвообразовательных процессов, что приводит к постепенной перестройке их функционирования, трансформируются свойства, режимы, и изменяется динамика почвенного плодородия. Черноземы степных ландшафтов, обладающие высоким естественным плодородием, очень уязвимы, что требует повышенного внимания при вовлечении в сельскохозяйственный оборот. В зависимости от длительности освоения и уровня культуры земледелия черноземы претерпевают разные изменения. Многолетнее сельскохозяйственное использование черноземов в условиях современного производства с низким агротехническим уровнем оказывает отрицательное влияние на их плодородие [1]. При распашке черноземов начинают проявляться деградационные процессы, связанные с дефляцией, водной эрозией, разрушением структурных агрегатов и дегумификацией, что приводит к снижению плодородия почв [2].

Территория Койбальской степи по почвенно-геоморфологическому районированию приурочена к Иудино-Бейскому предгорно-степному району Южно-Минусинской впадины. Койбальская степь находится в южной части Абакан-Енисейского междуречья в пределах Бейского района и протягивается в виде возвышенной полого-увалистой равнины, пересеченной широкими понижениями [3]. Данную территорию можно рассматривать, как предгорную равнину, сильно расчлененную и подверженную интенсивному воздействию эрозионных процессов [4]. Равнинные поверхности сочетаются с увалисто-сопочным рельефом междуречья, что является существенным фактором, обуславливающим пестроту почвенного покрова территории. Среди почвообразующих пород преобладают незасоленные делювиальные желто-бурые и красноцветные суглинки разной степени облессованности и засоленные породы с высоким содержанием карбонатов кальция. Растительный покров представлен большим разнообразием травянистых ассоциаций, характерных для луговых злаково-разнотравных степей, а также ксерофитной растительностью, состоящей из крупно-полынно-ковыльных и других растений настоящих и сухих степей. Климатические условия района исследования отличаются от других степных ландшафтов несколько большим количеством осадков, что способствовало высокой степени освоенности территории. В настоящее время почти все черноземы используются в производстве для выращивания, в основном, зерновых культур. По данным агрохимических исследований, современное состояние

почвы характеризуется уменьшением содержания гумуса, подвижного фосфора и обменного калия, что свидетельствует о снижении общего плодородия почв Бейского района.

Объектами исследования послужили обыкновенные и южные черноземы (постлитогенные аккумулятивно-гумусовые дисперсно-карбонатные черноземы) естественных ландшафтов, которые являются преобладающими подтипами на юге Койбальской степи в пределах центральной части Бейского района. В каждом подтипе имеется большое разнообразие почв, различающихся по гранулометрическому составу, мощности гумусового слоя, содержанию гумуса и характеру почвообразующих пород. Почвенные профили южных (р-1, 2, 3) и обыкновенных (р-4, 5, 6) черноземов были вскрыты на выровненных пространствах и в разных частях пологих склонов южных и северо-западных экспозиций. Растительный покров представлен в основном настоящими степями с крупно-полынно-ковыльными и овсяно-ковыльными ассоциациями. Почвообразующие породы красноцветные и бурье суглинки средне- и тяжелосуглинистого гранулометрического состава. Южные черноземы приурочены к более сухим частям территории и отличаются от обыкновенных меньшей мощностью гумусового горизонта (34–41 см) и относятся к среднемощным (р-2) и маломощным видам (р-1, 3). Среднемощные черноземы занимают незначительные площади в отличие от маломощных видов, которые являются наиболее распространенными, и приурочены к верхним частям пологих склонов. Они содержат большое количество карбонатов и вскипают с поверхности.

Обыкновенные черноземы характеризуются более рыхлым, однородным сложением профиля, его минеральная часть слабо дифференцирована, отсутствует резко выраженный карбонатно-иллювиальный горизонт, и вскипание отмечается в нижней части гумусового горизонта (41–60 см). Для обыкновенных черноземов следует отметить наличие языков и карманов у нижней границы гумусового горизонта, что, вероятно, связано с морозным растрескиванием почв. Вследствие маломощности снежного покрова, почвы в зимний период сильно промерзают и растрескиваются, в образовавшиеся полигоны засыпается материал из гумусовых горизонтов. Обыкновенные черноземы являются среднемощными (45–56 см) и наиболее распространенными на данной территории.

**Методы исследования.** Для определения химических и физико-химических свойств почв использовались общепринятые в почвоведении методы исследования [5; 6].

В гранулометрическом составе почв, который является наиболее консервативным свойством, отражаются особенности формирования и направленность почвообразовательных процессов. Южный чернозем маломощный (р-1), расположенный в верхней части слабо пологого склона, относится к легкосуглинистым разновидностям с большим содержанием песчаных частиц (65,2 %) и незначительным количеством ила (0,2 %), что свидетельствует о проявлении ветровой и водной эрозии, которая приводит к обеднению верхних горизонтов тонкой фракцией и накоплению крупных частиц. Черноземы южные среднемощные (р-2, 3) являются тяжелосуглинистыми с преобладанием ила (23,6–33,2 %) и мелкого песка (22,9–26,5 %). Частиц крупной пыли в профилях юж-

ных черноземов содержится немного – 4,8–16,5 %, что свидетельствует о слабой облессованности пород. В целом для гранулометрического состава южных черноземов характерно высокое содержание песка, что связано с наличием щебня в горизонтах. Гранулометрический состав обыкновенных черноземов среднесуглинистый иловато-крупно-пылеватый (р-4, 5) и иловато-мелко-песчаный (р-6). Крупной пыли содержится 25,3–54,3 %, илистых частиц – 21,2–31,1 %. В обыкновенном черноземе иловато-мелко-песчаном отмечается и высокое количество мелкого песка – 29,5–35,6 %. Доля средней и мелкой пыли примерно одинаковая. В южных и обыкновенных черноземах все фракции гранулометрического состава распределяются по почвенному профилю неравномерно, что не связано с процессами оглинения, а обусловлено неоднородностью почвообразующих пород и наличием щебня.

Одним из важных компонентов почв, имеющих первостепенное значение в генезисе и формировании основных свойств, является органическое вещество. Зависимость свойств почв от органического вещества особенно ярко проявляется в экстремальных условиях. В исследованных черноземах аккумуляция гумуса происходит в небольшой толще, что связано с биоклиматическими условиями и соответствует особенностям гумусообразования на данной территории. Суровые и малоснежные зимы, глубокое промерзание почв и позднее их оттаяние приводят к тому, что активные биологические процессы протекают в небольшом по мощности почвенном слое. Южные черноземы являются слабогумусированными и относятся к малогумусным видам. В верхних горизонтах содержание гумуса варьирует от 3,2 % до 4,8 %. В его распределении отмечается резкое снижение по почвенному профилю, и на глубине 50–60 см его величина составляет 0,6–0,7 %. В обыкновенных черноземах содержание гумуса находится в пределах от 7,2 до 8,5 %, и они считаются среднегумусными. Распределение гумуса в обыкновенных черноземах характеризуется менее резким падением по почвенному профилю по сравнению с южными и на глубине 60–70 см его содержится от 1,1 до 1,6 %. В нижних горизонтах почв (100–120 см) величина гумуса составляет 0,3–0,4 %.

Исследованные черноземы по содержанию основных элементов питания можно отнести к потенциально обеспеченным почвам. Однако у разных подтипов черноземов количество питательных веществ несколько отличается. Наибольшей величиной подвижных элементов питания характеризуются обыкновенные черноземы. В данных почвах содержание общего азота в гумусово-аккумулятивных горизонтах колеблется в пределах от 0,35 до 0,39 %. В южных черноземах азота содержится гораздо меньше – 0,17–0,18 %. Характер поведения азота в профиле черноземов аналогичен распределению гумуса, и на глубине 90–100 см его величина составляет всего 0,05–0,07 %. Содержание общего азота не позволяет судить о размерах его использования растениями, а лишь характеризует потенциальные возможности азотного режима почв. Основная часть азота представлена органическими соединениями, входящими в состав гумуса, и только небольшое количество составляют минеральные формы [7]. Величина, характеризующая содержание легкогидролизуемого азота, является показателем обеспеченности почв доступным для растений элементом питания.

Наибольшее количество легкогидролизуемого азота характерно для обыкновенных черноземов и составляет в гумусовых горизонтах 2,4–2,6 мг/100 г почвы. По содержанию нитратной, наиболее подвижной, формы азота оба подтипа черноземов существенно не отличаются. В гумусовых горизонтах обыкновенных черноземов нитратного азота содержится 1,62–1,75 мг/100 г почвы, в южных черноземах – 1,26–1,45 мг/100 г почвы. Фосфор обыкновенных и южных черноземов характеризуется небольшой подвижностью, и по его содержанию исследуемые почвы можно отнести к средне обеспеченным. Южные черноземы подвижного фосфора содержат меньше – 3,8–4,3 мг/100 г почвы, что связано с высоким содержанием карбонатов. В обыкновенных черноземах в верхних горизонтах величина фосфора составляет 4,8–5,2 мг/100 г почвы. Вниз по профилю с изменением физико-химических свойств наблюдается снижение количества подвижного фосфора у всех черноземов до 0,3–0,6 мг/100 г почвы. По содержанию подвижного (обменного) калия черноземы данной территории можно отнести к достаточно обеспеченным. В гумусовых горизонтах обыкновенных черноземов подвижного калия содержится 17,5–18,2 мг/100 г почвы, в южном подтипе немного меньше – 14,3–15,8 мг/100 г почвы. С глубиной профиля степень подвижности элемента уменьшается, в слое 110–120 см содержание его не превышает 2,9–5,4 мг/100 г почвы.

Количество карбонатов в черноземах неодинаковое, что связано с разным увлажнением почв, и их максимальная концентрация находится на разных глубинах. Содержание карбонатов в южных черноземах колеблется от 2 до 11 %, в обыкновенных меньше – от 0,3 до 7,5 %.

Реакция среды в верхней бескарбонатной части обыкновенных черноземов нейтральная или близка к нейтральной (рН 6,5–7,2). С появлением скопления карбонатов реакция среды изменяется на щелочную (рН 8,2–8,5). Южные черноземы характеризуются щелочной или слабощелочной средой по всему профилю (рН 7,9–8,8).

Максимум суммы обменных катионов во всех почвах наблюдается в гумусовых горизонтах (38,3–40,8 мг-экв/100 г почвы), вследствие их высокой сорбции органическими коллоидами и соответствует содержанию гумуса. В нижней части почвенных профилей происходит снижение суммы катионов до 14,2–16,8 мг-экв/100 г почвы. В составе ППК преобладает кальций, его больше накапливается в гумусовых горизонтах (30,8–33,2 мг-экв/100 г почвы) вследствие более интенсивного биогенного накопления. Количество магния в верхних горизонтах находится в пределах 5,2–9,8 мг-экв/100 г почвы. В нижней части почвенных профилей обыкновенных черноземов содержание магния составляет 2,7–3,6 мг-экв/100 г почвы, у южных значительно больше – 10,7–11,2 мг-экв/100 г почвы, что требует повышенного внимания при использовании данного подтипа в производственных условиях.

Таким образом, специфика природных условий территории Койбальской степи является весьма существенным фактором почвообразования и оказывает непосредственное влияние на свойства черноземов. Полученные материалы свидетельствуют об особенностях формирования, строения и свойств черноземов. Южные черноземы высоко карбонатны, содержат большое количество

песка, малогумусны и недостаточно обеспечены элементами питания по сравнению с обычновенными. Результаты исследования почв естественных ландшафтов могут использоваться для разработки системы ведения хозяйств в данных условиях и фонового мониторинга состояния плодородия черноземов степей Южно-Минусинской впадины. С целью рационального использования почв в условиях производства необходимо учитывать особенности свойств черноземов и применять современные научно-обоснованные агротехнические приемы, что позволит предотвратить деградацию почв и сохранить их плодородие.

### **Литература**

1. Спирина В. З., Раудина Т. В. Состояние черноземов Минусинской впадины в условиях агроценоза // Почвы аридных территорий и проблемы охраны их биологического разнообразия : сб. ст. по материалам науч.-практ. конф. Махачкала, 2014. С. 122–126.
2. Еремина И. Г. Изменение свойств черноземов при длительном сельскохозяйственном использовании. НИИАП Хакасия. 2010. 134 с.
3. Куминова А. В. Рельеф // Природные сенокосы и пастбища Хакасской автономной области. Новосибирск : Наука, 1974. С. 8–16.
4. Танзыбаев М. Г. Почвы Хакасии. Новосибирск : Наука, 1983. 236 с.
5. Аринушкина Е. В. Руководство по химическому анализу почв. М. : Изд-во Моск. ун-та, 1970. 487 с.
6. Качинский Н. А. Механический и микроагрегатный анализ почв. М. : Изд-во АН СССР, 1958. 192 с.
7. Спирина В. З., Перченко Н. А. Азот в агрогенных черноземах Минусинского профиба // Отражение био-, гео-, антропосферных взаимодействий в почвах и почвенном покрове : сб. материалов V Междунар. науч. конф., посвящ. 85-летию кафедры почвоведения и экологии почв ТГУ. Томск, 2015. С. 235–238.

### **CHERNOZEMS OF THE KOIBAL STEPPE ABAKAN-YENISEI INTERFLUVE**

**V. Z. Spirina, T. N. Belkina**

*National Research Tomsk State University, Tomsk, Russian Federation  
Spirina.pochva@mail.ru*

This paper presents the results of studying the chernozems of the natural landscapes of the Koibal steppe in the southern part of the Abakan-Yenisei interfluve. The features of the properties of southern and ordinary chernozems are considered, depending on the complex of soil formation conditions characteristic of the studied territory. Fissuring of humus horizons, a predominance of sandy particles and a high content of carbonates in the southern chernozems are noted. In terms of the content of humus and nutrients, southern chernozems are low-humus and insufficiently supplied with nitrogen and phosphorus.

## СТРУКТУРА ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА КАК ОТРАЖЕНИЕ АНТРОПОГЕННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ЛЕСНЫЕ ЛАНДШАФТЫ

Е. Ю. Сухачева<sup>1,2</sup>

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

<sup>2</sup>Почвенный институт им. В. В. Докучаева, Москва, Россия

lenasoil@mail.ru

Антропогенное влияние на почвенный покров (ПП) с каждым годом неуклонно возрастает. Направления хозяйственной деятельности, влияющие на почвы, разнообразны. Это сельское и лесное хозяйство, строительство дорог и продуктопроводов, горнодобывающее производство, урбанизация с сопутствующими им формами воздействия. Большое число техногенных видов воздействия обуславливает многовариантность форм трансформации ПП – появляются разности с измененными свойствами и строением; новые, не имеющие аналогов в природной среде, антропогенные почвы и антропогенно-измененные структуры почвенного покрова (СПП); принципиально новые формы организации почвенного пространства, созданные человеком; неуклонно растет площадь, занимаемая непочвенными образованиями (НПО). Это приводит к снижению качества выполняемых ПП экологических функций и уменьшению доли биологически эффективно функционирующей поверхности [1; 2].

Исследования ПП, проведенные на территории Ленинградской области, крупного агропромышленного региона, и города Санкт-Петербурга показали, что антропогенное воздействие является причиной значительной трансформации СПП – изменяются характеристики и компонентный состав почвенных комбинаций, происходит частичное или полное разрушение исторически сложившихся межкомпонентных связей, обуславливающих функциональную целостность СПП.

Поиск особенностей и закономерностей влияния антропогенного фактора на ПП основывался помимо сравнительно-географического метода также на сравнительно-историческом подходе. Были использованы материалы по смежным областям знаний: археологические данные, исторические карты и документы, материалы статистических и экономических исследований, а также знания по развитию технологий в области строительства зданий и сооружений, автомобильных трасс, газо- и нефтепроводов, мелиоративных систем и их реконструкции и других видов хозяйственной деятельности.

Всего в регионе выделено 16 групп антропогенно-измененных и антропогенных СПП, связанных с различными видами хозяйственной деятельности, характерных для лесной зоны России [3]. Антропогенно-измененные СПП представлены 12 группами: лесозаготовительные, мелиоративно-лесные, противопожарно-лесные, рекреационно-лесные, поствоенные, агро-лесные, лесных питомников, агрогенные, агромелиоративные, постагрогенные, рекреационно-

парковые, магистральные, а антропогенные СПП – 4 группами: урбанизированные, агроурбанизированные, автомагистралей и железных дорог, горнорудных карьеров. Под антропогенно-измененными СПП понимаются почвенные комбинации с частично нарушенными межкомпонентными связями. Для антропогенных СПП характерна дискретность ПП и обязательное наличие в составе непочвенных образований, антропогенных или в значительной степени трансформированных почв.

Установлено, что один и тот же вид антропогенного воздействия может оказывать разнонаправленное влияние на ПП в различных типах ландшафтов. В тоже время, в схожих ландшафтах однотипные воздействия приводят к однотипным изменениям в ПП. Следовательно, с одной стороны, по имеющимся нарушениям в ПП возможно говорить о видах и степени антропогенного воздействия, с другой, прогнозировать изменения в ПП в конкретных ландшафтах под влиянием антропогенного воздействия.

Антропогенно-преобразованные СПП неравномерно распределены в пространстве. Некоторые типы антропогенно-преобразованных СПП встречаются во всех ландшафтах области, другие строго приурочены к определенным природным условиям. Магистральные типы СПП пересекают все ландшафты; противопожарно-лесной достаточно жестко «привязан» к сухим сосновым лесам на вершинах и склонах камов, озовых гряд, и побережью Финского залива. Основные площади агромелиоративных СПП находятся на моренных и озерно-ледниковых равнинах, а агроурбанизированные СПП расположены вокруг городов, не имея при этом какой-либо ландшафтной привязки.

По масштабам и одновременно степени преобразования почв первое место занимает ПП мелиорированных земель. На месте одной целостной СПП появляются отдельные генетически несвязанные между собой участки ПП, геометрия которых определяется очертаниями открытых каналов осушительной сети.

На урбанизированных территориях большинство связей между компонентами естественного ПП разрушены. В результате образуются совершенно новые формы организации почвенного пространства с почвенными разностями и геометрией, не имеющими аналогов в естественных ландшафтах – технопедокомбинации.

Влияние различных видов хозяйственной деятельности на ПП различается по длительности воздействия, оно может быть разовым, периодическим или постоянным, затрагивать все типы естественных СПП или быть приуроченным только к определенным элементам ландшафтов (табл.).

Если воздействие антропогенного фактора является разовым, то после его прекращения дальнейшее развитие системы происходит в соответствии с естественными законами пространственной организации ПП. Подобные трансформации характерны для лесозаготовительных и поствоенных СПП.

В агрогенно-лесных, агрогенных и агромелиоративных СПП хозяйственная деятельность человека оказывает воздействие на ПП в течение длительного периода, поэтому изменения в ПП можно рассматривать как один из этапов многовековой эволюции.

Таблица

## Влияние различных видов хозяйственной деятельности на ПП

Вид хозяйственной деятельности	Характеристика воздействия на ПП			Характеристика изменений естественной СПП			
	Целенаправленное: да/нет	Периодичность	Форма проявления	Примурченность к естественной СПП	Измененная площадь от естественной СПП	Новые компоненты ПП	Связи между компонентами ПП
Лесомелиорация	Да	Десятки лет	Изменение водного режима территории Строительство осушительной сети	Вариации, полигенные элементы в сочетаниях	100 %	Окисленно-глеевые	Сохраниены
Противопожарные мероприятия	Нет	1–10 лет	Строительство противопожарной сети	Верхние элементы сочетаний, сочетающий мозаик	Менее 5 %	Стратифицированные, абрацированные под типы	Нарушиены
Вырубки	Нет	Десятки лет	Сведение растительности	Все типы	Менее 5 %	Стратифицированные, абрацированные под типы	Сохраниены
Военные сооружения	Нет	Десятки – сотни лет	Нарушение растительности и рельефа	Верхние элементы сочетаний	Менее 5 %	Под типы в типах естественных почв	Сохраниены
Рекреация	Нет	Месяцы	Уплотнение почв, изменение напочвенного покрова,	Все типы	До 100 %	Стратогемы, турбированые под типы, абраземы	Частично сохраниены
Сельское хозяйство	Да	Недели – месяцы	Сведение растительности, создание пахотного горизонта, изменение свойств почв	Верхние элементы сочетаний	10–50 %	Турбированные стратифицированные под типы	Сохраниены
Осушительная мелиорация	Да	20–50 лет	Изменение водного режима почв Строительство осушительной сети	Вариации, полигенные элементы в сочетаниях	До 100 %	Агроземы	Сохраниены
					Менее 10 %	Окисленно-глеевые под типы	Сохраниены
						Стратифицированные, абрацированные под типы, краинские земы	Частично разрушены

Вид хозяйственной деятельности	Характеристика воздействия на ПП			Характеристика изменений естественной СПП		
	Целенаправленное: да/нет	Периодичность	Форма проявления	Пряуроченность к естественной СПП	Измененная площадь от естественной СПП	Связь между компонентами ПП
Строительство газо- и нефте-проводов, линий электропередач	Нет	5–10 лет	Сведение растительности, создание ППО, редко изменение рельефа	Все типы	Менее 1 %	Стратифицированные, абрадированные подтипы, редко НПО
Строительство дорог	Нет	Десятки лет	Сведение растительности, изменение рельефа	Все типы	Менее 1 %	НПО, стратифицированные, абрадированные подтипы, интродуцированные почвы
Строительство городов	Нет	Сотни и тысячи лет	Сведение растительности, изменение тидрографии, пород и рельефа	Все типы	До 100 %	НПО, интродуцированные почвы, страстоземы
Садоводства	Да	Десятки лет	Сведение растительности, изменение тидрографии и свойств почв	Все типы	До 100 %	НПО, интродуцированные, агроземы
Карьеры	Нет	-	Сведение растительности, уничтожение почв, уничтожение форм рельефа, добыча горных пород	Верхние элементы в сочетаниях, сечениях-мозаиках	До 100 %	НПО
						Разрушены

В противопожарных, лесомелиоративных, магистральных и рекреационно-лесных СПП определение трансформации и развития ПП под влиянием антропогенного фактора, как определенного этапа эволюции возможно будет только в будущем, когда будет понятна периодичность, длительность и глубина воздействия антропогенного фактора на ПП.

Кардинальные изменения связаны не только с разрушением ПП, но и целых экосистем. В результате вырубок на большей части территории Ленинградской области не осталось первичных лесов; под влиянием осушительной мелиорации на значительной площади изменился водный режим, а в некоторых случаях кардинальным образом изменилась и гидрография (глубокие осушительные магистральные каналы, реки и каналы Санкт-Петербурга, Старо- и Новоладожский каналы и др.). В результате торфоразработок утрачены целые массивы болот; при добыче песка повсеместно исчезают камовые холмы, часто на их месте формируются котловины, заполненные водой – рукотворные озера; практически уничтожены уникальные почвообразующие породы области – габбронориты на побережье Онежского озера и диктионемовые сланцы на Дудергофских высотах; с появлением новых технологий человек все чаще создает новые формы рельефа – автомагистрали и железнодорожные дороги, отвалы породы при добыче песка, гранитов, фосфоритов и других полезных ископаемых.

Ленинградская область и Санкт-Петербург, как по своим природным особенностям, обусловливающим однотипное строение СПП, так и по видам антропогенного воздействия, являются типичными для областей Северо-Запада России. Это позволяет экстраполировать выявленные закономерности в изменении почв и структур почвенного покрова на другие регионы таежной зоны европейской части России.

### Литература

1. Красная книга почв Ленинградской области / Апарин Б. Ф. (отв. ред.), Касаткина Г. А., Матинян Н. Н., Сухачева Е. Ю. СПб. : Аэроплан, 2007. 320 с., рус., англ.
2. Деградация и охрана почв / под ред. Г. В. Добровольского. М. : Изд-во МГУ, 2002. 658 с.
3. Sukhacheva E. U., Aparin B. F. Soil cover patterns in anthropogenically transformed landscapes of Leningrad oblast // Eurasian Soil Science. 2019. Vol. 52, N 9. P. 1146–1158.

## SOIL COVER PATTERNS AS A REFLECTION OF ANTHROPOGENIC IMPACT ON FOREST LANDSCAPES

E. Yu. Sukhacheva

Saint Petersburg State University, Russian Federation, lenasoil@mail.ru

V. V. Dokuchaev Soil Institute, Russian Federation

The transformation and development of soil cover (SC) under the influence of an anthropogenic factor should be considered as one of the stages of its evolutionary development, which is determined (along with natural factors of soil formation) by technical means and the scale of their application in various spheres of human activity. Economic activity leads to changes in SC: from insignificant deviations in soil characteristics to complete destruction of individual SC components and the creation of fundamentally new forms of soil space organization – technopedocombinations.

In the taiga-forest zone, 16 anthropogenically modified and anthropogenic groups of soil cover partens (SCP) can be distinguished. Anthropogenically transformed SCP is soil combinations with partially disturbed intercomponent connections. Anthropogenic SCP is characterized by the discreteness of the SC and the obligatory presence of non-soil formations, anthropogenic or largely transformed soils [3].

Anthropogenic changes in SC are unevenly distributed in space. One and the same type of impact can have a multidirectional effect on SC in different types of landscapes; in similar landscapes, the same type of impacts lead to the same type of changes in SC.

## ГЕНЕЗИС, КЛАССИФИКАЦИЯ И РАЗНООБРАЗИЕ МЕРЗЛОТНЫХ ПОЧВ ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЯКУТИИ

**А. П. Чевычелов, А. А. Алексеев, С. В. Ермолаева**

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

В настоящее время отмечаются два основных подхода к диагностике мерзлотных почв (табл. 1). Первый подход разработан и осуществлялся в работах известных почвоведов-мерзлотников О. В. Макеева [6], Л. Г. Еловской [2], А. К. Коноровского [5], Д. Д. Саввина [7] и других известных российских почвоведов. Второй подход разработан и реализован в новой классификации почв России [4] и WRB [9].

Таблица 1

Основные подходы к диагностике мерзлотных почв

По О. В. Макееву [6], Л. Г. Еловской [2], А. К. Коноровскому [5], Д. Д. Саввину [7]	По классификации 2004 и WRB
<p>1. Вне зависимости от глубины сезонного протаивания все почвы, подстилаемые многолетней мерзлотой, относятся к мерзлотным. В данных почвах в зимний период отмечается смыкание сезонной и многолетней мерзлоты.</p> <p>2. Эти почвы могут отличаться явно выраженным криоморфными признаками (криоземы, палевые) или не иметь их (подбуры, подзолы, черноземы).</p> <p>3. Для данных почв характерен мерзлотный тип температурного режима [1]</p>	<p>1. Глубина сезонного протаивания в криоземах – 0,5–1,0 м [4], в криосолях – до 1 м [9].</p> <p>2. Для этих почв характерны криоморфные признаки: многолетние устойчивые сегрегации льда, криотурбации, макро- и микроструктуры, сформированные криогенными процессами (плитчатые и блоковые макроструктуры) [9]</p>

В соответствии с этим исследуемые почвы формируются в условиях сплошной криолитозоны Центральной Якутии с максимальной мощностью многолетнемерзлых пород 350–400 м. Однако в связи с легким гранулометрическим составом их почвообразующих пород, представленных в основном рыхлыми аллювиальными песчаными отложениями, криоморфные признаки выражены слабо. Это отражается в отсутствии или слабом проявлении в них морфологических признаков мерзлотного массообмена и связанного с криотурбациями полигонально-трещиноватого микрорельефа поверхности данных почв, а также листостой многолетней мерзлоты. Глубина протаивания в среднем составляет 1,5–2,0 м, при этом сезонно-talый слой, как правило, подстилается горизонтом «сухой» многолетней мерзлоты.

Согласно второму подходу исследуемые почвы не являются мерзлотными и как следствие криогенные процессы не определяют их генезис. Но тогда возникает вопрос: «Каким образом и посредством каких почвенных процессов формируются сильно дифференцированные по свойствам и составу почвы

(табл. 2) с мощными элювиальными горизонтами A2 в условиях засушливого климата Центральной Якутии?».

В исследуемом регионе частные почвообразовательные процессы, протекающие на фоне криогенеза, приводят к формированию максимально контрастного почвенного покрова и большому разнообразию мерзлотных почв, когда систематический список последних включает 19 типов зональных, азональных и интразональных почв (табл. 2).

Таблица 2  
Систематический список типов мерзлотных почв Центральной Якутии

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

Исследованные типы почв были в разное время описаны и изучены на территории Центральной Якутии [ 2, 3, 5, 7, 8, 10], а при анализе их географии и генезиса почти все исследователи указывали на специфичность их свойств и состава (табл. 3), которые обусловлены оригинальным сочетанием ландшафтно-климатических факторов почвообразования в условиях сплошного распространения многолетней мерзлоты. Последнее подтверждается, прежде всего, составом почвенного покрова (ПП) изучаемого региона, где наряду с почвами элювиального ряда (подбурами оподзоленными, подзолами, солодями и палево-бурыми оподзоленными), развитыми под таежно-лесной растительностью, также выделяются почвы дернового типа почвообразования (черноземы, лугово-черноземные, черноземно-луговые и дерново-луговые), которые формируются под лугово-степной растительностью. Необходимо особо отметить, что в условиях криолитозоны Центральной Якутии с криоаридным климатом, даже при незначительном изменении влияния факторов-почвообразователей, происходит резкая смена направлений и темпов почвообразовательных процессов, приводящая к максимальной контрастности состава ПП и генетическому разнообразию почв исследуемой территории.

*О генетической сущности мерзлотных подзолов.* Нами выдвигается гипотеза формирования полнопрофильных подзолов в ландшафтно-климатических условиях Центральной Якутии за счет кратковременного поздневесеннего надмерзлотного переувлажнения оттаявшего слоя, сопровождающегося процессами оглеения и кислотного гидролиза с последующим выносом тонкодисперсных продуктов почвообразования в нижележащие горизонты почвенного профиля [8].

*О генетической сущности мерзлотных солодей.* Аналогичная гипотеза может быть предложена и для объяснения генезиса солодей, формирующих под лесной растительностью, но с определенными дополнениями. Во-первых, солоди в отличие от подзолов, развиваются в трансаккумулятивных фациях ландшафтов, по западинам рельефа и характеризуются затрудненным внутрипочвенным дренажом. При этом в почвенных растворах накапливаются катионы  $\text{Na}^+$  и  $\text{Mg}^{+2}$ , обусловливающие солонцеватость почвенно-поглощающего комплекса почв и щелочную реакцию среды. В этом случае разрушение алюмосиликатной части почв и вынос тонкодисперсных продуктов в нижележащие иллювиальные горизонты происходит под влиянием щелочного гидролиза, а относительное накопление  $\text{SiO}_2$  в элювиальном гор. А2 отмечается в форме аморфной кремнекислоты, а не в виде остаточного кварца, как это наблюдается в подзолах.

Таблица 3  
Физико-химические свойства основных типов мерзлотных почв Центральной Якутии

Гори- зонт	Глубина, см	рН <sub>H2O</sub>	Гумус, %	Обменные катионы, (смоль)ЭКВ/кг почвы				Сумма частии, %		$\text{CO}_2$ карбо- натов, %
				Ca <sup>+2</sup>	Mg <sup>+2</sup>	Na <sup>+</sup>	H <sup>+</sup>	<0,001 мм	<0,01 мм	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Лесные почвы										
Подбур оподзоленный, разрез 4Т-05										
O	0–2	5,5	-	58,2	6,9	-	10,1	-	-	H. о.
A1	2–8	5,9	10,5	10,7	1,7	-	2,5	5,1	10,3	-//
A2B1f	12–22	5,7	0,3	3,8	1,5	-	0,9	5,2	8,7	-//
B2f	35–45	5,4	0,4	4,7	0,6	-	0,9	11,0	13,3	-//
BCf	60–70	5,7	0,4	4,1	0,2	-	0,9	6,5	8,1	-//
C	83–93	5,8	0,1	-	-	-	0,5	6,2	6,9	-//
Подзол иллювиально-гумусово-железистый, разрез 2БС-18										
O	0–4	5,7	88,7*	-	-	-	-	-	-	-
A0A1	4–12	5,1	46,4*	23,1	10,9	-	2,8	-	-	-
A2	12–18	4,7	3,4	3,8	1,2	-	2,6	4,8	12,5	-
Bf	20–30	5,6	0,8	2,2	1,7	-	0,2	3,2	5,3	-
Bf,h	38–48	6,0	1,6	8,7	1,7	-	0,7	5,7	19,3	-
BCf	48–58	6,3	0,3	3,5	1,6	-	0,2	4,0	7,7	-
Солодь, разрез 1БС-18										
O	0–4	5,6	86,3*	47,7	12,2	-	-	-	-	-
A1A2	4–8	4,9	33,2*	45,0	11,8	0,3	-	-	-	-
A2	14–24	5,2	4,7	15,3	7,2	0,2	-	11,5	35,6	H. о.
B1ca,s	28–38	8,5	4,4	19,3	6,4	0,7	-	25,7	47,9	5,1
B2ca	44–54	8,9	2,9	13,3	7,1	0,6	-	14,7	34,3	4,4
BCca	70–80	8,7	1,6	10,2	6,1	1,5	-	16,9	33,0	4,5
Cca	90–100	8,8	0,8	12,2	5,1	-	-	18,0	40,0	4,4
Палево-бурая оподзоленная, разрез 3ЧТ-03										
A0A1	0–4	5,7	40,6*	36,2	14,3	2,5	H. о.	-	-	-
A1A2	4–9	4,1	6,4	5,1	3,0	0,9	0,8	10,7	18,5	-
A2B	10–20	4,8	1,4	1,9	1,7	0,4	1,1	8,7	24,2	-
B	30–40	4,8	0,7	5,7	3,0	0,6	1,0	18,5	36,0	-
BC	60–70	5,0	0,1	2,1	1,5	0,3	0,1	4,6	17,6	-
C	120–130	6,4	-	-	-	-	-	3,3	5,0	-

Окончание табл. 3

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

\*Приведено значение потери при прокаливании. Н. о. – не обнаружено, прочерк – не определено.

*О генетической сущности мерзлотных черноземов.* Мерзлотные черноземы Якутии являются автоморфным типом почв и формируются по мезопопышениям надпойменных террас и склонам южных экспозиций коренного берега, под степными ассоциациями в долине Средней Лены в пределах нижнего высотного уровня (100–140 м) Центрально-Якутской равнины в условиях котловинно-депрессионной зональности почвенно-растительного покрова [10]. В зависимости от положения в рельефе мерзлотные черноземы подразделяются на два подтипа – черноземы обыкновенные и черноземы выщелоченные.

### **Литература**

1. Димо В. Н., Розов Н. Н. Термические критерии как основа фациального-провинциального разделения почв // Почтоведение. 1974. № 5. С. 12–22.
2. Еловская Л. Г. Классификация и диагностика мерзлотных почв Якутии. Якутск : ЯФ СО АН СССР, 1987. 172 с.
3. Зольников В. Г. Почвы восточной половины Центральной Якутии и их использование // Материалы о природных условиях и сельском хозяйстве Центральной Якутии. М. : Изд-во АН СССР, 1954. С. 55–221.
4. Классификация и диагностика почв России. Смоленск : Ойкумена, 2004. 342 с.
5. Коноровский А. К. Зональность и мерзлотность почв Якутии. Якутск, 1990. 43 с.
6. Макеев О. В. Почвенный криогенез. Пущино, 1985. 40 с.
7. Саввинов Д. Д. Физика мерзлотных почв: Избранные труды. Новосибирск : Наука, 2013. 504 с.
8. Скрыбыкина В. П. Подзолы Центральной Якутии // Наука и образование. 2017. № 2. С. 83–90.
9. Таргульян В. О., Герасимова М. И. Мировая коррелятивная база почвенных ресурсов: основа для международной классификации и корреляции почв. М. : Товарищество научных изданий КМК, 2007. 278 с.
10. Чевычелов А. П., Скрыбыкина В. П., Васильева Т. И. Географо-генетические особенности формирования свойств и состава мерзлотных почв Центральной Якутии // Почтоведение. 2009. № 6. С. 648–657.

### **GENESIS, CLASSIFICATION AND DIVERSITY OF PERMAFROST SOILS IN CENTRAL YAKUTIA**

**A. P. Chevychelov, A. A. Alekseev, S. V. Ermolaeva**

*Institute of Biological Problems of the Cryolithozone SB RAS  
Yakutsk, Russian Federation, chev.soil@list.ru*

The geographical and genetic features and diversity of permafrost soils of Central Yakutia, which are formed in the conditions of the sharply continental cryoarid climate of the Central Yakut plain, on loose sandy deposits under taiga and steppe vegetation, are studied. It is shown that the genetic nature of these soils is due to the elementary soil processes forming them, which take place against the background of cryogenesis. These soil-forming processes lead to the formation of the most contrasting soil cover and a wide variety of permafrost soils, when the systematic list of the latter includes 19 types of zonal, azonal and intrazonal soils.



## **Секция 2**

# **МУЛЬТИДИСЦИПЛИНАРНЫЕ ПОДХОДЫ ПОЧВОВЕДЕНИЯ, СВЯЗАННЫЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДОВ ПОЧВОВЕДЕНИЯ В ДРУГИХ НАУКАХ И НАУЧНО- ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ НАПРАВЛЕНИЯХ**



## СВЯЗНОСТЬ ПОРОВОГО ПРОСТРАНСТВА ПОЧВ. ПОКАЗАТЕЛИ СВЯЗНОСТИ НА ПРИМЕРЕ РАЗЛИЧНЫХ ТИПОВ ПОРОВОГО ПРОСТРАНСТВА

К. Н. Абросимов<sup>1</sup>, Д. С. Фомин<sup>1</sup>, К. А. Романенко<sup>1</sup>, Р. В. Васильев

<sup>1</sup>Почвенный институт им. В. В. Докучаева, Москва, Россия  
*abrosimov\_kn@esoil.ru*

Свойства порового пространства (ПП) относятся к числу важных характеристик почвы. Поры служат резервуаром для почвенного раствора и воздуха, являются ареной жизнедеятельности корней, микрофлоры и фауны, обусловливают возможность и характер передвижения влаги и газов, влияют на теплообмен в почвенной толще. В то же время поры являются одним из элементов пространственной организации почвенной массы. Строение почвенных агрегатов и порового пространства тесно взаимосвязано, поэтому свойства пор можно рассматривать как показатель структурного состояния почвы [10].

Связность порового пространства – важный параметр, определяющий целостность и ненарушенность структуры порового пространства [6]. Связность может быть основой для определения воздухопроницаемости, так и на насыщенной гидравлической проводимости [4; 8]. Более того, взаимосвязь между различными классами пор также важна для почвы как среды обитания множества организмов, а также для доступности почвенного органического углерода (SOC) для этих организмов и их состояния аэрации [3; 5; 9].

Фактически чтобы определить связность в почве необходимо построить объемную карту порового пространства с сохранением масштаба и пропорций. Такую возможность дает только один метод – компьютерная томография.

В настоящее время в литературе встречается несколько показателей расчета связности по томографическим данным:

1. Доля объема крупнейшей поры (клusterа пор) в объеме порового пространства образца (%). Фактически это самый крупный связный кластер пор, определяемый при данном разрешении томографической съемки. Применялся авторами как один из показателей оценки уплотнения городских почв Ростовской агломерации [1]

2. Эйлерова характеристика. Встречаются другие названия – Число Эйлера, Euler number. Количественный показатель. Компонентами числа Эйлера являются три числа Бетти:  $\beta_0$  – количество несвязанных объектов (клusterов),  $\beta_1$  – количество связей и  $\beta_2$  – количество закрытых полостей [7]. Дается формула Эйлера – Пуанкаре для трехмерного объекта:

$$\chi(X) = \beta_0 - \beta_1 + \beta_2.$$

Наиболее часто используемый показатель оценки связности пор в различных исследованиях.

3. Г-индикатор. Г отражает вероятность обнаружения непрерывного пути через систему пор. Рассчитывается по формуле:

$$\text{Гр} = \frac{1}{N_p^2} \sum_{k=1}^{N_i} n_k^2,$$

где  $N_p$  – количество всех voxelей пор p,  $N_i$  – количество всех кластеров и  $n_k$  – количество voxelей пор в кластере k. Г отражает вероятность того, что два случайно выбранных voxelia пор принадлежат одному и тому же кластеру пор, и на него сильно влияет самый большой кластер пор  $n_k$  [2]. Он может варьироваться от 0 (много несвязанных кластеров) до 1, когда все voxelii пор принадлежат одному связенному кластеру.

Мы опробовали работу различных показателей связности на образцах почвы различного сложения и с разными типами порового пространства и при разном томографическом разрешении:

А. Корковый горизонт пустынных почв. Разрешение 5,43 мкм. Преобладающий тип порового пространства – тонкие трещины горизонтальной ориентации.

Б. Пустынная почва, везикулярный микрогоризонт. Разрешение 5,43 мкм. Преобладающий тип порового пространства – поры-везикулы разного размера.

В. Целинный чернозем, гумусовый горизонт, снятый при разрешении 16 и 1 мкм. Структура порового пространства сложная, на мезоуровне встречается множество различных типов пор, на микроуровне более простая – преобладают межзерновые микропоры.

Г. Городская почва, гумусовый горизонт (Urbic Technosols) при разрешении 16 и 1 мкм. Черноземная почва (B), переуплотненная, что отражается в структуре порового пространства. Пористость на мезоуровне намного ниже чем для целинной, визуально изолированных пор намного больше. На микроуровне уплотнение не прослеживается, но форма микропор немного иная.

Д. Лугово-каштановая почва, горизонт В3Са. Разрешение 5,43 мкм. Преобладающий тип порового пространства – поры-каналы фитогенного типа (корневые ходы, реликтовые и современные).

Все расчеты показателей связности получены с помощью программ CT-analyzer 1.20 на основе сегментированных томографических данных взятых из формируемой библиотеки данных для машинного обучения.

Опробованные показатели на образцах выдают сопоставимые результаты и могут быть использованы в микротомографических исследованиях структуры и свойств почв. При этом их назначение может быть более специализированным. Г-индикатор единственный, учитывающий длину структурных отдельностей, т. е. подойдет для разработки моделей влагопереноса по крупнейшим каналам. В исследованных почвах он повторяет показания для доли крупнейшего кластера. Ожидаемо наихудшая связность в везикулярном микрогоризонте, наилучшая – в микропористости агрегатов чернозема. Как и Г-индикатор, доля объема крупнейшей поры неплохо работает как критерий оценки уплотнения почв, но при этом игнорируется неоднородность структуры образца. В пустынной почве этот показателя отлично показывает разницу между везикулярным микрогоризонтом и плитчатой структурой, расположенной на 3 см. глубже (табл.). Главный недостаток такого способа расчета связности – зависимость от объема расчетной области. Чем крупнее исследуемый объем почвы при данном

разрешении, тем меньше показатель. Также неясно, какого объема почвы достаточно для достоверности данного показателя, что, впрочем, проблема для всех известных сейчас показателей связности. Таких исследований просто не проводилось. Число Эйлера – более универсальный показатель, изначально применяемый в медицине для оценки прочности костной ткани. В почвах, где присутствуют неоднородные по плотности участки (инфиллинги и др.), результаты этого показателя будут неоднозначны. В различных повторностях будет сильный разброс значений, которая может составлять как 1–2 %, так и 1–2-го порядка. Но при этом различия для микроструктуры ПП почвенных агрегатов число Эйлера покажет наиболее точно. В ходе расчетов выяснилось, что число Эйлера недостоверно для порового пространства плитчатой структуры почвы при разрешении съемки 5,45 мкм, показывая там плохую связность, что резко расходится с другими показателями.

Таблица

Значения связности порового пространства в почвах

Название, объем образца почвы	Доля в объеме ПП крупнейшей поры, %	Число Эйлера в 1 см <sup>3</sup>	Г-индикатор
А. Корковый гор. пустынной почвы, 160 mm <sup>3</sup>	90,7	128	0,082
Б. Везикулярный микрогоризонт 160 mm <sup>3</sup>	4,35	192	0,022
В1. Целинный чернозем 16мкм, 62,1 mm <sup>3</sup>	97,17	3053	0,935
В2. Целинный чернозем 1мкм, 3,44 mm <sup>3</sup>	99,72	-193837	0,994
Г1. Городская почва 16мкм, 62,1 mm <sup>3</sup>	58	906	0,373
Г2. Городская почва 1мкм, 3,44 mm <sup>3</sup>	99,54	-245992	0,991
Д. Лугово-каштановая почва, гор. В3Са, 541,6 mm <sup>3</sup>	83,70	476	0,7

Оценка связности может стать дополнением к анализу ориентации и формы пор в пространстве, что позволит дать более полную характеристику объекта исследования. Каждый из использованных показателей требует статистической отработки и апробации на значительно большем количестве объектов. В перспективе возможно объединение данных связности порового пространства в базу, на основе которой станет возможным прогнозирование состояния структуры почвы в результате тех или иных процессов.

*Исследование выполнено с привлечением оборудования Центра коллектичного пользования научным оборудованием “Функции и свойства почв и почвенного покрова” Почвенного института им. В. В. Докучаева при финансовой поддержке РНФ, проект 19-74-10070.*

*Авторы выражают благодарность за сотрудничество и предоставленные образцы почв М. П. Лебедевой и С. Н. Горбовой.*

#### Литература

1. Microtomography research of physical properties of urban soil / S. N. Gorbov, K. N. Abrosimov, O. S. Bezuglova, E. B. Skvortsova, S. S. Tagiverdiev // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2019. Vol. 368, N 012015. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/368/1/012015>

2. Jarvis N., Larsbo M., Koestel J. Connectivity and percolation of structural pore networks in a cultivated silt loam soil quantified by X-ray tomography // Geoderma. 2017. 287. P. 71– 79. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2016.06.026>
3. Protection of soil carbon within macro-aggregates depends on intra-aggregate pore characteristics / A. N. Kravchenko, W. C. Negassa, A. K. Guber, M. L. Rivers // Sci. Rep. 2015. Vol. 5. P. 291. <https://doi.org/10.1038/srep16261>
4. Luo L., Lin H., Li S. Quantification of 3-D soil macropore networks in different soil types and land uses using computed tomography // J. Hydrol. 2010. Vol. 39, N 1–2. P. 53–64.
5. Properties of soil pore space regulate pathways of plant residue decomposition and community structure of associated bacteria / W. C. Negassa, A. K. Guber, A. N. Kravchenko, T. L. Marsh, B. Hildebrandt, M. L. Rivers // PLoS One. 2015. Vol. 10. e0123999. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0123999>
6. Soil structure as an indicator of soil functions: a review / E. Rabot, M. Wiesmeier, S. Schlüter, H. J. Vogel // Geoderma. 2018. Vol. 314. P. 122–137.
7. Vogel H. -J. Morphological determination of pore connectivity as a function of pore size using serial sections // European J. of Soil Sc. 1997. Vol. 48. P. 365–377. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2389.1997.tb00203.x>
8. Three-dimensional characteristics of biopores and non-biopores in the subsoil respond differently to land use and fertilization / Zhang Z., Liu K., Zhou H., Lin H., Li D., X Peng // Plant and Soil. 2018. Vol. 428. P. 453–467. <https://doi.org/10.1007/s11104-018-3689-3>
9. Томография в почвоведении: от первых опытов к современным методам / К. Н. Абронимов, К. М. Герке, Д. С. Фомин, К. А. Романенко, Д. В. Корост // Почвоведение. 2021 (принята в печать)
10. Скворцова Е. Б. Строение порового пространства естественных и антропогенно-измененных почв : 03.00.27 : дис. ... д-ра сельскохоз. наук. М., 1999. 397 с.

## CONNECTIVITY OF SOIL PORE SPACE. CONNECTIVITY INDICATORS ON THE EXAMPLE OF DIFFERENT TYPES OF PORE SPACE

**K. N. Abrosimov<sup>1</sup>, D. S. Fomin<sup>1</sup>, K. A. Romanenko<sup>1</sup>, R. V. Vasilev**

<sup>1</sup>*V. V. Dokuchaev Soil Science Institute, Moscow, Russian Federation*

*abrosimov\_kv@esoil.ru*

The properties of the pore space are among the important characteristics of the soil. The connectivity of the pore space is an important parameter that determines the integrity and integrity of the structure of the pore space. There are several ways to calculate connectivity – the Euler number, the  $\Gamma$ -indicator, and the calculation of the volume fraction of the largest pore cluster in the sample. Each of these indicators is presented on the example of different soils with different pore space structure.

## ПАЛЕОПОЧВА НА КОРЕ ВЫВЕТРИВАНИЯ ЖЕЛЕЗИСТЫХ КВАРЦИТОВ ДОКЕМБРИЯ (РАЙОН КМА)

Т. В. Алексеева, А. О. Алексеев

Институт физико-химических и биологических проблем почвоведения РАН  
Пущино, Россия, alekseeva@issp.serpukhov.su

Экспедиционные работы 2018–2020 гг. на территории карьера Стойленского ГОКа (район Курской магнитной аномалии) показали, что кора выветривания (КВ) докембрийских пород пережила этап доживетского (вторая половина D2) континентального развития. Запись о нем сохранила палеопочва (ПП), обнаруженная в кровле протерозойского (Pr) фундамента на контакте с породами палеозойского/мезозойского осадочного чехла. Уникальная сохранность ПП позволяет в качестве основной цели данного исследования назвать выявление генезиса палеопочвы и восстановление обстановок континентального этапа развития изучаемой территории, который предшествовал формированию палеозойского/мезозойского осадочного чехла. Время формирования ПП предположительно оценено как доэйфельское.

Минеральный состав палеопочвы был изучен методами рентгеновской дифрактометрии и ИК-спектроскопии, минералогия соединений железа – методом Мессбауэровской спектроскопии. Морфология и состав новообразований, морфология поверхности минеральных зерен и микростроение органических остатков изучены методом сканирующей электронной микроскопии с микронализатором (SEM-EDS TESCAN Vega 3).

Палеопочва развита непосредственно на окисленных массивных железистых кварцитах. Их кровля бугристая, с многочисленными мелкими кавернами и единичными уходящими вглубь полостями (карманами) (Рис. 1). Кровля обильно покрыта углефицированными растительными остатками, которые плотно прилегают к поверхности кварцита и проникают в полости. В кавернах под слоем органического мата имеет место незначительная аккумуляция отбеленного тонкодисперсного сыпучего материала. Вертикально и наклонно вниз от кровли на глубину 12–15 см отходят углефицированные растительные остатки, листоватые, собранные в пучки. Морфологически они представляются продолжением растений, выстилающих кровлю. Места внедрения растений (зона «кризосферы») приурочены к полостям- карманам, которые заполнены тонкодисперсным (до 500 мкм) сыпучим отбеленным материалом. В его минеральном составе при преобладании кварца заметно содержание каолинита, в качестве примесей содержатся полевые шпаты и гипс. При этом в минеральном составе материнской породы – железистых кварцитов, абсолютно преобладают кварц и сидерит, содержится пирит.

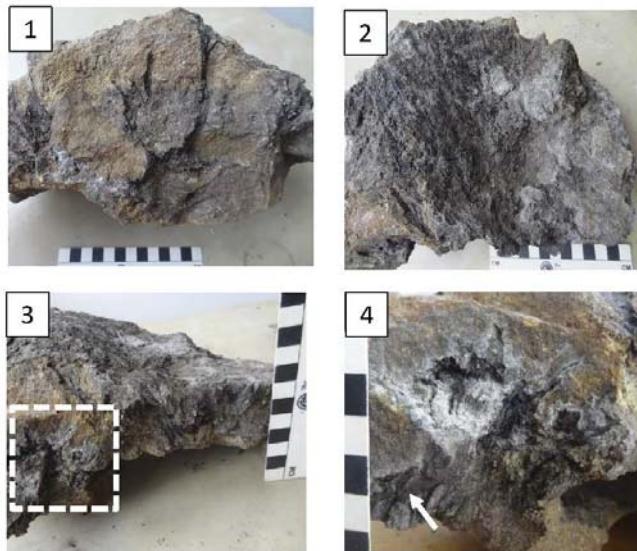


Рис. 1. Фотографии фрагмента профиля палеопочвы:

1 – общий вид сбоку; 2 – вид сверху: кровля частично покрыта растительными остатками, частично пятнисто – отбеленная; 3 – полость с внедрениями растений; 4 – деталь 3: аккумуляция отбеленного сыпучего материала в полости, стенки которой также отбелены

Комплекс полученных характеристик позволил заключить, что ПП, обнаруженная в кровле Pr фундамента сочетает в себе признаки, характерные для целого ряда почвенных и почвоподобных тел современности. Прежде всего – это литосоль. Массивные почвообразующие породы, наличие пирита, минимальное содержание мелкозема, лиофитная растительность позволяют охарактеризовать ее как литоэкстремальную [2]. Особая черта данной ПП – это масштабные локальные, приуроченные к зоне ризосфера преобразования минерального каркаса на фоне сравнительно слабых преобразований материала кровли. ПП не имеет горизонтного строения профиля, ограничиваясь матоподобным органогенным горизонтом. Достаточно развитый растительный покров выполнял протекторную функцию, способствовал физическому разрушению породы и улучшению дренажных условий, формировал среду обитания для микроорганизмов. Выявленные особенности ставят изучаемую палеопочву в один ряд с эпилитными и эндолитными системами современности [3; 5; 6]. Как и эти системы, изученная почва не формировала сплошного почвенного покрова. Обнаруженные колонии цианобактерий, микроскопических грибов, неосинтез фромбоидального пирита и сферосидерита, масштабное формирование органо-минеральных пленок на поверхности минеральных зерен свидетельствуют об активном участии микробиоты в при- и подповерхностном почвообразовательных процессах. Вместе с тем, характерные черты этой ПП – это результаты преимущественно абиотических процессов, в первую очередь – масштабного

химического выветривания на фоне слабого проявления физического выветривания. Выявленные преобразования кварцита обусловлены прежде всего окислением пирита, создающим агрессивно-кислую среду. На основании этого палеопочва отнесена к сульфатнокислым. Экзотермический процесс окисления пирита обусловливает активное выветривание минералов под воздействием формирующейся серной кислоты (кислотного гидролиза), а также ускоряет процессы минеральных преобразований. Проявлениями химического выветривания являются кавернозность и другие особенности поверхности минеральных зерен, а также их отбеливание, лизис растительных тканей. Эти процессы сопровождаются неосинтезом каолинита, гипса, аккумуляцией аморфных соединений Si, Al и Fe в виде минеральных и органо-минеральных пленок (рис. 2 и 3).

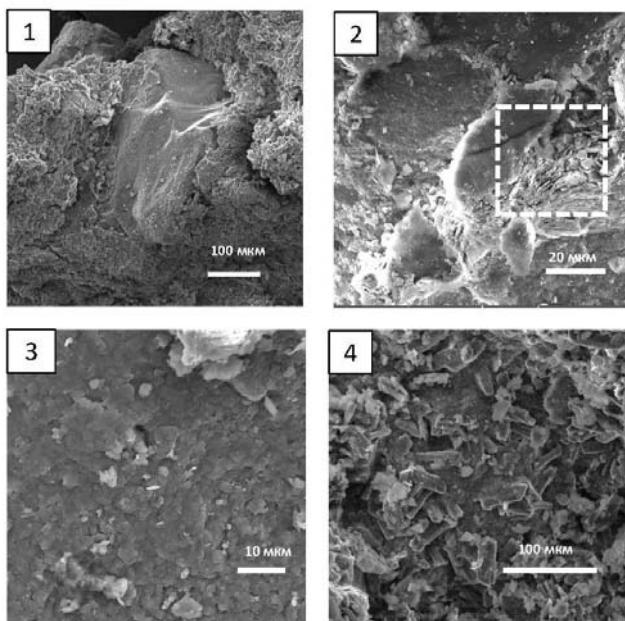


Рис. 2. Проявление аутигенного минералообразования и других почвенных процессов (данные СЭМ): 1 – глинистая кутана на поверхности зерна кварца из кровли ПП; 2 – в выделенной области показаны листоватые агрегаты каолинита на кварцевом зерне из зоны «ризосферы»; 3 – чешуйчатый каолинит на поверхности зерна кварца из зоны «ризосферы»; 4 – кристаллизация гипса на поверхности зерна кварца из зоны «ризосферы»

Материал кровли палеопочвы заметно ожелезнен, по сравнению с кварцитом здесь содержится в 2 раза больше валового железа. В кровле в 2,5 раза увеличивается доля гетита, выявлен гематит. На фоне увеличения содержания железа в составе оксидов здесь полностью окисляется пирит. При этом в качестве основной Fe-содержащей фазы выступает аутигенный сидерит. Характерным продуктом сульфатнокислого выветривания кварцита является гипс. Хи-

мическая сущность процессов преобразования минерального состава данной палеопочвы отчасти сродни оподзоливанию, но ограниченная миграция высвобождающихся элементов в условиях массивного субстрата обусловливает их аккумуляцию на месте. Отмечена вертикальная миграция железа на микроравнине (мм), в результате чего в кавернах кровли, под слоем органического вещества формируется сидерит, отмечено ожелезнение каолинитовых и других минеральных пленок на поверхности зерен минералов.

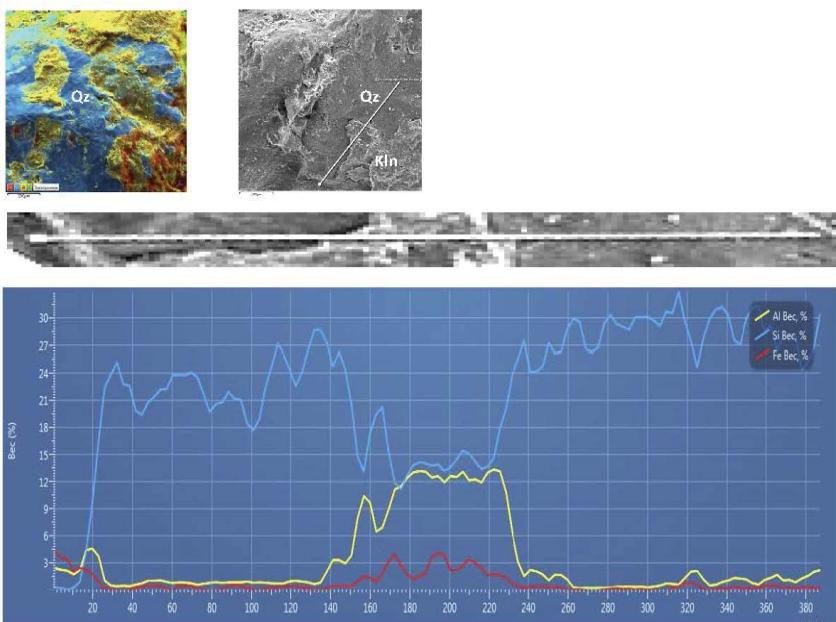


Рис. 3. Распределение химических элементов по поверхности зерна кварца из зоны «кризосфера» и профиль элементов вдоль линии на поверхности этого зерна. Обозначения: Qz – кварц, Kln – каолинит (данные SEM + EDS)

Как следствие, литосоль, по определению примитивная азональная почва, с развитием обозначенных выше почвенных процессов накапливает объем педогенной записи, который отвечает развитым почвам. Азональность выявленных почвенных признаков не позволяет с достоверностью говорить о климатических условиях формирования изученной палеопочвы. Так, яркие свидетельства глубокого химического выветривания в том числе формирование каолинита, оксидов железа могут являться как отражением агрессивности среды, так и увлажненности климата. Гипс, как отмечалось выше, является скорее продуктом сульфатно-кислого выветривания, а не свидетельством аридности климата. Его сохранность, однако, говорит в пользу того, что климат не был гумидным, но скорее семигумидным (семиаридным). Формирование сидерита свидетель-

ствует в пользу кислородного дефицита. Он может быть обусловлен как временной переувлажненностью (заболачиванием и избыtkом углекислоты при разложении органики), так и низким содержанием кислорода в атмосфере ранней Земли. Ранее Т. Алексеевой с соавт. [1; 4] было показано, что формирование сидерита – одна из характерных особенностей почвообразования в девоне.

### Литература

1. Алексеева Т. В. Ризолиты в палеочехлах девона и раннего карбона и их палеоэкологическая значимость // Почвоведение. 2020. № 4. С. 398–413.
2. Горячкин С. В., Мергелов Н. С., Таргульян В. О. Генезис и география почв экстремальных условий: элементы теории и методические подходы // Почвоведение. 2019. № 1. С. 5–19.
3. Эндолитное почвообразование и скальный «загар» на массивно-кристаллических породах в восточной Антарктике / Н. С. Мергелов, С. В. Горячкин, И. Г. Шоркунов, Э. П. Зазовская, А. Е. Черкинский // Почвоведение. 2012. № 10. С. 1027–1044.
4. Characteristics of early Earth's critical zone based on Middle-Late Devonian palaeosols properties (Voronezh High, Russia) / T. Alekseeva, P. Kabanov, A. Alekseev, P. Kalinin, V. Alekseeva // Clays Clay Miner. 2016. 64 (5). P. 677–694.
5. Beyond the extremes: Rocks as ultimate refuge for fungi in drylands / C. Coleine, J. E. Stajich, A. Ríos, L. Selbmann // Mycologia. 2021. Vol. 113, N 1. P. 108–133.
6. Cryptogamic ground covers as analogues for early terrestrial biospheres: Initiation and evolution of biologically mediated proto-soils / R. L. Mitchel, C. Strullu-Derrien, D. Sykes, S. Pres sel, J. G. Duckett, P. Kenrick // Geobiology. 2021. 00. P. 1–15.

### PALAEOSOL ON PRE- CAMBRIAN WEATHERING CRUST OF IRON BEARING QUARZITE (KURSK MAGNITE ANOMALY)

T. V. Alekseeva, A. O. Alekseev

Institute of Physical Chemical and Biological Problems of Soil Science RAS  
Pushchino, Russian Federation, alekseeva@issp.serpukhov.su

Paper describes the results of detail study (morphology, XRD, Moessbauer and FTIR- spectroscopies, SEM-EDS) of palaeosol (PS) developed at the surface of Pre- Cambrian weathering crust of iron bearing quarzite. The age of soil formation is estimated as pre- Eifelian. Being developed from pyrite bearing metamorphic rock the PS includes the characteristics of several pedogenic units, mostly Lithosol and acid sulfate soil. Its specific feature is the intensive pedogenesis within the rock at the depth of 10–15 cm and negligible – at the surface. PS was developed under monotypic vegetation (primitive *Lycopodiophyta* or *Propteridophyta*). Azonality of soil characteristics makes difficulties in paleoclimate reconstructions. E. g. evidences of deep mineral weathering, such as quartz and hematite dissolution, the neoformation of kaolinite, mineral crusts development may reflect as climate humidity as aggressive acid-sulfate weathering. The newly formed gypsum could be rather the product of deep pyrite oxidation than accumulation due to climate aridity. Its preservation indicates that semi-humid (semi-arid) environments prevailed .

## МИНЕРАЛЬНЫЙ АЗОТ ЧЕРНОЗЕМА ВЫЩЕЛОЧЕННОГО В АГРОЦЕНОЗЕ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ, ВЫРАЩИВАЕМОЙ В УСЛОВИЯХ АЗОВО-КУБАНСКОЙ НИЗМЕННОСТИ

Али Али Кадем Али, В. В. Шаляпин  
Л. М. Онищенко, С. А. Лакиза

*Кубанский государственный аграрный университет им. И. Т. Трубилина  
Краснодар, Россия, shalyapin-v95@yandex.ru*

Современная культура земледелия ставит перед агропромышленным комплексом страны новые задачи: рационального использования почвенных ресурсов, повышения окупаемости единицы удобрения урожаем культур, совершенствования систем удобрения под различные культуры, в том числе важнейшую зерновую культуру – озимую пшеницу. Урожай озимой пшеницы в большей степени, как еще считал Д. Н. Прянишников (1965), определяет степень обеспеченности растений азотом. К тому же А. Х. Шеудженом, Л. М. Онищенко, М. А. Осиповым и др. (2014) установлено, что в условиях зернотравяно-пропашного севооборота при многолетнем использовании минеральной системы удобрения дефицит азота составляет в пределах 14,8–16,0 кг/га. Поэтому возникает необходимость проведения исследований, направленных на определение происходящих изменений в уровне азотного питания сельскохозяйственных культур.

Целью нашего исследования являлось установление факта и характера изменения содержания наиболее дефицитного, жизненно необходимого азота в черноземе выщелоченном Западного Предкавказья под действием минеральной системы удобрения в агроценозе озимой пшеницы.

Для достижения цели нами поставлены следующие задачи: получить экспериментальные данные по содержанию минерального азота в черноземе выщелоченном Западного Предкавказья; рассмотреть действие минеральных удобрений на урожайность озимой пшеницы.

*Методика проведения исследования.* Исследования проводились в условиях зернотравяно-пропашном севообороте на стационарном опыте в учхозе «Кубань» ФГБОУ ВО «Кубанского государственного аграрного университета им. И. Т. Трубилина». Среднегодовая температура атмосферного воздуха в условиях данной территории составляет 10,2–10,9 °C, безморозный период – 180–210 дней, сумма эффективных температур – 3450–3655 °C, коэффициент увлажнения – 0,3–0,4, среднегодовое количество осадков несколько выше (на 92 мм) среднемноголетнего уровня – 424–646 мм, однако распределение атмосферных осадков неравномерны, что в итоге отрицательно сказывалось на формировании урожая сельскохозяйственных культур, в частности налива зерна озимой пшеницы [6].

Почва чернозем выщелоченный слабогумусный сверхмощный легкоглинистый на лессовидных тяжелых суглинках (агрочернозем глинисто-

иллювиальный, в соответствии с «Классификацией почв России», 2004 г.). Отличительная особенность вышеуказанных черноземов является выщелочность карбонатов из гумусового горизонта. Показатели чернозема выщелоченного гумус -3,42 %, мощность гумусового горизонта 147 см, рН<sub>водная</sub> и рН<sub>KCl</sub> – 6,44–6,58 и 5,21–5,69 единиц рН), сумма поглощенных оснований ( $S_{no}$  – 31,1–35,6 мг-экв./100 г), емкость поглощения (Е – 33,9–38,1 мг-экв./100 г), насыщенность поглощающего комплекса основаниями (V – 90,9–93,7 %), обеспечивает высокую буферность почвы [6].

Агрохимические анализы проводились по общепринятым методикам: обменно-поглощенный аммоний – колориметрически с реагентом Несслера; нитратный азот – потенциометрически; нитриты – по Гриссу; фиксированный аммоний – по Могилевкиной [1].

*Результаты исследования.* Азот – это макро-абсолютно необходимый элемент, который относят к наиболее дефицитным элементам питания сельскохозяйственных культурных растений. Затраты азота почвы на формирование 1 ц урожая товарной продукции озимой пшеницы в зависимости от почвенно-климатических условий составляют 1,9–3,8 кг; кукурузы – 2,4–3,0 кг; риса – 2,2–3,0 кг; зернобобовых культур (горох, соя) – 4,5–6,8 кг; сахарной свеклы – 0,5–1,0 кг; подсолнечника – 5,0–6,0 кг [5].

Количество азота в почве варьирует от 0,05 до 3,5 %, а в черноземах его содержание достигает до 0,5 %. Основные запасы азота формируются в значительной мере в результате фиксации атмосферного азота симбиотическими и свободноживущими микроорганизмами, а также процессами аммонификации и нитрификации.

Под зерновыми культурами больше всего применяются азотных удобрений и их доля составляет более 60 %. К тому же соотношение N : P : K определяется как 1:0,34:0,2 [2]. Как видно, из приведенных данных наибольшее значение в питании озимой пшеницы отводится азоту. Без применения минеральных удобрений содержание нитритного азота в 0–40 см слое варьирует от 0,06–0,08 мг/кг почвы. Минеральные удобрения способствуют некоторому его увеличению до 0,10–0,15 мг/кг почвы [6].

В агроценозе озимой пшеницы содержание нитратного азота (N-NO<sub>3</sub>), входившего в состав минерального, варьировало от 7,3; 8,1 до 8,8 мг/кг, тогда как на контроле оно было равно 5,2 мг/кг. Питательный режим чернозема выщелоченного в фазу всходов при низких, средних и повышенных нормах минеральных удобрений (N<sub>40</sub>P<sub>30</sub>K<sub>20</sub>, N<sub>80</sub>P<sub>60</sub>K<sub>40</sub> и N<sub>120</sub>P<sub>90</sub>K<sub>60</sub>) характеризовалась средним и повышенным уровнем обеспеченности растений нитратным азотом (N-NO<sub>3</sub>) в 0–40 см слое почвы. Обеспеченность культуры азотом в аммонийной форме (N – NH<sub>4</sub>) в 0–40 см слое почвы было средним, а к фазе колошения растений, когда заметно повысилась температура воздуха, и уменьшились запасы влаги в почве, количество N – NH<sub>4</sub> уменьшилось до 1,15–1,90 мг/кг и оставался на низком и очень низком уровнях до полной спелости зерна.

В черноземе выщелоченном высокий уровень содержания общего азота. Однако уровень обеспеченность озимой пшеницы – низкий. Минеральные

удобрения, улучшая питательный режим, способствовали достоверному повышению урожайности культуры (табл.).

Таблица  
Урожайность озимой пшеницы, выращиваемой после подсолнечника (2019–2020)  
на черноземе выщелоченном

Вариант опыта	Урожайность, т/га			Прибавка урожая	
	2019 г.	2020 г.	средняя	т/га	%
Контроль	4,91	5,12	5,02	—	—
N <sub>40</sub>	6,07	6,16	6,12	1,10	21,91
P <sub>30</sub>	5,38	5,85	5,62	0,60	11,95
K <sub>20</sub>	4,95	5,23	5,09	0,07	1,36
N <sub>40</sub> P <sub>30</sub> K <sub>20</sub>	6,25	5,81	6,38	1,36	27,09
N <sub>80</sub> P <sub>60</sub> K <sub>40</sub>	6,69	6,67	6,68	1,66	33,07
N <sub>120</sub> P <sub>90</sub> K <sub>60</sub>	6,73	6,88	6,81	1,79	35,66

Минеральные удобрения существенно повышали содержание минерального азота в почве. Азотные удобрения прибавку обеспечили – 1,10 т/га, что выше контроля на 21,91 %. Достоверная прибавка получена от фосфорных удобрений, – 0,60 т/га (11,95 %). Калийные удобрения способствовали получению недостоверной прибавки урожайности – 0,07 т/га (1,36 %). Минерального удобрения в норме N<sub>40</sub>P<sub>30</sub>K<sub>20</sub> повышали урожай на 1,36 т/га (27,09 %). Средняя и высокая норма N<sub>80</sub>P<sub>60</sub>K<sub>40</sub> и N<sub>120</sub>P<sub>90</sub>K<sub>60</sub> существенно увеличили урожай зерна относительно контроля, и прибавки зерна составили 1,66 и 1,79 т/га (33,07 и 35,66 %) соответственно. Средняя урожайность здесь максимальная – 6,68 и 6,81 т/га и достоверных различий между этими вариантами не выявлено.

Наибольшее содержание белка определилось на вариантах с полным удобрением в двойной N<sub>80</sub>P<sub>60</sub>K<sub>40</sub>, тройной N<sub>120</sub>P<sub>90</sub>K<sub>60</sub> нормах и показатель варьировал от 14,66 до 14,63 %. На этих вариантах максимальным был сбор белка – 976,43; 981,28 кг/га соответственно.

**Заключение.** Возделывание сельскохозяйственных культур без внесения удобрений ведет к постепенному снижению содержания азота общего в черноземе выщелоченном. Применение минеральных удобрений позволяет не только стабилизировать запасы азота почвы, но и постепенно их увеличивать. Под влиянием минеральной системы удобрения зернотравяно-пропашном севооборота изменяется не только количество азота общего в почве, но также качественный состав его соединений в сторону увеличения содержания минеральных форм. Эффективность азотных удобрений есть следствие комплекса непрерывных циклических превращений азота в почве, отражающихся в прибавке зерна озимой пшеницы на 33,07 и 35,66 %.

### Литература

1. Агрохимические методы исследования почв / отв. ред. А. В. Соколов. М. : Наука, 1975. 656 с.
2. Онищенко Л. М., Шаляпин В. В., Али Али Кадем Али. Удобрение: минеральный азот в агроценозе озимой пшеницы // Энтузиасты аграрной науки : сб. ст. по материалам Всерос. науч.-практ. конф., посвящ. 100-летию со дня рождения ученых агрохимиков Ко-

- ренькова Дмитрия Александровича и Тонконоженко Евгения Васильевича / отв. за вып. А. Х. Шеуджен. 2020. С. 188–199.
3. Прянишников Д. Н. Избранные сочинения. М. : Колос, 1965. Т. 1. 767 с.
  4. Сапожников Н. А. Баланс азота в земледелии нечерноземной полосы и основные пути улучшения азотного питания культурных растений // Азот в земледелии нечерноземной полосы. Л. : Колос, 1973. С. 5–33.
  5. Шеуджен А. Х., Бондарева Т. Н., Кизинек С. В. Агрехимические основы применения удобрений. Майкоп, 2013. 572с.
  6. Азотный режим чернозема выщелоченного Западного Предкавказья в условиях агрогенеза / А. Х. Шеуджен [и др.]. // Труды Кубанского государственного аграрного университета. 2014. № 46. С. 125–130.

## MINERAL NITROGEN OF CHERNOZEM LEACHED IN THE AGROCENOSIS OF WINTER WHEAT GROWN IN THE CONDITIONS OF THE AZOV-KUBAN LOWLAND

Ali Ali Kadem Ali, V. V. Shalyapin, L. M. Onishchenko, S. A. Lakiza

*Kuban State Agrarian University named after I. T. Trubilin  
Krasnodar, Russian Federation, shalyapin-v95@yandex.ru*

Cultivation of agricultural crops without fertilization leads to a gradual decrease in the total nitrogen content in leached chernozem. The use of mineral fertilizers allows not only to stabilize soil nitrogen reserves, but also to gradually increase them. Under the influence of the mineral fertilization system of grain-herb-row crop rotation, not only the amount of total nitrogen in the soil changes, but also the qualitative composition of its compounds towards an increase in the content of mineral forms. The effectiveness of nitrogen fertilizers is a consequence of a complex of continuous cyclic transformations of nitrogen in the soil, reflected in the increase in winter wheat grain by 33.07 and 35.66 %.

## О СИМБИОТРОФНОСТИ РАСТЕНИЙ ПРИ ОБЛЕСЕНИИ ТЕХНОГЕННЫХ ОТХОДОВ

В. С. Артамонова

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

Горно-таёжные районы Урала и Сибири на протяжении многих десятилетий подвергаются интенсивной добыче и переработке твёрдых полезных ископаемых, в том числе полиметаллических и железных руд, поскольку недропользование обеспечивает по данным Министерства природных ресурсов РФ до 60 % бюджетных доходов и до 70 % экспорта в последние годы. В России количество полезного компонента (металла) по сравнению с мировыми разведанными запасами достаточно велико. Однако ценные породы в верхней толще рудных залежей практически выбраны ещё в советское время, а нижние горизонты бедны ими. Поэтому добыча минерального сырья, в котором содержатся цветные, благородные, редкоземельные металлы, неизбежно сопровождается ростом отходов. В ближайшие полвека ожидается разработка новых месторождений, однако это дополнительная нагрузка на природные экосистемы, которые уже подвержены негативному воздействию старовозрастных отвалов и хвостохранилищ, формирующих территории накопленного экологического ущерба.

Нужно признать, что окружающая среда, к сожалению, всё чаще рассматривается как важнейшее условие экономического развития, а не просто как лимитирующий фактор. Поэтому такой вызов должен активизировать действия по безопасности техногенных отходов (ТО), в том числе путём захоронения, экрализации (консервации) поверхности и рекультивации, поскольку содержат значительное количество экотоксикантов. ТО представляют собой окисленные руды, илы (в прудах нейтрализации рудничных вод), хвосты (отходы обогащения полезных ископаемых), шлаки, золу (отходы пирометаллургической переработки), шламы (отходы гидрометаллургического переработки), формируют «техногенные месторождения», представляющие несомненный интерес для рециклирования, поскольку содержание металлов в них значительно превышает кларковые значения. Но из-за отсутствия современных технологий дифференцированного извлечения металлов, он в РФ пока широко не распространён. Поэтому наблюдается тенденция роста отчуждаемых земель под хранение ТО. В настоящее время отходы производства и потребления занимают уже более 4 млн га, запланировано ежегодное выделение 400 тыс. га земель под их складирование до 2030 г. [8]

Территория Сибири в значительной степени подвержена размещению ТО. Например, в Сибирском федеральном округе в 2017 г. они составили 71 % общего количества по стране (4418 млн т). Около 70 % всех отходов СФО образованы вскрышными породами при добыче угля в Кузбассе, основном угледобывающем регионе РФ. В свою очередь отходы чёрной и цветной металлургии

ниже – около 300 млн т, золошлаковых – не более 100 млн т, химических веществ – 1 млн т. Но большинство полиметаллических руд – сульфидсодержащие, поэтому отходы их переработки, в том числе пиритные хвосты, являются объектом особой экологической опасности. По гранулометрическому составу техногенные пиритные хвосты различных типов руд – это большей частью тонкоисперсные частицы размером 20 мкм, которые легко мигрируют под действием ветра, снеготальных и ливневых вод, загрязняя природные экосистемы. Отмечается, что негативное воздействие ТО на окружающую среду проявляется на территории, превышающей площадь складирования отходов в 10–15 раз [4]. Наиболее опасные хранилища отходов сконцентрированы в Кемеровской области, их необходимо обезвреживать, в том числе биологическими способами. Цель данной статьи – привлечь внимание к проблеме повышения симбиотрофности растений в условиях облесения ТО, поскольку наблюдается ослабление микоризообразования и бобово-rizобиального симбиоза. Выход в 2017 г. ГОСТ Р 57446-2017 «Наилучшие доступные технологии. Рекультивация нарушенных земель и земельных участков. Восстановление биологического разнообразия (с Поправкой)» [5] – это первый тренд восстановления биологического разнообразия при биологической рекультивации отвалов вскрышных пород. Впервые в данном Национальном стандарте РФ в п. 11.5.2.4. предусмотрено использование очаговой технологии рекультивации с применением биодинамических стимуляторов (из состава арbusкулярных микориз, адаптивных микроорганизмов, сине-зелёных водорослей и т. д.) для повышения жизненного статуса культурных растений в техногенных условиях. Привлечение биопрепаратов рекомендовано и в региональном руководстве «Методические рекомендации по лесной рекультивации нарушенных земель на предприятиях угольной промышленности в Кузбассе» [12]. Однако в том и другом случае отсутствует информация о концентрациях стимуляторов, об их продуцентах, эффективности и продолжительности действия, других свойствах. В Постановлении Правительства РФ от 10.07.2018 № 800 «О проведении рекультивации и консервации земель» (вместе с Правилами проведения рекультивации и консервации земель), сообщается о необходимости проведения работ по искусственному или комбинированному лесовосстановлению (или лесоразведению) с применением саженцев с закрытой корневой системой [7]. Этот документ включён в перечень нормативно-правовых актов, на которые не распространяется требование об отмене с 01.01.2021, установленное от 31.07.2020 № 247-ФЗ, он согласуется с осуществлением биологических мероприятий по рекультивации земель, указанных в ч. 2 ст. 60.12 Лесного кодекса РФ. Но, к сожалению, в нём отсутствует информация о продолжительности действия данной защиты, прогнозе состояния лесных насаждений.

Успешное проведение лесокультурных мероприятий на токсичных отходах возможно при наличии условий, обеспечивающих симбиотрофное питание растений в условиях дефицита доступных питательных элементов, избытка тяжёлых металлов и металлоидов. Однако присутствие организмов-симбионтов, обеспечивающих мико- или бактериотрофность высших растений, маловероятно, поскольку, например, хвостохранилища и золоотвалы представляют собой

складированные отходы высокотермального обжига руд и их концентратов (при  $t \geq 1000^{\circ}\text{C}$ ), воздействия агрессивных кислот или других технологических реагентов. Такие среды обитания не только малопригодны для жизни, но и фактически стерильны. По мере хранения отходов на открытой поверхности, безусловно, происходит привнос биогенного материала извне, его минерализация и гумификация, что способствует выживанию мигрантов, как макро- и микромицетов, симбиотических бактерий, так и высших растений – голосеменных, бобовых, орхидных, плауновидных, хвоевидных и многих цветковых растений, которые зависмы от мико- и бактериосожителей. Однако симбиозообразование замедлено. Например, сосна обыкновенная, которая широко используется в практике лесной рекультивации ТО в Сибири, предполагает развитие двойной микоризной инфекции – экто- и эндотрофной в ненарушенных условиях вегетации. В молодом возрасте обычно развивается эндотрофная микориза, позднее – эктотрофная. При этом важную роль играет наличие азота и гумуса в почве. При низком содержании последнего (до 3 %) эндотрофная микориза преобладает. Двойная микоризная инфекция отмечена не только у представителей рода *Pinus*, но и других родов: *Abies*, *Picea*, *Betula*. В техногенных условиях микоризообразование и активность микориз ослаблены, но усилено развитие псевдомикориз или ложных микориз, которые обязаны фитопатогенным и паразитическим грибам, в то числе из состава типичных микосимбионтов. Помимо этого, наблюдается преждевременное старение микориз сосны обыкновенной [10; 11], что также ослабляет её микротрофность, ведёт к усыханию. Что касается состояния других поселенцев ТО – бобовых растений, которые рекомендуются для закрепления поверхности хвостохранилищ и золоотвалов наряду с быстрорастущими древесно-кустарниковыми породами в санитарно-противоэрозионной рекультивации, для улучшения лесорастительных условий – в лесной рекультивации породных отвалов [2], то они также нуждаются в бактериальных симбиотических партнёрах, обеспечивающих растения азотным питанием. Заражение корней бактериями, формирование корневых клубеньков (бактериоидов) и их сохранность зависят от комплекса определённых условий: присутствия специфических видов и штаммов бактерий; флавоноидов; насекомых-вредителей, выедающих содержимое клубеньков; кислотности среды; энтомоксикантов, которые вызывают преждевременное старение бактериоидов [9]. Установлено [6], что численность клубеньковых бактерий у бобовых трав, прорастающих на отвалах даже вскрыших пород, менее токсичных, чем вмещающие породы и, тем более хвости, значительно уступает таковой в зональной почве. Для изменения ситуации необходимо искусственное инфицирование корней эффективными и высококонкурентными штаммами, поскольку заражение несколькими штаммами с повышенной нодуляционной конкуренцией не всегда продуктивно, ибо проявляется быстрая утилизация ресурсов ниши, что ведёт к преждевременной гибели бактерий (до образования симбиоза с БР) [3].

Особенно сложно выживание на ТО орхидных и вересковых растений, жизнедеятельность которых практически полностью зависит от присутствия микротрофного питания. Микоризные грибы орхидных относятся к несовершенным грибам. Они в большей степени, чем другие микоризообразователи, сохра-

нили способность к сапротрофному образу жизни, и, менее всего зависят от растения-хозяина. Напротив, сами орхидеи, особенно бесхлорофильные, настолько нуждаются в эндотрофных микоризах и поставляемых ими питательных веществах, что без установления симбиоза с грибами существовать не могут (явление холомикотрофии). Симбиотические контакты здесь облигатны для высшего растения и факультативны для микосимбионта. Это означает, что развитие мико- и бактериосимбиотрофизма у лесных растений, особенно сильно микотрофных, в техногенных условиях обитания скорее всего носит долговременный характер. Следует сказать, что, что помимо формирования типичных микориз в условиях лесной рекультивации можно встретить микоризоподобные образования, когда почвенные грибы, мигранты смежных территорий, вступают в контакт с поверхностью корней деревьев, оказывая биохимическое влияние, схожее действию эктомикоризных грибов, проникающих в первичную кору. Так, например, *Trichoderma viride*, обладая антисептическим действием, уничтожает широкий спектр микробных конкурентов углеводной пищи древесного происхождения. При этом внекорневой мицелий гриба служит источником корневого питания мелких корней. Такая взаимосвязь гриба и высшего растения рассматривается как метасимбиотическая, т. е. взаимовыгодная для того и другого партнёра. Следовательно, данный гриб участвует в логистике корневого питания древесных растений, не являясь микоризообразователем.

Не менее интересен и другой феномен – присутствие хемолюминисцирующих штаммов азотобактерии *Azotobacter chroococcum* под сосновыми насаждениями на железорудных отходах [1]. Пока неизвестно, как это явление отражается на других микроорганизмах, на растениях, симбиотических связях. Тем не менее, выявлены факты фунгистатического действия у азотобактера и его полиморфизма, в то время как у триходермы и пенициллов обнаружен диморфизм. Необходимы дальнейшие исследования консортивных связей между обитателями ТО. Таким образом, ТО – это специфический жизнеобитаемый объект, в котором содержание микоризообразователей и симбиотических бактерий низкое. Повышение их содержания можно достичь путём дополнительного привноса микроорганизмов-сожителей, искусственного инфицирования корней и улучшением агрохимического состояния корнеобитаемого слоя. Одновременно необходимо углублять исследования по экологии симбиозообразования и функционирования симбиозов, что будет способствовать пониманию формирования симбиотрофности растений и использованию данного феномена в оценке восприимчивости растений к тем или иным болезням. Представляется интересным выявление двойных и тройных симбиотических связей, как формы проявления сложных межвидовых взаимоотношений, обеспечивающих выживание растений в экстремальных условиях.

*Работа выполнена в соответствии с государственным заданием ИПА СО РАН по бюджетному финансированию Министерства науки и образования РФ.*

## **Литература**

1. Артамонова В. С., Булавина М. И. Об участии гетеротрофных микроорганизмов в начальном почвообразовании на отходах агломерации железных руд // Вестник Пермского университета. Сер. Биология. 2021. Вып. 1. (в печати).
2. Биологическая рекультивация земель в Сибири и на Урале. Новосибирск: Наука, 1981. 113 с.
3. Воробьев Н. И., Проворов Н. А. The quorum sensing and the nodulation competitiveness of rhizobia during infection of leguminous plants // Сельскохозяйственная биология. 2015. Т. 50, № 3. С. 298–304.
4. Гильмундинов В. М., Тагаева Т. О., Бокслер А. И. Анализ и прогнозирование процессов обрашения с отходами в РФ // Проблемы прогнозирования. 2020. № 1. С. 126–134.
5. ГОСТ Р 57446-2017. Наилучшие доступные технологии. Рекультивация нарушенных земель и земельных участков. Восстановление биологического разнообразия (с поправкой). М. : Стандартинформ, 2019.
6. Клевенская И. Л. Эволюция микробоценозов и их функций // Экология и рекультивация техногенных ландшафтов. Новосибирск : Наука. Сиб. отд.-ние. 1992. С. 149–199.
7. Постановление Правительства РФ от 10.07.2018 № 800 (ред. от 07.03.2019) «О проведении рекультивации и консервации земель».
8. Распоряжение Правительства РФ от 25.01.2018 № 84-р об утверждении Стратегии развития промышленности по обработке, утилизации и обезвреживанию отходов производства и потребления на период до 2030 года. URL: <http://static.government.ru/media/files/> (дата обращения: 14.05.2021).
9. Серова Т. А., Цыганов В. Е. Старение симбиотического клубенька у бобовых растений: молекулярно-генетические и клеточные аспекты (обзор) // Сельскохозяйственная биология. 2014. № 5. С. 3–15.
10. Фаизова Л. И., Зайцев Г. А. Особенности микоризного формирования сосны обыкновенной на отвалах Кумертауского буроугольного разреза // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2012. Т. 14, № 1 (6). С. 1565–1567.
11. Фаизова Л. И., Зайцев Г. А. Особенности микоризного формирования сосны обыкновенной на отвалах Учалинского горно-обогатительного комбината // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2013. Т. 15, № 3 (5). С. 1480–1482.
12. Уфимцев В. И., Манаков Ю. А., Куприянов А. Н. Методические рекомендации по лесной рекультивации нарушенных земель на предприятиях угольной промышленности Кузбасса. Кемерово : КРЭОО «ИРБИС», 2017. 44 с.

## **ON THE SYMBIOTROPHY OF PLANTS IN THE AFFORESTATION OF MAN-MADE WASTE**

**V. S. Artamonova**

*Institute of Soil Science and Agrochemistry SB RAS  
Novosibirsk, Russian Federation, artamonovav@yandex.ru*

The report describes the main aspects of plant symbiotrophy in the conditions of technogenesis, the reasons for the weakening of mycorrhizal formation in gymnosperms and orchids, as well as the formation of legume-rhizobial symbiosis. The facts of premature aging of mycorrhizae and bacteroids in technogenic conditions are presented, and the possibilities of improving the root nutrition of forest plants are discussed.

## АЛГОРИТМ ИНФОРМАЦИОННО-ПОИСКОВОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ ВЫЯВЛЕНИЯ ЗАБРОШЕННЫХ СКОТОМОГИЛЬНИКОВ В УСЛОВИЯХ ОСТРОВНОЙ МЕРЗЛОТЫ

Н. Б. Бадмаев<sup>1</sup>, З. Ф. Дугаржапова<sup>2</sup>, О. Н. Очиров<sup>3</sup>, Б. З. Цыдыпов<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Институт общей и экспериментальной биологии СО РАН, Улан-Удэ, Россия  
nima\_b@mail.ru

<sup>2</sup> ФКУЗ Иркутский научно-исследовательский противочумный институт Сибири  
и Дальнего Востока Роспотребнадзора, Иркутск, Россия, zorigmad@mail.ru

<sup>3</sup> Институт физического материаловедения СО РАН, Улан-Удэ, Россия, 1\_2\_z@mail.ru

<sup>4</sup> Байкальский институт природопользования СО РАН, Улан-Удэ, Россия, bz61@mail.ru

Глобальные изменения вызывают повышение температуры воздуха и оттаивание многолетней мерзлоты на огромных просторах севера нашей страны. В связи с этим появляются проблемы выхода на дневную поверхность останков животных на территории почвенных очагов сибирской язвы, что наглядно показала крупнейшая эпизоотия с эпидемическими осложнениями на Ямале в 2016 г. [1]. Исследования направлены на решение фундаментальной задачи распознавания природных и антропогенных объектов методами ГИС-технологий и прикладной математики.

Актуальность поставленных задач соответствует приоритетным направлениям Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации (утверждена Указом Президента РФ № 642 от 1 декабря 2016 г.): «Переход к цифровым и интеллектуальным ... технологиям...», «Противодействие ..., биогенным угрозам...и ... источникам опасности для общества, экономики и государства» и «Фундаментальные исследования, ...обеспечивающие готовность страны к большим вызовам...возможность своевременной оценки рисков, обусловленных научно-технологическим развитием».

В результате обзора иностранной литературы по тематике исследований выявлено, что в зарубежных публикациях проблема выявления заброшенных скотомогильников (СМ) по космическим снимкам не освещалась. Поиск статей осуществлялся в базе данных ScienceDirect издательства Elsevier (доступна по адресу [sciencedirect.com](http://sciencedirect.com)), содержащей 1,26 млн статей в 2500 высокорейтинговых научных журналах и более 20 тыс. книг. При поиске статей использовались следующие ключевые слова: animal burial, burial ground for animal refuse, cattle mortuary, remote sensing, satellite, multispectral, hyperspectral, spectral analysis, subpixel analysis, Landsat, OrbView, IKONOS, GeoEye, WorldView и др. Поиск в базе ScienceDirect по различным комбинациям ключевых слов показал очень низкую релевантность запросов.

Так, лучшими результатами были поиск археологических объектов и применение методов ГИС и дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) в судебно-криминалистических целях (например, J. D. Hansen et al. GPR and bulk ground resistivity surveys in graveyards: Locating unmarked burials in contrasting soil types. Forensic Sci Int. 2014 Apr; 237: e14–29.

<https://doi.org/10.1016/j.forsciint.2014.01.009>). Несмотря на очевидную актуальность вопросов, связанных с заброшенными скотомогильниками, в частности их идентификации по спутниковым данным, количество публикаций в иностранной научной периодике равно нулю, более того, запрос по ключу «скотомогильник» в крупнейшей российской электронной научной библиотеке elibrary.ru выдал лишь 60 публикаций, не имеющих отношения к компьютерному анализу снимков.

Таким образом, проведение компьютерного анализа космических снимков территорий Баргузинского и Курумканского районов Республики Бурятия для выявления заброшенных скотомогильников является пионерной работой не только в нашей стране, но и за рубежом.

Выбор этих районов был обусловлен тем, что река Баргузин – одна из трех главных артерий оз. Байкал и поэтому расположение 19 зарегистрированных скотомогильников является реальной угрозой не только для жителей и сельскохозяйственных животных Баргузинского и Курумканского районов Республики Бурятия, но и всего Байкальского региона. Кроме этого, после известной чрезвычайной ситуации летом 2008 г. в Баргузинском районе, когда был отмечен падеж 65 голов крупного и мелкого рогатого скота и госпитализировано 11 человек, в том числе восьми пациентам поставлен диагноз «сибирская язва». На территории Баргузинской котловины могут оставаться заброшенные скотомогильники и захоронения животных, сохраняться почвенные очаги сибирской язвы.

Для создания информационно-поисковой системы для обнаружения заброшенных СМ, нами использован успешный опыт разработки алгоритмов выявления экологической ниш мерзлотных почв на юге Витимского плоскогорья и создания многоступенчатой информационно-распознающей системы для факторной диагностики почв криолитозоны Забайкалья [2].

Разработан и предложен новый подход к выявлению заброшенных СМ, основанный на анализе космических снимков, пространственных и ландшафтных признаков для их распознавания (рис.).

На первом этапе создается «портрет 1» СМ на основе анализа общих требований к размещению и строительству скотомогильников на территории Российской Федерации согласно Ветеринарно-санитарным правилам сбора, утилизации и уничтожения биологических отходов.

На втором полевом экспедиционном этапе решаются задачи количественной и качественной оценки местоположений зарегистрированных СМ на территории районов республики и их соответствие требованиям Ветеринарно-санитарных правил № 13-7-2/469. Здесь создается вторая «матрешка портрета» СМ, уже внутри первой.

На основе установленных пространственных и ландшафтных характеристик СМ и анализа космических снимков с точными географическими координатами определяются признаки пространственного и ландшафтного происхождения для их распознавания и дешифрирования на местности. При распознавании наиболее достоверными признаками оказались пространственные (размер и

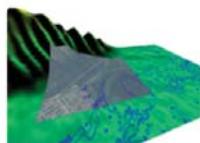
форма СМ, траншеи и рвы, формы биотермических ям) и ландшафтные (рельеф – сухой возвышенный участок, открытые степные необлесенные угодья).

Из четырех выявленных нами заброшенных СМ в пробах двух объектов получены положительные результаты лабораторных исследований, проведенных в испытательном лабораторном центре ФКУЗ «Иркутский научно-исследовательский противочумный институт Сибири и Дальнего Востока Роспотребнадзора», молекулярно-генетическим методом обнаружена ДНК возбудителя сибирской язвы. На основании комплексного эпизоотолого-эпидемиологического обследования заброшенных СМ поселения Баянгол Республики Бурятия доказана потенциальная активность двух почвенных очагов сибирской язвы.

1 этап. Составление портретов СМ (идеальные и реальные)



2 этап. Установление ландшафтных и пространственных признаки СМ



3 этап. Выявление заброшенных СМ по космическим снимкам



4 этап. Отбор образцов для анализа методом ПЦР

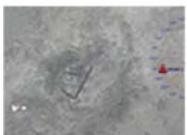


Рис. Алгоритм выявления заброшенных СМ

Результаты исследований по выявленным заброшенным СМ и протоколы лабораторных исследований официально переданы соисполнителями данного проекта органам государственной власти для проведения необходимых работ согласно требованиям действующего ветеринарного и санитарного законодательства и решения правового статуса заброшенных скотомогильников (Управление Роспотребнадзора по РБ, Управление ветеринарии по РБ).

Междисциплинарные исследования трех институтов СО РАН и Иркутского противочумного НИИ Роспотребнадзора (проект ГЭФ) на основе ГИС-технологий позволили разработать и реализовать новый подход к выявлению

заброшенных СМ (после Баргузинской вспышки, 2008), основанный на анализе космических снимков и установленных пространственных и ландшафтных признаков для их распознавания.

На территории Республики Бурятия в условиях островной мерзлоты из четырех выявленных СМ обнаружена ДНК возбудителя сибирской язвы и доказана потенциальная активность двух почвенных очагов [3].

Использование метода распознавания на основе ГИС-технологий и создания программного комплекса значительно расширяют возможности автоматизированного и целенаправленного поиска заброшенных СМ, прогнозирования их пространственного расположения, выявления почвенных очагов сибирской язвы и оценки их биологической опасности в условиях криолитозоны [4–6].

В настоящее время управления Роспотребнадзора занимаются созданием Базы данных стационарно неблагополучных по сибирской язве пунктов и почвенных очагов сибирской язвы по субъектам страны при содействии управлений, служб и агентств ветеринарии под кураторством научно-исследовательских институтов эпидемиологического профиля Роспотребнадзора для объединение их в единый федеральный кадастр стационарно неблагополучных по сибирской язве пунктов и реестр почвенных очагов сибирской язвы Российской Федерации с использованием ГИС-технологий.

*Работа выполнена при финансовой поддержке ГЭФ (проект RFO-GPSO\_2014-071(IWC-78317), гранта РФФИ № 19-29-05250 «Температурное поле почв криолитозоны Забайкалья: закономерности развития и прогноз изменений», проектов НИР № 121030100228-4 ИОЭБ СО РАН и № ААА-А21-121011990023-1 БИП СО РАН.*

### Литература

1. Опыт ликвидации вспышки сибирской язвы на Ямале в 2016 году / под ред. А. Ю. Поповой, А. Н. Куличенко. Ижевск : Принт-2, 2017. 313 с.
2. Бадмаев Н. Б. Координатный анализ и принципы распознавания почв. Улан-Удэ : Изд-во БГУ, 2008. 206 с.
3. Экологическое и микробиологическое обследование неблагополучных по сибирской язве территорий Республики Бурятия (Баргузинский и Курумканский район / З. Ф. Дугаржапова, Н. Б. Бадмаев, В. Е. Такайшвили, Е. В. Кравец, Б. З. Цыдыпов, О. Н. Очиров, А. А. Аюрганаев, Б. В. Содномов, Б. Б. Малаткина, О. А. Зверева, О. П. Шахаева, К. В. Булутов, С. С. Ханхареев, М. В. Чеснокова, С. В. Балахонов // Журнал микробиологии, эпидемиологии и иммунобиологии. 2016. № 4. С. 22–28.
4. Бадмаев Н. Б. Геоинформационные технологии распознавания заброшенных скотомогильников. Улан-Удэ : Изд-во БНЦ СО РАН, 2017. 164 с.
5. Совершенствование методических подходов к обследованию сибириязвенных захоронений и скотомогильников / З. Ф. Дугаржапова, М. В. Чеснокова, Т. А. Иванова, С. А. Косилко, С. В. Балахонов // Проблемы особо опасных инфекций. 2019. № 4. С. 41–47. <https://doi.org/10.21055/0370-1069-2019-4-41-47>
6. Improvement of Methodical Approaches to Investigation of Anthrax Burials and Animal Burial sites / Z. F. Dugarzhapova, M. V. Chesnokova, T. A. Ivanova, S. A. Kosilko, S. V. Bala-khonov // Problems of Particularly Dangerous Infections. 2019. N 4. C. 41–47. <https://doi.org/10.21055/0370-1069-2019-4-41-47>

**ALGORITHM OF THE INFORMATION SEARCH SYSTEM FOR IDENTIFICATION  
OF ABANDONED DEAD PILES IN THE CONDITIONS OF THE INSULAR  
PERMAFROST**

**N. B. Badmaev<sup>1</sup>, Z. F. Dugarzhapova<sup>2</sup>, O. N. Ochirov<sup>3</sup>, B. Z. Tsydypov<sup>4</sup>**

<sup>1</sup> *Institute of General and Experimental Biology SB RAS*

*Ulan-Ude, Russian Federation, nima\_b@mail.ru*

<sup>2</sup> *Irkutsk Research Anti-Plague Institute of Siberia and the Far East, Rospotrebnadzor*  
*Irkutsk, Russian Federation zorigmad@mail.ru*

<sup>3</sup> *Institute of Physical Materials Science SB RAS, Ulan-Ude, Russian Federation*  
*I\_2\_z@mail.ru*

<sup>4</sup> *Baikal Institute of Nature Management SB RAS, Ulan-Ude, Russian Federation*  
*bz6I@mail.ru*

Interdisciplinary studies of three institutes of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences and the Irkutsk Anti-Plague Research Institute of Siberia and the Far East of Rospotrebnadzor based on GIS technologies made it possible to develop and implement a new approach to identifying abandoned dead piles, based on the analysis of satellite imagery and established spatial and landscape features for their recognition. On the territory of the Republic of Buryatia in the conditions of insular permafrost, out of four identified dead piles, DNA of the anthrax pathogen was found and the potential activity of two soil foci was proved.

The use of the recognition method based on GIS technologies and the creation of a software package significantly expands the possibilities of automated and targeted search for abandoned dead piles, predicting their spatial location, identifying foci of anthrax and assessing their biological hazard in permafrost conditions.

# ОРГАНОМИНЕРАЛЬНЫЙ КРУГОВОРОТ КАК СВЯЗУЮЩЕЕ ЗВЕНО ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ АНТРОПОГЕННО-ПРЕОБРАЗОВАННЫХ СИСТЕМ ЗЕМЛЕДЕЛИЯ

Н. Д. Гайденок

Сибирский федеральный университет, Красноярск, Россия  
*ndgay@mail.ru*

Проведен эколого-агрохимический анализ эксплуатируемых земель сельскохозяйственного назначения подкрепленный количественной проверкой математическим моделированием полученных теоретических результатов, где показано существование альтернативного существующей системе земледелия автономного варианта в виде экологической системы земледелия. В результате исследования был не только выявлен факт того, что период, темпы и объемы продукции экологической системы земледелия (ЭСЗ) полностью определены экспериментальными эколого-агрохимическими параметрами ее элементов (естественная и культурная растительность и урожайность зерновых, годовая скорость продуцирования биомассы естественной растительности и годовая скорость регенерации гумуса в первые 10–20 лет имеют взаимосогласованные величины в процессе самоорганизации ЭСЗ), но и показана возможность описания ее функционирования на основе математического аппарата аналитической механики.

Целью данного исследования является исследование особенностей всех стадий органоминерального круговорота в рамках математической модели функционирования ЭСЗ. Концептуальным базисом здесь является обширный круг физических, химических и биологических процессов, происходящих в системе *почва – растение – атмосфера*, локализованной на определенном участке территории, где основным вопросом является фактическая незамкнутость цикла углерода в виде отсутствия сколь значимого потока – «петли»: «растение – минеральный или органический углерод почвы» (рис.).

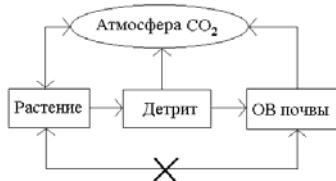


Рис. Схема цикла углерода в системе *почва – растение – атмосфера*

Действительно, растение для своего существования потребляет  $\text{CO}_2$  в основном из воздуха и практически малое количество (кроме почвенных водорослей) из почвенного раствора. Из соединений углерода растение потребляет раз-

все что витамины – «стимуляторы роста» – и испытывает угнетающее воздействие в виде выделений конкурирующих видов – «ингибиторов роста».

Таким образом, петля взаимодействия между элементами *почва – растение* может быть материализована только в пределах цикла такого нутриента, как азот.

Фосфор несмотря на реализацию в своем цикле петли между элементами *почва – растение* не обеспечивает полноты цикла в системе *почва – растение – атмосфера* ввиду отсутствия в природе в значимых количествах его газообразных соединений.

Итак, остается два пути реализации в системе *почва – растение – атмосфера*: исследование цикла азота и использование стехиометрии между содержанием углерода и азота в растении и почве.

Все выше изложенное определяет следующую модификацию классической системы Лотки – Вольтера (1) в переменных  $z$  и  $r$ , напрямую соответствующих комплексам культурной растительности (КР) и естественной (ЕР). Смысл уравнений модели детально описан в [2].

$$\begin{aligned}
 dr/dt &= P_{br} r \left( 1 - \frac{r}{E_r} \right) - d_r \max(0, rt - Cn_z) - Cn_z \\
 dz/dt &= k_z Cn_z - d_z z \\
 Cn_z &= \min(R_z^t z, rp) \\
 R_z^t &= R_z^m \left( \frac{1}{Drk} + fzt + frt - fzt frt \right) \\
 rp &= \max(0, r - A_r) \\
 fzt &= \frac{z^n}{z^n + A_z^n} \\
 frt &= \frac{r^n}{r^n + B_r^n}
 \end{aligned} \tag{1}$$

Перейдем к детерминации совокупности параметров системы (1):

1.  $A_z$  и  $B_r$  – классические константы полунасыщения.

2.  $d_z = 0,85$  и  $d_r = 0,07$  – скорости отмирания КР и ЕР, отражающие факт того, сколько остается из соответствующего комплекса для следующего момента времени.

3. Годовой  $P_{br}^m = 0,25$  :  $P_b$ -коэффициент ЕР, слагающийся из годового  $P_b$ -коэффициента лесной растительности равного 0,05–0,15 и годового  $P_b$ -коэффициента степной или луговой растительности, равного 2,5–3,5, где на первых годах периода 15–25 лет преобладает луговой тип, а на последующих – лесной. В промежутке наблюдается сукцессия широколистного леса к тайге (хвойному лесу). Таким образом, здесь наблюдается переходный процесс развития и становления естественных экосистем, а именно – от травянистого через

кустарниковый к лесному (лиственному, смешанному или хвойному) ценозу. Поэтому величина  $P_b$ -коэффициента, несомненно, являющаяся плавающей, убывает от высокого  $P_b$  травянистого ценоза к низкому – хвойному (предельный случай). В связи с этим используется модальное значение  $P_b$ , которое находится в процессе вычислительного эксперимента. Проблема идентификации величин параметров состоит в том, что для классических естественных экосистем даются величины, полученные, как правило, на их зрелой стадии – климаксного состояния.

4. Годовой  $R^{mz} = 6 - 20$ : максимальные отчуждение комплексом КР, по сути дела, представляющее собой  $P_b$ -коэффициент культурной растительности, вычисляемый через отношение ее урожайности (средняя «на зерно», равна 8–12 ц/га во времена ПСЗ и 14 ц/га – урожайность зерновых в настоящее время в Красноярском крае. Однако, амплитуда КР варьирует от 0 до 40 ц/га. Такие урожаи в 40 ц/га были в XIX–XX вв. в Сибири в первый год засева после раскорчевки [4], пересчитанной с учетом структуры урожая зерновых (солома – 5 частей; зерно – 3; корни – 2, в сумме дающие  $5 + 3 + 2 = 10$ ), к норме высеява (2 ц/га).

5.  $k_z = 0,9$ : эффективность конверсии потребления нутриентов, соответствующих условно биомассе ЕР, в биомассу КР.

6. Емкость среды ЕР.  $E_r \in (86, 190)$ , при среднем значении – 111,6 ц/га, определяемом по запасу древесины молодого леса, который получен следующими путями: по личным наблюдения автора и по работе [1], где диапазон варьирования равен 21,36–35,31 м<sup>3</sup>/га; общая плотность сухой сосны с учетом коры, ветвей, шишек составляет 0,33 т/м<sup>3</sup>; тогда  $E_r = 111,6$  ц/га.

В процессе вычислительного эксперимента были определены интервалы величин параметров  $R^{mz}$ ,  $P_b^r$ ,  $A_r$ ,  $B_r$ ,  $A_u$ , отражающие возможные вариации экологических показателей (рис. 2), при которых наблюдаются колебания в системе (1). Они принадлежат 4-мерному гиперпараллелипиду (2):

$$R^{mz} \times A_r \times B_r \times A_u = [4,125; 25] \times [0,005; 68] \times [91,0; 169,0] \times [3,0; 71,0]. \quad (2)$$

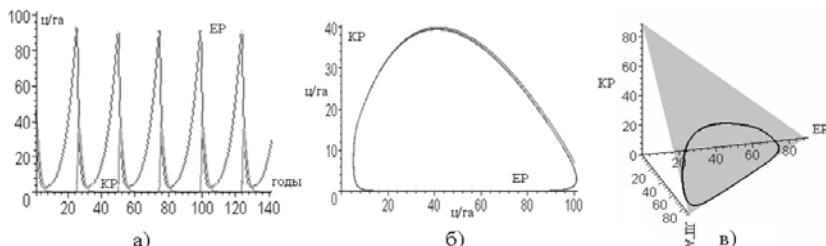


Рис. 2. Динамика и фазовый портрет ЕР и КР. Период колебаний соответствует диапазону длительности перелога

**Агрохимический анализ полученных результатов.** Факт быстрого падения урожайности в течение 3–5 лет говорит о том, что используется пул ла-

бильных нутриентов, а именно – легкогидролизуемого азота [2; 3]. Поэтому встает необходимость исследования ряда особенностей цикла азота в системе «Почва – Растение». Результаты агрохимического анализа позволяют продемонстрировать, что показатели динамики ПСЗ, показанные на рис. 2, а, б в сумме с запасом легкогидролизуемого азота, восполняемым за 15–20 лет перелога, дают постоянную величину, которая в трехмерном пространстве представлена симплексом (2, рис. 2, в):

$$\{\text{биомасса EP}\} + \{\text{биомасса KP}\} + \{\text{запас легкогидролизуемого азота}\} = \\ 89 = \text{const} \quad (3)$$

В [2] приведены сведения по накоплению N и C в почве за 20 лет перелога при продуктивности лугового ценоза: при запасе (по ежегодному приросту) наземной части сухого органического вещества (СОВ) в 300 г СОВ/м<sup>2</sup> (г СОВ/м<sup>2</sup>/год), соотношении наземной и подземной (+ ежегодный прирост) биомассы = 3/7, скоростей отмирания – 0,95 и 0,41 и интенсивности гумификации растительных остатков – 0,05 и 0,03 соответственно.

Отмеченный факт полностью согласуется экспериментальными наблюдениями по срокам падения урожайности сельскохозяйственных культур, когда начинается возделывание залежи или целины: это 3–5 лет урожаев, далее падение, ибо за это время будет исчерпана подавляющая часть легкогидролизуемого азота, равная ≈ 7–8 % от общего азота и 0,485 % от общего углерода почвы [3]. Полученная доля исчерпания общего углерода почвы более чем убедительно согласуется со степенью восстановления общего углерода в почвах залежей: 0,485 % против 0,37–0,58 % за 20–25 лет.

Рассматриваемые темпы регенерации  $C_{\text{орг}}$  или  $N_{\text{л-гидр}}$  почвы полностью отвечают указанным выше величинам из закона Ципфа: второй шаг динамики восстановления  $0,5/25 = 0,02 \sim a/10^2$ .

Это убедительно свидетельствует о факте падения именно фракции подвижного органического углерода почвы, представленного неспецифическим или предгумусовым органическим веществом. Ибо, как показывает эксперимент с черным паром, заложенный в МСХА в 1912, за это время происходит деградация специфического органического вещества на 50 %.

К подобному выводу можно прийти только при незнании того факта, что соотношение интенсивности функционирования комплекса KP годового  $R^m_z = 6–20$  при модальном ≈ 10 и параметра из (1) (с шагом – 1 год) при прочих равных b, k и m (их величины указаны выше) равно ≈ 287. Иначе говоря, годовой  $R^m_z$  равен не 10, а – 0,0293. И действительно, удельное потребление из (1):  $C_{\text{нз}}/r_u = 0,0221$  и вовсе не равно отношению общей биомассы урожая к норме высева.

Величина коэффициента  $C_{\text{нз}}$  (из 1), с одной стороны соизмерима с нижней границей величины годового  $P_b$ -коэффициента лесной растительности, лежащего в интервале 0,05–0,15, и, с другой стороны, – соизмерима с величиной годовой скорости регенерации гумуса в первые 10–20 лет, которая в соответствии с работами [2; 5; 6] лежит в пределах 0,022–0,042 %/год с модальным интервалом 0,027–0,032.

Относительно величин границ интервала 0,024–0,042, где нижняя граница получена на основании данных из работы [5], а верхняя – из работы [6], – можно сказать следующее: при использовании величины  $Q_{10} = 2,6$  из работы [6] и перепада температур почвы в слое 0–20 см между типичным черноземом Курской обл. (верхняя граница интервала) и выщелоченным черноземом Красноярского края (нижняя граница интервала) порядка 5–6 °C – получается практическое совпадение результатов.

Крайне интересными являются следствия из экологической (продукционной) значимости соответствия вышеуказанных скоростей, полностью подтверждающими тип взаимодействия ЕР и КР: отношение продукции ЕР к количеству потребляемого вещества КР (его рациону) за период цикла равно 7,9329, что полностью укладывается в диапазон передачи субстанции с предыдущего трофического уровня (экологической эффективности) – на последующий: 5–20 при среднем 10.

Основными выводами настоящего исследования, помимо не вынесенных в отдельный раздел многочисленных менее значимых, которые выражены в тексте в концепциях, в соответствии или, наоборот, в различии классическим законам и моделям, в построенных уравнениях, в обоснованных экологическим и агрохимическим анализом величинах параметров и объемов регенерации нутриентов, являются следующие:

1. Период, темпы и объемы продукции ЭСЗ полностью определены экспериментальными эколого-агрохимическими параметрами ее элементов – естественной и культурной растительности и почвы.

2. Сумма величин биомассы ЕР, биомассы КР и запаса легкогидролизуемого азота является *const*, величина которой равна 89 ц/га.

Величина коэффициента с из (2) соизмерима с величиной годовой скорости регенерации гумуса в первые 10–20 лет, которая, в соответствии с рядом цитируемых работ [2] лежит в пределах 0,025–0,035 %/год с модальным интервалом 0,027–0,032.

3. Показана возможность описания функционирования ЭСЗ на основе математического аппарата аналитической механики, устанавливающего симметрию при исследовании таких физических объектов, как планеты или частицы.

4. Функционирование ЭСЗ по типу *хицник – жертва* подтверждается величиной экологической эффективности, весьма близкой к классическому значению 0,1–0,126.

5. Земледелие планеты в настоящее время вышло за пределы устойчивого цикла азота и вошло в неустойчивую область планетарного потока углерода.

### Литература

1. Вараксин Г. С., Вайс А. А., Байкалов Е. М. Зарастание древесной растительностью земель сельскохозяйственного назначения // Вестник КрасГАУ. 2012. № 5. С. 41–49.
2. Гайденок Н. Д., Баранов А. Н. Использование порубочных пустошей и залежных земель – аналог функционирования переложной системы земледелия // Хвойные boreальной зоны. 2019. Т. 37, № 6. С. 405–416.
3. Гамзиков Г. П. Азот в земледелии Западной Сибири. М. : Наука, 1981. 264 с.

4. Степанов А. С. Енісейская губернія. СПб. : Тіпографія Конрада Вінгебера, 1835. Ч. 2. 139 с.
5. Шпедт А. А., Трубников Ю. Н. Тренды гумусного состояния залежных агропочв сельскохозяйственных ландшафтов красноярского края // Материалы конгресса почвоведов. Ростов-на-Дону, 2018. С. 273–292.
6. Курганова И. Н. Эмиссия и баланс диоксида углерода в наземных экосистемах России : автореф. ... д-ра биол. наук. М., 2010. 50 с.

## ORGANOMINERAL CIRCULAR ROTATION AS BINDING LINK OF ANTHROPOGENIC-TRANSFORMED FUNCTIONING FARMING SYSTEMS

**N. D. Gaydenok**

*Siberian Federal University, Krasnoyarsk, Russian Federation*  
*ndgay@ail.ru*

An environmental – agrochemical analysis of exploited agricultural lands was carried out, supported by quantitative verification and mathematical modeling of the obtained theoretical results, which shows the existence of an alternative to the existing agricultural system of the autonomous version in the form of the Transposed Agricultural System.

As a result of the study, it was not only revealed that the period, pace and output of the Transfer System of Agriculture is completely determined by the experimental environmental – agrochemical parameters of its elements – natural and crop vegetation – and cereal yield, annual rate of biomass EP production and annual rate of humus regeneration in the first 10–20 years have mutually agreed values in the process of self-organization of PSZ, but the possibility of describing its functioning on the basis of the mathematical apparatus of analytical mechanics is also shown

## ПАЛЕОГЕОГРАФИЧЕСКАЯ СОСТАВЛЯЮЩАЯ В ИСТОРИИ ФОРМИРОВАНИЯ СОВРЕМЕННОГО ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА НА РУССКОЙ РАВНИНЕ

Н. И. Глушанкова

*Московский государственный университет им. М. В. Ломоносова  
Москва, Россия, ni.glushankova@mail.ru*

В последние десятилетия в связи с возросшей интенсивностью антропогенной деятельности и возникших при этом изменений отдельных компонентов природной среды, резко возрос интерес не только к современному состоянию биосфера, но и к ее изменениям в прошлом с целью выработки долгосрочного прогноза возможных изменений и сохранения ландшафтного, биологического разнообразия. Наибольший интерес вызывают исследования в области палеопочвоведения, ставшего к настоящему времени ведущим направлением в стратиграфических построениях и палеогеографических реконструкциях неоплейстоцена. Это определяется непосредственным соприкосновением проблемы палеопедогенеза с проблемой антропогенных изменений и прежде всего современных почв, крайне важной как в теоретическом, так и в прикладном аспектах.

Современное почвообразование отражает лишь одну из фаз долговременной и сложной эволюции природной среды в неоплейстоценовой истории Русской равнины. Поэтому для познания свойств и истории формирования современных (голоценовых) почв так необходимы конкретные знания о закономерностях развития почвообразования в прошлом. Без этого невозможно решение многих генетических, классификационных вопросов, выбора стратегии разнообразных антропогенных изменений, где наиболее значимым и актуальным является определение соответствия выявленных признаков, характеризующих реальную или иную природную обстановку, не существовавшую в современности. Умение распознавать и, что не менее важно, разделять действительные и унаследованные свойства почв в современной природной обстановке, позволяет выбрать наиболее оптимальную стратегию рационального природопользования.

К настоящему времени накоплен значительный массив данных, касающийся эволюции факторов почвообразования и почв на протяжении неоплейстоцена Русской равнины. Наиболее полно изученными являются природные события поздненеоплейстоценового макроцикла, включающего микулинское межледниковые (теплый полуцикл) и валдайское оледенение (холодный полуцикл), а также этапы переходные между ними. Природно-климатические колебания внутри этого цикла нашли отражение в строении лесово-почвенно-криогенной формации, широко распространённой на территории Русской равнины, где выделяются их главные ареалы в бассейнах Днестра, Днепра, Дона, Волги, Камы. Здесь имело место неоднократное чередование ледниковых и межледниковых обстановок со сложным сочетанием гляциодинамических процессов с процессами лёссонакопления, почвообразования, криоморфогенеза,

отражающих особенности природно-климатических изменений на протяжении последних ~ 780 тыс. лет.

Сравнительный анализ трех поздненеоплейстоценовых эпох педогенеза показывает, что к голоценовому максимально приближено, хотя и не является идентичным по строению почвенного покрова, микулинское межледниково (MIS 5e), в течение которого был реализован полный межледниковый цикл эволюции почв, и которое может рассматриваться в качестве эпохи – аналога голоценового межледникового почвообразования. Принципиальное сходство микулинского межледниково с голоценом, доказанное на основании палеопедологических и палинологических данных, свидетельствует о проявлении тех же почвообразовательных процессов при межледниковом педогенезе, что и в современных лесных почвах суббореального почвенно-климатического пояса [2].

Длительное и сложное в палеогеографическом отношении время, последовавшее за микулинским межледниково, характеризовалось на начальных этапах многочисленными климатическими колебаниями – похолоданиями и потеплениями. Во время похолоданий наблюдалось лёссонакопление на фоне криоаридных условий, а во время межстадиальных потеплений – почвообразование. Интерстадиальное почвообразование начальных этапов валдайского оледенения на Русской равнине представлено почвой крутицкого интерстадиала (MIS 5b) – верхнего члена полигенетического мезинского комплекса (MIS 5). Строение почвенного покрова этого этапа существенно отличалось от межледникового однообразием в проявлении процессов педогенеза с преобладанием гумусово-аккумулятивных. В это время наблюдалось общее ослабление структуры почвенной зональности – явление гиперзональности, свойственной как холодным ледниковым эпохам, так и интерстадиальным потеплениям [1; 2]. В составе однообразного по строению почвенного покрова преобладали бескарбонатные почвы черноземовидного и дернового генезиса.

В эпоху потепления брянского интерстадиала (MIS 3) преобладали почвы дерново-мерзлотно-глеевого генезиса. Основой дифференциации почвенного покрова была не термообеспеченность, а различия в увлажнении фациального порядка. Широтная зональность была выражена значительно слабее, чем в межледниково. Мерзлотные процессы владимирской криогенной фазы (MIS) существенно нарушили почвенный покров мелкими структурными деформациями, которые создали рельеф типа пятен-медальонов [1].

Противофазой микулинскому межледниково по своим природным условиям является эпоха, совпадающая с максимумом поздневалдайского похолодания в ранге оледенения. К этому времени произошла кардинальная перестройка в структуре природной среды с абсолютным преобладанием лёссонакопления на фоне криоаридных условий. На севере Европы существовал ледниковый покров. Еще более мощное развитие получила многолетняя мерзлота. Это был важнейший палеогеографический этап, определивший особенности ландшафтов и почвенного покрова в ряде районов Русской равнины, где был распространен микрорельеф, сходный с существующим ныне на северо-востоке Сибири и северной Якутии. В это время повсеместное развитие получили криогенные полигональные системы, сплошь покрывавшие междуречные простран-

ства. Климат этого времени характеризуется как экстрааридный, суровый. Завершение холодного полуцикла и переход к современному природно-климатическому макроциклу характеризуется резкими коротко периодичными колебаниями климата. Максимальные по своей амплитуде климатические колебания отмечались на границе между поздним неоплейстоценом и голоценом, когда за короткие промежутки времени, измеряемые сотнями лет, происходила перестройка от гиперзональных условий к зональным. Палеоботанические данные указывают на пульсирующий характер изменения растительности и климата в это время [1; 4].

Современный природно-климатический макроцикл, так же как и предыдущий, начался теплым полуциклом, межледниковьем – голоценом – и наступил вслед за завершением холодного этапа, континентальный литогенез и почвообразование которого подготовили материнские породы и отчасти рельеф для голоценового (современного) педогенеза. Он сопровождался резким переломом в развитии природной среды. Главной тенденцией изменения климата в первой половине голоцена является переход от холодных условий конца последнего оледенения к послеледниковому термическому максимуму. В течение голоцена, согласно детальным палинологическим и палеопедологическим исследованиям, наблюдались неоднократные мезомасштабные природные изменения и связанная с ними смена направлений педогенеза, которые в итоге привели к формированию ландшафтов в современном виде. Возрастные пределы его образования определяются сотнями и тысячами лет. Голоценовый возраст современных (дневных) почв Русской равнины подтверждает радиоуглеродное датирование. Возраст нижней части их гумусового профиля по  $^{14}\text{C}$  нередко достигает 6–7 тысяч лет, иногда 9,5–9,8 тысяч лет. При этом более древние датировки современных почв обнаруживаются в южной части равнины, где формирование их, по-видимому, началось раньше (~ на 2–3 тыс. л. н.) [5].

Детальные палеопедологические исследования, проведённые в последние десятилетия на территории бассейнов Днепра, Оки, Дона, Волги, Камы показывают, что формирование почвенного покрова, начатое на переходе от позднего неоплейстоцена к голоцену, происходило на фоне существенных изменений природной среды, носивших колебательно-направленный характер – от холодных перигляциальных условий позднеледниковых до условий с высокой теплотой и влагообеспеченностью в середине голоцена (атлантический период) и затем к более низкому уровню термообеспеченности настоящего времени. Такой общий тренд развития природного процесса подразделяется на этапы с весьма существенными изменениями ведущих факторов педогенеза, нашедших отражение в смене стадий почвообразования, признаки которых в отдельных случаях обнаруживаются в строении почвенных профилей, в возникновении предпосылок для формирования неоднородности ( пятнистости) современного почвенного покрова [2].

В начале голоцена (13–11,5 тыс. л. н.), со сменой климатических условий (потепление бёллинг – 12,4–12,0 тыс. л. н., кратковременное похолодание средний дриас – 12,0–11,8 тыс. л. н., потепление аллерёд -11,8–11,0 тыс. л. н.), наступает этап направленной деградации мерзлоты и общего преобразования

рельефа, приведший к формированию реликтового криогенного микрорельефа, что в дальнейшем существенно повлияло на последующую историю развития педогенеза в голоцене. В межстадиальные эпохи (бёллинг, аллерёд), при некотором смягчении климата, увеличивалась роль древесной растительности с господством берёзовых, сосновых, еловых лесов. Во время потепления аллерёд на суглинистых породах шло формирование слаборазвитых мерзлотных дерново-глеевых почв, а на песках – маломощных оподзоленных и дерново-глеевых почв. В холодные этапы (средний диас), в условиях усиления континентальности и аридности климата, активизировались процессы седиментогенеза, в частности лёссонакопления. Широкое распространение в перигляциальных районах получали безлесные ландшафты с преобладанием ксерофитных травянистых сообществ и тундровых группировок. В позднем дриасе (11,0–10,3 тыс. л. н.) наблюдается резкое похолодание, возврат криогенных процессов, господство степных ландшафтов [4].

Средний голоцен с теплым и влажным климатом в первой половине периода и несколько более холодным и сухим во второй характеризовался расширением площади широколиственных лесов с примесью буков и грабов, продвижением к северу степной зоны. Под ними шло формирование серых лесных и черноземовидных почв с хорошо развитым гумусовым профилем, присущих современным почвам, и интенсивным накоплением карбонатных новообразований. Под дубравами, с примесью грабов и буков на территории Окско-Донской равнины, происходило интенсивное оглинивание почвенного профиля [1; 2]. Со сменой климатических условий на протяжении пре boreала, бореала, начало атлантики (10,3–6 тыс. л. н.) наступает этап деградации мерзлоты, формирование реликтового полигонального, бугристо-полигонального, термокарстового микрорельефа, что в дальнейшем повлияло на структуру почвенного покрова и всю последующую историю педогенеза в голоцене. На протяжении всего этого этапа усиливается роль лесного почвообразования, при последовательной смене на отдельных участках хвойных, хвойно-широколиственных, широколиственных лесов на фоне степей. В середине атлантики (6–4,5 тыс. л. н.) фиксируется наиболее высокая теплообеспеченность, а в составе лесных ценозов появляется граб. В почвенном покрове термического максимума происходит формирование тёмноцветных гумусовых горизонтов хорошо развитых почв. По степени развития они не отличались от современных почв, но ареал их распространения располагался несколько севернее. Граница между лесом и степью (северная граница лесостепи) установилась на современном уровне и в дальнейшем не испытывала значительных перемещений [4].

В начале позднего голоцена наблюдается увеличение влажности на фоне некоторого похолодаия. В это время наблюдается деградация среднеголоценового гумусового профиля, от которого сохранилась лишь нижняя часть в виде второго гумусового горизонта. На последующих этапах голоцена, сведение лесов человеком способствовало распространению дернового процесса, в частности, явлению проградации черноземов. В период 4,5–2,5 тыс. л. н. по настоящему наблюдается дальнейшее усиление роли лесной растительности на фоне увлажненности климата [3; 4].

Итак, современное почвообразование является одним из этапов многослойного развития природного процесса, который в неоплейстоцене характеризовался резкими изменениями направленности и интенсивности педогенеза. На географию почв общий отпечаток наложили ландшафтно-климатические условия и процессы последнего поздненеоплейстоценового макроцикла. Их влияние прослеживается прежде всего в строении материнских пород. В строении же современного почвенного покрова встречаются признаки, возникшие уже после оптимума голоцене, отражающие процессы, связанные с общим похолоданием климата и антропогенным фактором.

### **Литература**

1. Величко А. А. Природный процесс в плеистоцене. М. : Наука, 1973. 256 с.
2. Глущанкова Н. И. Палеопедогенез в климатических циклах позднего неоплейстоцена и голоцена на Русской равнине // Известия РГО. 2015. Т. 147. Выпуск 1. С. 65–77.
3. Нейштадт М. И. История лесов и палеогеография СССР в голоцене. М. : Изд-во АН СССР, 1957. 404 с.
4. Хотинский Н. А. Голоцен северной Евразии. М. : Наука, 1977. 200 с.
5. Чичагова О. А. Радиоуглеродное датирование гумуса почв. М. : Наука, 1985. 155 с.

## **PALEOGEOGRAPHIC COMPONENT IN THE HISTORY OF THE FORMATION OF THE MODERN SOIL COVER ON THE RUSSIAN PLAIN**

**N. I. Glushankova**

*Moscow State University, Russia, Russian Federation*  
*ni.glushankova@mail.ru*

Modern soil formation is one of the stages of a complex development of the natural process, which in the Neo-Pleistocene was characterized by sharp changes in the direction and intensity of pedogenesis. The landscape and climatic conditions and processes of the last Late Pleistocene macrocycle left a general imprint on the geography of the soils. Their influence can be traced, first of all, in the structure of the parent rocks. In the structure of the modern soil cover, there are signs that appeared after the Holocene optimum, reflecting the processes associated with the general cooling of the climate and the anthropogenic factor.

## ОТРАЖЕНИЕ ЭВОЛЮЦИИ ЛАНДШАФТОВ В ПЕДОРЕЛИКТАХ ПЛЕЙСТОЦЕНА НА ВОСТОЧНО-ЕВРОПЕЙСКОЙ РАВНИНЕ

Н. И. Глущанкова, Т. Н. Воскресенская

Московский государственный университет им. М. В. Ломоносова  
Москва, Россия, ni.glushankova@mail.ru

Изучение эволюции природных процессов в плейстоцене издавна привлекает внимание исследователей. К настоящему времени накоплен значительный материал, полученный с помощью традиционных, теоретически обоснованных методов четвертичной геологии, сопряженного палеогеографического анализа новейших отложений. Он позволил провести реконструкцию последовательности событий в плейстоценовой истории Восточно-Европейской равнины [1; 2]. Не случайно, особая роль в правильном толковании развития и динамики природной среды в новейшее геологическое время, а также в решении общих стратиграфических и геохронологических, эволюционных вопросов лесовых областей отводится одному из наиболее ярких палеогеографических явлений – изучению ископаемых почв. Именно почвы и образуемые ими почвенные покровы, являясь природными телами и продуктом длительного функционирования и самоорганизации биосфера, непрерывно развивающихся процессов почвообразования, занимают фокусирующее положение в ландшафтной оболочке Земли. Им принадлежит наиболее важная роль в формировании всего природного комплекса, благодаря выполнению многочисленных и разнообразных функций в геосфере: литолого-геоморфологических, ландшафтно-геохимических и других.

Традиционно в качестве основных источников информации об эволюции и взаимодействиях биосфера и геосфера во времени на Земле рассматривались осадочные породы, их вещественные признаки, включая и палеонтологические, и археологические, и исторические сущности. Рассмотрение почвы как еще одного источника информации о таких взаимодействиях прошлого было заложено еще в трудах В. В. Докучаева, который называл почву зеркалом ландшафта, функцией факторов педогенеза. В отличие от осадочной, записывающей главные особенности процессов литогенеза, контролируемыми климатическими, биологическими и геологическими факторами (Н. М. Страхов, Е. В. Шанцер, и др.), почвенная запись осуществляется по своим собственным законам, далеко не зеркально, а скорее избирательно. Она зависит от экзогенного потенциала климата и биоты, от трансформационной способности материнских пород, от длительности процессов педогенеза, и от действия различных стирающих факторов. Способность почвенной системы запоминать, записывать в своих устойчивых свойствах, накапливать и передавать информацию об условиях и процессах своего формирования и дальнейшего изменения во времени (эволюции, деградации) рассматривается как «память почв», как еще одна фундаментальная и всеобщая функция почв и педосферы Земли, наряду с другими (биологической,

гидрологической и др.) [3]. Известное выражение В. В. Докучаева «почва – зеркало ландшафта», так же как и известная триада *факторы → процессы → свойства*, по существу формулировали именно эту особенность почв отражать в своих свойствах факторы и процессы, действовавшие на протяжении периода их формирования. Концепция памяти почв активно используется в палеогеографии и палеопочвоведении, где почвы, начиная с работ К. Д. Глинки, трактовались как отражения, «отпечатки» былых природных и природно-антропогенных обстановок и процессов.

Отход от представлений прямого актуализма в трактовке генезиса и географии почв позволил сформулировать более адекватные представления о сложных сочетаниях в почвах признаков разных возрастных генераций: унаследованных от материнских пород, от разных стадий развития и эволюции почв. Детальное изучение различных элементарных почвообразовательных процессов, в своих сочетаниях, определяющих тип почвообразования, с использованием широкого круга методов, существенно расширило перечень диагностируемых в палеопочвах процессов педогенеза, выветривания, педометаморфических изменений. Это послужило базовой основой для более детального факторно-генетического понимания процессов развития и эволюции почв в разнообразных палеообстановках плейстоцена и послужило основой для прогнозирования возможных изменений в поведении почв в почвенных покровах под влиянием различных изменений природной среды.

Исследование плейстоценовых почв в серии опорных разрезов ряда восточноевропейских страторегионов, отличающихся друг от друга строением лёссово-почвенно-криогенной формации и историей палеогеографического развития, позволило «прочесть» новейшую историю многих почв в почвенных покровах на территории бассейнов Днепра, Оки, Дона, Волги, Камы за последние ~ 0,8 млн лет. В плейстоценовой истории Русской равнины выделяется не менее девяти неодинаковых по продолжительности и различных по природно-климатическим условиям формирования эпох интенсивного педогенеза. Каждая из них отличалась присущими только ей особенностями строения почв, сочетанием генетических типов в автоморфных позициях рельефа, закономерностями их географического распространения. В раннем и среднем выделяются по три эпохи интенсивного педогенеза, относящихся к михайловскому времени, ильинскому, мучкапскому, лихвинскому, каменскому, горкинскому (роменскому) межледниковым, а в позднем плейстоцене, помимо эпохи педогенеза в микулинское межледниковые, выделяются две интерстадиальные эпохи почвообразования – крутицкая и брянская [2].

Межледниковый почвенный покров на протяжении плейстоцена формировался аналогично современному покрову, образуя сложный зональный спектр почв. Развитие его на водораздельных пространствах происходило в условиях лесных, лесостепных и степных ландшафтов преимущественно суббореального почвенно-климатического пояса (михайловское время, MIS 19) происходило на фоне достаточной тепла – и благообеспеченности и характеризовалось высокой интенсивностью сопровождавших его процессов. Широкое распространение имели гидроморфные ландшафты с олуговелыми почвами. В

почвенном покрове южной части равнины были развиты полигенетические красноцветные образования (балашовская эпоха педогенеза).

В почвенном покрове разных этапов ильинского межледниковых (~780–660 тыс. л. н., MIS 17), нашедших отражение в ржаксинском педокомплексе, были развиты черноземовидные прерийные, лугово-лесные почвы. Формирование их сопровождалось процессами гумусонакопления, лессиважа, оглинения, поверхностного оглеения. Основной фон почвенного покрова на востоке равнины составляли разности, близкие современным луговым и лугово-степным почвам.

В раннюю фазу формирования почвенного покрова в мучкапское межледниковые (~610–535 тыс. л. н., MIS 15), охарактеризованное в воронском педокомплексе почвами двух этапов оптимального почвообразования, преобладали бурые лесные лессивированные, прерийные, олуговелые, а на западе – буроземоподобные. Для формирования почв поздней фазы педогенеза, сопоставляемых с современными брюнземами, характерно сочетание процессов гумусонакопления, оглеения и признаков слабых элювиально-иллювиальных процессов на фоне значительной рубификации.

В почвенном покрове лихвинского межледниковых (~455–360 тыс. л. н., MIS-11), на территории древней лесной зоны в сложно построенном инжавинском педокомплексе, доминировали текстурно-дифференцированные почвы с элювиально-иллювиальным профилем; на территории лесостепи преобладали текстурно-дифференцированные оглиненные почвы с признаками лессиважа, древние аналоги бурых лесных лессивированных, выщелоченных черноземов. Заметную роль в их развитии играли процессы оглинивания *in situ* и аккумуляции карбонатов. Чертты полигенетичности с признаками усиления гумусообразования на более поздней стадии формирования наблюдаются в палеопочвах на территории бассейнов Оки, Верхнего Дона. На границе лесостепи и степи в почвенном покрове доминировали почвы, близкие современным черноземам.

Почвенный покров постлихвинской, каменской эпохи (~340–280 тыс. л. н., MIS 9), характеризуется преобладанием текстурно-дифференцированных почв в раннюю фазу развития, бурых лесных лессивированных в позднюю фазу педогенеза – на севере равнины. Ведущую роль в их формировании играл комплекс элювиально-иллювиальных процессов, к которому южнее присоединилось оглинивание *in situ* и гумусообразование. Основной фон почвенного покрова в центре и на востоке равнины составляли серые лесные, бурые лесные лессивированные, черноземовидные почвы луговых степей, выщелоченные черноземы.

В заключительную роменскую эпоху (~260–220 т. л. н., MIS 7) среднеплейстоценового почвообразования, в горкинское межледниковые, формировались почвы с монолитным профилем без признаков иллювиирования материала, в различной степени оглеенные и криотурбированные. Пространственная неоднородность почв, генетические особенности которых специфичны, менее отчетливо выражена по сравнению с почвами более древних среднеплейстоценовых эпох. На юго-западе равнины им свойственна значительная выветрелость

минеральной массы, оглинение, аккумуляция углекислых солей на фоне слабого гумусонакопления.

В позднем плейстоцене педогенез становится умеренным, относительно аридным и континентальным. В микулинское межледниковые (~130–70 тыс. л. н., MIS 5e) на значительной территории Восточно-Европейской равнины преобладало лесное суббореальное почвообразование, при активном участии процессов лессиважа, оглинения, поверхностного оглеения. Наблюдается значительное расширение к югу лесной зоны. Основной фон почвенного покрова в ней составляли почвы, возможные аналоги современных псевдоподзолистых почв, а на юго-западе – бурых лесных лессивированных, бурых лесных псевдо-глеевых почв. В лесостепи почвенный покров этого времени характеризуется сложным строением. Он представлен комбинациями западинных почв с резко дифференцированным по элювиально-иллювиальному типу профилем и почв лугово-черноземного генезиса. Степная зона была редуцирована, площадь ее сократилась вдвое. Она трансформировалась в лесостепь, а черноземовидные почвы занимали пространства на самом юге равнины. Генетические свойства, а также закономерности географического размещения почв микулинского межледниковых обнаруживают принципиальное сходство с современной эпохой.

Крутицкий интерстадиал является относительно теплой гиперзональной эпохой, характер и направление педогенеза которой были, вероятно, однотипны на значительных пространствах. Почвенный покров ранневалдайского интерстадиала (~65–54 тыс. л. н., MIS 5b), в составе которого преобладали почвы дерново-черноземного генезиса открытых остепненных ландшафтов, отличался монотонностью. В формировании своеобразных почв, аналоги которых в современном почвенном покрове отсутствуют, доминировали процессы гумусонакопления. В ранневалдайскую эпоху наблюдается деградация лесной зоны, ослабление структуры природной зональности, гомогенность в строении почвенного покрова, отражающие гиперзональный характер природной среды этого этапа позднего плейстоцена.

Брянский интервал (~45–25 тыс. л. н., MIS 3) является эпохой совершенно особого типа. В это время в почвенном покрове формируются дерново-мерзлотно-глеевые почвы континентального холодного климата с особой системой закономерностей географического размещения, отражающих провинциальные изменения увлажнения. Специфической чертой природных условий этой эпохи является полная деградация почв лесного генезиса как зонального элемента. В отличие от теплых межледниковых эпох и относительно теплых интерстадиальных, в холодные эпохи плейстоцена формирование полно профильных палеопочв не происходило.

Суммируя выше сказанное, можно заключить, что общие эволюционные изменения палеопочв в разновозрастных почвенных покровах, тесно связанные с кардинальными изменениями климата и биоты в плейстоцене и имеющие необратимый характер, заключались в последовательном смещении условий педогенеза и изменении генетических свойств от ранне – среднеплейстоценового, сходного с теплоумеренным, умеренно-теплым, умеренным до умеренного

межледникового в позднем плейстоцене и холодного континентального в завершающую эпоху интенсивного педогенеза на Восточно-Европейской равнине.

Формирование современного почвенного покрова, начатое в переходную эпоху от позднего плейстоцена к голоцену, происходило на фоне существенных изменений природной среды: от холодных перигляциальных условий позднеледниковья, до условий с высокой тепло- и влагообеспеченностью в середине голоцена, и к более низкому уровню термообеспеченности современного этапа.

### **Литература**

1. Величко А. А. Природный процесс в плейстоцене. М. : Наука. 1973. 256 с.
2. Глушанкова Н. И. Палеопедогенез и природная среда Восточной Европы в плейстоцене. Смоленск ; М. : Маджента, 2008. 348 с.
3. Таргульян В. О. Память почв: общие подходы к проблеме // Память почв. М. : Изд-во ЛКИ, 2008. С. 23–58.

## **REFLECTION OF LANDSCAPE EVOLUTION IN PLEISTOCENE PEDORELICTS ON THE EAST EUROPEAN PLAIN**

**N. I. Glushankova, T. N. Voscresenskaya**

*Moscow State University, Moscow, Russian Federation*  
*ni.glushankova@mail.ru*

The generalization of the materials of long-term paleopedological analysis and the results of a complex paleogeographic study of the reference sections of the Neo-Pleistocene of a number of loess regions of the East European Plain, which differ from each other in the structure of the latest deposits and the history of paleogeographic development, allowed us to identify the most complex dynamics of natural and climatic changes caused by the continuous successive change of 9 warm and relatively warm epochs (7 interglacial and 2 interstadial), 8 glaciations or cooling of glacial rank separating them. A complex sequence of landscape-climatic events can be traced within the interglacial epochs. Paleopedological materials on the Ilinsky, Muchkap, Likhvinsky, Kamensky, and Mikulinsky Interglacial zones indicate the existence of several phases of pedogenesis within their structure, corresponding to two or more optima.

## РАСПРЕДЕЛЕНИЕ МАКРО- И МИКРОЭЛЕМЕНТОВ В ДЕРНОВО-ПОДБУРАХ ЮГО-ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ ПРИМОРСКОГО ХРЕБТА (ИРКУТСКАЯ ОБЛАСТЬ)

Н. А. Жученко, И. Н. Лопатина, А. П. Чебыкин

Лимнологический институт СО РАН, Иркутск, Россия  
*zhna@lin.irk.ru*

Биогеоценозы особо охраняемых природных территорий (ООПТ) являются не только резерватами для сохранения флоры и фауны, но и выступают в качестве базы стационарных исследований для получения основных ресурсных характеристик естественных экосистем [6]. Прибайкальский национальный парк, образованный для сохранения природы западного побережья озера Байкал, включает в себя самый большой охраняемый участок береговой линии одного из мировых объектов культурного наследия ЮНЕСКО. Горная система Приморского хребта, составляющая основную часть территории национального парка, представляет особый интерес для исследования устойчивость естественных экосистем к опосредованному через атмосферу антропогенному влиянию. Восточный склон Приморского хребта обрывается крутыми скалами к оз. Байкал и представляет собой горно-таёжные ландшафты со светлохвойной растительностью и глубоко расчленённым эрозионным рельефом [1]. В исследовании Л. Л. Убугунова с соавторами [7] показано, что восточные склоны Приморского хребта формируют особую Прибайкальскую почвенно-экологическую провинцию, характеризующуюся многообразием почв: среднемощные, суглинистые, от слабокислых и нейтральных до слабощелочных, от умеренно и очень сухих до периодически недостаточно и умеренно увлажненных, от холодных длительно промерзающих до умеренно теплых, от среднего до невысокого естественного плодородия. Для этой провинции характерны контрастные параметры тепло- и влагообеспеченности, различные типы растительности, неоднородность литологического строения, что делает территорию восточных склонов Приморского хребта модельной площадкой для исследования устойчивости естественных экосистем с различными ботаническим составом и почвенными условиями к разным типам антропогенного влияния.

Для данного исследования был выбран район пос. Большие Коты, характеризующийся благоприятными условиями окружающей среды с очаговыми антропогенными воздействиями [3], находящийся в зоне атмосферного влияния Иркутско-Черемховского промышленного узла [8]. В геологическом строении почвообразующие породы представлены Слюдянским комплексом, сложенным биотитовыми, биотитово-роговообманковыми, роговообманковыми средне-, крупнозернистыми, местами порфировидными гранитами, гранодиоритами, кварцевыми диоритами. По днищам падей распространены четвертичные делювиально-пролювиальные отложения, состав которых находится в прямой зависимости от характера подстилающих пород и представлен глинами, галечниками, песками, дресвой, щебенкой и глыбами [2]. По геохимическому районирова-

нию исследуемая территория расположена на границе областей: Предсаянской литофильной и Приморской литофильной золото-редкометалльной [3]. Проявление литохимических потоков рассеяния не выявлено, что позволяет рассматривать окрестности пос. Большие Коты как фоновый геохимический участок.

Целью данного исследования стало установление геохимического фона в распределении макро- и микроэлементов в профиле дерново-подбров юго-западной части Приморского хребта, наиболее распространённом типе почв средне- и низкогорного Приморского округа Прибайкальской почвенно-экологической провинции. Для оценки вариативности содержания макро- и микроэлементов в дерново-подбруах в зависимости от экспозиции склонов было заложено 11 разрезов по падям Чёрная, Жилище и Котинка вблизи подножий склонов под естественной растительностью. Отбор проб выполнен по генетическим горизонтам почв.

Почвы исследуемого района пос. Большие Коты относятся к отделу альфегумусовых почв, типу дерново-подбров, подтипу иллювиально-железистых дерново-подбров. Формула почвенного профиля – (O)-AY-(BF<sub>hi</sub>)-BF<sub>1</sub>-(hh)-BF<sub>2</sub>-C. Дерновый горизонт О мощностью 3–5 см встречается под развитой травянистой растительностью с проективным покрытием 100 %. Переходный от гумусового к иллювиальному горизонт BF<sub>hi</sub> выделяется в отдельный горизонт в тех случаях, когда в полевых условиях визуально диагностируются языковатые гумусовые потёки сероватого цвета. В ряде почвенных профилей выделен погребённый гумусовый горизонт разного генезиса: от затёка верхнего гумусового горизонта в разрезе ВК 1-2013 до погребённых ориентированно в результате схода селевых потоков дневных поверхностей в разрезах ВК 3-2013 и 4-2013. Горизонт BF<sub>1</sub> отличается от нижележащего BF<sub>2</sub> более яркими оттенками бурого цвета и меньшей плотностью. По классификации Шишова с соавторами [4] уточнены следующие характеристики: род – бескарбонатные; вид – мелкие, разновидность – среднесуглинистые, средне и сильно скелетные, разряд – со среднеразвитым профилем.

Определение макро- и микроэлементного состава в лаборатории гидрохимии и химии атмосферы в соответствии с методическими указаниями [5]. ИСП-МС анализ выполнен в ЦКП «Ультрамикроанализ» ЛИН СО РАН на квадрупольном масс-спектрометре Agilent 7500ce. Восемь макроэлементов представлены на рис. 1–3 и даны в процентах в форме оксидов – Na<sub>2</sub>O, K<sub>2</sub>O, CaO, MgO, TiO<sub>2</sub>, MnO, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> и P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>; пятнадцать микроэлементов представлены на рис. 4 и даны в мг/кг воздушно-сухой почвы – Li, Be, B, V, Cr, Co, Ni, Cu, Zn, As, Mo, Cd, Sn, Hg и Pb. Отмечено сходство макроэлементного состава гумусового горизонта АY и погребённого горизонта [hh] в почвенном разрезе ВК 1–2013, что свидетельствует в пользу гипотезы о затёке верхнего гумусового горизонта в результате криогенных явлений. Погребённые гумусовые горизонты [hh] в почвенных разрезах ВК 3-2013 и ВК 4-2013 имеют отличный от современного гумусового горизонта АY макроэлементный состав. В целом, макроэлементный состав дерново-подбров характеризуется относительным увеличением вниз по профилю содержания натрия, калия, магния и титана, незначительным снижением с глубиной содержания марганца, относительно постоянным составом по кальцию и резким накоплением железа в иллювиальном гори-

зонте  $BF_1$ . По микроэлементному составу отмечено три вариации распределения химических элементов по почвенному профилю: 1) с увеличением содержания от поверхности к почвообразующей породе ( $Be$ ,  $Co$ ,  $Ni$ ,  $Cr$ ,  $V$ ); 2) с уменьшением содержания от поверхности к почвообразующей породе ( $B$ ,  $Mo$ ,  $Cd$ ,  $Zn$ ,  $Pb$ ,  $Hg$ ); 3) с относительным постоянством по всему почвенному профилю ( $Sn$ ,  $Li$ ,  $Cu$ ,  $As$ ).

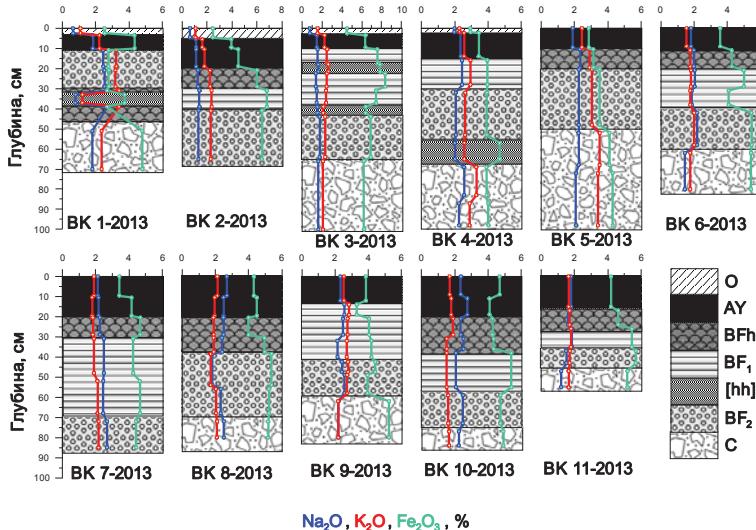


Рис. 1. Распределение щелочных металлов и железа в почвенных профилях дерново-подбров пос. Большие Коты, %

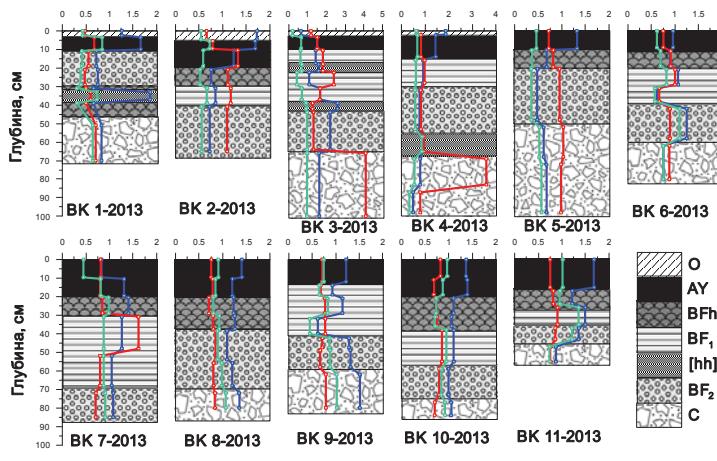


Рис. 2. Распределение щелочно-земельных металлов и титана в почвенных профилях дерново-подбров пос. Большие Коты, %

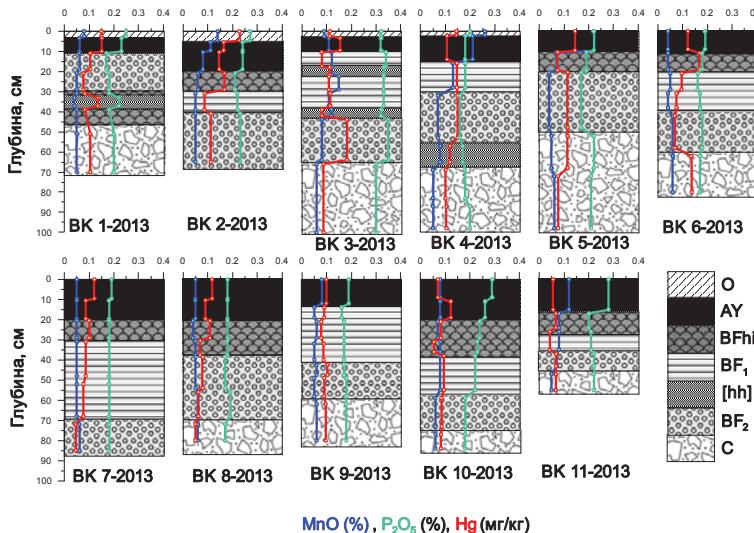


Рис. 3. Распределение ртути в мг/кг и окислов марганца и фосфора в % в почвенных профилях дерново-подбров пос. Большие Коты

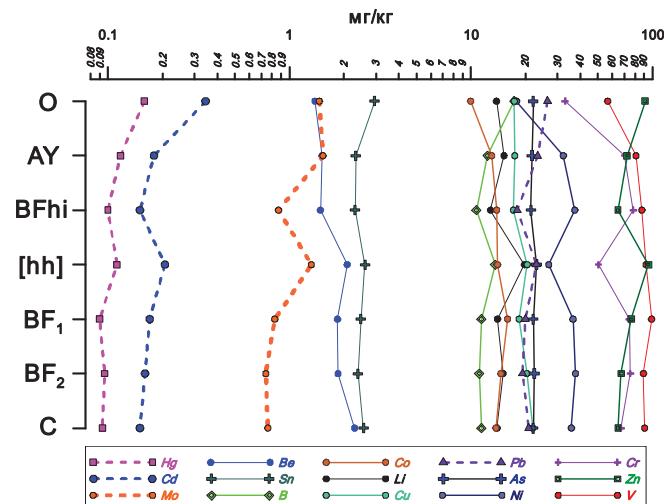


Рис. 4. Распределение микроэлементов в гипотетическом почвенном профиле дерново-подбров пос. Большие Коты, мг/кг. Содержание микроэлементов усреднено по типам генетических горизонтов

Таким образом, в дерново-подбровах исследуемого района установлены следующий макроэлементный состав: 3–5,5 %  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , 1,0–2,2 %  $\text{Na}_2\text{O}$ , 1,5–2,6 %  $\text{K}_2\text{O}$ , 0,9–1,7 %  $\text{CaO}$ , 0,5–0,8 %  $\text{MgO}$ , 0,8–1,3 %  $\text{TiO}_2$ , 0,20–0,26 %  $\text{P}_2\text{O}_5$ , 0,06–0,14 %  $\text{MnO}$ . Содержание ртути и кадмия определяется  $n \cdot 10^{-1}$  мг/кг, содержание

молибдена, бериллия и олова –  $n$  мг/кг, содержание остальных десяти определяемых в данном исследовании микроэлементов –  $n \cdot 10$  мг/кг.

*Работа выполнена при поддержке государственных заданий ЛИН СО РАН № 0279-2021-0005 и № 0279-2021-0014.*

### **Литература**

1. Байкал (атлас) / ред. Г. И. Галазий. М. : Изд-во Федер. службы геодезии и картографии России, 1993.
2. Государственная геологическая карта России (ГГК-200). Лист М-48-IV. Масштаб 1:200 000. 1973. [http://www.geokarta.ru/list\\_200.php?idlist=M-48-IV](http://www.geokarta.ru/list_200.php?idlist=M-48-IV).
3. Иркутская область: экологические условия развития (атлас) / под ред. В. Воробьёва. М. : Иркутск, 2004. 92 с.
4. Классификация и диагностика почв России / Л. Л. Шишов, В. Д. Тонконогов, И. И. Лебедева, М. И. Герасимова. Смоленск : Ойкумена, 2004. 342 с.
5. ПНД Ф 16.1:2.3:3.11-98 (изд. 2005 г.). Методика выполнения измерений содержания металлов в твердых объектах методом спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой.
6. Почвы заповедников и национальных парков Российской Федерации. М. : Фонд «Иносфера» – НИА-Природа, 2012. 476 с.
7. Районирование почв бассейна озера Байкал: экологический подход / Л. Л. Убугунов, И. А. Белозерцева, В. И. Убугунова, А. А. Сороковой // Природа Внутренней Азии. 2019. № 2(11). С. 40–59. <https://doi.org/10.18101/2542-0623-2019-2-40-59>.
8. Shikhovtsev M. Yu., Molozhnikova Y. V. Inter-annual dynamics of regional and trans-boundary transport of air masses of the Baikal region for 2010–2018 // Proceedings of SPIE. 2020. N Art. 1156061. P. 1–8. <https://doi.org/10.1117/12.2574735>.

### **DISTRIBUTION OF MACRO- AND MICRO-ELEMENTS IN THE SOD PODBURNS OF THE SOUTHWESTERN PART OF THE PRIMORSKY RANGE IRKUTSK REGION)**

**N. A. Zhuchenko, I. N. Lopatina, F. P. Chebykin**

*Limnological Institute of the SB RAS, Irkutsk, Russian Federation*  
*zhna@lin.irk.ru*

11 soil profiles were laid in the vicinity of the Bolshiye Koty settlement. Sampling was carried out on the genetic horizons of the soil. Soils of the study area belongs to the department of alfehumus soils, the type of sod podburs, the subtype of illuvial-ferruginous sod podburs. The soil profile formula is (O) -AY- (BFhi) -BF<sub>1</sub>- (hh) -BF<sub>2</sub>-C. Macro- ( $\text{Na}_2\text{O}$ ,  $\text{K}_2\text{O}$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{MnO}$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , and  $\text{P}_2\text{O}_5$ ) and microelement (Li, Be, B, V, Cr, Co, Ni, Cu, Zn, As, Mo, Cd, Sn, Hg, and Pb) composition was analyzed by ICP-MS method. In general, the macroelement composition of sod podburs is characterized by 1) a relative increase down the profile in the content of sodium, potassium, magnesium, and titanium, 2) a slight decrease with depth in the content of manganese, 3) a relatively constant composition of calcium, and 4) a sharp accumulation of iron in the illuvial horizon BF<sub>1</sub>. The macroelement composition is characterized by 3,0–5,5 %  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , 1,0–2,2 %  $\text{Na}_2\text{O}$ , 1,5–2,6 %  $\text{K}_2\text{O}$ , 0,9–1,7 %  $\text{CaO}$ , 0,5–0,8 %  $\text{MgO}$ , 0,8–1,3 %  $\text{TiO}_2$ , 0,20–0,26 %  $\text{P}_2\text{O}_5$ , 0,06–0,14 %  $\text{MnO}$ . The content of mercury and cadmium is determined by  $n \cdot 10^{-1}$  mg/kg, the content of molybdenum, beryllium and tin is  $n \cdot 10^0$  mg/kg, the content of the other ten trace elements determined in this study is  $n \cdot 10$  mg/kg.

## ОЦЕНКА ЭРОЗИИ ПОЧВ В ЗАПОВЕДНОЙ ЗОНЕ ЛИВАНА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СИСТЕМЫ ГИС И USLE

А. Зракет<sup>1</sup>, А. Б. Невзорова<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*Ливанский университет, Бейрут, Ливан, zaraketahmad@gmail.com*

<sup>2</sup>*Белорусский государственный университет транспорта  
Гомель, Республика Беларусь, anevzorova@bsut.by*

Почвенная эрозия является одной из десяти основных угроз состоянию почв, определенных в докладе года Глобального симпозиума по эрозии почв, проведенного 15–17 мая 2019 г. Она определяется как ускоренный снос верхнего слоя почвы с поверхности земли вследствие действия воды, ветра и вспашки.

Одна из глобальных целей устойчивого развития ЦУР 15 направлена на оптимизацию систем природоохраных и особо охраняемых территорий, внедрение экономических механизмов сохранения и устойчивого использования биологического и ландшафтного разнообразия [1]. В ней определен значимый для экологической политики большинства стран мира – показатель эрозии почв, который позволяет оценить состояние земельных угодий, подверженных эрозии почв под воздействием ветра и воды. Эрозия почв является острой проблемой для разных стран, но она выражается по-разному, например, для Беларуси или Ливана.

По данным [2; 3] общая площадь эродированных и эрозионноопасных почв на сельскохозяйственных землях в Беларуси составляет более 4,0 млн га, из них доля водной эрозии на этих землях составляет 84 %, а ветровой – 16 %. Проявление эрозионных процессов в республике имеет региональные особенности. В северной и центральной почвенно-географических районах наиболее активно протекают вводно-эрэзионные процессы. В южных районах Республики Беларусь (так называемом Полесье), где осуществлена осушительная мелиорация и преобладают осушенные торфяные почвы, заметное развитие получили процессы ветровой эрозии.

В то же время в Ливане существуют проблемы эрозии на горных территориях, где практически отсутствует защита почвенного покрова укрепляющей полосой лесонасаждений [4]. В частности, на юге Ливана во многих районах было известно о потерях неукрепленных почв в результате водной и ветровой (в меньшей степени) эрозии. Этот процесс может быть вызван не только природными явлениями, но и под воздействием антропогенных факторов. В зависимости от почвы, местного ландшафта и погодных условий она может протекать по времени длительно или очень быстро [5; 6].

Цель работы – установить причины и следствия эрозийного потенциала в заповедной зоне Wadi Al Houjeig на юге Ливана с использованием ГИС-технологий и USLE.

Методология выполнения работы основывается на моделях количественной оценки эрозии:

– универсального уравнения потери почв (USLE), которые вывели американские ученые Уишмейер и Смит [7], для оценки эрозии почв  $A$  (т/га) в результате воздействия дождевых капель и поверхностного стока, которое учитывает шесть факторов:  $R$  – величина коэффициент учитывающей влияние атмосферных осадков (эрозионный индекс дождей);  $K$  – эродируемость почвы;  $L$  – коэффициент длины геометрического уклона;  $S$  – крутизну склона;  $C$  – тип почвы (севооборот);  $P$  – практику сохранения и охраны почв:

$$A = R \cdot K \cdot L \cdot S \cdot C \cdot P.$$

– модифицированного метода прогнозирования эрозии почвы и ее последствий для моделирования ресурсов окружающей среды бассейна источника для оценки влияния на эрозийных механизм [8].

*Географическое описание местности.* Заповедник Вади Аль-Хужейра (Wadi Al Houjeir) площадью 26 км<sup>2</sup> находится на территории Южного Ливана с буферной зоной 50 м на границах. Расположен в дер. Каакайят Эль-Джиср, в нижней части города Набатия, на берегу р. Литани, до г. Айтарун в районе Бинт-Джбейль (рис. 1). Заповедник покрыт дубовыми лесами и валонией.

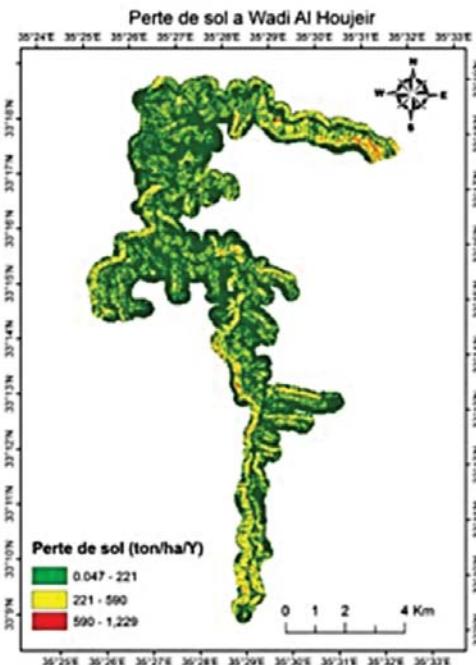


Рис. 1. Карта заповедника Вади Аль-Хужейра

*Методология.* В качестве рабочего материала были использованы данные, полученные из Национального центра дистанционного зондирования Ливана NCRS (National center for remote sensing). На основе полученных данных

были составлены тематические карты формата шейп-файла в качестве ГИС-слоя в программе ArcGis для расчета скорости эрозии в районе Вади-Аль-Хоуджейра по универсальному уравнению потерь почвы.

Использовали платформу ArcGis, позволяющая организациям создавать, управлять, совместно использовать и анализировать пространственные данные ([www.ArcGIS\\_for\\_Developers](http://www.ArcGIS_for_Developers) в 2018 г.). Для управления картами применялись следующие инструменты: кривые уровней; осадки; реки; текстура почвы; процент органического вещества почвы; назначение земли.

По полученным данным CNRS проведены расчеты коэффициента эрозии дождя и стока; уточнена текстура почвы и выявлен коэффициент эрозии почвы К для каждой текстуры; коэффициент С, отражающий влияние растительного покрова, культур, и практики управления землей на скорость эрозии.

*Результаты и обсуждение.* Установлено, что высоты в регионе Вади-Аль-Хоуджейр колеблются от 100 до 750 м, что следует из карты кривой уровней и модели DEM. Индекс компактности находится в пределах 2,2.

Реки долины ограничены двумя основными реками, рекой Литани и рекой Аль-Хужейр. Долина представляет собой обширную природную зону, весьма разнообразную по своему естественному и историческому содержанию человека. На ней встречаются широкие лесные площади различных видов, зоны с травянистой растительностью и другие сельскохозяйственные районы.

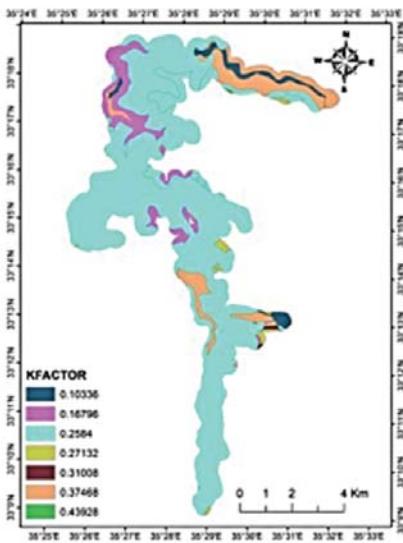
Приведем основные значения параметров универсального уравнения для долины. По карте осадков установлено, что среднегодовое количество осадков в исследуемом регионе составляет 700–900 мм в зависимости от различных высот и топографических критериев. Пространственное распределение индекса агрессивности дождей  $R$ , результирующие значения которого можно привести к двум классам по осадкам – 2280 (1) и 2788 (2) МДж мм/га ч у.

Заповедник, простирающийся на большой площади, содержит большое количество классов и подклассов почвы, которые могут быть сгруппированы в пять типов текстур: глинистые, песчано-глинистые, супесчаный суглинок, суглинистые и песчаные.

Органическое вещество в почвах заповедника колеблется от 0,6 до 10,3 %.

Полученные значения коэффициента эродируемости почвы К выстраиваются в три класса: первый класс зеленого цвета является основным классом и включает значения от 47 до 221 т/га/год, второй – показанный на карте, от 221 до 590 т/га/год; минимальный по площади третий класс – включает очень большие значения от 590 до 1229 т/га/год.

Значения показывают большое количество потерь почвы ежегодно на внутренних склонах заповедника, а не на окраинах (рис. 2). Это связано с тем, что эрозия почв происходит быстрее на более сильных склонах из-за повышенной потенциальной энергии, связанной с подъемом массы почвы над точкой отсчета, и увеличением скорости для поверхностного потока.



**Figure 11: Facteur K dans Wadi AL Houjeir**

Рис. 2. Карта потери почвы в заповеднике Вади-аль-Хоуджейре

Чтобы объяснить полученные значения качественно, а не количественно, мы рассмотрим топографический фактор  $L \cdot S$ , вызывающие изменчивость этих значений в зависимости от градиента эрозии.

Во-первых, следует отметить, что практическая поддержка, направленная на предотвращение или минимизацию эрозии почвы в заповеднике, с одной стороны является нулевой из-за сильной топографии, а с другой стороны, очень длительная израильская оккупация помешала работать на этих землях.

На карте показаны самые низкие значения потери почвы в периферийных районах, особенно там, где склоны менее  $9^{\circ}$  с хорошим растительным или кустарниковым покровом.

Два господствующих зеленых и желтых класса переплетаются между собой таким образом, что даже высокие значения на высотах и в окрестностях рек и, возможно, в районах с острыми склонами до  $36^{\circ}$ . Эти районы представляют собой почти весь заповедник, где предотвращающие эрозию характеристики типа почв С, такие как высокий процент органического вещества, лесной покров в нескольких частях и глинистая текстура, не смогли справиться с сильными склонами и тем фактом, что глина обычно после насыщения водой становится непроницаемой и предотвращает непрерывное проникновение в почву, поэтому поток воды будет все больше и больше, способствуя эрозии почвы. Тем не менее глубина почвы в этих районах достигает примерно 113 см и достигает 150 см в тех частях, где накапливаются почвы, привезенные из высокогорий.

горных районов в низшие районы. Что касается третьего класса красного цвета или эрозивного градиента, который является самым высоким в диапазоне от 590 до 1229 то/га/год, то эти значения можно отнести к очень акцентированным значениям склонов в этих районах, которые могут достигать 70°.

Кроме того, этот минимальный класс по наличию встречается в заповеднике в районах скальных обнажений или пустырей, что можно считать завышением по расчетным соображениям в соответствии с принятым алгоритмом расчета значений склона и его длины, требующим большей практической работы по их коррекции для получения точных значений.

Важно также отметить, что районы последнего класса являются частями заповедника где преимущественно находятся почвы суглинка, способствующие повышенной скорости эрозии склонов из-за их структуры.

### **Заключение и рекомендации**

Согласно результатам исследований, эрозия почвы в заповеднике Вади-Аль-Хужейр считается большой угрозой для его существования. Высокие значения, полученные в результате применения USLE, могут рассматриваться как предварительная оценка качественных условий по эрозивному потенциалу в регионе, чтобы показать, как эрозия почвы варьируется в разных частях заповедника и разработать в соответствии с этим почвенно-защитные мероприятия.

В Вади-аль-Хоуджейре визуально можно отметить опустынивание склонов в некоторых горных районах с высоким уклоном из-за высокой скорости эрозии. Однако заповедник имеет большое количество областей, имеющих хороший растительный покров и в своем большинстве глинистую почву, что может сдерживать водную и ветровую эрозию, если применять практические работы по охране и сохранению почвы. Предварительные выводы по моделированию эрозии будут подтверждены в дальнейшем экспериментальной работой по проверке численных результатов и надежности карт по всем изученным параметрам. Для этого необходимо провести более детальное картографирования заповедника, чтобы свести к минимуму ошибки в теоретическом расчете потери почвы и провести более глубокое изучение геологии региона с учетом новых климатических данных для более полного понимания механизма эрозии в заповеднике.

### **Литература**

1. Цели в области устойчивого развития. Цель 15: Защита и восстановление экосистем суши, и содействие их рациональному использованию, рациональное лесопользование, борьба с опустыниванием, прекращение и обращение вспять процесса деградации земель и прекращение процесса утраты биоразнообразия. URL: <https://www.un.org/sustainabledevelopment/ru/biodiversity/>
2. Клебанович Н. В., Прокопович С. Н., Сазонов А. А. Интерактивное создание цифровых производных тематических карт на основе слоя «почвы» земельных информационных систем Республики Беларусь // Журнал Белорусского государственного университета. География. Геология. 2017. № 1. С. 121–129.
3. Лапа В. В., Матыченков Д. В., Азаренок Т. Н. Информационная система учета динамики и прогноза свойств почвенного покрова // Почтоведение и агрохимия. 2019. № 2(63) Июль – декабрь. С. 7–14.

4. Francis Roger. Status of Soil Resources in Lebanon. [http://www.fao.org/fileadmin/us-er\\_upload/GSP/docs/Presentation\\_NEMA\\_Inception/Francis\\_Lebanon.pdf](http://www.fao.org/fileadmin/us-er_upload/GSP/docs/Presentation_NEMA_Inception/Francis_Lebanon.pdf)
5. Hussein Ali, Jaber Al. Estimation Rainfall-Runoff Erosivity Factor of RUSLE Equation in the Euphrates River Watershed by GIS Modeling RUSLE // Journal University of Kerbala. 2018. Vol. 16, N 1.
6. Kheir R. B., Cerdan O., Abdallah C. Regional soil erosion risk mapping in Lebanon // Geomorphology. 2006. Vol. 2, Is. 3-4. P. 347–359.
7. Renard K. G., Foster G. R., Weesies G. A., McCool D. K., Yoder D. C. Predicting Soil Erosion by Water: A Guide to Conservation Planning with the Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE). Agriculture ReSearch Service, Page 75 United States Department of Agri,” 1997.
8. Модифицированный метод прогнозирования эрозии почвы и ее последствий / Ю. П. Сухановский, А. В. Прущик, С. И. Санжарова, Ю. А. Соловьева // Земледелие. 2016. № 2. С. 29–32.

## ASSESSMENT OF SOIL EROSION IN THE PROTECTED AREA OF LEBANON USING THE GIS SYSTEM AND USLE

**A. Zaraket<sup>1</sup>, A. B. Neuzorava<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> *Livan University, Beirut, Lebanon, zaraketahmad@gmail.com*

<sup>2</sup> *Belorus State University of Transport, Gomel, Belarus, anevzorova@bsut.by*

The results of theoretical studies to determine the causes and consequences of the erosion potential of USLE in the Wadi Al Houjeir protected area in southern Lebanon with the use of GIS technologies and the universal equation of soil loss are presented. It is established that the soil erodability coefficient K in the study area has three classes: I-from 47 to 221 t / ha / year, II – from 221 to 590 t/ha/year; III-from 590 to 1229 t/ha/year. It is shown that a large number of soil losses occur annually on the inner slopes of the reserve. The high values obtained as a result of the USLE application can be considered as a preliminary assessment of the qualitative conditions for the erosive potential of the territory in order to develop soil protection measures for different parts of the reserve.

## ЭФФЕКТИВНОСТЬ ВЕРМИГУМАТА ПРИ ВЫРАЩИВАНИИ РЕДИСА

Каллас Е. В., Глибина Н. С.

Национальный исследовательский Томский государственный университет  
Томск, Россия, lkallas@sibmail.com

Применение вермитехнологий с экологической точки зрения является перспективным, поскольку, с одной стороны, позволяет решить остро стоящую глобальную проблему ХХI в. утилизации отходов жизнедеятельности человека, а с другой стороны, повысить продуктивность пахотных почв, подверженных многим деградационным процессам, приводящим к резкому снижению их плодородия. Истощение почв в первую очередь связано с дегумификацией. Гумус, являясь ценнейшим компонентом почвы, определяет не только количество элементов питания растений, но и физические, физико-химические, биологические свойства почв. Механизм действия гумусовых веществ на почвенное плодородие сложен. Известно, что гуминовые кислоты влияют на обмен веществ в растениях, активизируют деятельность микроорганизмов и окислительных ферментов, усиливающих энергетический обмен в клетках живых организмов. При этом увеличивается сопротивляемость растений к болезням, возрастает устойчивость к заморозкам, повышается поглощение элементов питания растениями и их продуктивность. Кроме этого гуминовые кислоты обладают мощной сорбционной способностью, что снижает токсическое действие тяжелых металлов на растения. В связи с этим поиск наиболее рациональных и экономически выгодных путей решения агрэкологических проблем является актуальным.

Цель настоящего исследования – изучить свойства вермикомпоста, полученного на основе пищевых отходов, и выявить влияние вермигумата на урожайность редиса в условиях микроделяночного полевого опыта.

*Объекты и методы исследования.* Объектами исследования явились:

1) вермикомпост, полученный методом переработки (в течение 8 месяцев) пищевых отходов (кожура бананов, моркови, свеклы, остатки фруктов, кабачков, тыквы, а также чай и кофе) калифорнийским червем *Eisenia Andrei Bouche* по технологии «домашних контейнеров» в лабораторных условиях;

2) вермигуматы, представленные гумусовыми соединениями, экстрагированными из вермикомпоста 0,02n NaOH;

3) агросерая почва, на которой проводился полевой опыт;

4) тест-культура – редис раннеспелого сорта «Нота» (от всходов до сбора урожая 18–20 дней).

Изучение свойств вермикомпоста и агросерой почвы проводилось по общепринятым в почловедении методам и методикам, качественный состав гумуса – по И. В. Тюрину в модификации В. В. Пономаревой и Т. А. Плотниковой [3].

Полевой опыт включал контроль (полив чистой водой) и вариант с поливом вермигуматом (4 мл на 200 мл воды, разведение 1:50, концентрация углерода в полученном растворе составила 0,1 %). Повторность опыта 3-кратная. Размер делянок 1 м<sup>2</sup>. Посев семян (по 0,5 г на каждую делянку) проводился 06.07.2019. Редис на трех контрольных делянках поливался водой, на остальных трех – раствором вермигумата с периодичностью 2–3 дня, начиная от момента посева (бороздки с семенами были также хорошо пролиты этим препаратом). В конце эксперимента учитывались количество и масса корнеплодов с каждой делянки.

### **Результаты исследования и обсуждение**

Агресарая почва, используемая в полевом опыте, является хорошо окультуренной: среднесуглинистый гранулометрический состав, близкая к нейтральной реакция почвенного раствора (рН 6,54), содержание гумуса 6,42 %, валового азота 0,25 %, валового фосфора 0,28 %, поглощенных оснований 41 мг-экв/100 г. В составе гумуса доминируют гуминовые кислоты (26 % от С<sub>общ</sub>), С<sub>гк</sub>:С<sub>фк</sub> = 1,11.

Вермикомпост, полученный путем переработки пищевых отходов, характеризуется высоким содержанием органического углерода (23 %, в пересчете на гумус – 46 %), элементов питания растений (азот валовой 2,13 %, легкогидролизуемый 345 мг/100 г, фосфор валовой 0,63 %, подвижный 500 мг/100 г), щелочной реакцией среды (рН 9,18). Абсолютное содержание гуминовых кислот, наиболее ценного компонента удобрения, достигает 8 % (33 % от общего органического углерода), тип гумуса гуматный (С<sub>гк</sub>:С<sub>фк</sub> = 2,29). В составе фракций этой группы веществ доминируют гуматы кальция [8]. Именно гуминовые кислоты имеют важнейшее значение в повышении продуктивности культурных растений, поскольку обладают ростостимулирующим эффектом, повышают биологическую (ферментативную в том числе) активность почв, улучшают пищевой, водно-воздушный режимы, оптимизируют физико-химические свойства почв. В проведенном эксперименте изучалась эффективность препарата гуминовых кислот, извлеченных из вермикомпостов, полученных путем переработки пищевых отходов.

Результаты наблюдений за всхожестью редиса показали широкое варьирование по повторностям. На 4-е сутки после посева на контрольных делянках количество всходов составляло 13–22 шт. (16,3±4,03), в варианте опыта – 15–31 шт. (21,7±6,8, что на 33 % больше). Это свидетельствует об увеличении энергии прорастания семян на фоне вермигуматов. Использованное органическое удобрение оказывало и ростостимулирующее влияние. Растения на делянках, поливаемых вермигуматом, в течение всего периода вегетации были более развитые и крепкие и заметно отличались от посевов на контрольных делянках.

Анализ научной литературы, посвященной вермикомпостам, полученным на основе переработки различных органических продуктов (навоза КРС, свиней, птичьего помета, отходов целлюлозно-бумажной промышленности, растительных остатков и др.), свидетельствует чаще всего о его высокой эффективности при выращивании различных культур, но есть публикации, указывающие на незначительный прирост урожайности и даже отрицательные результаты.

Это связано с различными свойствами как самих удобрений, полученных на разных субстратах, так и свойствами почв, на которых они применялись, особенностями культур, а также с приемами внесения (непосредственно вермикомпости, поливы вермичаем, вермигуматами и др.) и дозами этих удобрений. Так, например, соя не проявила отзывчивости на внесение в почву биогумуса в дозе 5–6 кг/м<sup>2</sup> [5], рост сорго слегка подавлялся при внесении в почву 20 % вермикомпоста [7], редис рос лучше на традиционном компосте, чем на вермикомпостированных отходах [9], высокие дозы гуминовых кислот из разных видов вермикомпостов или полная замена субстрата вермикомпостированным свиным навозом отрицательно влияли на рост томатов и огурцов [6]. Но в большинстве случаев эффект от применения вермикомпостов и препаратов на его основе положительный и часто высокий: урожайность картофеля (сорт «Арамис») на фоне внесения вермикомпоста в дозе 5–6 т/га возросла на 51 % в условиях Красноярской лесостепи [1] и на 26 % (сорт «Невский») в Алтайском Приобье [2], при внесении биогумуса в количестве от 1,5 до 3 т/га в почвы Павлодарской области (Казахстан) прибавка урожая пшеницы составила 36–38 %, гороха – 31–35 %, гречихи – 43–56 % [4]. Эти и многие другие материалы свидетельствуют о необходимости проведения научных исследований, направленных на выявление оптимальных доз вермикомпостов, полученных на тех или иных органических субстратах, и препаратов на их основе, при использовании их на разных почвах и под разные сельскохозяйственные культуры.

Результаты настоящих исследований, проведенные на агросерой почве в условиях подтаежной зоны Сибири (Томская область), показали, что поливы редиса вермигуматами оказывают ростостимулирующее влияние и усиливают развитие корнеплодов. Так, количество их на контрольных делянках составило в среднем 47±4 шт., а в варианте с вермигуматами – 56±5 шт. Масса плодов на фоне поливов водой с делянки площадью 1 м<sup>2</sup> была 580±67,9 г, на фоне поливов раствором вермигумата – 825,4±18,4 г, что на 42 % превысило урожайность на контроле.

### **Заключение**

Вермигуматы, полученные из вермикомпостов на пищевых отходах, повышают энергию прорастания семян редиса, стимулируют рост и развитие этой культуры, существенно увеличивая ее урожайность (на 42 %), что связано с положительным влиянием на физиологические процессы в растениях и оптимизацией пищевого режима почвы. Для выявления возможно более высокой эффективности вермигуматов при выращивании редиса требуется проведение дополнительных исследований с разными дозами этого препарата.

### **Литература**

1. Бутенко М. С. Применение биогумуса при выращивании картофеля на черноземе выщелоченном // Инновационные тенденции развития российской науки: материалы X Международной научно-практической конференции молодых ученых, посвященной Году экологии и 65-летию Красноярского ГАУ, 22–23 марта 2017 г. Красноярск, 2017. Вып. 1. С. 13–15.
2. Вильман А. А., Антонова О. И. Эффективность применения разных доз биогумуса при возделывании картофеля в условиях Алтайского Приобья // Вестник Алтайского государственного университета. 2004. № 4. С. 29–32.

3. Методические указания по определению содержания и состава гумуса в почвах (минеральных и торфяных). Л., 1975. 105 с.
4. Мустафаев Б. А., Кекежанова З. Е., Кенжетаева А. Б. Оценка влияния биогумуса на повышение плодородия почвы и продуктивность полевых культур в условиях павлодарской области (Казахстан) // Экологический вестник Северного Кавказа. 2014. № 1. С. 97–101.
5. Низкий С. Е., Немыкина Н. Д. Изучение влияния на рост и продуктивность сои // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2013. № 2. С. 46–48.
6. The influence of humic acids from earthworm-processed organic wastes on plant growth / R. M. Atiyeh, S. Lee, C. A. Edwards, N. Q. Arancon, J. D. Metzger // Biosci. Technol. 2002. N 84. P. 7–14.
7. Cavender N. D., Atiyeh R. M., Michael Knee. Vermicompost stimulates mycorrhizal colonization of roots of Sorghum bicolor at the expense of plant growth // Pedobiology. 2003. Vol. 47, N 1. P. 85–89.
8. Kallas E. V., Rodikva A. V., Kulizhskiy S. P. The effectiveness of vermicigumes under the conditions of vegetation experience // IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 941 (2020) 012028. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/941/1/012028>
9. Short F. J., Wiseman K. N. Application of a method to determine ideal digestibility in broilers of amino acids in wheat // Animal Feed Science and Technology. 1999. Vol. 79, N 3. P. 195–209.

## THE EFFECTIVENESS OF VERMIGUMATES ON GROWING REDISH

E. V. Kallas, N. S. Glibina

National Research Tomsk State University, Tomsk, Russian Federation  
*lkallas@sibmail.com*

The effectiveness of vermidumate, which was obtained by extracting humic acids from vermicompost 0.02 n NaOH, is shown. Vermicompost was obtained by processing food waste by the California worm Eisenia Andrei Bouche. Its richness with organic matter (46 %), gross and mobile forms of nitrogen (2.13 % and 345 mg/100 g, respectively) and phosphorus (0.63 % and 500 mg/100 g), high alkalinity (pH = 9.18) are shown. The content of humic acids is more than 2 times higher than the proportion of fulvic acids, the type of humus is humate, calcium humates dominate in the composition of humic acids. Radish was selected as a test crop. The effect of vermiculate irrigation in the field experiment on agro-gray soil was studied. Vermigumates contributed to an increase in seed germination energy by 33 %. The increase in the productivity of the test culture against the background of irrigation with the vermiculate (dilution 1:50) was 42 % compared to the control.

## ГОРНЫЕ ПОЧВЫ КАК ПЛАНЕТАРНЫЕ АРХИВЫ ИНФОРМАЦИИ

Н. О. Ковалева

*Московский государственный университет имю М. В. Ломоносова  
Москва, Россия, natalia\_kovaleva@mail.ru*

Облик почвенного покрова горных территорий определяется, прежде всего, горным рельефом и отличается повышенной сложностью. Разновозрастность горных ландшафтов, развитие современных оледенений, повышенная сейсмичность, расположение гор внутри или на окраине континента еще больше усложняют историю эволюции горных поверхностей и характер структур почвенного покрова.

Новые вызовы и экологические угрозы человеку и биосфере, появившиеся в XXI в. и обусловленные глобальными изменениями климата и расширением масштабов стихийных бедствий, дефицитом пресной воды, источником которой во многих регионах мира являются горные ледники, повышением уровня океана и изменениями в geopolитике сделали горы объектом пристального внимания. Любой сценарий воздействия, даже кратковременный, прежде всего, проявляется, регистрируется и обладает наименьшей инерционностью в «краевых частях» биосферы, к которым и относятся горные ландшафты, у которых мощность тропосферы, значительно меньше, чем у равнинных или надокеанических пространств. Именно в горах экстремально выражены все космогеофизические явления (причины природно-климатических и генетических переломов), такие как интенсивность солнечной радиации и атмосферное давление, пространственно-временная градиентность параметров природной среды и сгущение природных зон, магнитные и физические аномалии, контрастность экологических переходов. Поэтому горы являются уникальным «экспериментальным» природным полигоном, порождающим постоянные изменения в результате внезапных геотектонических, климатических и биологических событий [2].

Почвенный архив палеоэкологической информации в горах потенциально превосходит многие более известные и широко используемые природные архивы, а иногда является единственным доступным для наблюдений. Действительно, инструментальные метеорологические наблюдения, например, непригодны для долгосрочного моделирования климата, так как охватывают только сотни лет и не дают ответа на вопрос о причинах современных климатических трендов. Количество метеорологических станций в горах явно уступает существующим там типам климата и количеству природных зон. Гляциологический архив ледовых кернов Антарктиды и Гренландии нераспространен на заселенные человеком континентальные регионы, также как весьма репрезентативные архивы серий озерных и морских осадков. Палинологические спектры в горах практически неприменимы из-за узости растительных зон, плохой сохранности пыльцы траянтистых растений, и, как правило, они регистрируют только периоды потеп-

ления. Фаунистические комплексы слабо обеспечены абсолютными датировками и в горных регионах, где животные перемещаются по тропам, обладают плохой пространственной репрезентативностью. Дендрохронологические шкалы, в целом, перекрывают лишь исторический период, а в горах, так же как и лихенометрические данные, слишком зависят от суточной и сезонной контрастности температурных условий (суточный перепад температур в высокогорье Памира, например, может достигать 100 °С [2]). Датировок ледниковых отложений в труднодоступных горных долинах крайне мало, в горном Дагестане, например, их нет совсем; биостратиграфия моренных отложений не разработана.

В древних горных системах, таких как Урал, Тянь-Шань, Тибет рельеф отличается наличием значительных выпущенных пространств разных высотных уровней – межгорных котловин, аллювиальных долин, сиртовых нагорий, поднятых плато, латерально и фронтально террасированных долин. Структуры почвенного покрова подобных пространств сочетают в себе черты структур почвенного покрова гор и равнин с одной стороны, и отражают разновозрастность подстилающих поверхностей – с другой.

Пестрота и мозаичность почвенного покрова в молодых горных системах Альпийского орогенного пояса усиливаются развитием эрозионных процессов и частым замещением дневных почв реэкспонированными палеопочвами разного возраста, пестротой почвообразующих пород, гляциогеоморфологическими явлениями и пр. Все эти факторы усложняют и без того контрастную вертикальную поясность и определяют развитие многочисленных мезоструктур (реже микроструктур) разнообразного генезиса. Так, нетронутые дневные палеопочвы (вплоть до третичного возраста) в рефугиумах реликтовой флоры и фауны сохраняются на высоких сиртах и водораздельных гребнях. В верхних частях склонов высоких террас на дневную поверхность экспонируются эродированные варианты палеопочв. Нижние части склонов и пространства горных долин отличает развитие полигенетических почв с наложенной эволюцией почв и иконоподобной записью информации в почвенных профилях.

Детальное исследование почвенного покрова выполнено в природном заповеднике Чон-Курчак (Северный Тянь-Шань), в долине Ача-Каинды (Центральный Тянь-Шань), в заповеднике «Басеги» (Средний Урал), в долине Поачвумчор (Хибины), на Главной гряде Крымских гор, в Ахтынском районе Восточного Кавказа. Установлено, что структуры почвенного покрова в горах, в том числе, и вертикальной зональности, – разновозрастны. Например, Памир, Восточный Кавказ и Центральный Тянь-Шань в аридных континентальных условиях сохранили плейстоценовые почвы и малоконтрастные структуры вертикальной зональности. Общая картина комплексности почвенного покрова внутри вертикальных природных зон засушливых высокогорий определяется экспозиционной дифференциацией склонов. В то же время почвенный покров гор гумидных зон – Хибинского горного массива и Среднего Урала, – определяется характером распада последнего оледенения, сформировался в середине голоценена и отличается контрастным набором структур, совпадающих по возрасту с моренными уровнями ледниковых осцилляций. На нижней границе субальпийских лугов во всех горных системах формируется специфических (от-

личный от равнинных) самостоятельный тип горных черноземовидных почв с серией погребенных гумусовых горизонтов средне- и позднеголоценового возраста. Экотон его распространения связан с климатогенной миграцией верхней границы леса или степи. Возраст буроземов под лесом во всех изученных горных системах – около 1500 лет. Самые молодые структуры почвенного покрова гор Евразии, сформированные в малый ледниковый период, приурочены к субальпийскому и альпийскому поясам и наследуют в своих свойствах и конфигурациях признаки ледниковых озер.

В зависимости от геоморфологического положения почв можно говорить о различных типах почвенных архивов, по-разному сохраняющих и записывающих информацию. Например, ритмично-слоистые лессово-почвенные толщи с книгоподобной почвенной записью распространены в предгорьях и низкогорьях гор Средней Азии. Временное разрешение этих архивов наибольшее, а их абсолютный возраст часто выходит за рамки возможностей радиоуглеродного датирования. Лессовые толщи предгорий и среднегорий Китая и Средней Азии позволяют выполнять палеогеографические реконструкции на протяжении последних 2,4 млн лет. Во всех случаях палеопочвы серии представляют эпизоды стабилизации поверхности и перерывов в осадконакоплении, а разделяющие их слои характеризуют этапы экзогенеза. Этот тип архива может быть использован для реконструкции долгопериодных климатических процессов, точно регистрируя периодичность и степень похолодания и потепления климата в циклах оледенения-межледниковых.

Во-вторых, аллювиальные палеопочвы речных долин, обладающие книгоподобной записью, часто сочетающейся со стирающей. Так как ежегодная мощность отложений в речных поймах горных рек мала из-за высокой скорости потока, архив целесообразно использовать при восстановлении краткосрочных (голоценовых) событий в циклах потепления-похолодания, причем, чем ближе к современности, тем выше разрешающая способность записи.

Схожим типом записи и хранения информации обладают тефрохронологические серии, записывая в большей степени историю вулканической деятельности, во многом определяющую климатическую систему планеты. Их ценность заключается также и в том, что вулканы сосредоточены в горных цепях по периферии материков – там, где лессовые покровы отсутствуют [3].

Нетронутые дневные палеопочвы (вплоть до третичного возраста) в редфигурациях реликтовой флоры и фауны в горах сохранились на высоких сыртах и водораздельных гребнях, не подвергавшихся оледенению. Это еще один тип почвенных архивов, отражающий историю наиболее древних на планете ландшафтов. Способность почв на фандах к записи и сохранению информации осложняется процессами наложения современных признаков на прежде сформированные более древние, тип записи информации – иконоподобная. Красноцветные коричневые почвы Крыма, сформированные на средиземноморских *terra-rossa* и содержание ветусоли в верхней части профиля, исследованы на Южном берегу Крыма.

В-пятых, в верхних частях склонов высоких террас на дневную поверхность экспонируются эродированные варианты палеопочв со стирающим или

наложенным типом записи и сохранения информации, степень нарушенности которых отражает активность экзогенеза, сопровождающего обычно периоды похолодания климата.

В зонах бифуркации формируются самые молодые почвенные образования, как правило, на выходах древних пород. Переотложенные экзогенными процессами палеопочвы или части почвенных профилей и отдельных горизонтов погребены слоями аллювия в речных долинах или озерных чашах, эоловыми наносами в аккумулятивных позициях нижних частей склонов и замкнутых котловин. И первые, и последние являются свидетелями интенсивности геоморфологических процессов, приуроченных к эпохам усиления увлажненности климата и похолодания.

Интересны и почвы, формирующиеся на разновозрастных фронтальных моренах, которые без труда регистрируются в горных ландшафтах, но особенно почвы, развитые на различных латеральных уровнях троговых долин в горах. В последнем случае, как правило, сохранность информации возрастает с увеличением высоты, а значит, возраста почвенных профилей, преобладающий тип записи информации – иконоподобная, а ее главное назначение – регистрация ледниковых осцилляций.

Сочетание «бассейнового» и «моренного» подходов в анализе ландшафтов горной долины позволило выяснить, что нетронутые древние дневные палеопочвы в рефугиумах реликтовой флоры и фауны сохранились на высоких сыртах и водораздельных гребнях в горах Средней Азии, законсервировав экологические условия плейстоцена – это коричневые, бурые полупустынные и криоаридные почвы. Эродированные варианты древних палеопочв экспонируются на поверхность на склонах. Почвенный покров фронтальных и латеральных троговых уровней отражает смену климатических событий голоцена. А на моренных отложениях максимальной стадии плейстоценового оледенения на Тянь-Шане и Кавказе сформированы горные черноземы. Полигенетические горные черноземовидные, лугово-степные или дерновые почвы луговин со вторыми гумусовыми горизонтами обнаружены на моренах последней волны оледенения и ледниковых осцилляций и в Тянь-Шане, и на Кавказе, и в Хибинах. На моренах раннего субатлантического возраста во всех горных системах формируются субальпийские и альпийские луговые почвы. А самые молодые почвенные разности обнаружены в зонах бифуркации – дерново-гольцовье, примитивно-щебнистые и альпийские почвы-ранкеры.

Еще одним типом почвенных архивов можно считать педолитокомплексы конусов выноса, регистрирующие циклы нарастания или уменьшения снежности, т. е. увлажненности при умеренном похолодании и ксеротермических перерывов.

В отдельный тип почвенных архивов в горах выделяются озерные отложения, где возраст озер колеблется от нескольких часов до нескольких тысячелетий, и где, прежде всего, сохраняется информация о циклах усиления-уменьшения увлажненности климата, а также и о периодах потепления-похолодания, записанных книгоподобно в почвенно-лимнологических сериях.

Близкий по смыслу к предыдущему тип архива – это береговые педолитокомплексы, находящиеся в зоне морских или озерных трансгрессий и регрессий, отражающие долгопериодные эпохи усиления увлажненности или аридизации климата.

Отдельным материальным архивом информации об истории становления человеческой цивилизации в ноосфере являются антропогенно преобразованные почвы, содержащие культурные слои, – антропоземы или антропосолы. При этом почва насыщена и вещественными остатками поселений в виде предметов и объектов, и консервирует следы жизнедеятельности человеческого общества, и выступает заполнителем пустот в археологических объектах. Установлено, что антропогенное освоение горных территорий во всех изученных горных системах приводит к «остепнению» экосистем и сдвигу вертикальных поясов вверх.

А насущная востребованность в использовании подобных архивов палеоэкологической информации смежными науками – еще раз подтверждают верность слов В. И. Вернадского [1] о том, что «...значение почв в истории планеты гораздо больше, чем это кажется».

*Работа выполнена при поддержке гранта РНФ № 17-14-0114520.*

### **Литература**

1. Вернадский В. И. Биосфера. Научное химико-технологическое издательство. Ленинград, 1926, 140 с.
2. Голубчиков Ю. Н. География горных и полярных стран. М. : Изд-во МГУ, 1996. 304 с.
3. Kovaleva N. O., Stolpnkova E. M. Volcanic Soil Series of the Lesser Caucasus as an Archive of Early Pleistocene Paleoecological Information // Paleontological Journal, Pleiades Publishing, Inc. (New York, USA), Vol. 54, N 8. P. 872–881.

## **MOUNTAIN SOILS AS PLANETARY ARCHIVES OF INFORMATION**

**N. O. Kovaleva**

*Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russian Federation  
natalia\_kovaleva@mail.ru*

The structures of the soil cover of such spaces combine the features of the structures of the soil cover of mountains and plains, on the one hand, and reflect the different ages of the underlying surfaces, on the other. The variegation and mosaicity of the soil cover is enhanced by the development of erosion processes and the frequent replacement of daytime soils with re-exposed paleosols of different ages, variegation of parent rocks, glaciogeomorphological phenomena, etc. Depending on the geomorphological position of the soils, one can speak of different types of soil archives that store and record information in different ways.

# ТЯЖЕЛЫЕ МЕТАЛЛЫ И МЕТАЛЛОИДЫ В ДОРОЖНОЙ ПЫЛИ И ПОЧВАХ ЗАПАДНОГО ОКРУГА МОСКВЫ

Н. Е. Кошелева, О. В. Кукушкина, Д. В. Власов

Московский государственный университет им. М. В. Ломоносова  
Москва, Россия, natalk@mail.ru

## Введение

Одной из ведущих экологических проблем урбанизированных территорий является загрязнение окружающей среды тяжелыми металлами и металлоидами (ТММ), содержащимися в выбросах различных отраслей промышленности и транспорта. Выхлопные газы, остатки смазочных масел и других нефтепродуктов, частицы тормозных колодок и шин, обогащенные Pb, Zn, As, Cd, Mo, Sb, Cu, Ni, W и Cr [1], поступают в дорожную пыль. Аккумуляция этих элементов в придорожных почвах приводит к негативным изменениям морфологических и физико-химических свойств верхних горизонтов, что значительно ухудшает состояние экосистем в целом и условия жизни людей. Эколого-геохимические исследования дорожной пыли и почв мегаполисов позволяют оценить накопление и распределение ТММ в городских ландшафтах, выявить приоритетные поллютанты и определить факторы, влияющие на аккумуляцию ТММ и локализацию техногенных аномалий.

Цель работы – оценить накопление ТММ в дорожной пыли и почвах Западного административного округа (ЗАО) Москвы, выявить основные факторы, влияющие на распределение приоритетных поллютантов.

## Материалы и методы

Большая часть территории ЗАО расположена на Теплостанской возвышенности, которая отличается максимальной высотой над уровнем моря и уровнем реки Москвы, максимальным перепадом высот на Воробьевых горах, наибольшей расчлененностью речной и овражно-балочной сети. Преобладают антропогенные почвы, в основном урбаниземы и квазиземы [2]. Их почвенный профиль состоит из пылевато-гумусного субстрата с примесью городского мусора, иногда они подстилаются водонепроницаемыми материалами, например, бетоном и др. Квазиземы отличаются от урбаниземов большим количеством гумуса и более легким гранулометрическим составом, так как эти почвоподобные образования состоят из нескольких привнесенных гумусированных слоев и подстилающего техногенного грунта.

В ЗАО отобрано 58 проб пыли и придорожных почв. Опробовались: МКАД (8 проб), радиальные шоссе (8), крупные (20), средние (6) и малые (6) дороги, дворы с автопарковками (10). Валовое содержание ТММ в дорожной пыли и почвах определялось масс-спектральным (ICP-MS) и атомно-эмиссионным (ICP-AES) методами с индуктивно-связанной плазмой на приборах Elan-6100 и Optima-4300во ВНИИ минерального сырья. Анализировались концентрации Zn, As, Cd, Pb (I класс опасности), Cr, Co, Ni, Cu, Sb, Mo (II), V,

W, Sr, Mn (III), а также Bi, Sn, Fe, Ta. Основные физико-химические свойства пыли и почв определялись общепринятыми методами.

Для городских почв и дорожной пыли вычислялись коэффициенты накопления  $K_c = C_c/C_\phi$  и рассеяния  $K_p = C_\phi/C_c$  относительно фоновых концентраций  $C_\phi$ . В качестве фона использованы данные о содержании ТММ в дерново-подзолистых почвах на покровных суглинках под елово-березовым разнотравным лесом в Коралловском лесничестве Одинцовского района Московской области примерно в 50 км к западу от Москвы.

Статистическая обработка данных выполнялась в пакете STATISTICA 10. В пакете SPlus проведен многофакторный регрессионный анализ методом регрессионных деревьев, который заключается в последовательном делении таблицы данных по одному из факторов на две части таким образом, чтобы каждая из них была максимально однородной [3]. Выбранный метод позволяет выявить факторы, оказывающие максимальное влияние на содержание ТММ в почве или дорожной пыли. Учитывались 8 факторов: свойства, определяющие сорбционную способность почв (кислотно-основные условия pH, удельная электропроводность EC, содержание гумуса Сорг и содержание физической глины), рельеф (абс. высота в каждой точке, определенная по ЦМР), объемы выбросов автотранспорта и тип дорог, а также концентрации элементов в почвах или дорожной пыли для учета их взаимного влияния.

### Результаты и их обсуждение

*Основные физико-химические свойства дорожной пыли и придорожных почв.* Реакция среды пыли близка к слабощелочной со средним значением 7,44 при незначительных колебаниях на разных типах дорог. Максимальные значения характерны для шоссе и средних дорог, минимальные – для МКАД и дворов (табл. 1). Средняя EC превышает фон (65,45 мкСм/см) в 2,8 раза и составляет 180 мкСм/см, что связано с применением противогололедных реагентов [4]. Наибольшие значения EC характерны для крупных и средних дорог, наименьшие – для дворов с автопарковками. Содержание Сорг составляет в среднем 2,5 % при колебаниях от 1,35 % на крупных шоссе до 4,42 % во дворах, куда Сорг поступает с близлежащих газонов, с выхлопами автотранспорта и при истирании шин [5]. По гранулометрическому составу пыль является супесью, содержание физической глины в пыли практически в два раза ниже, чем на фоновых участках (31,9 %). Максимум содержания мелких фракций наблюдается на крупных дорогах, минимум – на малых дорогах и во дворах.

Таблица 1.

Основные физико-химические свойства дорожной пыли и придорожных почв

Тип дорог	Дорожная пыль				Придорожные почвы			
	pH	Сорг	EC	Сод. физ. глины	pH	Сорг	EC	Сод. физ. глины
МКАД	7,16	2,8	156	15,3	7,46	5,4	247	22,5
Шоссе	7,68	1,3	175	10,7	7,22	4,3	173	17,3
Крупные	7,53	2,1	211	19,4	7,15	5,6	221	19,4
Средние	7,62	1,8	210	16,5	7,25	3,8	185	20,4
Малые	7,53	2,6	193	13,6	7,1	4,7	132	17,5
Дворы	7,13	4,4	136	13,2	7,36	4,2	181	21,1

По сравнению с пылью придорожные почвы содержат в 2–3 раза больше органического углерода и имеют чуть более тяжелый гранулометрический состав – более половины проб относятся к легким суглинкам. Реакция среды и электропроводность в почвах близка к значениям этих свойств у пыли.

*Дорожная пыль.* Наибольшим  $K_c = 6,6$  обладает Pb, который наиболее активно накапливается на малых дорогах, на остальных магистралях его концентрация примерно одинакова и ниже максимальной в 3,5 раза. На МКАД в пыли наиболее интенсивно аккумулируются Zn и Sb ( $K_c 2,4–2,7$ ), тогда как на остальных типах дорог и во дворах их концентрация варьирует не сильно. В дорожной пыли слабо накапливаются Cd, Mo, W, Cu, Sn ( $K_c < 2$ ), которые распределены на всех автомагистралях и дворах с парковками довольно равномерно, за исключением высокой концентрации W на МКАД и Mo на средних дорогах. Содержание Bi близко к фону, As, Cr, Co, Ni, V, Sr, Mn, Fe и Ta рассеиваются (рис. 1).

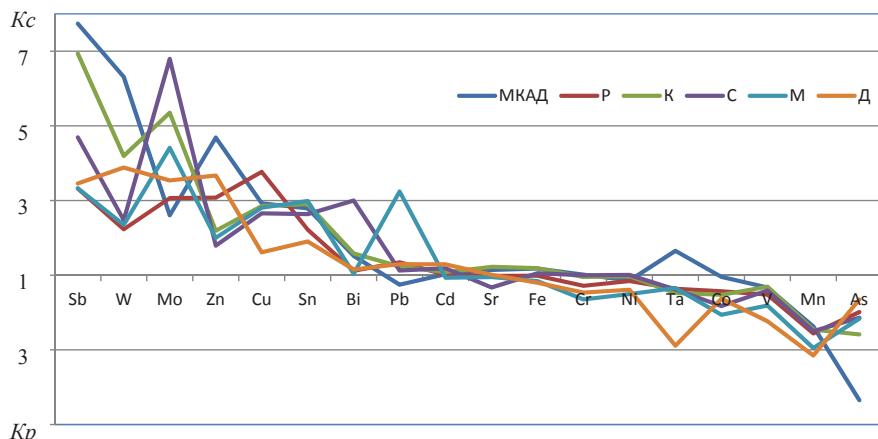


Рис. 1. Геохимические спектры ТММ в дорожной пыли ЗАО г. Москвы на разных типах дорог: Р – радиальные шоссе, К – крупные, С – средние, М – малые дороги, Д – дворы

Для оценки влияния природных и антропогенных факторов на загрязнение ТММ территории ЗАО построены регрессионные деревья. Их анализ показал, что для большинства элементов ведущими факторами накопления в дорожной пыли являются объем выбросов автотранспорта и тип дороги. Второе место по значимости занимают физико-химические свойства пыли. Для Pb, Sb, Sn и W большое значение имеет уровень их содержания в придорожных почвах, что может указывать как на поступление этих ТММ в дорожную пыль при выдувании загрязненных частиц почв, так и на поставку ТММ в придорожные почвы при выдувании частиц дорожной пыли.

*Придорожные почвы.* В придорожных почвах набор приоритетных загрязнителей несколько иной, чем в дорожной пыли. Это можно объяснить тем, что дорожная пыль отражает актуальную геохимическую нагрузку на городские ландшафты, тогда как придорожные почвы могут аккумулировать поллю-

танты за многолетний период (десятилетия). Доминирующие элементы загрязнители придорожных почв ЗАО – W, Sb, Mo, Cu, Cd, Sn, Zn и Bi с  $K_c$  6,0–2,4 (рис. 2). Концентрации W значительно варьируют на разных типах дорог, наибольшее содержание металла наблюдается на средних и крупных магистралях, тогда как на МКАД и многополосных шоссе в 3 и 2 раза меньше соответственно. Сходное распределение и у второго по значимости загрязнителя – Sb, который максимальным образом накапливается вблизи средних дорог, а на МКАД и дво-рах с парковками концентрация металлоида в три раза ниже. На средних дорожах выявлены максимумы накопления Mo и Cu. Аккумуляция Zn, Cd и Sn варьирует незначительно ( $K_c$  2,4–2,5). Pb, As, Ni накапливаются слабо ( $K_c$  1,3–1,5), а Cr, Co, V, Sr, Mn рассеиваются.

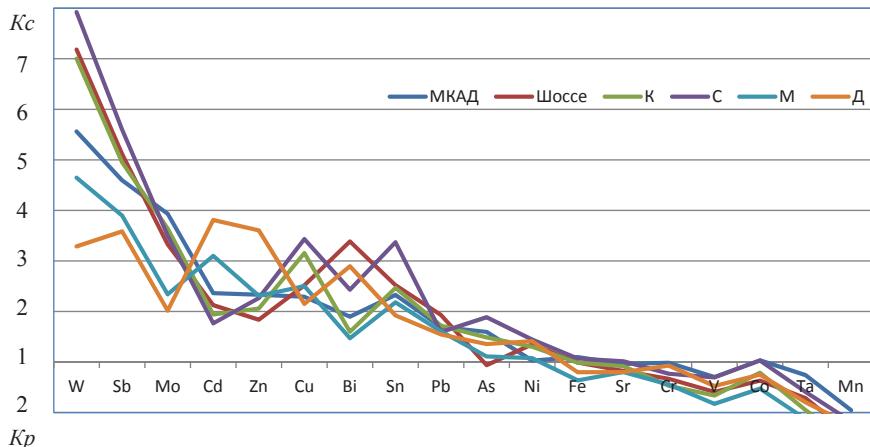


Рис. 2. Геохимические спектры ТММ в почвах ЗАО г. Москвы вблизи разных типов дорог

Накопление большинства ТММ контролируется положением в рельефе и гранулометрическим составом почв. На аккумуляцию Cd, Bi, Cu, Mo и Zn заметное влияние оказывает тип дороги. Для многих ТММ большую роль играют также свойства почв – величина pH, ЕС и  $\text{Cor}_{\text{g}}$ . Загрязнение дорожной пыли Pb является главным фактором его накопления в придорожных почвах.

Самым значимым фактором аккумуляции ТММ в почве является рельеф, причем для большинства он является наиболее влиятельным. Это можно объяснить лучшими условиями для выщелачивания ТММ из почв в понижениях, куда с повышенных участков поступает и где накапливается ливневой сток. Тогда как для дорожной пыли этот фактор менее выражен и оказывает незначительное воздействие на распределение всего лишь двух ТММ – Bi и Ni. Гранулометрический состав является вторым по значимости фактором накопления ТММ в почвах (для Cu, Mn, Sb, Sn, W и Zn он – приоритетный фактор), однако на состав дорожной пыли значительного влияния не оказывает. Примерно одинаковое влияние на дифференциацию изучаемых элементов оказывают pH и интенсивность движения автотранспорта. Объем выбросов автотранспорта на

химический состав почв влияет слабо, тогда как для многих ТММ в пыли это ведущий фактор распределения. Наименьшее значение в накоплении поллютантов имеют ЕС и Сорг, а также содержание ТММ в дорожной пыли.

**Выводы.** Дорожная пыль имеет слаботщелочную реакцию среды (средний pH 7,44), повышенную ЕС (180 мкСм/см) и среднее содержание Сорг (2,5 %), что объясняется применением противогололедных реагентов и выдуванием придорожных почв. В почвах отмечаются близкие значения кислотности и электропроводности, однако содержание Сорг намного выше и превышает фоновые показатели в 1,4 раза. Дорожная пыль имеет супесчаный состав, почвы – супесчаный и легкосуглинистый. Влияние крупности дорог на физико-химические свойства дорожной пыли и почв не выявлено.

Приоритетным загрязнителем придорожных почв является W, а пыли Pb. Содержание Sb и Mo в почвах в 2 раза, а Cu и Sn – в 1,5 раза больше, чем в дорожной пыли, аккумуляция Cd и Zn примерно одинакова. Отличительной особенностью дорожной пыли ЗАО Москвы является интенсивное накопление Cd, а придорожных почв – аккумуляция Ві. Для большинства ТММ ведущими факторами накопления в дорожной пыли являются объем выбросов автотранспорта и тип дороги, а также физико-химические свойства пыли; в придорожных почвах – гранулометрический состав, положение в рельефе и тип дороги.

*Работа выполнена по проекту Российского научного фонда № 19-77-30004.*

### Литература

1. Геохимия ландшафтов Восточной Москвы / Н. С. Касимов, Д. В. Власов, Н. Е. Кошелева, Е. М. Никифорова. М. : АПР, 2016. 276 с.
2. Прокофьева Т. В., Мартыненко И. А., Иванников Ф. А. Систематика почв и почвообразующих пород Москвы и возможность их включения в общую классификацию // Почвоведение. 2011. № 5. С. 611–623.
3. Кошелева Н. Е., Касимов Н. С., Власов Д. В. Факторы накопления тяжелых металлов и металлоидов на геохимических барьерах в городских почвах // Почвоведение. 2015. № 5. С. 536–553.
4. Physicochemical properties of road dust in Moscow / N. S. Kasimov, N. E. Kosheleva, D. V. Vlasov, K. S. Nabelkina, A. V. Ryzhov // Geography, environment, sustainability, 2019. 12(4): 96–113.
5. Physical and chemical properties of non-exhaust particles generated from wear between pavements and tyres / C. A. Alves, A. M. P. Vicente, A. I. Calvo, D. Baumgardner, F. Amato, X. Querol, C. Pio, M. Gustafsson // Atmospheric Environment. 2020. Vol. 224. P. 117252. <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2019.117252>.

## HEAVY METALS AND METALLOIDS IN ROAD DUST AND SOILS OF THE WESTERN DISTRICT OF MOSCOW

N. E. Kosheleva, O. V. Kukushkina, D. V. Vlasov

Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russian Federation  
*nataalk@mail.ru*

The assessment of the physicochemical properties of road dust and soils of the Western Administrative District (WAD) of Moscow was carried out, the content of heavy metals and metal-

loids (HMMs) was determined, and the main factors which influence the accumulation of priority pollutants in these environments were identified. 58 samples of dust and roadside soils on roads with varying traffic intensity were analyzed. The bulk HMM content in the samples was determined by mass spectral and atomic emission methods with inductively coupled plasma. The main pollutant of roadside soils is W, and that of dust is Pb. The concentration of Sb, Mo, Cu and Sn in soils is several times higher than in road dust. A distinctive feature of the road dust of WAD is the intensive accumulation of Cd, and of roadside soils – the accumulation of Bi. Multivariate regression analysis in the SPlus package showed that for the majority of HMMs, the factors that determine their accumulation in dust are the volume of vehicle emissions and the type of road. In soils, the greatest influence on the concentration of certain pollutants is exerted by the texture and position in the relief, as well as the acidity and electrical conductivity of soils. The influence of the size of roads on the HMM content in dust and soils was not revealed.

## ВЛИЯНИЕ ПАВОДКОВЫХ ВОД НА АГРОХИМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ПОЧВ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Н. Д. Киселева<sup>1</sup>, В. В. Штанцова<sup>2</sup>, Е. И. Баснина<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Иркутский государственный университет, Иркутск, Россия, nata\_kis71@list.ru

<sup>2</sup>ФГБУ «САС «Тулунская», Тулун, Россия

Наводнения в России всегда были серьезным событием, которые оказывают негативное влияние на хозяйственную деятельность территорий. От наводнений гибнут люди, а убытки от них достигают десятков миллионов долларов. Недостаточное внимание уделяется как учету самих наводнений, так и анализу их последствий. Поэтому необходимо проводить сбор информации и исследования, для возможности рассматривать наводнения как глобальное и многоаспектное явление [1]. Наряду с социально-экономическими последствиями, особый интерес представляют экологические последствия наводнений, поскольку наводнения существенно влияют не только на жизнь общества, но и на окружающую среду. Очевидно, что воздействие такого фактора как повышение уровня воды в реке и дальнейшее затопление местности напрямую влияет на изменение агрохимических показателей почвы, её структуру, на рельеф территории, биоценозы. В дальнейшем изменение агрохимических показателей почвы могут сказываться на урожайность почвы, так как их ухудшение может оказывать негативное влияние на рост и развитие сельскохозяйственной культуры [10].

Для изучение влияния паводков на изменение агрохимических показателей почв сельскохозяйственного назначения была выбрана территория Тулунского района, где в 2019 г. произошло мощное наводнение на р. Ия. Объектом изучения послужили земли сельскохозяйственного назначения, которые попали в зону наводнения и подверглись влиянию паводковых вод.

Тулунский район расположен на западе Иркутской области и граничит с Куйтунским, Зиминским, Нижнеудинским и Братским районами. Площадь района 13,5 тыс. км<sup>2</sup>, центром является г. Тулун.

Рельеф территории обусловлен преимущественно слабой эрозионной расчленённостью спокойно залегающих юрских и ордовикских осадочных пород.

В пределах распространения слабоустойчивых к выветриванию юрских отложений наблюдаются сглаженные, плоские формы рельефа – водоразделы и пологие склоны, перекрыты элювиальными и делювиальными отложениями значительной мощности. На поверхностях пологих склонов встречаются заболоченные понижения, а севернее и восточнее железнодорожной станции прослеживается обширное заболоченное понижение – Анганорская низменность [2; 5].

О климатических особенностях территории можно судить по данным метеорологических наблюдений станций и четырех постов. Среднегодовая температура воздуха изменяется от -1,8 до -3,5 °C. Температуры января и июля, соответственно находятся в пределах от -20,5 до -22,8 °C и от 15,1 до 17,3 °C.

Годовое количество осадков в зависимости от высоты местности изменяется от 438 мм в Тулуне до 896 мм в Белой Зиме. Основная часть осадков приходится на теплый период, за который выпадает 79–83 % их годовой суммы. Особенно обильные дожди наблюдаются в июле – августе; нередко они вызывают катастрофические паводки. Увлажнение равнинной части территории близко к оптимальному. Коэффициент увлажнения в Тулуне равен 0,69 [2; 5; 11].

Речная сеть района почти полностью относится к бассейну р. Ии, и лишь в крайней юго-восточной части территории находятся истоки р. Зимы – притока р. Оки. Наиболее крупными притоками р. Ии являются: Кирей, Икей и Илир. Питание рек смешанное с преобладанием дождевого[8].

В геологическом отношении обширные площади территории исследования занимают юрские континентальные отложения, залегающие на нижнекембрийских породах морского генезиса и перекрывающие их относительно маломощным чехлом. Юрские отложения представлены в основном бескарбонатными конгломератами, алевролитами, песчаниками буро-желтого цвета, иногда с черными пластами каменного угля [4; 5].

Формирование почвенного покрова района происходит в условиях континентального климата, расчлененного рельефа, разнообразных по генезису и составу почвообразующих пород, под различными типами растительности.

Почвы Иркутско-Черемховской равнины отличаются высокими агропроизводственными свойствами. Основная часть пригодных для земледелия почв – серых лесных, отчасти – дерново-подзолистых и лугово-черноземных – уже освоена. Около 40 % земельного фонда сельхозпредприятий района составляют пахотные почвы высокого и среднего плодородия. Луговые и лугово-черноземные почвы используются в качестве кормовых угодий в кормовых севооборотах, распахивать их нерентабельно из-за неблагоприятных физических свойств, сохранения многолетней мерзлоты; урожай пропашных культур на них низкие, в то время как сенокосы и пастбища отличаются высокой урожайностью. Дерново-подзолистые почвы обладают худшими агропроизводственными свойствами, чем серые лесные. Для повышения их плодородия необходимо внесение органических и минеральных удобрений. Благоприятные почвенно-климатические условия равнинной части района определили довольно высокую степень его сельскохозяйственной освоенности (более 12 %). Велик удельный вес пашни (75 %), меньше – пастбищ (14 %) и сенокосов (11 %). В последние годы отмечается прирост посевых площадей. Средняя урожайность зерновых (60 % посевов) – 18 ц/га; у пшеницы она достигает 20 ц/га и более, ячменя и овса 18 ц/га, озимой ржи – около 12 ц/га. Сбор картофеля составляет 75–95 ц/га. В районе возделываются овощи, силосные, кормовые корнеплоды. Продуктивность естественных сенокосов за последнее десятилетие возросла с 4–5 до 8–10 ц/га [4, 6].

Естественные ландшафты Тулунского района в значительной степени изменены антропогенной деятельностью, связанной с добычей полезных ископаемых, эксплуатацией лесов, промышленным производством и сельским хозяйством. Вследствие длительного использования под пашней серые лесные почвы

на склонах почти повсеместно в той или иной степени смыты, имеют среднесуглинистый механический состав.

На возникновение наводнений Иркутской области влияют следующие факторы: сумма осадков, их интенсивность, временной период, площадь охвата, предыдущее количество выпавших осадков, увлажненность и влагопроницаемость почвы, рельеф местности и извилистость русла, а также таяние снега в горах Восточного Саяна, Хамар-Дабана, Прибайкалья и сброс талых вод в реки [8, 11]. Основными факторами катастрофического паводка в 2019 г. стали обильные осадки – с 25 по 27 июня. Бассейн р. Ии находился в центре малоподвижного циклона. Также паводку способствовала высокая увлажнённость бассейна и значительное увеличение запасов воды в речной сети. Все это было вызвано прохождением двух циклонов в предшествующие две недели, которые привели к возникновению чрезвычайной ситуации (рис. 1).



Рис. 1. Территория исследования до и во время наводнения 2019 года

На затопленных участках крестьянско-фермерских хозяйств Тулунского района для исследования агрохимических показателей почв были отобраны образцы почв (рис. 2).

Для изучения изменения агрохимических показателей почв были рассмотрены сельскохозяйственные угодья, в том числе рассматривалась информация по площадям хозяйств, а также морфологические проявления затопления на участках, попавших в зону влияния наводнения (табл. 1).

Содержание гумуса на участке Купряков (1), до наводнения составляло 1,9 % – очень низкое, после незначительно снизилось до 1,5 %. Купряков (2): 4,3 % из средних значений понизилось до низких 3,0 %. Участок Гамаюнов: 7,1 % повышенное, после паводка снизилось до 6,8 %. На участке Агафонов: 2,3 % низкое, стало незначительно больше 2,4 % (рис. 3, а), вероятно, это связано с наносом слоя илистых частиц и органических остатков, а также с тем, что участок расположен в понижении пойменного рельефа.



Рис. 2. Расположение участков по течению реки Ия: Владимировка – КФХ Гамаюнов, Гадалей – КФХ Купряков (1, 2), Альбин – КФХ Агафонов

Таблица 1  
Площади, сельскохозяйственные культуры и описание участков

КФХ	Общая площадь КФХ, га	Виды с/х культур	Проявления влияния паводков на участке
ИП КФХ Купряков С. В.	329,0	Овес, картофель, капуста	Затопленные участки, согласно картографическим материалам, имеющимся в ФГБУ «САС «Тулунская» относятся к землям сельскохозяйственного назначения, вид угодий пастбище. На первом отмечаются наносы грунта (песок 15–20 см.). Наблюдаются вымоины. На втором участке наносы грунта (песок 4–10 см отдельными участками), лужи
ИП КФХ Гамаюнов А. А.	74,0	Ячмень	На момент обследования на участке наблюдалось сильное переувлажнение почвы (огромные лужи), в связи с ливневыми дождями. Отобрано 3 образца в связи с непроходимостью участка. Земли посевов
ИП КФХ Агафонов Д. Ю.	11, 2	Морковь, капуста, картофель	На затопленном участке наблюдается уплотнение и переувлажнение почвы (местами в бороздах стоит вода). Ботва картофеля имеет бурый цвет. Растения капусты и моркови не пострадали
Всего	414,2	–	–

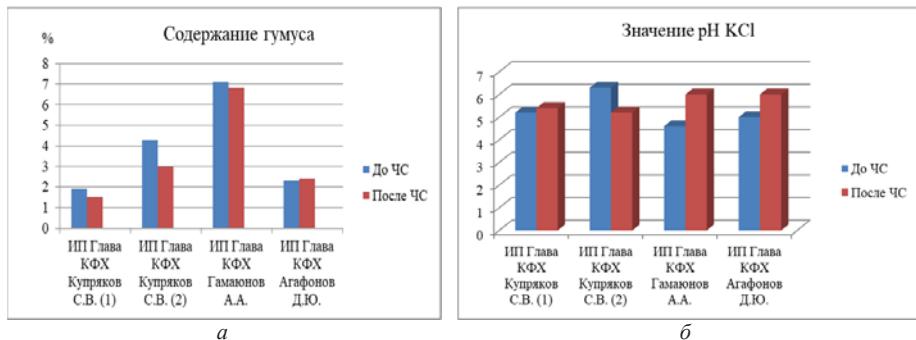


Рис. 3. Содержание гумуса, % (а), показатели обменной кислотности (б)

Значение рН почвы на участке Купряков: (1) 5,2 – слабокислая, снизилась до значения 5,4 – слабокислая ближе к нейтральной. Участок Купряков (2) – 6,3, уменьшилась до 5,2 – слабокислая. До паводков на участке Гамаюнов: (среднекислая) 4,6, после 6,0 (нейтральной). Агафонов: 5,0 – среднекислая, после в 6,0 – нейтральную (рис. 3Б).

Содержание фосфора на участке Купряков (1) и до, и после паводка больше 25 мг/100 г (очень высокое). До наводнения на участке Купряков (2) больше 25 мг/100 г (очень высокое содержание), до и после. На участке Гамаюнов 4,9 мг/100 г (низкое), после – увеличилось до 25 мг/100 г (стало очень высокое). Агафонов: больше 25 мг/100 г (очень высокое), до и после (рис. 4).

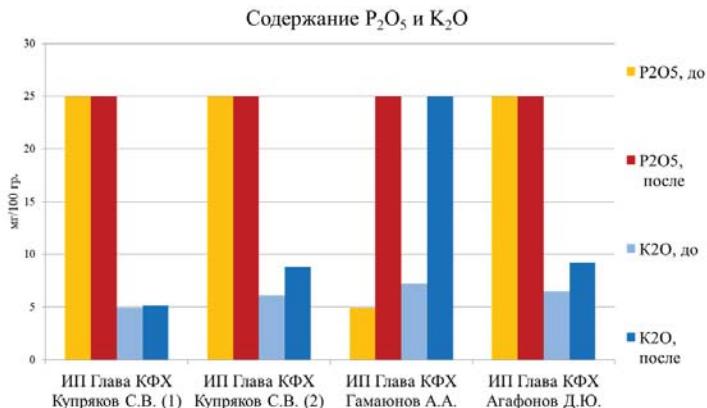


Рис. 4. Содержание подвижного фосфора и обменного калия, мг/100 г

Содержание калия на участке Куприяков (1) с 4,9 мг/100 г повысилось до 5,1 мг/100 г, незначительное увеличение. На участке Куприяков (2) 6,1 мг/100 г (среднее), после увеличилось до – 8,8 мг/100 г (среднее содержание). Содержание на участке Гамаюнов: до 7,2 мг/100 г низкое, стало очень высоким

25 мг/100 г. Участок Агафонов 6,5 мг/100 г низкое, после стало повышенным 9,2 мг/100 г (рис. 4). Возможно, увеличение содержания калия связано с наилками.

Далее представлены изменения концентрации некоторых химических элементов, относящихся к поллютантам, в почве, на участках. Показатели некоторых из этих веществ значительно увеличились, в результате паводков (табл. 2).

До паводка, на участке Купряков (1) содержание мышьяка равно 0,84 мг/кг. Данный показатель превышает свое значение на участке Агафонов и равен 3,4 при предельно допустимой концентрации 2,0 мг/кг. Всех данных после наводнения нет. Присутствуют данные по участку Гамаюнова, где содержание мышьяка уменьшилось. Снижение мышьяка может быть связано с сорбцией мышьяка на поверхности органических и минеральных коллоидов (гумус после наводнения уменьшился), следовательно: можно предположить, что часть мышьяка была вымыта с гумусом. А также в восстановительной среде соединения и минералы мышьяка становятся легкорастворимыми, если почвы не карбонатные после наводнения наблюдалось снижение рН, соответственно и подвижность мышьяка увеличилась, и произошло его вымывание [3; 9; 10].

Содержание меди на всех участках, не превышает максимального показателя, равного 3,0 мг/кг. Такие показатели могут привести к задержке роста растений, хлорозу. Необходимо внесение медьсодержащих удобрений. На всех участках отмечается уменьшение данного показателя, за исключением участка Купряков, но не выше предельно допустимой концентрации. Такое незначительное повышение могло быть связано с подкислением почвы, что является одним из факторов увеличения подвижности меди [9; 10].

Содержание свинца не превышает предельно допустимой концентрации 6,0 мг/кг, ни до, ни после наводнения. Но в целом его содержание увеличилось на всех участках кроме участка Агафонов, там произошло снижение показателя. Свинец становится подвижным в почвах с минимальным содержанием гумусовых веществ. На участках Купряков (1, 2), Гамаюнов наблюдается увеличение свинца, и снижение содержания процента гумуса. И только на участке Агафонов можно наблюдать снижение содержания свинца, причиной которого могло быть повышение содержания гумуса после наводнения. Увеличение содержания цинка – 24,6 мг/кг наблюдается на участке Купряков (2), что превышает значение предельно допустимой концентрации, равной 23,0 мг/кг. На участке Агафонов также произошло значительное увеличение показателя, но ПДК не превысило[10]. На участках Гамаюнов и Купряков (1) происходит снижение показателя.

Увеличение содержания цинка на участке Купряков (2) может быть обусловлено снижением рН до 5 (при рН 6–8 недостаток элемента), и снижением содержания гумуса, которое способствовало повышению подвижности цинка. На участке Агафонов также происходит увеличение концентрации цинка, но при этом нет снижения показателей рН и гумуса. Можно сделать предположение о том, что цинк связан с гуминовыми кислотами, которые служат резервом для подвижного цинка в почвах [3; 9].

Таблица 2

Содержание тяжелых металлов в почвах хозяйств до и после наводнения

Назв. КФХ	Тяжелые металлы, мг/кг почвы, до и после наводнения															
	As		Cu		Pb		Zn		Ni		Co		Cd		НП	
	до	пос ле	до	пос ле	до	пос ле	до	пос ле	до	пос ле	до	пос ле	до	пос ле	до	пос ле
Купряков (1)	0,84	-	1,17	0,2	2,32	2,96	11,1 6	3,9	0,40	0,48	0,24	0,22	0,12	0,12	0,01 6	0,01 5
Купряков (2)	-	-	0,15	0,21	0,78	3,12	7,19	24,6	0,35	0,24	0,27	0,22	0,06	0,14	0,01 5	0,01 4
Гамаюнов	0,39		0,31	0,14	1,71	2,44	7,95	7,50	0,32	0,34	0,16	0,07 0	0,09	0,11 0	0,02 0	0,03 3
Агафонов	3,20	-	0,19	0,12	0,48	0,2	3,02	16,9	0,85	0,66	0,32	0,63	0,09	0,04	0,00 5	0,06
ПДК, мг/кг водное	2,0		3,0		6,0		23,0		4,0		5,0		0,5		< 100 (фоновое содержа- ние)	

Предельно допустимая концентрация никеля равна 4,0 мг/кг. Его превышение не произошло ни на одном из участков. Увеличения показателей происходят на участках Купряков (1) и Гамаюнов. Уменьшение прослеживается на участках Купряков (2) и Агафонов. Никель концентрируется в илистый фракции, исходя из этого можно предположить, что на участках с увеличением содержания никеля произошел намыв ила, вместе с паводками, соответственно на участках где понизилось содержание – илистые частицы были вымыты, или же изначально их содержание было небольшим [3].

Предельно допустимая концентрация кобальта – 5,0 мг/кг. Результаты анализов не превышают данного значения. На всех участках наблюдается снижение показателя, кроме участка Агафонов. Кобальт прочно связывается с органическим веществом почвы [3; 9]. На участках Купряков (1 и 2), а также Гамаюнов наблюдается снижение этого показателя, исходя из этого, можно предположить, что он был вымыт вместе с гумусом. На участке Агафонов напротив, произошло увеличение показателя, так как произошло увеличение гумуса.

Кадмий наиболее подвижен в кислых почвах. Показатели превышают предельно допустимую концентрацию 0,5 мг/кг на всех участках, за исключением участка Агафонов. После паводка там отмечается уменьшение этого показателя, который связан с изменением реакции почвы – из среднекислой в нейтральную. Соответственно кадмий был подвижен, а затем вымыт паводком.

На участке Купряков (1) изменений не произошло, реакция почвы до и после наводнения – слабокислая. На участке Купряков (2) произошло увеличение, так реакция из нейтральной, перешла в слабокислую (вмыв).

В результате исследования физико-географического описания района, выявлены главные причины наводнений: рельеф, гидрография, климат и осадки. Основная часть осадков приходится на теплый период, за который выпадает 79–83 % их годовой суммы. Питание р. Ии смешанное с преобладанием дождевого. Особенно обильные дожди наблюдаются в июле – августе [2; 4; 5; 8].

Река Ия берет свое начало на северных склонах Восточного Саяна, где образуется слиянием рек Холба и Хиан, пересекает Иркутско-Черемховскую равнину. Русло реки извилистое. Во время таяния снега в горах происходит подъем уровня воды в реке, соответственно увеличивается скорость течения [11]. В совокупности все эти факторы зачастую приводят к наводнениям.

На исследуемых территориях в целом наблюдается снижение содержания гумуса после влияния паводковых вод, за исключением одного из участков, где напротив произошло его увеличение. Вероятно, это связано с тем, что данный участок расположен в понижении пойменного рельефа, где оседают коллоидные частицы, и происходят наносы слоя илистых частиц и органических остатков. Здесь же наблюдается снижение содержания свинца. Остальные территории крестьянско-фермерских хозяйств расположены вблизи русла или сформированы на возвышенностях и, как правило, предрасположены к размыву водным потоком, что приводит к вымыванию тонких фракций гранулометрического состава и снижению содержания гумуса [7].

Показатели обменной кислотности снизились и стали близки к нейтральной. Исключением стал участок Купряков (2), где произошло увеличение кислотности. Можно сделать предположение, что причиной этому послужил застой воды (лужи), после чего произошло подкисление почвенной среды. На всех участках произошло увеличение содержания подвижного фосфора и обменного калия. На некоторых из них показатели фосфора были высокими и до наводнения. Калий характеризуется биогенным характером накопления и поэтому вымывается с органическим веществом. Соответственно с паводковыми водами произошло увеличение его содержания. Все это говорит о том, что наводнения влекут за собой как негативные, так и благоприятные последствия.

### Литература

1. Авакян А. Б. Наводнения как глобальная многоаспектная проблема // Вестник РАН. 2002. Т. 72, № 12. С. 1–21.
2. Атлас природных и техногенных опасностей и рисков чрезвычайных ситуаций. Российская Федерация / под общ. ред. С. К. Шойгу. М. : Дизайн. Информация. Картография, 2010. 696 с.
3. Водяницкий Ю. Н., Ладонин Д. В., Савичев А. Т. Загрязнение почв тяжелыми металлами. М. : Почв. ин-т им. В. В. Докучаева РАСХН, 2012. 305 с.
4. Воробьева Г. А. Почвы Иркутской области: вопросы классификации, номенклатуры и корреляции : учеб. пособие. Иркутск : Изд-во Иркут. гос. ун-та, 2009. 149 с.
5. Иркутская область (природные условия административных районов) / Н. С. Беркин, С. А. Филиппова, В. М. Бояркин, А. М. Наумова, Г. В. Руденко. Иркутск : Изд-во Иркут. ун-та, 1993. 304 с.

6. Калеп Л. Л. Агропроизводственная характеристика почв сельскохозяйственных территорий Иркутской области // Почвы Иркутской области, их использование и мелиорация. Иркутск, 1979. С. 49–69.
7. Мартынов А. В. Изменение свойств аллювиальных почв после крупного паводка на примере среднего течения р. Амур // Современные проблемы науки и образования. 2016. № 3. С. 398–403.
8. Наумова А. М. Геоморфологическое строение бассейна р. Ии в нижнем течении. // Краткие сообщения о научно-исследовательских работах за 1960 г. Иркутск, 1962. С. 108–109.
9. Перельман А. И., Касимов Н. С. Геохимия ландшафта. М. : Изд-во геогр. лит., 1961. 601 с.
10. Перечень предельно допустимых концентраций (ПДК) и ориентировочно-допустимых количеств (ОДК) химических веществ в почве. № 6229-91 и ГН 2.1.7.020-94 (дополнение 1 к № 6229-91): по состоянию на 27 декабря 1994 г. М., 1993. 6 с.
11. Тимофеева С. С., Эглит В. Э., Морозов О. В. Мониторинг наводнений на территории Иркутской области на основе ретроспективного анализа // Вестник ИрГТУ. 2011. №. 9(56). С. 82–89.

## INFLUENCE OF FLOODING WATERS ON AGROCHEMICAL INDICATORS OF AGRICULTURAL SOILS

N. D. Kiseleva<sup>1</sup>, V. V. Shtantsova<sup>2</sup>, E. I. Basnina<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Irkutsk State University, Irkutsk, Russian Federation, nata\_kis71@list.ru

<sup>2</sup>FGBU “SAS” Tulunskaya, Russian Federation

Floods in Russia have always been a serious event that negatively affects the economic activities of the territories. Today the situation remains the same, despite the developed system of control and management of the redistribution of flood waters using various hydraulic structures. Floods are one of the most destructive natural phenomena. Every year thousands of people die from floods, and the losses from them reach tens of billions of dollars, and so far insufficient attention has been paid to both the accounting of the floods themselves and the analysis of their consequences. Therefore, it is necessary to collect information and conduct research so that floods can be viewed as a global and multidimensional phenomenon.

## ФОРМЫ НАХОЖДЕНИЯ МЕТАЛЛОВ В НЕКОТОРЫХ ПОЧВАХ ОКРЕСТНОСТЕЙ С. УТУЛИК (ЮЖНЫЙ БЕРЕГ ОЗ. БАЙКАЛ)

П. В. Кузнецов\*, Е. В. Чупарина\*\*, В. М. Чубаров\*\*\*

Институт геохимии им. А. П. Виноградова СО РАН, Иркутск, Россия  
\*petr-kp@mail.ru; \*\*lchup@igc.irk.ru; \*\*\*chubarov@igc.irk.ru

Тяжелые металлы по масштабу загрязнения почв занимают особое место. Данный вопрос достаточно изучен, благодаря многочисленным исследованиям, проведенным в разное время, но тем не менее представляет практический интерес и остается актуальным в настоящее время, так как его изучение позволяет дать оценку устойчивости почв к химическому загрязнению, их способности к самоочищению и оказываемому влиянию на сопредельные среды [10]. Несмотря на повышенный исследовательский интерес к почвам и ландшафтам побережья озера Байкал [1; 3; 4; 6; 7], они остаются еще недостаточно изученными с геохимических позиций. Актуальность исследованиям придает активное развитие на территории Прибайкалья туризма и экотуризма [8; 9].

Целью настоящей работы является анализ форм нахождения некоторых тяжелых металлов в почвах южного побережья озера Байкал и роли компонентов почв в обеспечении их устойчивости к химическому загрязнению.

Объектами исследований служили почвы окрестностей с. Утулик, расположенного на южном берегу оз. Байкал. Изучаемая территория приурочена к Утулиksко-Солзанской равнине, примыкающей к горным хребтам и являющейся частью Байкальской впадины [2]. Потенциальными источниками антропогенного влияния на почвы и ландшафты являются железнодорожный, автомобильный транспорт, рекреация, а также атмосферный перенос выбросов промышленных предприятий расположенного в 7 км на юго-восток г. Байкальска. На изучаемой территории были выбраны участки, отличающиеся геохимической обстановкой (рис.). На участках 1 (аллювиальная слоистая), 2 (грубогумусовая) и 4 (подзол иллювиально-железистый супесчаный) были заложены прикопки, пробы почв из которых отбирались по генетическим горизонтам. На участке 3 (петрозем) отбирался мелкозем, заполняющий пространство между валунно-галечным материалом. На участках 5 и 6 (антропогенно преобразованные почвы) были взяты пробы верхнего горизонта почв методом конверта. Участок 4 расположен в лесном массиве (кедр, береза) в западине на некотором удалении от села и источников антропогенного воздействия и рассматриваем его как условно фоновый. Участки 5 и 6 испытывают влияние железнодорожного (участок 5) и автомобильного транспорта (участок 6). Вероятно, ранее они формировались под лесной растительностью.

Для определения содержания  $C_{\text{org}}$  в почвах использовался метод Тюрина, pH почв определяли потенциометрически. Для определения элементного состава образцы почв были исследованы методом рентгенофлуоресцентного анализа

на волнодисперсионном рентгеновском спектрометре S4 Pioneer (Bruker AXS, Германия). Для определения форм нахождения Cu, Zn и Pb элементы извлекали из почв методом постадийных вытяжек [5]. Содержание элементов в вытяжках определяли методом атомной абсорбционной спектрометрии: обменные и водорастворимые формы из ацетатно-аммонийной вытяжки ( $\text{pH} = 4,8$ ); связанные с органическим углеродом – после экстракции 30 %  $\text{H}_2\text{O}_2$  и связанные с аморфными гидроксидами – в вытяжке  $\text{NH}_2\text{OH}\cdot\text{HCl}$  в 25 %  $\text{CH}_3\text{COOH}$ ,  $\text{pH} = 1,8$ .

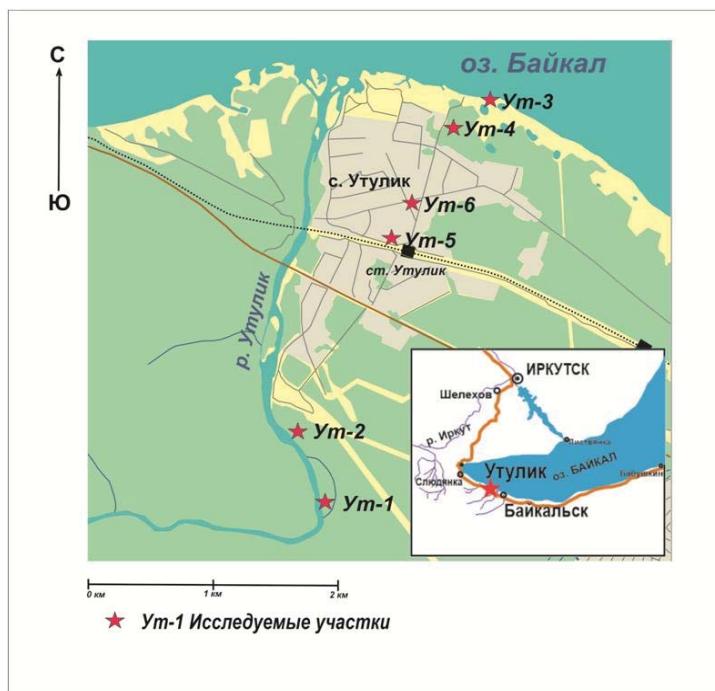


Рис. Карта-схема исследуемых участков

Исследования показали, что почвы характеризуются легким гранулометрическим составом, способствующим фильтрации почвенных растворов и миграции химических элементов. Верхние горизонты исследуемых почв участков Ут-4 и Ут-5 содержат 11,56 %  $\text{C}_{\text{org}}$ , а участок Ут-6 – 4,86 %. Подзол иллювиальный-железистый ( $\text{pH} = 4,0\text{--}5,6$ ) и верхний горизонт почвы участка Ут-5 ( $\text{pH} = 5,9$ ), характеризуются кислой реакцией среды, а нейтральная реакция ( $\text{pH} = 7,1$ ) выявлена в почве участка Ут-6 и может быть обусловлена ее загрязнением.

Изучение химического состава показало загрязнение (мг/кг) почв участков Ут-5 и Ут-6 свинцом (47 и 111), медью (92 и 39) и цинком (196 и 1713) соответственно, что превышает содержание этих элементов в лесной подстилке условно фоновой почвы Ут-4 (23, 33 и 51 мг/кг соответственно). Анализ форм

нахождения Cu, Zn, Pb в почвах показал роль компонентов, влияющих на устойчивость почв к химическому загрязнению, и отражает функционирование почвенно-геохимических барьеров (табл.).

Таблица  
Содержание (мг/кг)/доля от валового содержания (%) в верхних горизонтах  
почв разных форм Cu, Zn и Pb

Исследуемый участок	Форма нахождения	Cu	Zn	Pb
Ут-4	Обменная	0,6/1,7	7,8/15,3	0,8/2,4
	Связанная с ОВ	6,9/30	6,9/13,5	< 0,1/< 0,3
	Связанные с аморфными гидроксидами	2,3/10	12,5/24,5	0,2/0,6
	Малоподвижные формы	13,2/58,3	23,8/46,7	31,9/96,7
Ут-5	Обменная	1,5/1,6	28/14,3	0,4/0,9
	Связанная с ОВ	18,8/20,4	55/28,1	2,6/5,5
	Связанные с аморфными гидроксидами	9,6/10,4	31/15,8	17/36,2
	Малоподвижные формы	62,1/67,6	82/41,8	27/57,4
Ут-6	Обменная	0,6/0,02	750/43,8	11,1/10
	Связанная с C <sub>орг</sub>	6,6/18,3	488/24,5	6,4/5,8
	Связанные с аморфными гидроксидами	1,9/4,9	135/7,9	43/38,7
	Малоподвижные формы	29,9/76,8	340/23,8	50,5/45,5

Горизонт О почвы участка Ут-4 характеризуется низким содержанием обменных форм Cu и Pb, а основная часть этих металлов, очевидно, находится в виде малоподвижных соединений. Относительно доступная медь преимущественно связана с органическим веществом и в меньшей степени с аморфными гидроксидами. По сравнению с медью и свинцом цинк является подвижным элементом. Согласно полученным данным в закреплении этого металла значимую роль играют аморфные гидроксиды, заметное количество цинка также находится в обменной форме и в связанной с органическим веществом.

В загрязненных почвах по отношению к условно фоновой соотношение и содержание форм нахождения металлов изменяется. В почве загрязненного медью участка Ут-5 возрастает абсолютное содержание ее исследуемых форм, однако их доля относительно валовой снижается, что может указывать на то, что медь, поступающая в составе загрязнений, находится непосредственно в малоподвижной форме или малоподвижные соединения образуются в почве.

Значительно возрастает содержание разных форм цинка, особенно на участке Ут-6 с наибольшим уровнем загрязнения. В почве участка Ут-5 заметную долю составляет органически связанный цинк, а на участке Ут-6 – его обменная форма. В загрязненных почвах исследуемых участков также возрастает содержание разных форм свинца, который связывается, прежде всего, с аморфными гидроксидами.

Корреляционный анализ результатов показал тесные взаимосвязи ( $r^2 > 0,9$ ) содержаний разных форм металлов с их валовым содержанием в почве. Кроме того, содержания рассматриваемых форм связаны с pH, и выявлены значимые внутренние корреляции между микроэлементами Pb, Cu, Ba и Ni и с некоторыми породообразующими оксидами. Так, содержание разных форм свинца коррелирует с pH и с содержанием оксидов алюминия и кремния. Медь

коррелирует с органическим веществом. Из этого следует, что подкисление среды будет способствовать мобилизации свинца и цинка в почвенный раствор.

Наибольшую опасность для компонентов окружающей среды представляют подвижные формы элементов (водорастворимые и обменные формы). Именно в обменной форме в почве участка Ут-б содержится основное количества Zn и заметное Pb. Они легкодоступны растениям, в определенных условиях (например, при разрушении барьеров) потенциально могут попадать в предельные среды, загрязняя их. Мобилизации и водной миграции металлов в изученных почвах могут играть водорастворимые органические вещества кислотной природы, а кислая реакция среды некоторых изучаемых почв будет способствовать растворению и миграции некоторых элементов (Zn, Pb), поступающих в составе загрязнений, а легкий гранулометрический состав почв лишь будет облегчать данный процесс. Вымывание накопленных в почвах элементов за пределы профиля потенциально может приводить к загрязнению природных вод, в т. ч. опосредованно воды озера Байкал и представлять серьезную опасность в настоящем и будущем. В связи с этим воздействие на почвы и экосистемы прибрежной части озера Байкал необходимо минимизировать.

### Литература

1. Белозерцева И. А., Лопатина Д. Н., Зверева Н. А. Почвы восточного Приольхонья на побережье озера Байкал: современное состояние и использование // Бюллетень Почвенного института им. В. В. Докучаева. 2019. Вып. 97. С. 21–51. <https://doi.org/10.19047/0136-1694-2019-97-21-51>
2. Иркутская область (природные условия административных районов) / Н. С. Беркин, С. А. Филиппова, В. М. Бояркин, А. М. Наумова, Г. В. Руденко. Иркутск : Изд-во Иркут. унта, 1993. 304 с.
3. Воробьева Г. А. Почва как летопись природных событий Прибайкалья: проблемы эволюции и классификации почв. Иркутск : Изд-во ИГУ, 2010. 205 с.
4. Геохимия окружающей среды Прибайкалья (Байкальский геоэкологический полигон) / В. И. Гребенщикова, Э. Е. Лустенберг, Н. А. Китаев, И. С. Ломоносов. Новосибирск : Гео, 2008. 234 с.
5. Кузнецов В. А., Шимко Г. А. Метод постадийных вытяжек при геохимических исследованиях. Мн. : Навука і Тэхніка, 1990. 88 с.
6. Кузьмин В. А. Геохимия почв юга Восточной Сибири. Иркутск : Изд-во Ин-та географии им. В. Б. Сочавы СО РАН, 2005. 137 с.
7. Ломоносов И. С., Макаров В. Н., Хаустов А. П. Экогеохимия городов Восточной Сибири. Якутск : ИМ, 1993. 107 с.
8. Потапова Е. В., Суходолов Я. А. Гармонизация рекреационных возможностей и растущего туристического потока на Байкальской природной территории // Известия Байкальского государственного университета. 2019. Т. 29, № 1. С. 7–17.
9. Сутурин А. Н. Дорожная карта экологической диверсификации экономики г. Байкальска // Международный научно-исследовательский журнал. 2019. Т. 79, № 1, ч. 2. С. 29–34.
10. Heavy Metals in Soils. Trace Metals and Metalloids in Soils and Their Bioavailability / ed. by B. J. Alloway. Dordrecht : Springer Netherlands. 2013. Vol. 22. 614 p.

**FORMS OF METALS IN SOME SOILS IN THE VICINITY OF THE VILLAGE  
OF UTULIK (SOUTHERN SHORE OF LAKE BAIKAL)**

**P. V. Kuznetsov<sup>\*</sup>, E. V. Chuprina<sup>\*\*</sup>, V. M. Chubarov<sup>\*\*\*</sup>**

*Vinogradov Institute of Geochemistry SB RAS, Irkutsk, Russian Federation*  
*petr-kp@mail.ru; <sup>\*\*</sup>lchup@igc.irk.ru; <sup>\*\*\*</sup>chubarov@igc.irk.ru*

Data on the forms of Cu, Pb, and Zn in some soils in the vicinity of C were obtained. Utulik (southern shore of Lake Baikal). In the soil of the conditionally background area, most of these elements are in hard-to-reach forms. In polluted soils, Zn is poorly fixed and its main part is in the exchange form. Amorphous hydroxides are essential for Pb fixation. Due to the light granulometric composition of the soils and the small capacity of the sorption geochemical barriers, the presence of a large amount of Zn and Pb in exchange forms represents a potential danger of their migration to adjacent environments. This should be taken into account when assessing the state of the soil and planning economic activities.

## ЭКОЛОГО-ГЕОХИМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ПОЧВ И КРИОКОНИТОВ ЦЕНТРАЛЬНОГО КАВКАЗА

И. Д. Кушнов<sup>1</sup>, Е. В. Абакумов<sup>1</sup>, Р. Х. Темботов<sup>2</sup>, В. И. Поляков<sup>1</sup>

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

st084838@student.spbu.ru, e\_abakumov@mail.ru, slavon6985@gmail.com

<sup>2</sup>Институт экологии горных территорий им. А. К. Темботова РАН, Нальчик, Россия

tembotov.rustam@mail.ru

Деградация ледников на Центральном Кавказе приводит к изменению экосистем на территории данного региона. Криокониты – темноокрашенные отложения, образующиеся в результате взаимодействия минеральных частиц, черного углерода и микроорганизмов, способны не только ускорять дегляциацию, но и влиять на почвенный покров прилегающих территорий. Криокониты могут накапливать различные микроэлементы, в том числе тяжелые металлы, которые затем с потоками талой воды переносятся в местные почвы. Кроме того, криокониты способны играть роль в образовании первичных почв на территориях, ранее занятых ледовым покровом, за счет сходных физико-химических свойств и микробиомного состава. Учитывая стремительное отступление ледников и недостаточную изученность влияния криоконитов на почвы перигляциальной зоны Центрального Кавказа, необходимо исследовать и оценить геохимические особенности почв и различных отложений в данном регионе.

Целью данного исследования является изучение и сравнение физико-химических и геохимических параметров криоконитов ледников Центрального Кавказа. Отбор почв (черноземы, горно-луговые и горные лесо-луговые почвы [5]) был произведен из трех разрезов, заложенных в Баксанском ущелье, на территории которого также был отобран селевой почвоподобный материал. Были отобраны образцы криоконитов и аллювиальных отложений с ледника Шхельда, а также образцы криоконитов и моренных отложений с ледника Гарабаши. По общепринятым методам [2; 6] были определены следующие физико-химические особенности: pH ( $H_2O$ , KCl), содержание углерода органического происхождения (косвенным методом И. В. Тюрина), уровень базального дыхания, плотность твердой фазы, гранулометрический состав, содержание скелетной фракции ( $d > 1$  мм) и мелкозема ( $d < 1$  мм). Содержание органического углерода и азота также было определено прямым методом при помощи элементного CHN-анализатора (Elementar Analyse Systeme GmbH, Vario MAX, Italy). Определение агрохимических характеристик (подвижный фосфор, подвижный калий, аммонийный азот, нитратный азот) и содержания тяжелых металлов (медь, свинец, цинк, никель, кадмий) производилось в соответствии с государственными и международным стандартами [3; 4; 7]. Для оценки уровня загрязнения изучаемых почв и отложений были рассчитаны следующие показатели: индекс геоаккумуляции (Geoaccumulation index,  $I_{geo}$ ), фактор загрязненности (Contamination factor, CF), степень загрязнения (Degree of contamination,  $C_{degree}$ ) и модифицированная степень загрязнения ( $mC_{degree}$ ).

В результате проведенных исследований были отмечены следующие физико-химические особенности изученных материалов. Значения кислотности водной и солевой вытяжек изменяются от слабокислых до слабощелочных как в криоконитах и других отложениях, так и в почвах перигляциальной зоны. Общее содержание углерода органического происхождения достаточно низкое во всех образцах, однако его количество возрастает в изученных почвах за счет накопления углерода в мелкоземе под влиянием первичной растительности (до 7,82 %). В большинстве образцов криоконитов значения содержания органического углерода, определенного косвенным методом И. В. Тюрина, больше, чем при определении прямым методом при помощи элементного CHN-анализатора, что указывает на анаэробные условия [1]. В то же время при исследовании почв наблюдается обратная ситуация, что свидетельствует о аэробных условиях и, следовательно, различном наборе микроорганизмов. Отмечаются большие значения соотношения C/N в местных почвах. Значения базального дыхания были определены во всех образцах, что подтверждает микробиологическую активность в изучаемых отложениях, при этом в среднем более развитые почвы данного региона характеризуются более высокими значениями. Плотность твердой фазы криоконитов варьирует в большем диапазоне значений, чем плотность почв перигляциальных территорий, что связано с разнообразием источников поступающего материала. Однако при исследовании гранулометрического состава было отмечено доминирование песчаной фракции ( $d = 1\text{--}0,05$  мм) в покрывающем большинстве образцов.

При исследовании агрохимических характеристик отмечается значительно большее накопление подвижного фосфора в отложениях (до 557 мг·кг), по сравнению с изучаемыми почвами (до 366 мг·кг в горно-луговых почвах и до 27 мг·кг в черноземе), что связано с его поглощением растительностью, которая произрастает на изучаемых почвах. Содержание подвижного калия высокое в криоконитах с ледника Гарабаши и горно-луговых почвах (до 476 мг·кг), но значительно снижается в криоконитах с ледника Шхельда и черноземе (до 55 мг·кг), что связано с различными источниками поступающего материала. Накопление аммонийного азота наблюдается в криоконитах с ледника Гарабаши, где значения существенно выше, чем в почвах и криоконитах с ледника Шхельда, что указывает на активный процесс аммонификации и присутствие микроорганизмов-аммонификаторов. В то же время содержание нитратного азота в изучаемых почвах значительно выше, чем в криоконитах и других отложениях, где в большинстве образцов оно определяется на уровне нуля.

Наибольшее содержание тяжелых металлов отмечается в криоконитах с ледника Гарабаши и горно-луговых почвах, что связано с активным развитием рекреационной деятельности в верхней части Приэльбрусья (строительство трасс и гостиниц, присутствие большого количества туристов) и переносом веществ из криоконитов на прилегающие территории. Среди определенных тяжелых металлов наибольшие значения характерны для цинка (до 62,00 мг·кг в криоконитах и до 60,50 мг·кг в горно-луговых почвах), наименьшие для кадмия. При этом самые высокие значения, за исключением меди, наблюдаются в криоконитах с ледника Гарабаши, что говорит о его вероятной роли в загрязнении

почв перигляциальных территорий. При определении индекса геоаккумуляции и фактора загрязненности было отмечено загрязнение цинком, свинцом и медью горно-луговых почв от «слабо загрязненных» до «умеренно загрязненных» и криоконитов с ледника Гарабаши до «умеренно загрязненных». Остальные отложения и почвы характеризуются низким уровнем загрязнения в отношении всех элементов. Суммарное определение загрязненности исследуемых материалов всеми металлами путем расчета степени загрязнения и модифицированной степени загрязнения показало, что черноземы и криокониты с ледника Шхельда, как и большинство других отложений, характеризуются значениями, близкими к нулевым, с низким уровнем загрязнения, в то время как для криоконитов с ледника Гарабаши и горно-луговых почв отмечаются более высокие значения, однако не превышающие уровень умеренного загрязнения.

Полученные в результате исследования свидетельствуют об определенной схожести криоконитов и почв перигляциальных территорий по физико-химическому составу, при этом отмечается влияние криоконитов на агрохимические и геохимические особенности изучаемых почв.

*Работа выполнена при поддержке РФФИ, грант № 19-05-50107 «Роль микрочастиц органического углерода в деградации ледникового покрова полярных областей Земли и в формировании почвоподобных тел».*

### **Литература**

1. Абакумов Е. В., Попов А. И. Определение в одной пробе почвы углерода, азота и окисляемости органического вещества и углерода карбонатов // Почвоведение. 2005. № 2. С. 186–194.
2. Воробьева Л. А. Химический анализ почв : учебник. М. : Изд-во МГУ, 1998. 272 с.
3. ГОСТ Р 54650-2011. Почвы. Определение подвижных соединений фосфора и калия по методу Кирсанова в модификации ЦИНАО. М. : Стандартинформ, 2011. 12 с.
4. ГОСТ 26489-85. Почвы. Определение обменного аммония по методу ЦИНАО. М. : Изд-во стандартов, 1985. 8 с.
5. Классификация и диагностика почв России / под ред. Г. В. Добропольского. Смоленск : Ойкумена, 2004. 343 с.
6. Bowman G. M., Hutka J. Particle size analysis // Soil Physical Measurement and Interpretation for Land Evaluation. Victoria : CSIRO Publishing, 2002. P. 224–239.
7. ISO 11047-1998. Soil Quality. Determination of Cadmium, Cobalt, Copper, Lead, Manganese, Nickel and Zinc in Aqua Regia Extracts of Soil – Flame and Electrothermal Atomic Absorption Spectrometric Methods. International Organization for Standardization, 1998. 18 p.

## **ECOLOGICAL AND GEOCHEMICAL ASSESSMENT OF SOILS AND CRYOCONITE OF THE CENTRAL CAUCASUS**

**I. D. Kushnov<sup>1</sup>, E. V. Abakumov<sup>1</sup>, R. Kh. Tembotov<sup>2</sup>, V. I. Polyakov<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Saint-Petersburg State University, Saint Petersburg, Russian Federation

st084838@student.spbu.ru, e\_abakumov@mail.ru, slavon6985@gmail.com

<sup>2</sup>Tembotov Institute of Ecology of Mountain Territories RAS, Nalchik, Russian Federation  
tembotov.rustam@mail.ru

The degradation of glaciers in the Central Caucasus region leads to changes in the ecosystems in this region. Cryoconite – dark-colored sediments formed as a result of the interaction of

mineral particles, black carbon and microorganisms, can not only accelerate deglaciation, but also affect the soil cover of adjacent territories. It is essential to determine their geochemical properties and compare them between each other to understand the impact of cryoconite on local soils. The studied sediments were collected at the Garabashi and Skhelda glaciers as well as some local soils at the Baksan gorge. Sampled materials were investigated for physical, chemical and agrochemical parameters. The concentrations of trace elements (Cu, Pb, Zn, Ni, Cd) were also determined and some contamination indices were used to evaluate degree of pollution. The obtained data shows much higher content of organic carbon in soils (up to 7.82 %) in comparison with cryoconite due to presence of vegetation. The basal respiration values in some cases were similar between sediments and soils, indicating high rates of microbial activity. It was conducted that almost all materials have sandy structure. In case of trace elements, the highest content was identified for Zn (62.00 mg·kg for cryoconite and 60.50 mg·kg for soils) and the most polluted materials were sediments from Garabashi glacier and adjacent soils, up to moderate level, which is associated with anthropogenic activity.

## ИНТЕГРАЦИЯ ЕСТЕСТВЕННЫХ НАУК ПРИ ОБУЧЕНИИ СТУДЕНТОВ ВУЗА

О. Г. Лопатовская, Е. Ю. Борисенко

*Иркутский государственный университет, Иркутск, Россия*

*lopatovs@gmail.com*

Для решения исследовательских задач и вопросов образования современная наука и высшее образование все чаще включаются в процесс интеграции. Интеграция – это процесс, который предполагает объединение, взаимодополнение научных и учебных дисциплин. При этом происходит не только слияние содержания, но и, как следствие, объединение технологий, методов и приемов исследования предметов и явлений [3].

Еще в двадцатом веке говорилось о значимости интегрирования научного знания при изучении природы. В настоящее время для реализации компетентностного подхода при обучении специалистов в высших учебных заведениях процесс слияния учебных дисциплин активно развивается. Кроме того, именно интеграция наук и учебных дисциплин позволяет формировать целостное представление у студентов об изучаемых объектах. Поэтому сложно переоценить значимость активизации названного процесса при подготовке будущих специалистов по изучению величайшего богатства планеты – почвы.

Для студентов, обучающихся по направлению подготовки 06.03.02 – Почвоведение в учебном плане запланировано изучение интегрированных дисциплин, касающихся изучения различных характеристик почвы. Это предполагает решение задач по формированию определенных компетенций. В качестве примера можно привести развитие способностей по эксплуатации оборудования для выполнения научно-исследовательских полевых и лабораторных исследований в различных областях почвоведения, мелиорации, экологии, эрозии почв, почвенно-ландшафтного проектирования и т. д., а также способности применять на практике приемы составления научно-технических отчетов. Обозначенные компетенции формируются в большинстве дисциплин, изучаемых студентами названного направления, что предполагает необходимость решение проблемы применения междисциплинарных связей и единства методов обучения. Поэтому, по нашему мнению, при разработке программ подготовки специалистов необходим учет вертикальной интеграции, что позволит решить обозначенный вопрос.

В связи с актуальностью требуется достижение поставленной цели – развитие у студентов способности к активному усвоению интегрированных знаний и умений через их включение в учебную деятельность с применением современных технологий и активных методов и приемов.

Для достижения поставленной цели необходимо было решение важных задач, представленных на примере разработки программы «Адаптивно-ландшафтное земледелие». А именно: определены технологии, методы, приемы

и средства наиболее целесообразные для введения интегрированных знаний при обучении курса «Адаптивно-ландшафтное земледелие»; разработана рабочая программа и фонд оценочных средств для курса «Адаптивно-ландшафтное земледелие» для студентов, обучающихся по направлению подготовки 06.03.02 – Почвоведение в Иркутской государственной университете. При этом учитывалась интеграция в методике обучения и содержании преподаваемого материала из разных областей естественных наук (почвоведения, растениеводства, геоботаники, географии, земледелия и др.).

Что касается методики преподавания на наш взгляд целесообразно применять технологии опережающего, дистанционного и проблемного обучения с использованием объяснительно-иллюстративного, репродуктивного и преимущественно частично-поискового и исследовательского методов [1; 2].

В качестве средства обучения использованы: дидактический материал для организации самостоятельной теоретической и практической работы студентов в очной и дистанционной форме обучения, лабораторное оборудование, фонд оценочных средств для осуществления рубежного и итогового контроля.

Для синтеза целостного представления об изучаемых объектах, предметах и явлениях используем введение интегрированных лекций, как в очном, так и дистанционном формате. Интеграция заключалась в том, что на основе знаний, полученных в дисциплинах ранних курсов, применялись различные педагогические технологии, не было дублирования материала курсов, изученных студентами ранее, использована актуализация их знаний.

В связи с тем, что количество учебного времени, отводимого учебным планом, остается неизменным, активно используем время, отводимое на самостоятельную работу студентов. Задания выполняются от простого к сложному. Таким образом, ведется работа с теоретическим материалом из разных областей наук при наличии консультативной помощи преподавателя и с учетом знаний из предыдущих курсов.

В процессе работы особое внимание уделялось мотивации к сознательному получению знаний. В качестве решения применяется демонстрация примеров технологий и видов учебной работы студентов в контексте применения в профессиональной деятельности (контекстное обучение) и при контроле знаний. Организована активная познавательная деятельность студента при работе с теоретическим интегрированным материалом, при этом, перед проведением интегрированной лекции использована технология «опережающего обучения». То есть студент получает задание по самостоятельному знакомству с необходимой для лекции литературой, включающей элементы ранее полученных знаний.

Для визуализации изученного использована технология опорных конспектов в целях объединения интегрированного знания в некую схему. Затем проводилась лекция с применением активных форм (лекция-диалог или лекция-консультация). Эти виды лекций позволяют контролировать качество усвоения теории для последующего ее использования на практических занятиях.

Важным является развитие компетенций студентов по выполнению исследования. Для решения названной задачи студенту предлагаются: геоботанические описания объектов, образцы растений и используется проблемная постановка

вопроса. Это может быть характеристика биогеоценоза или изучения особенностей биоиндикации, взаимовлияния почвенных и климатических условий.

При проблемном обучении создается ситуация интеллектуального затруднения по изучению предложенных объектов. Студенты выдвигают гипотезы, получают дидактический материал, исследуют объекты в лабораторных условиях, синтезируют интегрированное знание, аргументированно отвергают или принимают выдвинутые гипотезы, делают выводы. Преподаватель выступает в роли консультанта.

Решение задач активизации междисциплинарных связей при изучении основ адаптивно-ландшафтного земледелия почвы при дистанционном обучении проводится с использованием изученного на видеоконференции, демонстрацией изучаемых объектов.

И, наконец, решением задачи достижения студентами сознательности в усвоении знаний, понимание системности в изучении предмета может служить рефлексия как «построение умозаключений, обобщений, аналогий, сопоставлений и оценок; переживание, припоминание, решение проблем» («входная», «выходная») по примерным вопросам: Что знал? Что узнал? Что не понятно? Что сложно? Что интересно? Что пригодится в профессиональной деятельности?

Рабочая программа дисциплины предполагает ее преподавание на основе интегрированного подхода через реализацию междисциплинарных связей в преподаваемом содержании и методике преподавания через формирование профессиональных компетенций, развитие способностей к синтезу комплексного знания при изучении следующих предметных областей: почвоведение, геоботаника, ботаника, физиология растений, агрохимия и другие.

Выбор технологий и методов обоснован тем, что осуществление интегрированного подхода предполагает также активную познавательную деятельность обучающихся. Пассивное усвоение материала не позволит соотносить знаний из разных областей наук. Однако от традиционных объяснительного-иллюстративного и репродуктивного методов отказываться не стоит. Отдельные темы содержания курса рекомендуется представлять от простого к сложному, через объяснение и демонстрацию. Контроль может также проходить на чисто репродуктивном уровне.

При реализации интегрированного подхода необходимо применение технологий и методов обучения и форм контроля, которые поддерживают друг друга в решении вопросов междисциплинарности, в зависимости от содержания преподаваемых тем и видов учебной деятельности студентов.

### **Литература**

1. Борисенко Е. Ю. Практические занятия по теории и методике обучения биологии в школе : учеб.-метод. пособие для студентов. Иркутск : ПИ ИГУ, 2017. 120 с.
2. Организация исследовательской и проектной деятельности школьников: Особенности выполнения исследовательской работы школьника по окружающему миру и химии : учеб.-метод. пособие / под ред. Е. Ю. Борисенко. Иркутск : Иркут, 2019. Ч. 1. 67 с.
3. Параходский А. П., Венглинская Е. А. Интеграция и дифференциация наук, их связь с образованием // Успехи современного естествознания. 2009. № 9. С. 86–87.

**INTEGRATION OF NATURAL SCIENCES  
WHEN TRAINING UNIVERSITY STUDENTS**

**O. G. Lopatovskaya, E. U. Borisenko**

*Irkutsk State University, Irkutsk, Russian Federation*  
*lopatovs@gmail.com*

In order to solve research problems and issues of education, modern science and education use the process of integration. Integration is a process that involves the unification, complementarity of scientific and academic disciplines. In this case, there is not only a fusion of content, but also a fusion of technologies, methods and techniques for the study of objects and phenomena.

## АККУМУЛЯЦИЯ ПОТЕНЦИАЛЬНО ТОКСИЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ В КОМПОНЕНТАХ ЛАНДШАФТОВ Г. ГУСИНООЗЕРСКА (РЕСПУБЛИКА БУРЯТИЯ)

Д. Г. Лычкова, Н. Е. Кошелева, В. А. Ефимов, Л. Е. Ефимова

Московский государственный университет им. М. В. Ломоносова

Москва, Россия, l.msu@yandex.ru

Среди промышленных объектов, негативно влияющих на окружающую среду, значительную опасность представляют предприятия топливно-энергетического комплекса, работающие на каменном и буром угле. С пылегазовыми выбросами, отходами и стоками теплоэлектростанций (ТЭС) в ландшафты поступают тяжелые металлы и металлоиды (ТММ), обладающие канцерогенными и мутагенными свойствами. Они аккумулируются в депонирующих средах и создают угрозу для здоровья людей, проживающих в городах с мощными ТЭС. Цель работы – оценить загрязняющее воздействие выбросов крупнейшей в Байкальском регионе Гусиноозерской ГРЭС на почвы г. Гусиноозерска и сопредельные аквальные ландшафты озера Гусиное, служащего для ГРЭС прудом-охладителем. Для этого решались следующие задачи: 1) определить уровни накопления ТММ в почвенном покрове города; 2) проанализировать содержание растворенных и взвешенных форм ТММ в воде оз. Гусиное; 3) установить уровни накопления и пространственное распределение ТММ в донных отложениях (ДО) озера; 4) оценить экологическую опасность загрязнения ландшафтов.

**Объект и методы исследования.** Город Гусиноозерск расположен в Гусиноозерской межгорной котловине, на северном берегу оз. Гусиное, в 110 км от г. Улан-Удэ. Градообразующее предприятие – Гусиноозерская ГРЭС – использует в качестве топлива бурые угли местных Загустайского, Баин-Зухерского, а также Окино-Ключевского месторождения. Климат резко континентальный с низкими зимними температурами, среднее количество осадков – 250 мм/год. В почвенном покрове котловины доминируют каштановые почвы в сочетании с лугово-каштановыми, лугово-болотными и луговыми [7]. Городские почвы представлены антропогенно-трансформированными урбокаштановыми почвами. Озеро Гусиное расположено в центре Гусиноозерской котловины на высоте 550 м. Его питают реки, стекающие со склонов Хамбинского хребта: с юго-запада – р. Цаган-Гол, с северо-востока – реки Загустай и Тобхой. Единственным стоком из озера является р. Баян-Гол, впадающая в р. Селенгу – крупнейший приток оз. Байкал.

На основе Генерального плана города и космических снимков WorldView-2 на территории города выделены шесть функциональных зон: промышленные действующая и недействующая, селитебные с многоэтажной и малоэтажной застройкой, постагротехническая и пустыри.

Ландшафтно-геохимические исследования проводились летом 2019 г. Пробы почв (79, включая 7 фоновых) отбирались из верхних (0–10 см) горизон-

тов по регулярной сетке с шагом 500–600 м. Фоновые почвы, развитые в сходных ландшафтных условиях, опробованы в 2–2,5 км к западу и северо-западу от города. Пробы воды из оз. Гусиного отбирались из поверхностного слоя и у дна на 10 станциях, ДО – на 13 станциях.

Для подробного анализа выбраны 14 элементов: Zn, As, Cd, Pb (I класс опасности), Cr, Co, Ni, Cu, Sb, Mo (II класс), V, W, Sr (III класс), а также Bi и Ag. Пробы воды разделяли на жидкую и твердую фазы: взвешенные частицы отделяли от истинного раствора путем фильтрования на вакуумной установке Millipore через мембранный фильтр с диаметром пор 0,45 мкм. Фильтры просушивались для последующего определения взвешенных форм ТММ. Валовое содержание ТММ в почвах, воде и ДО определялось атомно-эмиссионным и масс-спектральным методами с индуктивно-связанной плазмой на приборах Elan-6100 и Optima-4300 («PerkinElmer», США) в ИПТМ РАН.

Содержание ТММ в фоновых почвах и ДО озера *Сф* сравнивалось с глобальными кларками *K1* верхней части континентальной коры [5], а также с региональным средним *K2* для Центральной Бурятии [1] путем расчета кларков концентрации  $KK = Cф/K1(2)$  при  $Cф \geq K1(2)$  и рассеяния  $KР = K1(2)/Cф$  при  $K1(2) < Cф$ . Загрязнение почвенного покрова города и ДО оценивалось суммарным показателем загрязнения  $Zc = \sum Kc - (n-1)$ , который имеет пять уровней [4], где  $Kc = Ci/Cф$  – содержание ТММ в городских образцах или ДО,  $n$  – число ТММ с  $Kc > 1$ . Качество воды озера Гусиного оценено путем расчета индекса ИЗВ по 6 показателям: O<sub>2</sub>, Mo, Zn, Sr, Cu, Mn. Экологическая опасность загрязнения почв и ДО определялась путем сравнения содержания ТММ с их предельными допустимыми (ПДК) [2] или ориентировочными допустимыми концентрациями (ОДК) [3]. Для воды Гусиного озера использовались ПДК<sub>рх</sub> для водных объектов рыбохозяйственного значения [6]. Рассчитывались коэффициенты экологической опасности загрязнения почв, воды и ДО отдельными ТММ:  $Ko = Ci/PДK_i$ .

**TMM в почвенном покрове.** В верхних горизонтах фоновых почв относительно кларков верхней части континентальной коры накапливаются Mo, Ag, Cd, Pb, W, ( $KK$  1,6–2,4) и рассеиваются Cr, Ni, V, Co, Cu ( $KР$  1,3–4,4), содержание Sb, Bi, Sr, Li, As и Zn близко к кларкам (табл. 1). По сравнению с региональным фоном почвы отличаются повышенным содержанием Mo и As ( $KK$  2,4–2,6), незначительно повышены концентрации Pb ( $KK$  1,4). Содержание остальных ТММ в фоновых почвах ниже регионального фона.

Таблица 1  
Содержание ТММ (мг/кг) в фоновых почвах, глобальные кларки верхней части земной коры, региональное среднее для Центральной Бурятии

Показатель	Sr	Zn	Cu	V	Cr	Pb	Li	Co	Mo	Sb	Bi	As	Ni	W	Ag	Cd
Фоновые значения	259	80	12	41	21	27	33	5,7	2,6	0,7	0,3	4,9	13	3,1	0,1	0,2
Кларк верхней части земной коры	270	75	27	106	92	17	32	15	1,1	0,8	0,2	5,6	50	2	0,05	0,1
Региональное среднее	300	70	15	60	40	20	<30	10	1	-	-	<2	20	-	<0,01	<1

В почвах Гусиноозерска содержания ТММ превышают фоновые значения, однако аккумуляция выражена слабо, коэффициенты  $K_c$ , как правило, меньше 2. В среднем по городу наибольшим накоплением отличаются Sr, Cu, As ( $K_c$  2,2–1,6), которые поставляются в почвы с выбросами дымовых газов от Гусиноозерской ГРЭС. Наиболее интенсивно загрязнены ТММ почвы промышленной действующей подзоны, где накапливаются Cu, Ag, As, Sr, Co, V, Ni и Sb, содержащиеся в выбросах Гусиноозерской ГРЭС, и селитебной одноэтажной подзоны с наибольшим накоплением Sb, Cu, Sr, Zn, Ag, Cd и Pb. Источниками этих элементов могут быть летучая зола ГРЭС, продукты эксплуатации автотранспорта и бытовые отходы. Минимально загрязнены почвы селитебной многоэтажной подзоны, где  $K_c \leq 1,6$  для всех элементов.

Средний для города суммарный показатель  $Zc = 8$  соответствует низкому уровню загрязнения почв. Большая часть (57 %) территории города характеризуется минимальным уровнем загрязнения с  $Zc < 8$ , это ландшафты почти всей селитебной многоэтажной подзоны, постагротеной и преобладающей часть зоны пустырей. Допустимое загрязнение ( $Zc$  8–16) выявлено на 36 % территории, в основном в промышленной и жилой одноэтажной зонах. На 4 % территории (на ул. Рабочая и на пойме р. Загустай) – уровень загрязнения средний, на 3 % (на ул. Мичурина и вблизи отвала вскрышных буроугольных пород Гусиноозёрского месторождения) – высокий.

Наибольшую экологическую опасность представляет As, у которого обнаружено превышение ПДК в 17 % исследуемых проб, незначительные превышения выявлены у Zn, Pb и Sb, а у V, Cd, Ni и Cu они отсутствуют.

**TMM в озере Гусиное.** Анализ микроэлементного состава воды показал присутствие Mn, Cu, Zn, Sr, Mo, Pb и As, содержание остальных ТММ ниже порога обнаружения. Наибольшая концентрация в поверхностном слое характерна для Sr (958–984 смкг/л) при увеличении с глубиной до 991 смкг/л. Sr относится к типичным «малым» щелочноземельным элементам, его присутствие в озерных водах обусловлено углефильтностью и карбонатностью пород, в которых Sr может изоморфно замещать Ca. Повышенные концентрации Mo (15,0–16,2 смкг/л) приурочены к северной части озера, что связано с влиянием речного притока и сбросами ГРЭС – высокое содержание этого элемента выявлено в воде р. Тобхой (22,1 смкг/л), а также в воде сбросного канала ГРЭС (17,3 смкг/л). Концентрация Zn в воде Гусиного озера изменяется в пределах 0,73–36,1 смкг/л, на его содержание так же влияют речные притоки и сбросы Гусиноозерской ГРЭС. Содержание растворенного Mn изменяется в диапазоне 0,24–1,7 смкг/л. Наибольшее значение 1,7 смкг/л обнаружено в северной части акватории озера, в месте впадения р. Загустай.

Минимальные концентрации отмечены у As и Pb. Наибольшее содержание Pb 0,18 смкг/л наблюдалось в северной части озера на глубине 5 м, что можно объяснить влиянием рек-притоков. Для As характерна низкая вариабельность концентраций по акватории и глубине водоема (1,0–1,2 смкг/л).

Во взвешенных наносах Гусиного озера определены концентрации Mn, Cu, Zn, Sr, Mo и Pb, содержание остальных ТММ ниже порога обнаружения. Содержание всех рассматриваемых элементов в озерной взвеси в несколько раз ниже региональных кларков литосферы. Распределение ТММ по акватории

озера показывает, что их наибольшие концентрации наблюдаются в северной части, где сосредоточены техногенные источники поллютантов. Наибольшее содержание во взвеси выявлено у Mn (24,4–395 смкг/г), максимум приурочен к северо-восточной части озера, куда поступает сток с территории полигона ТБО и из заброшенной угольной шахты. Как правило, содержание взвешенных наносов увеличивается с глубиной водоема и степенью дисперсности ДО.

В ДО определено содержание Ag, Mo, As, Cu, Sr, Zn, Sb, Pb, V, Co, Cr. Наибольшее валовое содержание у Sr с максимумом 772 мг/кг вблизи Холбольджинского угольного разреза в восточной части озера. По сравнению с региональными кларками ДО интенсивно накапливают Ag ( $KK = 23,7$ ) и Mo (10,1), при этом их содержание сильно изменяется в пределах акватории. Наибольшая аккумуляция Ag ( $KK = 136$ ) выявлена в восточной части озера, где на берегу расположены отвалы вскрышных буроугольных пород.

Сравнение содержания растворенных форм ТММ с ПДКрх показал превышение нормативов у Mo, Zn, Sr и Cu. У Mo коэффициент  $Ko$  варьировал от 15 до 31 с максимумом в придонном слое в восточной части водоема. Для растворенного Zn превышение ПДКрх в 3,6 раза наблюдалось только вблизи Холбольджинского угольного разреза. Содержание Sr в 2,4–2,5 раз превышало ПДКрх по всей акватории водоема. В 52 % проб воды выявлено превышение ПДКрх по Cu с максимальным  $Ko = 1,5$  в северной части озера, в зоне влияния р. Загустай. Содержание As, Pb и Mn ниже значений ПДКрх.

Воздействие Гусиноозерской ГРЭС на химический состав воды в озере характеризуют концентрации ТММ в воде сбросного канала ГРЭС, где обнаружено превышение ПДКрх по Mo (в 17 раз), Sr (в 2,5) и Cu (в 1,6 раза). Содержание этих элементов также выше ПДКрх в воде самого озера.

При сравнении концентраций ТММ во взвеси с ПДК/ОДК для почв (поскольку для взвешенных наносов они не установлены) превышений не выявлено. В ДО вблизи Гусиноозерской ГРЭС обнаружена локальная аномалия As ( $Ko = 1,2$ ). Для остальных элементов  $Ko$  в ДО не превышают 0,6.

Индекс загрязненности воды ИЗВ составил в среднем 3,43 при колебаниях в пределах 3,31–3,52, что характеризует воду как «загрязненную» (4 класс). В придонном горизонте в северо-восточной части озера вода перешла в класс 5 «грязная» (ИЗВ = 6,06) из-за высокого содержания Mo.

По суммарному показателю  $Zc$  очень опасный уровень загрязнения ДО ( $Zc = 157$ ) выявлен в восточной части озера, где находится Холбольджинский угольный разрез. Опасный уровень загрязнения ДО ( $Zc = 30,5–61,8$ ) установлен в 27 % проб. Более 50 % проб характеризуются умеренно-опасным уровнем загрязнения ( $Zc = 14,9–29,3$ ), 9 % – допустимым уровнем ( $Zc < 10$ ). Минимальное значение  $Zc = 3,0$  наблюдалось вблизи сбросного канала ГРЭС.

**Выводы.** Наибольшее загрязнение ТММ почв Гусиноозерска обнаружено в промышленной действующей зоне, где аккумулируются Cu, Ag, As, Sr, Co, V, Ni, Sb ( $Kc$  2,1–1,6), содержащиеся в выбросах ГРЭС. На 57 % территории города почвы имеют низкий уровень загрязнения с  $Zc < 8$ , 36 % – допустимый и лишь 7 % – средний и высокий. Случаи нарушения санитарно-гигиенических нормативов по отдельным ТММ единичны, за исключением As, у которого ПДК превышена на 17 % территории города.

На химический состав воды озера негативно влияют сбросы Гусиноозерской ГРЭС с высоким содержанием Mo, Sr и Cu, превышающим ПДКрх в 17, 2,5 и 1,6 раза соответственно. В озерной воде концентрации этих ТММ значительно уменьшаются: в среднем они превышают ПДКрх в 16,2 (Mo), 2,4 (Sr) и 1,1 (Cu) раза.

Взвешенные наносы Гусиного озера обеднены всеми исследуемыми ТММ по сравнению с региональными кларками литосферы. Наиболее сильно взвесь обогащена Mn, его медианное содержание по акватории составило 98,9 смкг/г, а максимальное (395 смкг/г) обусловлено поступлением в озеро поверхностного стока с территории полигона ТБО и заброшенной угольной шахты.

Содержание Cu, Zn, Sr, Mo и Pb в ДО выше, чем во взвешенных наносах, что свидетельствует о накоплении поллютантов в результате многолетнего воздействия сбросов ГРЭС. Большая часть акватории характеризуется умеренно-опасным уровнем суммарного загрязнения ДО ТММ ( $Z_c$  14,9–29,3).

### Литература

1. Белоголовов В. Ф. Геохимический атлас Улан-Удэ : Бурят. кн. изд-во, 1989. 52 с.
2. ГН 2.1.7.2041-06. Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в почве: Гигиенические нормативы. М. : Федер. центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2006. 15 с.
3. ГН 2.1.7.2042-06. Ориентировочно-допустимые концентрации (ОДК) химических веществ в почве. М., 2006. 7 с.
4. Геохимия ландшафтов Восточной Москвы / Н. С. Касимов, Д. В. Власов, Н. Е. Кошелева, Е. М. Никифорова. М. : АПР, 2016. 276 с.
5. Касимов Н. С., Власов Д. В. Кларки химических элементов как эталоны сравнения в экогеохимии // Вестник Московского университета. Серия География. 2015. № 2. С. 7–17.
6. Предельно допустимые концентрации в воде водных объектов рыбохозяйственного значения : приказ Федерального агентства по рыболовству № 20 от 18 января 2010 г. URL: <http://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/2070984/?prime>.
7. Почвы Бурятии: разнообразие, систематика и классификация / Л. Л. Убугунов [и др.] // Вестник Бурятской государственной сельскохозяйственной академии им. В. Р. Филиппова. 2012. № 2. С. 45–52.

### ACCUMULATION OF POTENTIALLY TOXIC ELEMENTS IN LANDSCAPE COMPONENTS IN GUSINOOZERSK (REPUBLIC OF BURYATIA)

D. G. Lychkova, N. E. Kosheleva, V. A. Efimov, L. E. Efimova

Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russian Federation, l.msu@yandex.ru

The levels of accumulation of Zn, As, Cd, Be, Pb, Cr, Co, Ni, Cu, Sb, Mo, V, W, Sr, Li, Ag in the soil cover of Gusinoozersk have been determined. The largest accumulation in the city on average is characterized by  $Sr_{2.2}Cu_{1.7}As_{1.6}$ , which are supplied to soils with fly ash emissions from the Gusinoozyorskaya TPP. The soils of the city are characterized by a low hazard of HMM contamination in comparison with the accepted hygienic standards. The highest concentrations of dissolved HMMs in lake water are confined to the mouths of the tributaries Zagustay (Sr and Mn) and Tobkhoy (Mo, Sr, Zn, Cu) in the northern part and Tsagan-Gol (Cu) in the southern part of the lake. Suspended sediments of Lake Gusinoe are depleted in all studied HMMs in comparison with regional clarkes of the lithosphere. The highest concentrations in suspended matter were found for Mn, its median content over the water area was 98.9  $\mu\text{g/g}$ . In lake water, the concentrations of HMMs on average exceed the fishery MPCs by 16.2 (Mo), 2.45 (Sr), and 1.1 (Cu) times. The concentrations of these elements in suspended matter do not exceed the MPC values.

## МЕЖДИСЦИПЛИНАРНОЕ ИЗУЧЕНИЕ АРХЕОЛОГИЧЕСКИХ ГЕОАРХИВОВ РАННЕГО СРЕДНЕВЕКОВЬЯ ДЛЯ РЕКОНСТРУКЦИИ ПОЧВ, ЛАНДШАФТОВ И КЛИМАТА (НЕКРОПОЛЬ СРОСТКИ-1, АЛТАЙСКИЙ КРАЙ)

В. Е. Приходько<sup>1</sup>, Ю. А.<sup>2</sup> Азаренко, М. В. Михаревич<sup>3</sup>

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

Пущино, Россия, kpv00@mail.ru

<sup>2</sup>Омский государственный аграрный университет им. П. А. Столыпина

Омск, Россия azarenko.otgau@mail.ru

<sup>3</sup>Сибирский научно-исследовательский институт геологии, геофизики и минерального сырья,  
Росгеология, Новосибирск, Россия, miharevich@yandex.ru

**Введение.** Разновозрастные почвы, погребенные под археологическими памятниками или другими природными слоями, могут служить летописью, сохраняющей информацию (память) о современных и прошлых геоэкологических обстановках. К настоящему моменту получены единичные данные о палеоклиматических условиях средневековья Алтая несмотря на высокую степень изученности исторических памятников этого этапа. Цель работы: дать реконструкцию почв, ландшафтов и климатических условий данного времени на основе палинологических, педологических и геохимических исследований подкурганных почв одного из крупнейшего некрополя раннего средневековья Сростки-1 лесостепи Алтайского края, созданного сросткинским этносом.

Методом ГИС-технологий выявлено, что 21 поселение и 130 некрополей этой популяции, функционировавшей в VIII–XII вв., локализировались на границе Предалтайской равнины и прилегающих к ней низкогорий Северного Алтая, на юге Сибири. Этнос проживал на плодородных почвах выровненных площадок с небольшими перепадами высот (3–10 м), вблизи крупных озер и рек – Обь, Катунь, Алей и широких долин при слиянии водотоков. Здесь были плодородные почвы для развития скотоводства и земледелия. Несколько поселений локализовалось в ~30–50 км от месторождений полезных ископаемых: золото, медаль, железо, цинк, уголь, глина. Однако большинство городищ располагалось на расстоянии 90–160 км от их источников, находящихся в предгорном и горном Алтае [5]. Центрами земледелия служили стационарные поселения и крупные городища. Землю обрабатывали как мотыжным, так и пахотным способом. Об этом свидетельствуют находки пахотных орудий и сосуда с зерном [7].

Исследования последних лет установили различия показателей тепло- и влагообеспеченности в период средневекового оптимума, и показали расхождения в определении его хроноинтервала для разных регионов. Изучение ледяных кернов, палинологических диаграмм и прироста древесных колец показало, что в течение последнего тысячелетия в целом для Северного полушария выявлены климатический оптимум Средневековья (950–1250 гг. н. э.) и Малая ледниковая фаза (1400–1700 гг.) [11]. А в Центральной Азии и Северо-Западном

Китае аридные районы характеризуются относительно теплыми и сухими условиями в период 1050–1350 гг., сменившимися более влажными условиями Малого Ледникового этапа [9]. Противоположные климатические данные выявлены для Русского Алтая. На основе применения палинологического, диатомового и химического анализов донных осадков озера Манжерок (8 АМС  $^{14}\text{C}$  дат), расположенного в подтаежном лесостепном поясе предгорий Алтая, установлен переходный этап в 800–900 гг., смена климата от теплого сухого в 650–800 гг. до холодного влажного в – 900–1300 гг. (сухо в IX в.) [8 ].

**Объекты и методы.** Объектами изучения были фоновый и подкурганные обыкновенные черноземы раннесредневекового (890–975 гг. н. э.  $^{14}\text{C}$  кал., 1 $\sigma$ ) некрополя Сростки-1 Алтайского края, Бийского р-на. Он расположен на правом берегу р. Катунь, в пределах предгорной зоны  $85^{\circ}42,876'\text{E}$ ,  $52^{\circ}24,337'\text{N}$ , 255 м над у. м. В регионе средняя температура января составляет  $-13,9\text{ }^{\circ}\text{C}$ , июля –  $+20\text{ }^{\circ}\text{C}$ , годовая –  $+3,2\text{ }^{\circ}\text{C}$ , сумма активных температур равна 2000–2100  $^{\circ}\text{C}$ . Среднее годовое количество осадков достигает 548 мм, более половины из них выпадает в июле – августе, высота снега составляет 30–60 см (данные метеостанции г. Бийска).

В районе исследования зональным является лесостепной ландшафт. Прилегающие ровные участки в основном распаханы. Вблизи некрополя при умеренном выпасе состав разнотравно-злаковых биоценозов близок целинным. В понижениях и на склонах террас локально встречаются березовые и сосново-березовые кустарниково-травяные леса, развивающиеся на месте сосновых лесов, и участки остепненных суходольных лугов. Под пологом сосновых лесов на третьей и четвертой надпойменных террасах сохраняется таежная флора. Низинные луга локализуются в днищах неглубоких ручьев и характеризуются преобладанием гигромезофитов и гигрофитов. Поймы представляют собой чередование ивовых лесов, переувлажненных лугов в старичных понижениях и фрагментов зрелой поймы с разнотравными лугами. Днища пойменных долин малых рек заняты травяными болотами в сочетании с древесно-кустарниковыми зарослями. Среди плакорных биоценозов мезофиты достигают 42 %, ксерофиты – 17 %, ксеромезофиты – 21 %, мезогигрофиты 10 % и гигрофиты – 6 % [6].

Анализы почв выполнены в ЦКП ИФХиБПП РАН, Пущино общепринятыми методами. Количество элементов почв определяли методом рентген-флуоресцентного анализа на аппарате «Спектроскан Макс-GV». Содержание химических элементов сравнивали с их кларком в литосфере [3; 10], средним содержанием в почвах региона [1; 2] и мира [10], рассчитывали элювиально-аккумулятивные коэффициенты (Кэ), равные отношению содержания элемента в слое почвы и почвообразующей породе. Для палинологических исследований взяты поверхностная проба современной почвы и образцы двух курганов: три пробы с поверхности подкурганных почв, 5 – из грунта на дне погребения. Для извлечения палиноморф пробы обработаны по стандартной методике (с использованием растворов HCl, KOH, HF и KI+CdI<sub>2</sub>), принятой в лаборатории СНИИГГиМС, Новосибирск.

## **Результаты и обсуждение**

**Свойства почв.** Сравнение морфологических свойств легкосуглинистых погребенных и фонового черноземов свидетельствует об отсутствии различий по мощности гумусового профиля (гор. А1 + АВ – 30–35 см); по формам новообразований карбонатов, представленных редкой белоглазкой, тонко дисперсной формой, и точками; по наличию темно-серых языков-затеков, начинающихся в горизонте АВ, продолжающихся до 40–50 см. Реконструированное содержание С орг в слое 0–50 см палеопочв приблизительно равно его количеству в фоновой почве, с учетом того, что за 1000 лет минерализовалось 50 % гумуса (Иванов И. В., 1992), содержание С орг в слое 0–10 см палеопочв составляет 2,37 %, реконструированное – 5,7 %, в фоновых почвах – 5,5 %.

Имеются и различия между почвами. Так, линия вскипания от НС1 находилась в палеопочвах на глубине 20–35 см, в фоновой почве – 42–48 см. Подкурганные почвы отличались от современных аналогов немногим большим накоплением карбонатов кальция в слое 30–50 см за счет подтягивания их из слоя 60–100 см. При этом усредненное количество карбонатов в толще 0–1 м и 1–1,6 м в изученных почвах не различалось.

**Палинология.** По сравнению с рецентным (современным) комплексом (61 %), в спектрах подкурганных почв доминирует пыльца трав (91–94 %) и соответственно уменьшается количество пыльцы деревьев и кустарников. Сокращение площади сосен сибирской (*Pinus sibirica* Du Tour) и обыкновенной (*P. sylvestris* L.) в средневековье по сравнению с современностью могло произойти за счет более суровых зим. Известно, что хвойные деревья погибают при температуре ниже –60 °C [12], что вполне возможно для региона, судя по метеонаблюдениям за 100 лет. Также возможно расширение площади современных боров за счет их искусственной посадки. Уменьшение ареала ивовых прибрежных и березовых лесов средневековья может быть результатом антропогенного их сведения для нужд популяции, также как и части сосен. Например, при сжигании, расчистке людьми подходов к постоянным водотокам и вырубке ив вдоль рек.

В средневековье значительного уменьшения летних осадков не происходило, что подтверждает большее количество пыльцы осок – 19–30 %, чем сейчас – 9 % и мезофитов; небольшое увеличение ксерофитов – полыней (фон 4 %, палеопочвы 7–20 %), богатый состав разнотравья, близкое количество выявленных семейств (19) в сравниваемых пробах. Возможно, что мелкие водоемы пересыхали в результате снижения защитной водоохранной роли лесов, а на их месте образовывались осоковые болота. Также увеличение палиноморф диких злаков, среди которых много степных видов, в палеопочвах было небольшим (3–20 %, в фоне –7 %). В подкурганных почвах по сравнению с фоном увеличения рудеральных видов: астровых, крапивных и подорожника не отмечено, а выявлено небольшое возрастание пыльцы маревых в 3-х пробах палеопочвы 14 кургана. Это указывает на небольшую антропогенную нагрузку на ландшафт при строительстве данных курганов.

С использованием дендрохронологического метода В. С. Мыгланом определена ежегодная динамика среднелетней температуры за последние 2000 лет в Алтае-Саянских горах. Установлено, что летняя теплообеспеченность в Сросткинский период в VIII–XII вв. и при строительстве некрополя Сростки-1 преимущественно соответствовала среднему значению. Отмечались летние похолода-ния: 850–870 и 930–950 гг. и термические экстремумы: 876–882 и 982 гг. с темпе-ратурой на 1,5 °C, отличающейся от эталонных значений 1961–1990 гг. [4].

**Тяжелые металлы.** Выявленна тенденция аккумуляции Cd и Co в верхних слоях современной почвы по сравнению со средневековым аналогом. В слое 0–10 см фоновой почвы относительно породы накапливаются элементы следую-щих классов опасности: 1 и 2-го – Zn и Cu (Кэа = 1,4–1,6), в меньшей степени – Cr (1,2), а также 3-го – Ba, V, Mn (1,2–1,3). В верхних слоях палеопочвы отно-сительно породы отмечается меньшее по сравнению с фоновой почвой концен-трирование вышеперечисленных элементов, а также Co.

Установлено обогащение верхних горизонтов и всего профиля современ-ной и погребенных почв элементами Cd, Zn, Co, Ba, Ni, по сравнению с клар-ком литосферы, а также этими элементами, Cr и Sr сравнительно с почвами ми-ра. Это обусловлено природными литохимическими особенностями состава по-род региона, создающими повышенный геохимический фон содержания эле-ментов [1]. Их накопление в почвах не достигало опасного уровня для живых организмов и не превышало допустимые концентрации. Выявленная слабая тенденция концентрирования элементов Cd (1-й класс опасности), Co (2-й класс) и Ba (3-й класс) в верхнем слое фоновой почвы по сравнению с погре-бенной можно быть объяснена техногенным воздействием.

В целом имеются крупные месторождения угля, медных, хромитовых, марганцевых и других руд, находящихся вблизи гор Алтая, но далеко от изу-ченного объекта. В основном там накопление элементов трех классов опасно-сти носит локальный характер и суммарное химическое загрязнение почв не превышает слабый уровень. Сильная степень накопления особоопасных эле-ментов отмечена локально в предгорных районах и обусловлена преимуще-ственно природными факторами [2].

Можно констатировать, что на изученной территории в раннем средневеко-вье, судя по педогенным данным, в фазу, предшествовавшую сооружению курга-нов климат был немного засушливее, чем сейчас. Затем началась его гумидизация, об этом свидетельствуют палинологические данные. Климатические условия бы-ли близки современным или несколько влажнее, возможно это было связано с бо-лее суровыми зимами, которые привели к гибели хвойных пород.

*Работа выполнена по теме Государственного задания № 0191-2019-0046 и проектов РФФИ 20-05-00284 и 17-05-01151.*

#### **Литература**

1. Архипов И. А. Биогеохимические особенности, определяющие ландшафтно-геохимическое поведение микроэлементов в почвах Алтая // Вестник АГАУ. 2014. № 4. С. 23–27.
2. Ельчининова О. А. Биогеохимические аспекты экологической оценки наземных экосистем Алтая. Барнаул : Изд-во АГАУ. 2009. 142 с.

3. Касимов Н. С., Власов Д. В. Кларки химических элементов как эталоны сравнения в экогеохимии // Вестник Московского университета. Сер. 5, География. 2015. № 2. С. 7–17.
4. Михаревич М. В., Мыглан В. С., Приходько В. Е. Реконструкция климата и ландшафтов средневековья на основе палинологического изучения подкурганных почв и дендрохронологических данных горного Алтая // Почвоведение. 2020. № 5. С. 519–534.
5. Реконструкция климата средневековья на основе почвенных и геохимических исследований курганов Сросткинской культуры и ее локализация на юге Западной Сибири / В. Е. Приходько, Ю. А. Азаренко, М. Р. Шаяхметов, А. А. Тишкин, В. В. Горбунов, Е. Г. Пивоварова // Почвоведение. 2020. № 3. С. 261–278.
6. Силантьева М. М. Анализ распространения жизненных форм растений на территории Алтайского края // Сибирский экологический журнал. 2008. Т. 15, № 2. С. 229–241.
7. Тишкин А. А., Горбунов В. В., Горбунова Т. Г. Алтай в эпоху средневековья : иллюстрированный исторический атлас. Барнаул, 2011. 136 с.
8. High resolution palaeoecological records for climatic and environmental changes during the last 1350 years from Manzherok Lake, western foothills of the Altai Mountains, Russia / T. Blyakharchuk, A. Eirikh, E. Mitrofanova, H. C. Li, S. C. Kang // Quat. Int. 2017. N 30. P. 1–16.
9. Hydroclimatic changes in China and surroundings during the medieval climate anomaly and Little ice age: spatial patterns and possible mechanisms / J. H. Chen, F. H. Chen, S. Feng, W. Huang, J. B. Liu, A. F. Zhou // Quat. sci. rev. 2015. N 107. P. 98–111.
10. Kabata-Pendias A. Trace elements in soils and plants. Taylor and Francis Group, LLC, 2011. 468 p.
11. Global Signatures and Dynamical Origins of the Little Ice Age and Medieval Climate Anomaly / M. E. Mann, Z. Zhang, S. Rutherford, R. S. Bradley, Hughes M. K., Shindell D., Ammann C., Faluvegi G., Ni F. // Science. 2009. Vol. 326. P. 1256–1260.
12. A global biome model based on plant physiology and dominance, soil properties and climate / I. C. Prentice, W. Cramer, S. P. Harrison, R. Leemans, R. A. Monserud, A. M. Solomon // J. Biogeogr. 1992. Vol. 19. P. 117–134.

## INTERDISCIPLINARY STUDY OF ARCHAEOLOGICAL GEOARCHIVES OF THE EARLY MEDIEVAL AGE FOR RECONSTRUCTION OF SOILS, LANDSCAPES AND CLIMATE (NECROPOLIS SROSTKI-I, ALTAI, SOUTH OF WESTERN SIBERIA)

**V. E. Prikhodko<sup>1</sup>, Yu. A. Azarenko<sup>2</sup>, M. V. Mikharevich<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>*Institute of Physico-Chemical and Biological Problems of Soil Science RAS*

*Pushchino, Russian Federation, kpve00@mail.ru*

<sup>2</sup>*Omsk State Agrarian University named after P. A. Stolypin, Omsk, Russian Federation*  
*azarenko.omgau@mail.ru*

<sup>3</sup>*Siberian Research Institute of Geology, Geophysics and Mineral Raw Materials, Rusgeologia,  
Novosibirsk, Russian Federation, miharevich@yandex.ru*

Mounds of the Srostki-1 necropolis of the Altai Kray are studied by archaeological, palynological, pedological, geochemical methods. The localization features of the Srostki culture monuments are revealed by the GIS technologies method. Judging by the palyno-spectra of the surface palaeosols samples and bottom material of Medieval Ages burials in comparison with the present time, the area of pine-birch and coastal willow forests was smaller. To reduce their area could be result in deforestation by the ancient population and colder winters. Moisture in the summer in the Medieval Ages was close to modern, because Mesotrophic herbage prevailed over the dry steppe, and it was slightly larger than now; sedges dominated on the expanded marshes that arose when the small reservoirs dried up, while the water protection role of forests decreased. The similarity of morphological properties, the reconstructed humus content of ancient and background soils are noted. However, a lesser leaching of paleosols from carbonates indicate that the soil of the Early Medieval Ages before mounds construction, was formed in a somewhat more dry climate in comparison with nowadays. In mounds erection began increasing moisture.

## ИНФОРМАЦИОННОЕ СОПРОВОЖДЕНИЕ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ В АГРОХИМИИ И ПОЧВОВЕДЕНИИ

И. С. Прохоров

*Редакция журнала «Химия в сельском хозяйстве», Москва, Россия  
agrochem\_herald@mail.ru*

Журнал «Агрохимический вестник» является правопреемником журнала «Удобрение и Урожай», что подтверждено письмом НПО «Всесоюзная книжная палата» от 02.12.1992 № 0212, которое дает право редакции указывать на титульном листе издания формулировку «Основан в июне 1929 г.» [1].

Одним из инициаторов выхода в свет журнала, основанного Комитетом по химизации народного хозяйства СССР при СНК СССР и Научным Институтом по Удобрениям НТУ ВСНХ СССР стал академик Д. Н. Прянишников. В первый редакционный совет входили: Э. В. Брицке – редактор, Л. Л. Балашев – зам. редактора, М. М. Вольф, С. И. Вольфович, Н. В. Гаврилов, А. А. Горяинов, П. И. Дубов, А. В. Казаков, Э. И. Квириング, В. П. Кочетков, А. Н. Лебедянцев, А. П. Левицкий, Д. Н. Прянишников, А. Н. Розанов, Г. Д. Угрюмов, А. И. Юлин. Первыми авторами вместе с членами редсовета были: В. И. Влодавец, Б. А. Скопинцев, Н. П. Ремезов, И. И. Траут, Ф. Т. Перитурин, Т. А. Рунов, В. М. Васильков, А. А. Чучупал, С. П. Лебедев, Н. В. Овчининский [1; 5; 6; 9–11]. Тираж журнала первоначально составлял 2000 экз.

Будучи единственным органом, специально посвященным проблемам химизации земледелия, журнал «Удобрение и Урожай» из-за малого объема не мог достаточно полно освещать вопросы защиты растений, поэтому с мая 1932 г. отдел журнала «Химические средства борьбы с вредителями и болезнями растений» стал выпускать самостоятельное издание «На защиту социалистического урожая». Сегодня это журнал «Защита и карантин растений», а журнал «Удобрение и урожай» в начале 1932 г. был переименован в «Химизацию социалистического земледелия» и стал органом Наркомзема СССР и Всеобщего НИИ удобрений, агротехники и агропочвоведения им. К. К. Гедройца (ВИУАА). На титульном листе от редакции было написано: «Мы начинаем выпускать наш журнал в начале последнего года первой пятилетки социалистического строительства. Советский Союз из страны мелкого земледелия превратился в страну самого крупного в мире земледелия на основе колхозной, развертывания совхозов и широкого применения техники. Решительная задача второй пятилетки – повышение урожайности. Она выдвигает на главную позицию химизацию земледелия. Партией дана четкая директива: по химической промышленности ликвидировать отставание от темпов развития, особое внимание обратив на производство удобрений. Рациональное применение удобрений должно быть построено на новейших данных агрономической химии. От создания первичных агрохимлабораторий – до решения вопросов и проблем агрохимии, почвоведения и соприкасающихся с ними дисциплин». Придавая значение

вопросам производственно-технической пропаганды и достижениям в области химизации социалистического земледелия, журнал ставил задачу давать информацию о научных работах НИИ и опытных учреждений как в СССР, так и за рубежом [1; 5; 6; 9–11]. В это время в состав редакции входили: К. К. Гедройц, О. К. Кедров-Зихман (отв. редактор), А. Н. Лебедянцев, Е. Е. Магарам, Я. П. Никулихин, С. С. Сигаркин, С. И. Теймин, А. Федяев, Н. В. Феоктистов. Авторами в это время помимо членов редакции были: М. М. Вольф, Л. Н. Барсуков, Е. В. Бобко, Д. А. Сабинин, В. С. Буткевич, М. А. Егоров, С. П. Молчанов, А. А. Ширшов. Журнал также публиковал официальные документы: «Об организации Всесоюзного института удобрений», «Об объединении Института удобрений и агропочвоведения». Содержание журнала было продублировано на английском и немецком языках, а тираж журнала составлял 1 875 экз., достигнув в 1938 г. 9 660 экз.

В 1941 г. последним вышедшим номером журнала стал № 6 с тиражом 8 770 экз., так как началась Великая Отечественная Война. Среди его авторов были: В. В. Церлинг, В. В. Бернард, Е. Н. Мишустин, М. Г. Голик, О. М. Джумаев, Е. Ф. Березова, Л. В. Судакова, А. В. Соколов, Н. Н. Соколов, В. Н. Перегудов, Р. В. Витоль, П. И. Садовский, М. Бабаков.

В 1956 г. журнал был восстановлен под названием «Удобрение и Урожай» как ежемесячный научно-производственный журнал Минсельхоза СССР и Министерства совхозов СССР. Членами редакции журнала были: В. Е. Егоров (глав. ред.), П. А. Баранов, А. Ф. Кабанов, Н. П. Карпинский, О. К. Кедров-Зихман, В. М. Клечковский, И. П. Мамченков, Я. В. Пейве, И. И. Самойлов, П. Г. Найдин, Н. Д. Смирнов, Ф. В. Турчин. В обращении к читателям того времени было написано, что журнал «Удобрение и Урожай» рассчитан на председателей, агрономов и бригадиров колхозов, специалистов машинно-тракторных станций, совхозов, агрохимлабораторий, работников сельскохозяйственных органов и научно-исследовательских учреждений. Начальный тираж 14 000 экз., который достиг 19 600 экз. в 1957 г.

В 1960 г. журнал «Удобрение и урожай» и серии массовой библиотечки обмена опытом в сельском хозяйстве («Зерновые и кормовые культуры», «Технические и масличные культуры») объединяют в качестве рубрики в ежемесячный журнал «Земледелие», в круг рассматриваемых вопросов которого вошло возделывание сельскохозяйственных культур, разработка севооборотов, а также теория и практика применения удобрений.

В 1963 г. Государственный комитет химической и нефтяной промышленности при Госплане СССР и Министерство сельского хозяйства СССР восстановили журнал под названием «Химия в сельском хозяйстве», который выходил в свет в Госхимиздате. В состав редакции входили: В. Н. Антонов (глав. ред.), Д. А. Катренко (зам. глав. ред.), С. В. Беньковский, К. А. Гар, И. И. Гунар, М. В. Каталымов, Л. И. Королев, В. В. Краснушкин (зам. глав. ред.), Н. Н. Мельников (зам. глав. ред.), К. В. Новожилов, Б. Г. Овчаренко, П. В. Попов, А. В. Соколов, В. Г. Стативкин, Ф. В. Турчин, Г. А. Черемисинов (зам. глав. ред.), А. Ф. Шаров, Н. А. Шманенков, О. В. Яковleva. В обращении к читателям было написано: «В Программе КПСС предусматривается: «... осуществить рацио-

нальную и всестороннюю химизацию сельского хозяйства – полностью удовлетворить его потребности в минеральных удобрениях, в химических и биологических средствах борьбы с сорняками, болезнями и вредителями растений и животных. Химизация и механизация сельского хозяйства являются главными рычагами повышения урожайности. Овладение делом рационального использования химической продукции в сельском хозяйстве – трудная задача, для правильного решения которой необходимо знание широкого круга вопросов, таких как свойства и состав химикатов, методы их анализа, взаимодействие с почвой, растениями, а также действие на человека и животных...» [13; 14]. В числе первых авторов, кроме членов редколлегии были: И. И. Синягин, В. В. Церлинг, М. М. Мазаева, В. М. Чурбанов, Ю. А. Потатуева, Ф. В. Янишевский, В. М. Власова, С. А. Рославцева, М. С. Фарбер, Е. М. Попова, Е. И. Андреева, Е. М. Соколова, Л. Д. Стонов, В. А. Войтехова, Я. Ю. Старосельский, Д. И. Чкаников, Е. П. Алешин, А. М. Макеев, Н. П. Павлова, Д. Ф. Герцуский, Е. Н. Артеменко, М. А. Саутич, М. Т. Таранов, А. И. Мильцев, Ротрекл Бедржих (ЧССР). Журнал публиковал хронику всесоюзных и международных событий (Пятый международный конгресс по пестицидам, Совещание участников Географической сети опытов с удобрениями). Тираж первого номера журнала составлял 1 200 экз., а в 1964 г. он достиг пика за все время издания – 63 000 экз.

В 1964 г. добавились рубрики «Новые препараты», «Обмен опытом», «В помощь лектору», «Библиография», а в 1965 г. «Экономика», «Консультации» (вместо «В помощь лектору», которая в 1979 г. стала «Наши справки»). Журнал откликается на ситуацию в стране, идет в ногу с современными условиями, открывая новые рубрики, которые могут быть интересны и полезны читателю, так в 1974 г. открылась рубрика «Охрана окружающей среды», а в 1975 г. «Стандарты и качество». С 1976 г. рубрика «Минеральные удобрения» стала называться «Удобрения и мелиоранты», вместо рубрики «Хроника» появилась рубрика «Информация», а вместо «Библиографии» – «Рецензии». В рубрике «Библиография» публиковались рецензии на книги, списки новых книг и статей по вопросам химизации сельского хозяйства, опубликованных в других изданиях.

В 1984 г. появилась новая рубрика «На проектно-изыскательных станциях и в лабораториях». В 1985 г. журнал стал теоретическим и научно-производственным, формат журнала поменялся, стал А16. Поменялся и профиль журнала изменился, главным редактором стал Н. С. Беспятых. Его основными направлениями становятся: Служба химизации. Химические средства и местные удобрения в действии. Производственные технологии. Материально-техническая база. Научное и проектно-технологическое обеспечение работ. Экономика и организация труда. С заботой о природе. Охрана труда и техника безопасности. Методы исследований и контроля качества работ. Человек и его дело. В химической промышленности. Информация (о совещаниях, семинарах, выставках; зарубежный опыт; рецензии, короткие сообщения по узким вопросам; о новых книгах; предметный указатель статей за год).

С 1986 г. на всех обложках черно-белые фото или картинки. Учредитель до 1986 г. Министерство сельского хозяйства и Министерство по производству

минеральных удобрений, министерство химической промышленности, с 1986 г. Государственный агропромышленный комитет СССР, Министерство по производству минеральных удобрений, Министерство химической промышленности. Публикуются материалы по совершенствованию агротехнического обеспечения урожая, агротехнические аспекты плодородия почв и их влияния на урожайность сельскохозяйственных культур.

Осенью 1987 г. журнал «Химия в сельском хозяйстве» был передан ВО «Агропромиздат» и № 1 – 1988 получил название «Химизация сельского хозяйства», так как в издательстве был журнал «Задача растений», который по мнению дирекции тоже был о химии в сельском хозяйстве. Журнал полностью сменил свой облик и формат (его можно было положить в широкий карман), но не потерял своей важности. В состав редколлегии входили: Г. И. Алергант, И. Г. Важенин, Н. В. Войтович, А. И. Волков (зам. гл. ред.), Ю. А. Вяткин, Н. С. Беспятых (глав. ред.), В. С. Груздев, В. М. Габидуллин, Л. М. Державин, В. Ф. Кармышов, Ю. И. Касицкий, Д. А. Кореньков, А. И. Кушков, И. А. Мельник, А. И. Мигач, Э. Ф. Нейгебаур, П. Д. Попов, А. В. Постников, В. И. Сахненко, В. А. Светов, В. Г. Уточкин, В. В. Шувалов. Позднее членами редколлегии стали: И. М. Богдевич, В. Ф. Ладонин, А. И. Мячин, В. И. Панасин, И. Н. Чумаченко. Тираж в этот период составлял 11 000–13 000 экз.

В 1992 г. журнал возглавил В. А. Макаренко и в номерах 2 и 4 редакция опубликовала анкету, в которой представила читателям несколько вариантов названий: «Химизация сельского хозяйства», «Химия в сельском хозяйстве», «Удобрение и Урожай», «Плодородие и Урожай», «Плодородная нива». В результате анкетирования большинство читателей (50 %) остановилось на названии «Химия в сельском хозяйстве», так как оно более полно отвечает содержанию и тематике журнала. Такое же решение принял учредитель – Совет объединения «Россельхозхимия» и под таким названием журнал начал выходить с января 1993 г. В составе редколлегии появились: А. М. Артюшин, В. Я. Евсюков, С. Ф. Маслов, И. И. Прохорова, Ю. Ф. Федоров. Тираж журнала в этот период – 3 000 экз.

С этого времени учредителем журнала также становится Министерство сельского хозяйства РФ. На страницах журнала значительное место стало уделяться работе специалистов центров и станций Государственной агрохимической службы, которая в 2019 г. отметила свой 55-летний юбилей [15–19]. Почти в каждом номере есть рубрика «Агрохимическая служба», а некоторые номера полностью были отведены работе таких центров, как ГЦАС «Владимирский», «Московский», «Кемеровский», «Ставропольский», «Татарский», «Белгородский», «Тулаагрохимрадиология».

В 1994 г. главным редактором журнала становится И. И. Прохорова, работавшая в редакции с 1986 г. и ныне возглавляющая АНО «Редакция «Химия в сельском хозяйстве».

С переходом на рыночные отношения резко сократились объемы применения средств химизации из-за непомерного скачка цен на минеральные удобрения, в журнале появилась рубрика «Нетрадиционные удобрения и новые виды органических удобрений», начало которой было положено в № 4 за 1994 г.,

посвященном Третьему Международному конгрессу по биоконверсии органических отходов (Москва). Первый был проведен в 1990 г. в Киеве, второй – 1992 г. в Ивано-Франковске. Среди авторов этого номера представители разного рода научных, образовательных и производственных организаций различных регионов, среди которых: Днепропетровский ХТИ, МГУ им. М. В. Ломоносова, УкрНИЦ «Биогумус» (Ивано-Франковск), ДП «Биодин», ТОО «Даянов и СНП» (Уфа), ТомскНИПИнефть, Марийский ГУ, Институт биологии АН Киргизии, ВИУА им. Д. Н. Прянишникова, Украинский ГАУ, АО «Биотех» (Ставрополь), НИИСХ (Тирасполь), Ассоциация «Биоконверсия», НИПТИ АПК Республики Коми, ВНИПТИОУ, Институт биохимии АН Украины, НПО «Кинтеко», НПЛ Нотеп, Пермский ГТУ, ВНИИ селекции плодовых культур (Орел), Агрофирма «Уралэкопродукт» (Екатеринбург), ЦИНАО.

В новых экономических и экологических условиях, когда отходов сельскохозяйственного и иного органического происхождения накопилось достаточно много, а стоимость минеральных удобрений взлетела в десятки раз, аграрии в бывшем Советском Союзе стали изучать современные технологии для повышения плодородия почв. Результаты технологических, генетических и экономических исследований по вермикультивированию были представлены уже в журналах «Химия в сельском хозяйстве» и «Агрохимический вестник».

В начале 2000-х гг. во Владимирской области при тесном сотрудничестве с зональным НИИСХ (г. Сузdal) и ВНИПТИОУ (п. Вяткино) активную работу по биологизации земледелия и переработке отходов начало ОАО Межрегиональная научно-производственная корпорация «ПИК». Базовым элементом используемой технологии вермикультивирования здесь стал владимирский гибрид дождевого червя «Старателя» авторства профессора Владимира педагогического института А. М. Игонина. Результатом этой деятельности стали организация НКЦ по биоконверсии и проведение международных конференций «Дождевые черви и плодородие почв», первая из которых состоялась во Владимире 21–23 ноября 2002 г. и нашедшая свое отражение на страницах № 1 нашего журнала в 2003 г. В работе конференции приняли участие биотехнологи из Хабаровска, Красноярска, Екатеринбурга, Перми, Брянска, Рязани, Москвы и Санкт-Петербурга. Украина была представлена пятью регионами, Беларусь – двумя, приехали участники из Прибалтики, Узбекистана и Казахстана. Заочное участие с докладами приняли ученые и практики из Индии, Болгарии, Германии и Дании. Немаловажную роль в организации и проведении этих мероприятий сыграл тогда кандидат биологических наук, ныне профессор, д. б. н. Игорь Николаевич Титов.

Последующие публикации в журнале «Агрохимический вестник» лишь доказывали необходимость широкого использования технологии вермикомпостирования для решения агрэкологических проблем и повышения плодородия почв, несмотря на возникавшие споры об эффективности тех или иных гибридов червей, использовании тех или иных субстратов, сроков вермикультивирования, а также объектов применения получаемого продукта – биогумуса. Среди авторов этих публикаций ученые биологического факультета МГУ им. М. В. Ломоносова, совместно с Брянской ГСХА, сотрудники Красноярского

ГАУ и Института химии и химической технологии СО РАН на базе ОАО «Птицефабрика «Заря», специалисты ВНИИПТИОУ, Нижегородской ГСХА, Брянской ГСХА, ученые Татарского НИИ агрохимии и почвоведения. В Красноярском крае исследования воздействия различных доз вермикомпоста на баланс питательных элементов в агрочерноземах были продолжены. Авторов из Оренбургского ФНЦ биологических систем и агротехнологий подтолкнули к публикации интересных материалов результаты изучения генетики дождевых червей и их чувствительности к микроэлементам.

Накопленный в редакции огромный материал по решению экологических проблем в сельском хозяйстве привел к изданию в 1998 г. № 3 под названием «Агроэкология: проблемы и решения», затем выходившим неоднократно. Все больше внимания уделяется сохранению окружающей среды, весь № 3 за 2002 г., № 1 за 2003 г., а также № 3 за 2005 г. посвящены проблемам агроэкологии.

Журнал откликается на прогрессивные технологии, в № 5 за 2001 г. и № 1–3 за 2002 г. опубликован аналитический обзор «Точное земледелие» авторами которого были В. П. Якушев, Р. А. Полуэктов, Э. И. Смоляр, А. Г. Топаж. Продолжая развивать тему точного земледелия, в 2008 г. появилась рубрика «Использование ГИС-технологий».

С 2012 г. главным редактором журнала стал И. С. Прохоров, кандидат сельскохозяйственных наук, который в настоящее время готовит материал для докторской диссертации.

В 1995 г. в номерах 4 и 5 опубликованы материалы Второго всероссийского научно-координационного совещания географической сети опытов с удобрениями и другими средствами химизации по проблеме «Мониторинг тяжелых металлов, радионуклидов и совершенствование методики агрохимических исследований в ландшафтном земледелии», в № 5 и 6 за 1996 г. опубликованы Материалы международной конференции географической сети опытов с удобрениями и другими средствами химизации по проблеме «Повышение плодородия почв в современном земледелии с использованием удобрений и ресурсы-сохранивающих технологий возделывания сельскохозяйственных культур».

В 1996 г. первый и второй номера были посвящены 10-летию ликвидации последствий аварии на Чернобыльской АЭС и ведению сельскохозяйственного производства в условиях радиоактивного загрязнения. Эта тема освещалась академиками РАСХН Н. А. Корнеевым и Р. М. Алексахиным.

В 2006 г. исполнилось 20 лет после аварии на ЧАЭС и номер 2 был посвящен эффективности агрохимических мероприятий при реабилитации радиоактивно загрязненных территорий. Эта тема подробно раскрыта Р. М. Алексахиным в статье «Итоги преодоления последствий Чернобыльской катастрофы в агросфере» и И. М. Богдевичем с соавторами в статье «Защитные агрохимические мероприятия в АПК Республики Беларусь», а журнал был отмечен Дипломом «Национальной экологической премии» Фонда имени В. И. Вернадского.

В 2016 г. второй номер почти полностью был занят рубрикой «Чернобыль – 30 лет», которую открыл академик Р. М. Алексахин своей статьей Дорога длиною в 30 лет: от Чернобыля до Фукусимы. В этом журнале были напечатаны статьи ведущих ученых ВНИИ радиологии и агроэкологии, Института ра-

диологии МЧС Республики Беларусь, специалистов центров химизации и сельскохозяйственной радиологии «Брянский», «Калужский», «Тульский» и «Челябинский», а также ученых и преподавателей Брянского ГАУ и Новозыбковской сельскохозяйственной опытной станции.

Следует отметить, что журнал постоянно ищет новые решения для привлечения читателей, расширения аудитории. В журнале постоянно дается информация о состоявшихся совещаниях, конференциях, выставках (на 3-й странице обложки), отдельных НИУ (на 2-й странице обложки) с нарезкой цветных фото. С 2001 г. журнал проводил конкурс «Агрохимик года» по работам, опубликованным в журнале «Агрохимический вестник за... год» с различными номинациями, результаты с именами победителей, конечно, публикуются в журнале, привлекая внимание читателей к особо интересным или дискуссионным работам.

После распада Советского Союза публикация многих исследований в бывших республиках началась в ряде региональных изданий, однако благодаря сотрудничеству редакции с рядом Вузов и НИИ позволяет и сейчас привлекать авторов из ближнего зарубежья.

Значительное внимание уделяется редакцией истории развития науки и ее выдающимся деятелям и исследователям.

В 2010 г. журнал стал Лауреатом Национальной премии им. П. А. Столыпина «Аграрная Элита России» в номинации «Пропаганда новых технологий и научных достижений в повышении плодородия и возрождении земель сельскохозяйственного назначения».

Редакция уделяет большое внимание работе предприятий – производителей удобрений. Например, номер 2 за 1995 г. и номер 5 за 2000 г. посвящены юбилеям калийной промышленности. Номер 4 за 2004 г. союзу производителей и экспортеров калия и соли. В номере 3 за 2008 г. рассказано о работе учебного центра ОАО «МХК «ЕвроХим», номер 2 за 2007 г. НВП «Башинком» – производителю биопрепаратов. В 2018 г. вышел специальный номер, подготовленный по результатам опытов по применению инновационных продуктов на основе гуминовых кислот из леонардита компании Life Force.

Огромное значение редакция отводит пропаганде работы ученых ведущих аграрных вузов и научно-исследовательских институтов (в 1990-е гг. ВНИИ галургии, ВНИИ «АгроЭкоинформ», НИИСХ ЦРНЗ, ВНИПТИХИМ и др.). Их работам посвящены номера, связанные с юбилейными датами: № 1 – 2009 г. К 80-летию факультета почвоведения, агрохимии и экологии РГАУ-МСХА им. К. А. Тимирязева; № 5 – 2009 г. Юбилей агрономического факультета Казанского ГАУ; № 2 – 2011 г. Юбилей кафедры агрохимии и агроэкологии Нижегородской ГСХА; № 5 – 2011 г. Юбилей Московского НИИСХ «Немчиновка»; № 4 – 2012 г. К 100-летию Воронежского ГАУ; № 4 – 2013 – К 100-летию ВНИИ органических удобрений и торфа; № 1–6 – 2014 г. К 50-летию Государственной агрохимической службы; № 4 – 2015 г. Юбилей Белорусской ГСХА; № 5 – 2015 г. У нас в гостях Брянский ГАУ; № 2 – 2016 г. Чернобыль – 30 лет; № 2 – 2017 г. 100 лет со дня учреждения Высших сельскохозяйственных курсов на Нижегородской земле; № 4 – 2017 г. Юбилей кафедры почвоведения

Ставропольского ГАУ; № 2 – 2018 г. 45 лет факультету почвоведения МГУ им. М. В. Ломоносова; № 4 – 2018 г. Юбилей кафедры агрохимии и физиологии растений Ставропольского ГАУ; № 4 – 2020 г. 50 лет Всероссийского НИИ радиологии и агроэкологии.

Не забывают в журнале и о будущих поколениях агрохимиков, почвоведов и агроэкологов, для которых существует рубрика «Работы молодых ученых».

С 2005 г. журнал включен в Российский индекс научного цитирования (РИНЦ) на сайте российской научной электронной библиотеки ([www.elibrary.ru](http://www.elibrary.ru)), а с 2015 г. журнал включен в базу данных российских научных журналов Russian Science Citation Index на платформе Web of Science. Подтверждено включение журнала с 1963 г. в международную базу данных химических научных журналов Chemical Abstracts (CAS (pt)), осуществлена регистрация в международной исследовательской базе данных Research Bible. С 2018 г. статьям, публикуемым в журнале, присваивается Digital Object Identifier (DOI) на базе Российской государственной библиотеки ([www.cyberleninka.ru](http://www.cyberleninka.ru)).

Благодаря обновлению Перечня ВАК РФ, в журнале «Агрохимический вестник» публикуются материалы по следующим специальностям и отраслям науки: 03.02.03 – Микробиология (сельскохозяйственные науки); 03.02.08 – Экология (биологические и химические науки); 03.02.13 – Почвоведение (биологические, сельскохозяйственные и химические науки); 06.01.01 – Общее земледелие растениеводство (биологические и сельскохозяйственные науки); 06.01.04 – Агрохимия (биологические, сельскохозяйственные и химические науки); 06.01.07 – Защита растений (биологические и сельскохозяйственные науки).

Одним из направлений публикаций благодаря этому стали исследования по оценке земель, а также в особо охраняемых природных территориях (заповедниках и национальных парках).

В последние несколько лет редакция принимает к публикации все больше статей зарубежных исследователей, подавляющее большинство которых составляют молодые ученые из стран СНГ. При этом стоит отметить, что члены редакционной коллегии, осуществляющие научную экспертизу представляемых материалов, оценивают данные работы как весьма и весьма посредственные. Оставляют желать лучшего и многие рукописи российских ученых, поэтому необходимо отметить колossalный объем работы, проводимый редакцией и редколлегией журнала, по доведению материалов до уровня цитируемых научных статей. Только благодаря слаженной работе журналу удается занимать достойное место в российской аграрной и природоохранной науке.

*Журналом пройден сложный, но славный путь. Он остается востребованной площадкой для обмена опытом и популяризации достижений российской аграрной науки.*

### **Литература**

1. Прохорова И. И. Из истории журнала // Химия в сельском хозяйстве. 1993. № 1-2. С. 4–5.
2. Алексахин Р. М., Шилович Т. И. Учреждение Международным союзом радиологии Золотой медали В. И. Вернадского // Агрохимический вестник. 2006. № 2. С. 20.

3. Пирумова Л. Н., Садовская Л. К. Система информирования по вопросам экологически безопасных технологий в АПК // Агрохимический вестник. 2017. № 3. С. 60–64.
4. Пирумова Л. Н., Милевская И. А. Тезаурус как система отражения состояния предметной отрасли «Регуляторы роста» // Агрохимический вестник. 2018. № 6. С. 61–64.
5. Пирумова Л. Н. Листая страницы издания: к юбилею журнала «Агрохимический вестник» // Агрохимический вестник. 2019. № 3. С. 8–14.
6. Прохоров И. С. От истории публикаций по агрохимии до юбилея научного журнала // Агрохимический вестник, 2019, № 3. С. 3–7.
7. Осипов А. И. История и практические аспекты известкования кислых почв в России // Агрохимический вестник. 2019. № 3. С. 28–36.
8. Ткачева Е. В., Ивановский А. А. «Агрохимический вестник» в базе данных Web of Science // Агрохимический вестник. 2019. № 4. С. 74–77.
9. Прохоров И. С. История научных публикаций по агрохимии // I Никитинские чтения «Актуальные проблемы почвоведения, агрохимии и экологии в природных и антропогенных ландшафтах»: материалы Междунар. науч. конф. 19–22 ноября 2019 г. Пермь : ФГБОУ ВО «Пермский ГАТУ им. академика Д. Н. Прянишникова», 2019. С. 459–465.
10. Прохоров И. С. Из истории публикаций по агрохимии // Актуальные проблемы научного обеспечения земледелия Западной Сибири : сб. науч. ст., посвящ. 70-летию акад. РАН Храмцова Ивана Федоровича, 95-летию основания отдела земледелия. Омск, 5 февр. 2020 г. Омск : Изд-во ИП Макшеевой Е. А., 2020. С. 99–108.
11. Прохоров И. С. Роль научного журнала в освещении вопросов агрохимии, радиологии и агрэкологии (на примере истории журнала «Агрохимический вестник») // Ядерно-физические исследования и технологии в сельском хозяйстве: (к 50-летию со дня образования ФГБНУ ВНИИ радиологии и агрэкологии) : сб. докл. Междунар. науч.-практ. конф. Обнинск, 16–18 сент. 2020 г. Обнинск : ВНИИРАЭ, 2020. С. 291–294.
12. Осипов А. И., Якушев В. П., Якушев В. В. История научных исследований в агрохимии и перспективы применения удобрений в России // Агрохимический вестник. 2020. № 2. С. 73–80.
13. Прохоров И.С. Первый номер журнала «Химия в сельском хозяйстве» // Агрохимический вестник. 2021. № 1. С. 81.
14. Прохоров И. С. 65 лет возобновления выпуска журнала «Удобрение и урожай» // Агрохимический вестник. 2021. № 1. С. 82.

## INFORMATION SUPPORT FOR SCIENTIFIC RESEARCH IN AGROCHEMISTRY AND SOIL SCIENCE

**I. S. Prokhorov**

*Editorial Board “Chemistry in Agriculture”, Moscow, Russian Federation  
grochem\_herald@mail.ru*

Information on history of Agrochemical Herald journal (Fertilizer and Harvest, Chemization of Socialistic Agriculture, Chemistry in Agriculture, Chemization of Agriculture) from 1929 to the present is presented. Description of headings of the journal, outstanding scientists – members of the editorial board and publishing houses in which journal was published is given.

## ОСОБЕННОСТИ АТМОСФЕРНЫХ МИКРОЧАСТИЦ ЦЕНТРАЛЬНО-ЧЕНОЗЕМНОГО ЗАПОВЕДНИКА ИМ. В. В. АЛЕХИНА

О. А. Салимгареева<sup>1</sup>, Г. П. Глазунов<sup>2</sup>, Т. В. Прокофьев<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Московский государственный университет им. М. В. Ломоносова

Москва, Россия, tavtava@yandex.ru

<sup>2</sup>Центрально-Черноземный государственный природный биосферный заповедник  
им. проф. В. В. Алексина, Курск, Россия, gennadij-glazunov@yandex.ru

Наблюдение за составом и содержанием атмосферных микрочастиц в настоящее время позволяет судить о возможном загрязнении окружающей среды и прогнозировать экологическую ситуацию в регионах.

Состав твердых пылеаэрозольных выпадений в городских условиях достаточно хорошо изучены, особенно для придорожных территорий, где величина техногенной нагрузки особенно велика [3]. В крупных городах проводится государственный мониторинг загрязнения атмосферного воздуха мелкодисперсными взвешенными частицами (particulate matter – PM). Контролируют содержание в воздухе частиц с размерностью 1–2 и 2,5–10 мкм (показатели PM2.5 и PM10 соответственно), оказывающих наиболее негативное влияние на здоровье человека. Исследование особенностей твердых пылеаэрозолей в заповедных условиях позволяет получить представление о природных атмосферных микрочастицах в условиях минимального антропогенного воздействия, которые могут быть «фоновыми» для этого региона. Состав и строение твердых атмосферных частиц ООПТ, их взаимосвязи с почвами, на наш взгляд, еще мало изучались.

Целью работы явилась оценка особенностей атмосферных микрочастиц Центрально-Черноземного государственного природного биосферного заповедника имени профессора В. В. Алексина (далее ЦЧГБЗ).

**Объекты и методы.** Исследования были проведены на четырех научных стационарах Стрелецкого участка территории ЦЧГБЗ разного режима заповедания: 1) абсолютно заповедный участок не косимой степи (НКС – N 51,5715360, E 36,0943290); 2) степь, косимая ежегодно (КС – N 51,5712750, E 36,0975650); 3) дубрава (Д – N 51,5634830, E 36,0864860); 4) бесхменный пар (БП – N 51,5700920, E 36,0895320).

Основным источником минеральных микрочастиц в этой ситуации являются почвенные частицы с поверхности сельскохозяйственных полей, незадернованных степной растительностью, а в заповедных условиях подвержен дефляции может быть материал, вынесенный на поверхность роющими животными. Почва исследованных участков – чернозем типичный мощный тяжелосуглинистый на карбонатных лессовидных суглинках. Описание почвенного разреза и характеристики участков исследования неоднократно описаны в путеводителях к научным экскурсиям [1].

Для сбора атмосферных микрочастиц был использован авторский метод сбора сухих атмосферных пылеаэрозолей, подобный ранее используемым Тентюковым, как для открытых, так и для лесных природных территорий [4].

Материал для исследования был собран путем непосредственного осаждения аэрозольных частиц из атмосферы в экспонируемые чашки Петри. Было изготовлено специальное приспособление для установки пылеулавливающих чашек в количестве 6 штук на высоте 150 см от поверхности почвы на круглой пластиковой полке, закрепленной на деревянном столбе, достаточно глубоко врытом в землю и имеющем в верхней части крышу, защищающую от попадания дождя (рис. 1, *a*). Апробация такой установки для сбора атмосферных микрочастиц показала необходимость защиты экспонируемых контейнеров от птиц и следов их жизнедеятельности. Для этого конструкция была дополнена сеткой с крупными ячейками, ограждающей пылеулавливающие чашки от вмешательства со стороны пернатых обитателей заповедника (рис. 1, *b*). Экспонирование контейнеров осуществляли в течение месяца с середины августа до середины сентября 2020 г. В чашках Петри накапливались твердые атмосферные выпадения.



Рис. 1. Сбор образцов атмосферных микрочастиц:  
*a* – пробный вариант, не косимая степь; *b* – приспособление с защитной сеткой,  
косимая степь

После окончания эксперимента была вычислена пылевая нагрузка в  $\text{кг}/\text{км}^2 \cdot \text{сут}$ . на участках исследования по формуле:  $P = Pa / S \cdot T$ , где  $Pa$  – вес осажденной пыли;  $S$  – проективная площадь осаждения;  $T$  – временной интервал проведения эксперимента (сутки) [2].

Проведено исследование строения твердых выпадений от мезо- до субмикроуровня при помощи: бинокулярной лупы, поляризационного микроскопа, сканирующего электронного микроскопа (СЭМ). В рамках изучения взаимодействия «почва-атмосфера» была изучена микроморфология поверхностных горизонтов черноземов не косимой степи и бессынного пара путем анализа почвенных шлифов. Субмикроскопические исследования были проведены при помощи СЭМ факультета почвоведения JEOL jsm 6060 A.

Все статистические расчеты были произведены при помощи программы Statistica 8.

**Результаты и обсуждение.** Значения пылевой нагрузки на участках заповедника составили в среднем от 64 до 28  $\text{кг}/\text{км}^2 \cdot \text{сут}$ . (рис. 2), что в соответствии

с [2] меньше категории низких значений выпадения пыли из атмосферного воздуха на поверхность почвы в сутки, которая составляет для населенных пунктов 100–250 кг/км<sup>2</sup>·сут.

Наибольшие величины пылевой нагрузки были отмечены на участке БП, которая объясняется дефляцией частиц почвы поверхностного слоя, усиливающейся при многочисленных её обработках по борьбе с сорной растительностью, согласно порядку агротехнических мероприятий. Вероятно, значения выпадения пыли из атмосферного воздуха на поверхность почвы в сутки не превысили пороговых величин в этом случае в связи с небольшим размером распахиваемой площади (0,6 га), которая окружена степными массивами.

В дубраве были выявлены наименьшие значения и минимальная вариабельность суточной пылевой нагрузки (рис. 2), что вполне объяснимо уменьшением ветра в лесу, и еще раз подчеркивает хорошие протекторные свойства листвы древесной растительности по отношению к атмосферным микрочастицам, отмечавшиеся ранее [5].

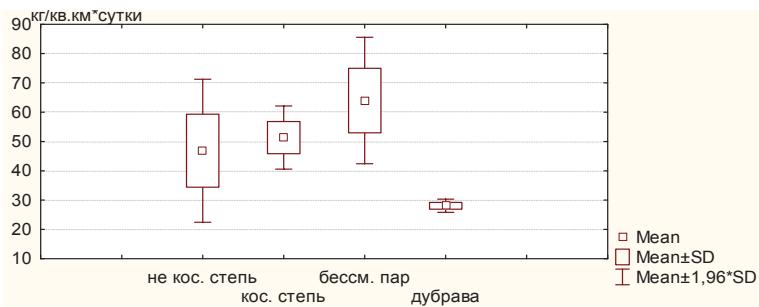


Рис. 2. Диаграмма размаха значений пылевой нагрузки (кг/кв. км·сут) участков разного режима заповедания (не косимая степь, косимая степь, бессменный пар и дубрава)

Состав и строение собранных твердых аэрозольных выпадений были изучены на первом этапе при помощи бинокулярной лупы и далее с использованием поляризационного микроскопа в проходящем и отраженном свете. Во всех пробах четырех участков содержались как минеральные микрочастицы, так и биогенные. Наибольшее количество минерального материала было отмечено на БП. При сравнении почвенных шлифов поверхностного горизонта черноземов НКС, БП и атмосферных микрочастиц было выявлено сходство их минералогического состава, что подтверждает отсутствие глобального привноса материала из других регионов.

Исследованные биогенные атмосферные микрочастицы отличаются большим разнообразием. Были отмечены, как остатки растительных тканей разной степени сохранности, так и множество кусочков хитиновых покровов насекомых, отличающиеся более крупными размерами (до 1 мм). Чешуйки крыльев бабочек встречались в пробах НКС и БП (рис. 3, a, b). Для всех участков заповедника выявлено богатство аэропланктона, представленного разнообразной пыльцой, спорами и гифами грибов, актиномицетов (рис. 3, a, c).



Рис. 3. Фото биогенных микрочастиц в проходящем свете: не косимая степь:  
а – гифы грибов, чешуйки крыла бабочки; бессымный пар; б – чешуйка бабочки, пыльца  
среди минеральных частиц; в – конидии гриба *Alternaria*. Масштабный отрезок равен  
50 мкм

Субмикроскопические исследования показали, что минеральные частицы на своей поверхности имеют пленки, предположительно, органического состава. Наиболее тонкие фракции осаждаются как по отдельности, так и на поверхности более крупных, а также образуют микроагрегаты. Часто встречаются микроагgregаты и минеральные кусочки сглаженных очертаний, форма которых объясняется множеством перелетов и осаждений (рис. 4, а – д).

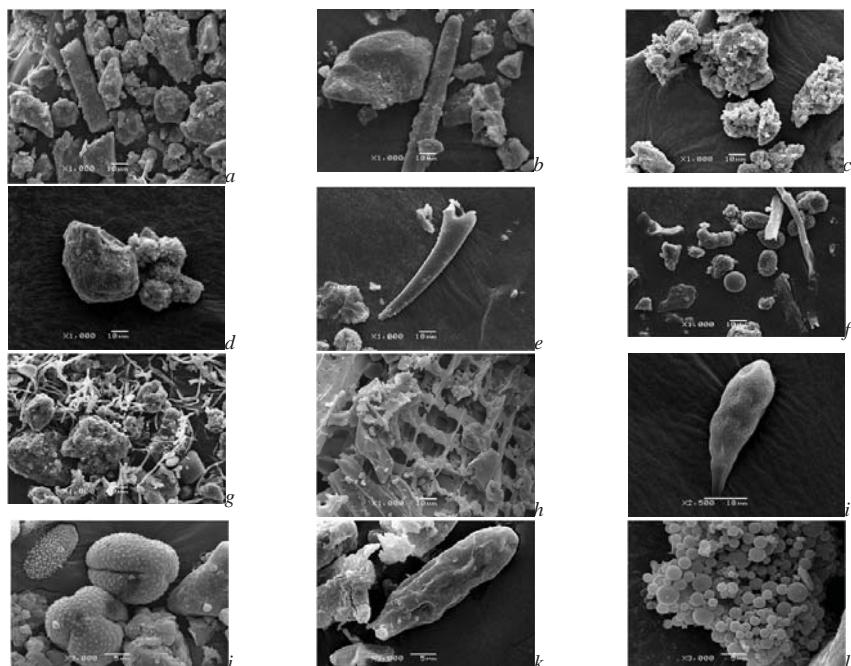


Рис. 4. СЭМ фото: а, б – удлиненные фитолиты в окружении минеральных частиц БП; в – органо-минеральные микроагрегаты и пыльцевое зерно КС; г – минеральная частица округлых очертаний рядом с растительными остатками дубравы; е – фитолит НКС, ж – пыльцевые зерна, кусочки гифов, минеральные частицы НКС; г – скопления гифов вокруг минеральных частиц БП; ж – растительный остаток дубравы; и – конидий гриба КС; ж – пыльцевые зерна БП, к – конидий гриба БП; л – колония одноклеточных водорослей дубравы. Масштабный отрезок соответствует 10 мкм (а – ж увеличение 1000, и – 2500) и 5 мкм (ж – л увеличение 3000)

Фитолиты удлиненной формы обнаружены на участках БП и НКС (рис. 4, a, b, e). Обилие пыльцевых зерен округлой, овальной формы с характерной скульптурой поверхности размером 5–20 мкм выявлено как на БП, так и в НКС, КС (рис. 4, f, j). Обращает на себя высокое содержание спор и гифов грибов в исследованных пробах (рис. 4, f, g, i, k). В образцах частиц дубравы встречаются круглые одноклеточные водоросли размером 1–5 мкм, обитающие на коре деревьев (рис. 4, l).

Таким образом, установлено, что участки Стрелецкой степи разного режима заповедания в конце лета, начале осени имеют низкую пылевую нагрузку (от 28 кг/км<sup>2</sup>·сут. в дубраве до 28 и 64 кг/км<sup>2</sup>·сут. на БП соответственно). На всех участках заповедника выявлено обилие биогенных микрочастиц, представленных, как фрагментами тканей насекомых и растений, так и чрезвычайно разнообразным аэропланктоном: множеством видов пыльцы, спор грибов, актиномицетов, водорослей. Наибольшее количество минерального материала, привнесенного при дефляции почвы было отмечено на участке бессменного пара.

*Исследование проведено при поддержке РФФИ (проект № 19-05-50093 – сбор полевого материала, лабораторная обработка, интерпретация данных); государственного задания МГУ, часть 2 (№ 117031410017-4 – разработка методических подходов к исследованию микро- и субмикроморфологии атмосферных микрочастиц )*

### Литература

1. Длительные полевые опыты на черноземах Курской области (путеводитель). Курск : ГНУ ВНИИ З и ЗПЭ РАСХН, 2010. 35 с.
2. Методические рекомендации по оценке степени загрязнения атмосферного воздуха населенных пунктов металлами по их содержанию в снежном покрове и почве. М. : Ин-т минералогии, геохимии и кристаллохимии редких элементов : Гл. сан.-профилакт. упр. МЗ СССР, 1990. 15 с.
3. Свойства твердых (пылеаэрозольных) атмосферных выпадений придорожных территорий г. Москвы / Т. В. Прокофьева, В. А. Шишков, А. В. Кирюшин, И. Ю. Калушин // Известия Российской академии наук. Серия географическая. 2015. № 3. С. 107–120
4. Тентюков М. П. Способ сбора сухих аэрозолей для изучения аэротехногенного загрязнения лесных экосистем и устройство для его осуществления // Метеорология и гидрология. 2007. № 5. С. 99–106.
5. PM2. 5-bound SO42– absorption and assimilation of poplar and its physiological responses to PM2. 5 pollution / Q. Yang, H. Wang, J. Wang, M. Lu, C. Liu, X. Xia, W. Yin, H. Guo // Environmental and Experimental Botany. 2018. Vol. 153. P. 311–319.

### FEATURES OF ATMOSPHERIC MICROPARTICLES FROM ALYOKHIN CENTRAL CHERNOZEM BIOSPHERE RESERVE

O. A. Salimgareeva<sup>1</sup>, G. P. Glazunov<sup>2</sup>, T. V. Prokof'eva<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russian Federation, tavytava@yandex.ru

<sup>2</sup> Central Chernozem State Natural Biosphere Reserve named after prof. V. V. Alyokhin Kursk, Russian Federation, gennadij-glazunov@yandex.ru

The features of solid atmospheric particles playing the role of “background” natural micro-particles in environmental monitoring have been studied in the Central Chernozem State Natural

Biosphere Reserve named after Prof. V. V. Alyokhin. It have been showed the territories of interest under different reservation conditions have a low dust load (the minimum for an oak grove and the maximum for permanently uncultivated land: 28 and 64 kg/(sq. km·day), respectively) on late summer and early autumn. Among the abiotic particles of the dust aerosol, microaggregates and mineral pieces of smoothed outlines, its shapes could be explained by many flights, turned out to be often present. An abundance of biogenic microparticles was revealed, represented not only by the remains of insects and plants, but also by extremely diverse aeroplankton: many types of pollen, fungal spores, actinomycetes, and algae in all areas of the reserve.

# КОМПЛЕКСНЫЙ АНАЛИЗ ВОЗДЕЙСТВИЯ ТЕХНОГЕННОГО ФАКТОРА НА ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ ПОЧВ И ЗДОРОВЬЕ НАСЕЛЕНИЯ ГОРНОРУДНОГО РЕГИОНА БАШКОРТОСТАНА

И. Н. Семенова<sup>1</sup>, Ю. С. Рафиков<sup>1</sup>, Я. Т. Суюндуков<sup>1</sup>  
С. Ш. Рафиков<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*Сибайский филиал ГАНУ «Институт стратегических исследований  
Республики Башкортостан», Сибай, Россия, alexa-94@mail.ru*

<sup>2</sup>*Уфимский научно-исследовательский институт медицины труда  
и экологии человека, Уфа, Россия*

Почва выполняет множество функций, играющих важную роль в биосфере и жизни человека. При этом качественное выполнение этих функций во многом определяется ее состоянием. К функциям почвы относятся следующие: обеспечение устойчивого функционирования экосферы, биологической продуктивности природных и антропогенных биогеоценозов и биоразнообразия; запасание энергии и биофильных элементов, необходимых для существования наземных экосистем, непрерывное функционирование в качестве глобального источника (и резервуара) биофильных элементов и разнообразной биоты; связывание биологического и геологического круговорота веществ и энергии; формирование, защита и оздоровление уникальной биоэкосистемы [5].

Здоровье почвы, в конечном счете, определяет здоровье и качество жизни самого человека [5; 8].

Традиционно большинство исследований, посвященных химическому воздействию почв на здоровье человека, сосредоточено на тяжелых металлах (ТМ) [4; 6–8; 11–12].

Цель настоящего исследования заключается в сравнительном изучении загрязнения почв ТМ и заболеваемости детского населения горнорудной территории Республики Башкортостан (РБ) с разным уровнем техногенного воздействия.

## Материалы и методика исследования

Горнорудный кластер РБ в течение длительного времени занимается разработкой месторождений медно-колчеданных и медно-цинковых руд.

Регион исследования был разделен на две группы: 1 – районы с отсутствием выраженного техногенного загрязнения (Абзелиловский, Бурзянский, Зианчуринский, Зилаирский), 2 – районы с крупными горнорудными предприятиями (Учалинский, Хайбуллинский, Белорецкий, Баймакский районы, г. Сибай).

Исследуемая территория, обогащенная рудоносными магматическими породами с большим количеством медноколчеданных месторождений, расположена на Южном Урале. Регион отличается разнообразием природно-климатических условий и довольно сложным почвенным покровом. В регионе преобладают черноземы, а также распространены горно-дерново-подзолистые, темно- и светло-серые лесные, горно-лесные серые почвы [1].

Почвенные образцы для исследования отбирали в 2016–2019 гг. из верхнего слоя (от 0 до 20 см) методом прикопок в соответствии с принятыми в почвоведении методиками. Содержания токсичных металлов в почве были определены методом атомной абсорбции. Для анализа заболеваемости населения была изучена государственная статистическая отчетность лечебно – профилактических учреждений – «Отчетам о числе заболеваний, зарегистрированных у больных, проживающих в районе обслуживания лечебно – профилактического учреждения (формы № 12)» и официальная отчетность Медицинского информационно-аналитического центра Республики Башкортостан. Статистический анализ выполнялся с использованием программы Statistica 6.0.

### Результаты исследования

Обобщенные данные о среднем содержании ряда ТМ в почвах районов, различающихся по степени техногенного воздействия, полученные в результате проведенных в 2011–2019 гг. исследований [2; 3; 9; 10], представлены на рис. 1.

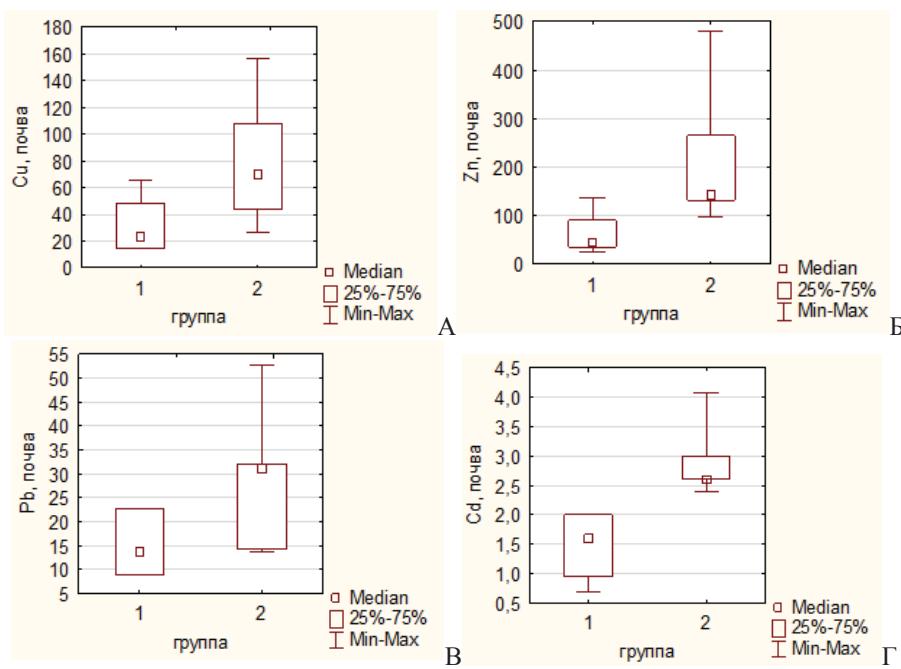
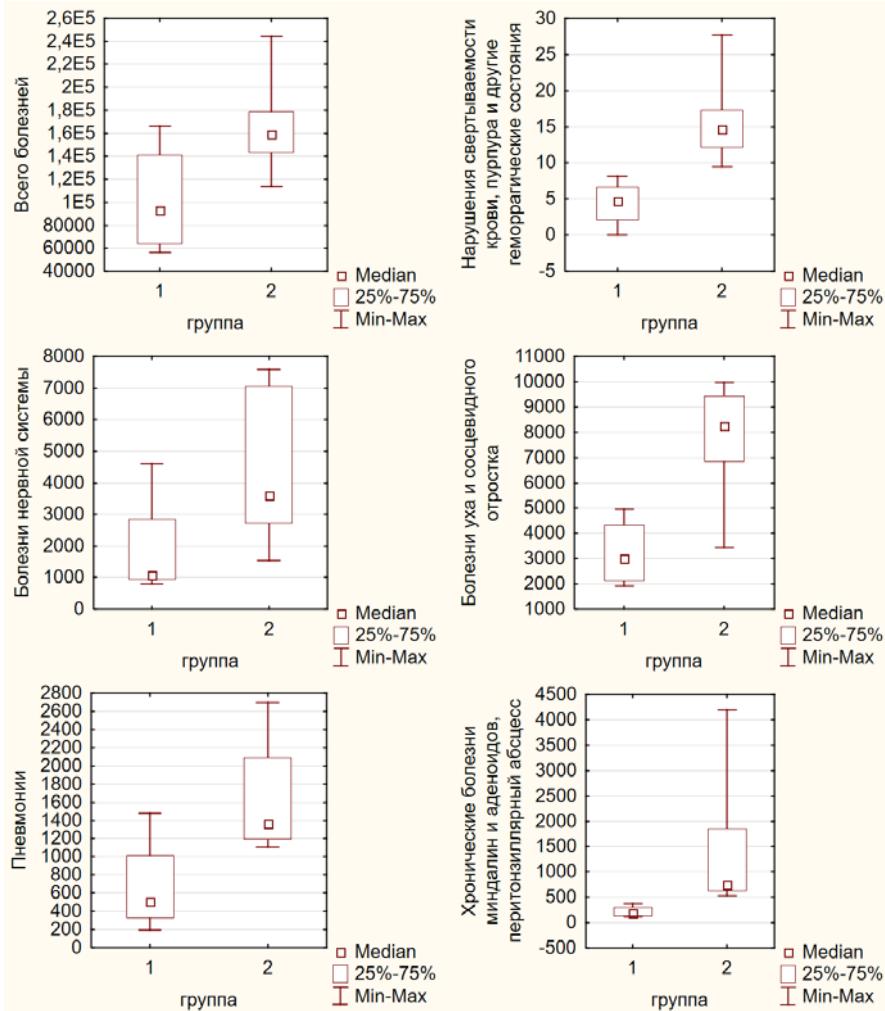


Рис. 1. Сравнение содержания ТМ (в мг/кг) в почвах горнорудного региона РБ:  
1 – районы с отсутствием крупных промышленных предприятий, 2 – районы с выраженным техногенным воздействием на окружающую среду; А – медь, Б – цинк, В – свинец, Г – кадмий

В районах с функционирующими горнорудными предприятиями с более высоким загрязнением почв заболеваемость детей была выше по сравнению с

районами, в почвах которых отсутствовало значительное превышение ПДК поллютантов (рис. 2).



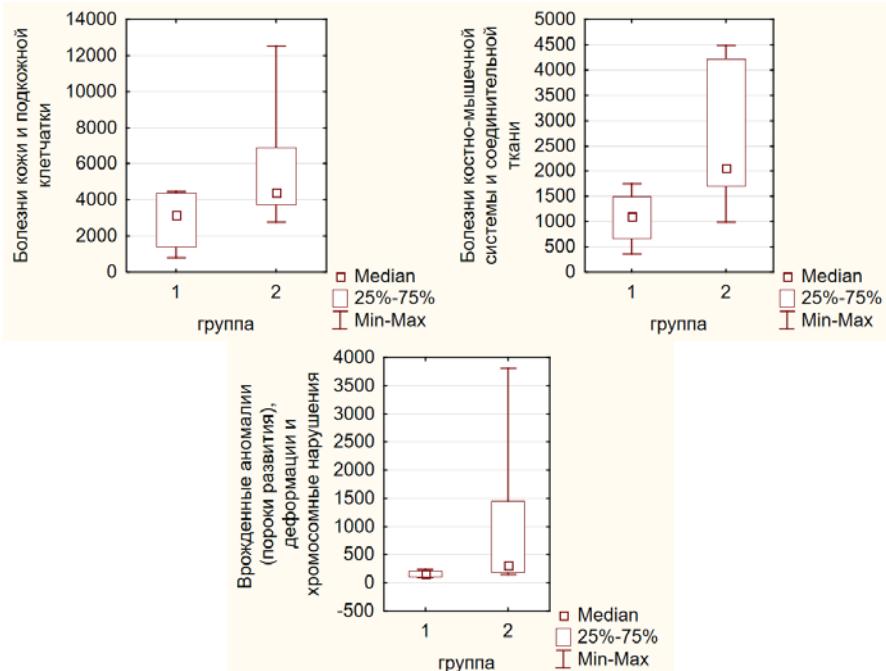


Рис. 2. Сравнение впервые выявленной заболеваемости детей горнорудного региона РБ: 1 – районы с отсутствием крупных промышленных предприятий, 2 – районы с выраженным техногенным воздействием на окружающую среду (средние показатели за 2017–2019 гг. на 100 тыс. населения)

Таким образом, результаты проведенных исследований свидетельствуют о наличии корреляции между показателями заболеваемости населения и уровнем загрязнения почв ТМ. Районы, на территории которых нет действующих горнорудных комбинатов (Абзелиловский, Баймакский, Бурзянский, Зилаирский, Зианчуринский), имеют более низкий уровень заболеваемости среди детского населения. Районы с повышенными показателями заболеваемости (Учалинский, Хайбуллинский, Белорецкий) имеют на своей территории горнобогатительные и металлургические комплексы (Учалинский ГОК, Бурибаевский ГОК, Башмедь, Белорецкий металлургический комбинат и др.).

*Работа подготовлена за счет финансового обеспечения выполнения государственного задания ГАНУ «Институт стратегических исследований Республики Башкортостан» на 2020 год (руководитель темы – Я. Т. Суюндуков)*

#### Литература

1. Атлас Республики Башкортостан. Уфа, 2005. 420 с.
2. Опекунова М. Г., Сомов С. С., Папян Э. Э. Загрязнение почв в районе воздействия горнорудных предприятий Башкирского Зауралья // Почвоведение. 2017. № 6. С. 744–748.

3. Серегина Ю.Ю., Семенова И.Н., Кужина Г.Ш. Комплексная оценка загрязнения тяжелыми металлами почвенного покрова прибрежной зоны р. Белая Белорецкого района Республики Башкортостан // Живые и биокосные системы. 2013. № 3. URL: <http://www.jbks.ru/archive/issue-3/article-4> (дата обращения: 12.05.2021).
4. Adimalla N. Heavy metals pollution assessment and its associated human health risk evaluation of urban soils from Indian cities: a review // Environ Geochem Hlth. 2020. Vol. 42. P. 173–190. <https://doi.org/10.1007/s10653-019-00324-4>
5. Soil ecosystem services and human health / E. C. Brevik, L. Peregr, J. J. Steffan, L. C. Burgess // Curr Opin Environ Sci Health. 2018. Vol. 5. P. 87–92. <https://doi.org/10.1016/j.coesh.2018.07.003>.
6. Mechanism and health effects of heavy metal toxicity in humans / A. G. Egwa, P. U. Ferdinand, F. N. Nwalo, M. N. Unachukwu // Poisoning in the Modern World / eds. Karcioğlu O., Arslan B. London : IntechOpen, 2019. P. 1–23.
7. A review on heavy metals contamination in soil: effects, sources, and remediation techniques / Li C [et al.]. Soil Sediment Contam. 2019. Vol. 28. P. 380–394. <https://doi.org/10.1080/15320383.2019.1592108>.
8. Li G, Sun GX, Luo XS, Zhu YG. Urban soil and human health: a review // Eur J Soil Sci. 2018. Vol. 69. P. 196–215. <https://doi.org/10.1111/ejss.12518>.
9. Analysis of metal content in soils near abandoned mines of Bashkir Trans Urals and in the hair of children living in this territory / I. N. Semenova, Yu. S. Rafikova, R. F. Khasanova, Ya. T. Suyundukov // Journal of Trace Elements in Medicine and Biology. 2018. Vol. 50. P. 664–670. <https://doi.org/10.1016>
10. Regional peculiarities of microelement accumulation in objects in the Trans ural region of the Republic of Bashkortostan / I. N. Semenova, Yu. S. Rafikova, Ya. T. Suyundukov, G. Ya. Biktimirova // Biogenic-Abiogenic Interactions in Natural and Anthropogenic Systems. Lecture Notes in Earth System Sciences. Switzerland. 2016. P. 179–87. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-33321-2\\_13](https://doi.org/10.1007/978-3-319-33321-2_13).
11. Soil Health Institute. Conference on Connections between Soil Health and Human Health; October 16–17, 2018; Silver Spring, MD. <https://soilhealthinstitute.org/humanhealthconference/>. Accessed October 29, 2019.
12. Song Q, Li J. A review on human health consequences of metals exposure to e-waste in China // Environ Pollut. 2015. Vol. 196. P. 450–461. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2014.11.004>.

## **COMPREHENSIVE ANALYSIS OF THE IMPACT OF THE TECHNOGENIC FACTOR ON THE ECOLOGICAL STATE OF SOILS AND HEALTH OF THE POPULATION OF THE MINING REGION OF BASHKORTOSTAN**

**I. N. Semenova<sup>1</sup>, Yu. S. Rafikova<sup>1</sup>, Ya. T. Suyundukov<sup>1</sup>, S. Sh. Rafikov<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>*Sibay branch of Institute for Strategic Studies of the Republic of Bashkortostan  
Sibay, Russian Federation, alexa-94@mail.ru*

<sup>2</sup>*Ufa Research Institute of Occupational Health and Human Ecology  
Ufa, Russian Federation*

The purpose of this study is to comparatively study soil pollution and morbidity in the child population in the mining area of the Republic of Bashkortostan with different levels of technogenic impact. In areas with functioning mining enterprises with higher soil pollution, the incidence of children was higher than in areas in the soils of which there were no pollutants. Districts on the territory of which there are no operating mining complexes (Abzelilovsky, Baimaksky, Burzyansky, Zilairsky, Zianchurinsky) have a lower incidence rate among the child population. Areas with increased incidence rates (Uchalinsky, Khaibullinsky, Beloretsky) have mining and processing and metallurgical complexes on their territory.

## БИОЛОГИЧЕСКИЙ КРУГОВОРОТ В ГОРОДСКИХ НАСАЖДЕНИЯХ НА ПРИМЕРЕ ООПТ ГОРОДА МОСКВЫ

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

Московский государственный университет им. М. В. Ломоносова  
Москва, Россия, vtelesnina@mail.ru

Особо охраняемые природные территории (ООПТ) выполняют важнейшую экологическую роль в сохранении и поддержании качества городской среды, на их основе формируется экологический каркас города, где они являются основными структурными элементами системы городского озеленения. Экосистемы ООПТ выполняют множество разнообразных функций и влияют на качество городской среды, что определяет необходимость поиска индикаторов их экологического состояния.

К индикаторам изменяющихся локальных экологических условий городских территорий наряду с живым напочвенным покровом можно отнести подстилку, которая является наиболее динамичным горизонтом почвы [3]. На основе изучения свойств подстилок можно диагностировать особенности биологического круговорота насаждений в различных экологических условиях и оценить влияние антропогенных факторов [1; 4].

Цель настоящей работы – определение особенностей биологического круговорота в городских экосистемах ООПТ с использованием показателей подстилок.

Объектами исследования послужили городские насаждения особо охраняемой природной территории (ООПТ) природно-исторического парка «Битцевский лес» г. Москва. Представлены тремя типичными для парковых территорий насаждениями: березовыми (березняк марьянниково-злаковый), липовыми (липняк лютиково-живучковый) и еловыми (ельник крапивно-живучковый). Еловые и липовые насаждения находятся в зоне влияния автомобильного трафика и активной рекреационной нагрузки.

В лиственных насаждениях отбор образцов лесных подстилок проводился погоризонтно с площади  $25 \times 25$  см в 9 повторностях. В хвойных насаждениях было заложено 5 тессер по 3 площадки  $25 \times 25$  см в системе ствол-крона-окно, отбор велся погоризонтно. Для определения классификационной принадлежности используется классификация Л. Г. Богатырева [2]. Горизонты L подстилок разбирались в камеральных условиях на следующие фракции: листья, семена, кора, ветки лиственных деревьев, ветки хвойных деревьев, ветошь (опад трав), хвоя, шишки и детрит. К фракции детрита был отнесен мелкий несортируемый материал, остающийся после изъятия из образца всех остальных фракций. Расчет долевого участия каждой фракции и запасов подстилок велся на абсолютную сухую навеску ( $\text{г}/\text{м}^2$ ). Озоление фракций подстилок производилось в муфельной печи при  $450^\circ\text{C}$ .

Для характеристики биологического круговорота рассчитывались следующие показатели [4]: общие запасы подстилки ( $\text{г}/\text{м}^2$ ), запас легкоразлагаемых компонентов (сумма фракций ветоши и листьев) ( $\text{г}/\text{м}^2$ ) и его доля от общего запаса горизонта (%), запас фракции детрита ( $\text{г}/\text{м}^2$ ) и его доля от общего запаса горизонта (%), средневзвешенная зольность горизонта L подстилки (%), запас золы в легкоразлагаемых компонентах ( $\text{г}/\text{м}^2$ ) и его доля в запасе зольных элементов горизонта L (%).

При сравнительном анализе показателей подстилок лиственных и хвойных насаждений для последних использовались данные по подстилкам подкronовой зоны, имеющей наибольшую площадь распространения.

Результаты полевых исследований показали, что подстилки лиственных насаждений определяются как деструктивные примитивные, состоящие из одного горизонта, мощность подстилок не превышает 1,5 см. Во фракционном составе подстилок лиственных насаждений преобладают фракции листьев (30–45 %) и веток (30–35 %). В лиловых насаждениях в связи с ветровым латеральным переносом встречаются также компоненты опада хвойных пород, доля которых составляет около 20 %. Влияние межбиогеоценозного обмена на компонентный состав подстилок ранее отмечалось и другими авторами [5].

Несмотря на близость фракционного состава изученных подстилок, отмечаются значительные различия в запасах их компонентов. В подстилках липника запасы фракции листьев и веток в 2 раза превышают запасы аналогичных фракций подстилок березняка, что сказывается на величине общих запасов подстилок. Запасы подстилок в березняке составляют  $209 \text{ г}/\text{м}^2$ , а в липнике –  $577 \text{ г}/\text{м}^2$ , отмеченные различия значимы.

Установленные различия в запасах подстилок можно связать также с зольностью и запасами золы в компонентах подстилки. Для изученных подстилок зольность листьев составляет 13–15 %, что согласуется с литературными данными [3]. В подстилках липника зольность ветоши и веток 1,5–2 раза выше, чем зольность соответствующих фракций подстилок березняка. Последнее в значительной мере связано с активной рекреационной нагрузкой и привносом механических частиц. По сравнению с подстилками березняка отмечены также значительные запасы зольных элементов во фракциях листьев ( $33 \text{ г}/\text{м}^2$ ) и веток ( $14 \text{ г}/\text{м}^2$ ) в липнике, к которым при расчете общих запасов подстилки добавляются еще запасы фракций хвойного опада. Запасы зольных элементов в подстилках липника составляют около  $75 \text{ г}/\text{м}^2$ , что почти в 4 раза выше, чем в березняке, и различия эти значимы.

По сравнению с подстилками лиственных насаждений, подстилки ельника представлены как деструктивным, так и ферментативным типом. Последний имеет более сложное строение и характеризуется наличием двух горизонтов: деструктивного и ферментативного, и чаще встречается в приствольных пространствах. Особенностью исследуемого ельника является отсутствие подстилок гумифицированного типа, что не характерно для естественных хвойных насаждений [5] и свидетельствует о снижении депонирования органического вещества в городских биогеоценозах. В пределах тессеры от пристольных пространств к окнам отмечается упрощение строения подстилок и уменьшение

их мощности в 8 раз, что неоднократно фиксировалось в других исследованиях подстилок хвойных насаждений [7; 5]. В фракционном составе подстилок ельника доминируют ветки (20–30 %) и хвоя (40–60 %), участие последней снижается в 2 раза от приствольных пространств к межкроновым. Долевое участие ветоши незначительно (1–2,5 %) и возрастает в окнах в связи с увеличением наземной биомассы живого напочвенного покрова в условиях лучшей освещенности. Влияние ели как эдификатора максимально проявляется в приствольном пространстве, где отмечаются наибольшие запасы фракций хвои, веток и детрита.

Зольность основных фракций подстилок составляет для хвои 12–18 %, веток – 5–10 %, коры – 7–8 %. В пределах профиля зольность подстилок от верхних горизонтов к нижележащим увеличивается, что связано с повышением степени разложения органического вещества и усилением влияния почвы. Средневзвешанная зольность деструктивного горизонта подстилок увеличивается в тессерах от ствола к окну. Запас золы подстилок в приствольных пространствах составляет 410,8 г/м<sup>2</sup>, что в 2 и 4 раза выше, чем в подкроновом и межкроновом пространствах соответственно. Основной запас зольных элементов до 75 % в подстилках сосредоточен в нижних ферментативных горизонтах.

Сравнительный анализ показателей биологического круговорота (табл.) позволил диагностировать его особенности в лиственных и хвойных насаждениях. По сравнению с хвойными подстилками в лиственных в 7–8 раз выше запасы легко разлагаемых компонентов и запасы золы, включенные в эти компоненты, при том что их доля в фракционном составе подстилки также выше в 5–11 раз. Значительные запасы зольных элементов в легко разлагаемых компонентах подстилок лиственных насаждений сказываются на средневзвешенной зольности подстилок, которая составляет для лиственных насаждений 9,4–11,4 % и хвойных 8,4 % соответственно. Максимальной зольностью и запасами зольных элементов характеризуются подстилки липовых насаждений, что связано со сравнительной высокой зольностью листьев липы, а также антропогенным влиянием, в частности рекреационной нагрузкой

Таблица  
Показатели интенсивности биологического круговорота в городских парковых насаждениях

Показатели		Березняк марьяниково- злаковый	Липняк лютиково- живучковый	Ельник крапивно- живучковый
Легко разлагаемые компоненты	Запас фракций, г/м <sup>2</sup>	208,6	194,1	27,8
	*Долевое участие фракции, %	55,0	34,0	4,0
	Запас золы, г/м <sup>2</sup>	15,2	33,1	4,1
	**Долевое участие запаса золы, %	66,0	33,0	7,0
Детрит	Запас фракции, г/м <sup>2</sup>	8,1	39,4	36,9
	*Долевое участие фракции, %	4,0	7,0	5,0
	Запас золы, г/м <sup>2</sup>	2,5	7,9	6,0
	**Долевое участие запаса золы, %	11,0	11,0	10,0
Средневзвешенная зольность горизонта L, %		9,4	11,4	8,4

\* – долевое участие запаса фракции от общих запасов деструктивного горизонта, %

\*\* – долевое участие запаса золы фракции от общего запаса золы в деструктивном горизонте, %

Изученные лиственные и хвойные подстилки практически не различаются по доле дегрита и долевому участию запасов его золы. Однако отмечаются существенные различия в запасах: в подстилках березняка запасы дегрита  $8 \text{ г}/\text{м}^2$  и запасы золы в дегрите  $2,5 \text{ г}/\text{м}^2$ , что соответственно в 4–5 раз и 2–3 раза меньше, чем в подстилках липняка и ельника.

### **Выводы**

1. Подстилки городских насаждений отличаются упрощенным строением, малой мощностью и запасами, что свидетельствует об снижении депонирования органического вещества в условиях города. Варьирование свойств подстилок еловых насаждений в пределах тессер несколько снизивлено антропогенным влиянием.

2. Городские подстилки характеризуются повышенной зольностью многих фракций, что, по-видимому, связано как с дополнительным привносом минеральных частиц в результате рекреационного влияния, так и атмосферным поступлением пыли.

3. Показатели лесных подстилок, такие как запасы и доля легкоразлагающихся компонентов, в также запасы их золы, свидетельствуют об интенсификации биологического круговорота в городских условиях.

### **Литература**

1. Богатырев Л. Г. Образование подстилок – один из важнейших процессов в лесных экосистемах // Почвоведение. 1996. № 4. С. 501–511.
2. Богатырев Л. Г. О классификации лесных подстилок // Почвоведение. 1990. № 3. С. 118–127.
3. Карпачевский Л. О. Лес и лесные почвы М. : Лесная промышленность, 1981. 264 с.
4. Использование особенностей структурно-функциональной организации подстилок для оценки интенсивности круговорота в городских насаждениях (на примере Москвы) / О. В. Семенюк, В. М. Телеснина, Л. Г. Богатырев, А. И. Бенедиктова // Почвоведение. 2021. № 5. С. 1–14.
5. Оценка внутрибиогоценозной изменчивости лесных подстилок и травяно-кустарниковой растительности в еловых насаждениях / О. В. Семенюк, В. М. Телеснина, Л. Г. Богатырев, А. И. Бенедиктова, Я. Д. Кузнецова // Почвоведение. 2020. № 1. С. 31–43.
6. Особенности напочвенного покрова и лесных подстилок в искусственных липовых насаждениях в зависимости от характера ухода / В. М. Телеснина, О. В. Семенюк, Л. Г. Богатырев, А. И. Бенедиктова // Вестник Московского университета. Серия 17. 2018. № 2. С. 3–11.
7. Телеснина В. М., Семенюк О. В., Богатырев Л. Г. Свойства лесных подстилок во взаимосвязи с напочвенным покровом в лесных экосистемах Подмосковья (на примере УОПЭЦ «Чашниково») // Вестник Московского университета. Серия 17. 2017. № 4. С. 11–20.

## **BIOLOGICAL CYCLING IN URBAN PLANTATIONS FOR MOSCOW SPNA**

**V. M. Telesnina, O. V. Semenyuk, L. G. Bogatyrev**

*Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russian Federation, vtelesnina@mail.ru*

The forest litters of spruce, birch and linden stands on the territory of Bitsevsky Park in Moscow were studied. A simplified structure was revealed, as well as low values of capacity and reserves in comparison with natural plantations. The ash content of many litter components increased due to recreation and the input of atmospheric dust. The litter indicators indicate an increase in the intensity of the biological cycle in urban conditions with a simultaneous decrease in the deposition of organic matter.

## ЭЛЕМЕНТНЫЙ СОСТАВ ГУМИНОВЫХ КИСЛОТ ПОЧВ БУГРОВ ПУЧЕНИЯ ЮГА ВИТИМСКОГО ПЛОСКОГОРЬЯ

Э. О. Чимитдоржиева, Г. Д. Чимитдоржиева, Ю. Б. Цыбенов

Институт общей и экспериментальной биологии СО РАН

Улан-Удэ, Россия, erzhena\_ch@mail.ru

Гуминовые кислоты (ГК) являются основным агрономически ценным компонентом гумуса, определяющим специфику водных, физических, химических и тепловых свойств почвы. В связи с этим возникает необходимость изучения ГК, от природы и присутствия которых зависит потенциальное плодородие почвы и ее устойчивое функционирование. Одна из важнейших и устойчивых идентификационных характеристик ГК – элементный состав [2], который позволяет получить информацию об общих принципах строения молекул, уровне их конденсированности и степени гумификации.

Цель работы – выявить особенности элементного состава ГК бугров пучения (БП) в сравнении с фоновыми почвами (ФП).

Объектами исследования послужили препараты ГК бугров пучения, а также фоновых почв – криоморфных квазиглеевых черноземов юга Витимского плоскогорья.

Выделение препаратов ГК производили исчерпывающим экстрагированием по методике [3]. Зольность препаратов была различной и варьировалась от 6 до 11 %, что считается допустимым. Элементный состав полученных препаратов ГК исследован на автоматическом элементном анализаторе CHNS/O Series II фирмы Perkin Elmer в ИОЭБ СО РАН (г. Улан-Удэ).

**Результаты.** Углерод. Показатели углерода в почвах бугров пучения составляют – 36,9 %, тогда как в фоновых почвах его содержание немного выше – 37,8 %. Низкую обуглероженность макромолекулы ГК почв бугров пучения можно объяснить ослаблением реакции конденсации исходных веществ и усилением распада образовавшихся ГК.

В целом, исследованные ГК почв БП менее обуглерожены по сравнению с таковыми ЕЧР и ЗС. Так, по данным разных авторов [1; 2], эта величина в черноземах Казахстана, европейской части России (ЕЧР) и Западной Сибири (ЗС) составляет 42,5–58,6 ат. %. Это указывает на то, что в ГК исследуемых почв развиты лабильные боковые углеродные цепи, так как исследуемые почвы формируются при постоянном присутствии мерзлотного экрана.

Содержание водорода в препаратах ГК исследуемых почв низкое по сравнению с немерзлотными почвами. Так, в почвах бугров пучения этот показатель равен – 28,2. Участие атомов водорода в построении ГК фоновых черноземов квазиглеевых составило всего 25,3 ат. %.

Отличительной особенностью элементного состава ГК БП является то, что в них содержится высокое количество кислорода 32,2 %. В фоновых почвах – кислорода содержится в 1,2 раза меньше, в европейских аналогах в 1,6 раз

меньше. Учет кислородных функций неизбежно приводит к необходимости отдавать предпочтение алифатическим структурам

Формы соединений *азота* в ГК и его распределение по группам крайне важны для построения модели молекулы гуминовой кислоты. Так, ГК почв БП характеризуются высоким содержанием азота – 2,7, эти показатели выше, чем в фоновых почвах и аналогичных почвах ЕЧР. Величина атомного соотношения *C:N*, отражающая роль азотсодержащих соединений в процессе гумификации, свидетельствовала о низком содержании азота в ГК фоновых почвах по сравнению с БП.

В ГК фоновых черноземов квазиглеевых величина Н:С составляла 0,67, что говорит о преобладании ароматических структур. В почвах бугров соотношение немного выше 0,76. Величина атомного соотношения Н:С уменьшается с увеличением степени гумификации, т. е. чем больше образуется в почве ГК, тем более они конденсированы. *Степень бензоидности* в фоновых почвах и БП составляет – 23 %, что по градации является – средним уровнем.

Таким образом, анализ элементного состава ГК почв БП показал, что из-за особых природно-климатических условий в Забайкалье формируются самобытные почвы, часто не имеющие аналогов не только на территории европейской части России, но и в Сибири. Специфичность гумуса исследованных почв, обусловленная криогенными явлениями, проявляется на уровне структуры гуминовых кислот, различия в которой выявлены изменениями в элементном составе почв БП. Именно такая компоновка элементного состава почвы является адаптационной чертой максимального самосохранения ГК в жестких условиях.

*Работа выполнена по теме госзадания № 121030100228-4.*

#### **Литература**

1. Кленов Б. М. Устойчивость гумуса автоморфных почв Западной Сибири. Новосибирск : Изд-во СО РАН, 2000. 173 с.
2. Орлов Д. С. Гумусовые кислоты почв и общая теория гумификации. М. : Изд-во МГУ, 1990. 325 с.
3. Орлов Д. С., Гришина Л. А. Практикум по химии гумуса. М. : Изд-во МГУ, 1981. 271 с.

#### **ELEMENTAL COMPOSITION OF HUMIC ACIDS OF PINGO'S SOILS IN THE SOUTH OF THE VITIM PLATEAU**

**E. O. Chimitorzhieva, G. D. Chimitorzhieva, Yu. B. Tsybenov**

*Institute of General and Experimental Biology SB RAS, Ulan-Ude, Russian Federation  
erzhena\_ch@mail.ru*

The elemental composition of preparations of humic acids (HA) pingo's soils in the south of the Vitim plateau was studied. Revealed a fairly low content of carbon and nitrogen in the soils of heaving mounds. It is shown that permafrost makes significant adjustments to the elemental composition of HAs.

## НЕСПЕЦИФИЧЕСКИЕ ОРГАНИЧЕСКИЕ ВЕЩЕСТВА ЧЕРНОЗЕМОВ ЗАПАДНОГО ЗАБАЙКАЛЬЯ

Э. О. Чимитдоржиева, Г. Д. Чимитдоржиева, Ю. Б. Цыбенов

Институт общей и экспериментальной биологии СО РАН

Улан-Удэ, Россия, erzhena\_ch@mail.ru

Неспецифические органические соединения представляют собой соединения, синтезируемые живыми организмами, поступающие в почву после их отмирания и имеющие различный химический состав. Они участвуют в процессах внутрипочвенного разложения минералов и образования органоминеральных комплексов. Некоторые из них являются хорошими структурообразователями, обладают высокой физиологической активностью. К неспецифическим компонентам почвенного органического вещества относятся углеводы, липиды, лигнин и некоторые другие соединения.

Неспецифические органические вещества почв Забайкалья изучены фрагментарно [2]. Отсюда, целью нашего исследования была оценка общего содержания неспецифических органических веществ (липиды, углеводы, лигнин) степных почв Забайкалья.

*Объектами исследования являлись черноземы дисперсно-карбонатные (Мухоршибирский район, Республика Бурятия).*

Исследуемым почвам характерны: укороченность гумусового профиля (25–33 см), малогумусность (4,1–5,3 %), легкий гранулометрический состав, небольшая сумма поглощенных оснований (22,6–29,7 мг·экв/100 г почвы). Для верхних горизонтов характерна реакция среды, близкая к нейтральной ( $\text{pH} = 6,7\text{--}6,9$ ), а в средней и нижней частях профиля слабощелочная/щелочная реакция почвенного раствора.

Общее содержание липидов в почвенных образцах определяли экстракцией азеотропной смесью спирт–бензол в отношении 1:2 в течение 12 часов, используя аппарат Сокслета. Затем большую часть растворителя отгоняли на роторном испарителе и высушивали до воздушно-сухого состояния. Лицнин определяли мягким щелочным окислением оксидом меди в азотной среде [1]. Общее количество углеводов определяли фенолсернокислым методом Дебуа. Участие углеводов в формировании почвенного гумуса удобно сравнивать по количеству углерода углеводов. Чтобы перевести абсолютное количество углеводов на содержание углерода углеводов, используют коэффициент 0,4.

**Результаты исследования.** Суровые условия Забайкалья, вызывая фитостресс у растений, приводят к их ответной реакции – выживанию за счет мобилизации и формирования защитных систем, при которой происходит комплекс метаболических перестроек у растений: накопление криопротекторов – сахаров и других совместимых осмолитов; повышается содержание липидов, изменение состава мембранных липидов и др.

На каждой стадии развития способность растений к приспособлению к неблагоприятным условиям (низкая температура, засуха т. д.) выражена в разной степени. Эта способность растений связана с глубоким изменением обмена и определяется быстротой и глубиной его изменения без нарушения согласованности между отдельными функциями, благодаря чему не нарушается единство организма и среды.

*Липиды.* В черноземах дисперсно-карбонатных углерода в липидах обнаружено в верхнем 0–10 см слое – 1,6 мг С/г. Установлено, что основная масса липидной фракции находится в органогенном горизонте и ее содержание снижается вниз по профилю до 0,52–0,55 мг С/г.

Следует отметить, что содержание липидной фракции в пределах одного профиля зависит от общего количества почвенного органического вещества. Столь высокий уровень накопления липидов в черноземах зависит от содержания углерода общего в почве. Известно, что накопление липидов в гумусовых горизонтах почв находится в обратной зависимости от степени гумификации и содержания гуминовых кислот. В почвах с высокой степенью гумификации органического вещества доля липидов минимальна. Относительное содержание липидов в верхних гумусовых горизонтах обычно составляет 3–8 %, редко превышает 10 % от С<sub>общ</sub>, хотя в нижних горизонтах, где количество гумуса невелико, доля липидов может превышать 50 % (в перерасчете на С). Доля липидов в исследуемых почвах низка, что вписывается в закономерность накопления липидов, т. е. доля липидов в составе гумуса верхних горизонтов закономерно уменьшается от подзолистых и болотно-подзолистых почв к черноземам.

*Углеводы.* Общее содержание углеводов в почвах зависит от запасов гумуса, и для верхних горизонтов большинства типов почв доля углеводов в составе гумуса составляет от 6–10 до 20–30 % (в пересчете на С). Преобладающая часть углеводов входит в состав ФК и гумина (60–80 % всех углеводов); около 15 % углеводов сосредоточено в ГК. В остальных группах гумуса почвенного гумуса содержится 1–10 % углеводов.

В черноземах обнаружено высокое содержание углеводов. Распределение по профилю почв имеет убывающий характер с 2,04 мг С/г до 0,96 мг С/г в слое 40–50 см. Внутрипрофильное распределение общего содержания углеводов повторяет характер распределения липидов.

Общее содержание и распределение углеводов по профилю в почвах обусловлено содержанием гумуса, скоростью разложения органического вещества. Общее количество углеводов снижается с глубиной, но вниз по профилю почв закономерно возрастает доля углерода углеводов в составе гумуса [3]. Углеводы в почве не могут накапливаться в значительных количествах вследствие утилизации микроорганизмами и растениями.

*Лигнин.* В дисперсно-карбонатных черноземах общее содержание лигнина в верхнем слое почвы составляет 27,4 мг/г С<sub>опр</sub>, вниз по профилю его содержание убывает почти в 7 раз до 4,1 мг/г С<sub>опр</sub> в слое 20–30 см. В чернозем поступают обедненные азотом и обогащенные целюлозолигнинным комплексом органические остатки растительности, которые обуславливают значительное содержание лигнина в верхних слоях почвы [2]. Следует отметить, что лигнин от-

личается более высоким содержанием углерода (50–60 %), что обусловлено его ароматической природой. Так, углерода в лигнине черноземов в верхнем 0–10 см слое содержится 8,4 мг/г С<sub>орг</sub>. Вниз по профилю его количество снижается.

Таким образом, доля углерода в составе неспецифических органических веществ значительна. Это свидетельствует о том, что изучаемые индивидуальные химические соединения выводят углерод на различное время из круговорота, выполняя роль важного звена в его циклах и в формировании резервуара устойчивых органических соединений.

*Работа выполнена по теме госзадания № 121030100228-4.*

### **Литература**

1. Дергачева М. И., Кузьмина Э. Ф. Участие углеводов в формировании гумусовых кислот некоторых типов почв Алтайского края // Специфика почвообразования в Сибири. Новосибирск : Наука. Сиб. отд-ние, 1979. С. 121–134.
2. Чимитдоржиева Г. Д. Органическое вещество холодных почв. Улан-Удэ, 2016. 386 с.
3. Ertel J. R., Hedges J. I. The lignin component of humic substances: distribution among soils and sedimentary humic, fulvic, and base-insoluble fractions // GeochimCosmochimActa. 1984. Vol. 48. P. 2065–2074.

## **NON-SPECIFIC ORGANIC SUBSTANCES OF THE CHERNOZEMS OF THE WESTERN TRANSBAIKALYE**

**E. O. Chimitdorzhieva, G. D. Chimitdorzhieva, Yu. B. Tsybenov**

*Institute of General and Experimental Biology SB RAS  
Ulan-Ude, Russian Federation, erzhena\_ch@mail.ru*

For the first time, a quantitative characteristic of the components of nonspecific organic matter of soils of steppe soils of Transbaikalia is given. The profile distribution in chernozems has a decreasing character, i. e. in the mineral horizons, the lipid content is less than in the humus one. The intraprofile distribution of the total carbohydrate content follows the pattern of the lipid distribution. It was revealed that in chernozems the total content of lignin in the upper soil layer is 27.4 mg/g Corg, down the profile its content decreases by almost 7 times in a layer of 20–30 cm. The studied chernozems are characterized by a regularity – a decrease in the content of phenols in the series: vanillin – syringyl – cynamyl.



# **Секция 3**

## **ПОЧВЕННЫЕ РЕСУРСЫ И ОЦЕНКА ЗЕМЕЛЬ**

### **(ПЛОДОРОДИЕ, ДЕГРАДАЦИЯ, МЕЛИОРАЦИЯ, КАЧЕСТВЕННАЯ И ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА, ЭКОЛОГИЯ И ОХРАНА ЗЕМЕЛЬ)**



## ОЦЕНКА ПАХОТНЫХ ПОЧВ ЮГА ОМСКОЙ ОБЛАСТИ

Ю. В. Аксенова

Омский государственный аграрный университет им. П. А. Столыпина  
Омск, Россия, yuv.aksenova@otmgau.org

Наиболее освоены в сельскохозяйственном отношении и вовлечены в пашню почвы лесостепной и степной зоны Омской области. В почвенном покрове преобладают черноземы обыкновенные и южные, лугово-черноземные и луговые почвы, часто залегающие в комплексе с солонцами. Анализ состояния пахотных угодий показал, что на значительных площадях произошло снижение гумуса и элементов минерального питания [2; 4]. Интенсивное использование земель в условиях резкого сокращения внесения минеральных и органических удобрений, уменьшения проведения агрохимических и мелиоративных мероприятий, значительно снизило уровень плодородия пахотных почв. Резервы расширения пашни практически исчерпаны и возможно только окультуривание и восстановление плодородия уже освоенных территорий [5].

Цель исследований – провести оценку качества пахотных почв агроландшафтов южных районов Омской области.

Объекты исследования – черноземы обыкновенные и южные, лугово-черноземные и луговые пахотные почвы, расположенные в Азовском, Кормиловском, Любинском, Павлоградском, Щербакульском и Одесском районах Омской области.

На ключевых участках пашни землепользований в 2019 г. были заложены разрезы для установления классификационной принадлежности и морфологического описания профиля почв. Отбор почвенных образцов проведен из слоя 0–20 см в 25-кратной пространственной повторности.

Величину показателей плодородия почв определяли по следующим методикам: содержание гумуса – методом И. В. Тюрина в модификации В. Н. Симакова; pH водной суспензии – потенциометрическим методом; подвижные формы фосфора и калия – методом Чирикова в почвах с нейтральной реакцией среды, методом Мачигина в карбонатных почвах; нитратный азот – дисульфофероловым методом; индекс окультуренности почв и комплексный агрохимический показатель рассчитаны по методу Кулаковской Т. Н.

**Результаты и обсуждение.** На территории южной лесостепи годовое количество осадков составляет 243–362 мм в год при сумме активных температур  $> 10^{\circ}\text{C}$  – 1980°. Неравномерное выпадение и дефицит атмосферных осадков формируют засушливый климат. По мере продвижения на юг, к зоне степи, сумма активных температур  $> 10^{\circ}\text{C}$  увеличивается до 2130–2207° и возрастает сухость климата при величине атмосферных осадков 250–346 мм в год [1]. Почвообразование в этих зонах протекает в условиях большого дефицита влаги, низких объемов поступления растительного материала и ускоренного процесса его минерализации. Недостаточная влагообеспеченность снижает деятельность почвенных микроорганизмов и приводит к замедлению разложения

пожниво-корневых остатков и биохимических процессов трансформации элементов минерального питания. Такие климатические условия способствуют формированию почв с малой мощностью гумусового слоя, накоплению в их профиле легкорастворимых солей и карбонатов.

Ранее проведенный расчет почвенно-экологического индекса (ПЭИ) основных типов почв Омской области [6; 7] показал, что почвенный покров южной лесостепной зоны в среднем оценивается в 37 баллов. Наиболее ценными почвами являются обычные и карбонатные разности черноземов обыкновенных и лугово-черноземных почв. Производительная способность этих почв была оценена в 35–36 баллов. По сравнению с почвами южной лесостепи почвы степи менее ценные, их ПЭИ в среднем по зоне составлял 23 балла. В частности, черноземы обыкновенные обычные и карбонатные оценивались в 36 баллов, черноземы южные – в 31 балл, лугово-черноземные почвы – в 29 баллов. Наличие солонцеватости и солончаковатости снижали их ценность на 8–14 баллов.

Содержание гумуса в почвах землепользований оценивалось по шкале, разработанной для пахотных почв России [3]. Среднесуглинистые разновидности почв черноземного ряда Азовского, Кормиловского и Любинского района с количеством гумуса 4,8 % были отнесены к классу слабогумусированных, тяжелосуглинистые и глинистые почвы с содержанием гумуса 6,2–7,2 % вошли в класс сильногумусированных. Обследуемые пахотные почвы Павлоградского, Щербакульского и Одесского района менее обеспечены гумусом, его величина в среднем на 1–2 % ниже, чем в почвах выше рассмотренных районов. Чернозем южный тяжелосуглинистый Одесского района с количеством гумуса 4,8 % отнесен к классу среднегумусированных почв, а при содержании гумуса 5,23 % – сильногумусированных почв. В Щербакульском и Павлоградском районах черноземы обыкновенные и черноземно-луговые почвы с тяжелосуглинистым гранулометрическим составом и обеспеченностью гумусом от 5,23 до 6,35 % вошли в класс сильногумусированных. В этот класс были отнесены и среднесуглинистые почвы с количеством гумуса от 5,0 до 5,39 %.

Большая часть почв обследуемой территории имела недостаточную или низкую обеспеченность элементами питания, в первую очередь нитратным азотом (рис. 1, 2). Переходу питательных элементов в легкодоступные для растений формы способствует процесс минерализации находящихся в почве органических остатков, который усиливается с увеличением аэрации обрабатываемого слоя [8]. Очень низкая и низкая обеспеченность почв азотом может быть связана с его потерей в результате многократных обработок полей в весенне-летний период и использования живыми организмами в качестве источника питания на фоне отсутствия органических и минеральных азотных удобрений.

Обеспеченность почв подвижными формами фосфора и калия определяется химическим составом почвообразующих пород. Фосфор и калий переходят в соединения доступные для растений в процессе выветривания фосфор- и калийсодержащих первичных минералов.



#### Азовский район:

1 – чернозем обыкновенный карбонатный среднемощный малогумусный тяжелосуглинистый;  
Кормиловский район:

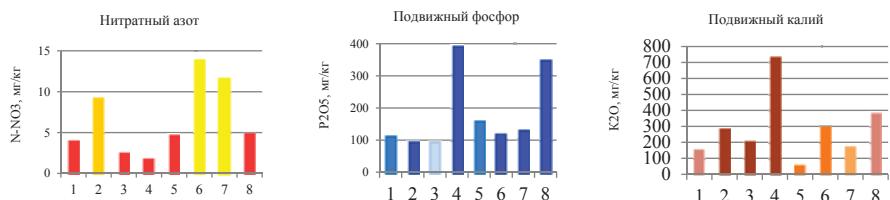
2, 3 – черноземы обыкновенные среднемощные среднегумусные глинистые;

#### Любинский район:

4 – лугово-черноземная среднемощная среднегумусная среднесуглинистая почва;

5 – луговая осоледелая среднемощная малогумусная среднесуглинистая почва.

Рис. 1. Обеспеченность пахотных почв Азовского, Кормиловского и Любинского районов элементами минерального питания, слой 0–20 см



#### Одесский район:

1 – чернозем южный среднемощный малогумусный тяжелосуглинистый;

2 – чернозем южный карбонатный среднемощный малогумусный тяжелосуглинистый;

#### Щербакульский район:

3 – черноземно-луговая среднемощная малогумусная тяжелосуглинистая почва;

4 – чернозем обыкновенный среднемощный малогумусный тяжелосуглинистый;

5 – черноземно-луговая маломощная среднегумусная тяжелосуглинистая почва;

#### Павлоградский район:

6 – чернозем обыкновенный карбонатный среднемощный малогумусный среднесуглинистый;

7 – черноземно-луговая карбонатная среднемощная малогумусная среднесуглинистая почва;

8 – черноземно-луговая карбонатная среднемощная малогумусная среднесуглинистая почва.

Рис. 2. Обеспеченность пахотных почв Одесского, Щербакульского и Павлоградского районов элементами минерального питания, слой 0–20 см

Корневые системы растений перемещают элементы из нижних слоев почвы, обогащая верхние. Большая часть фосфорных соединений в почве нерастворима и практически из нее не вымывается, в отличие от соединений азота, которые неустойчивы и легко теряются.

Высокое и очень высокое содержание калия установлено в пахотном слое некарбонатных почв, низкое и среднее – в карбонатных почвах. В меньшей степени почвы обеспечены подвижными формами фосфора, его величина варьирует от среднего до высокого уровня, но были выделены разности с повышенным и средним его содержанием (рис. 1, 2).

Уровень плодородия почв оценивали через относительный индекс окультуренности и комплексный агрохимический показатель. На обследованной площади пашни почвы имели среднюю и высокую степень окультуренности, так как индекс окультуренности находился в интервале от 0,73 до 0,98. Минимальный комплексный агрохимический показатель был установлен для черноземов обыкновенных и южных и составил 47–56 баллов. Почвы с высокой и очень высокой обеспеченностью элементами питания и гумусом оценены в 80–95 баллов. Почвы с количеством элементов питания ниже оптимального уровня оценены в 61–79 баллов. Существенный вклад в величину комплексного агрохимического показателя и степени окультуренности почв внесли подвижный калий и фосфор.

### Литература

1. Агроклиматический справочник по Омской области. Л. : Гидрометеоиздат, 1959. 228 с.
2. Аксенова Ю. В. Современное состояние и направление эволюции черноземов Омского Прииртышья // Современное состояние чернозёмов : материалы II Междунар. науч.-конф. Ростов-на-Дону : Южный федер. ун-т, 2018. Т. 1. С. 77–82.
3. Когут Б. М. Оценка содержания гумуса в пахотных почвах России // Почтоведение. 2012. № 9. С. 944–952.
4. Красницкий В. М., Шмидт А. Г. Динамика плодородия пахотных почв Омской области и эффективность использования средств его повышения в современных условиях // Достижения науки и техники АПК. 2016. Т. 30, № 7. С. 34–38.
5. Мищенко Л. Н. Земельные ресурсы Омской области и охрана почв. Омск : ОмСХИ, 1988. 20 с.
6. Оценка агрочерноземов Сибири на основе современных подходов / А. А. Шпедт [и др.] // Земледелие. 2019. № 4. С. 8–13.
7. Оценка почвенных ресурсов Омской области / Ю. В. Аксенова [и др.] // Земледелие. 2018. № 3. С. 14–18.
8. Скороходов В. Ю. Накопление и использование нитратного азота различными видами пара в период их парования на чернозёмах южных Оренбургского Предуралья // Животноводство и кормопроизводство. 2018. Т. 101, № 1. С. 204–211.

### ASSESSMENT OF AGRICULTURAL SOILS IN THE SOUTH OF THE OMSK REGION

Yu. V. Aksanova

*Omsk State Agrarian University named after P. A. Stolypin  
Omsk, Russian Federation, yuv.aksanova@omgau.org*

The purpose of the research is to assess the quality of arable soils of agricultural landscapes in the southern regions of the Omsk region. The objects of study are ordinary and southern chernozems, meadow-chernozem and meadow arable soils located in the Azov, Kormilovsky, Lyubinsky, Pavlogradsky, Shcherbakulsky and Odessa regions of the Omsk region. According to the humus content, most of the soils in the surveyed area are classified as highly humus. All the soils of the arable land had a very low and low supply of nitrate nitrogen. High and very high potassium content is found in the arable layer of non-carbonate soils, low and medium – in calcareous soils. To a lesser extent, the soils were provided with mobile forms of phosphorus, its value varied from medium to high levels, but differences with increased and medium levels were identified. On the surveyed area of arable land, an average and high degree of soil cultivation was established, the complex agrochemical indicator varied from 47 to 95 points.

## ОСОБЕННОСТИ ПРОФИЛЬНОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ЛАНТАНОИДОВ В ПОЙМЕННЫХ ТЕХНОГЕННО ЗАГРЯЗНЕННЫХ ПОЧВАХ

Т. В. Бауэр, Т. М. Минкина, В. С. Цицуашвили  
С. С. Манджиева, И. В. Замулина

Южный федеральный университет, Ростов-на-Дону, Россия  
*bauertatyana@mail.ru*

К лантаноидам относят 15 химических элементов побочной подгруппы 3-й группы Периодической системы (от лантана до лютения). В силу своих особых химических свойств, уровней содержания и особенностей накопления в почвах, лантаноиды обычно рассматривают как обособленную от других тяжелых металлов группу элементов [5]. Возрастающий интерес к лантаноидам связан с двумя причинами – во-первых, с расширением использования их в качестве микроэлементных удобрений или кормовых добавок в сельском хозяйстве, что требует выявления положительных геохимических аномалий, где внесение лантаноидов дает максимальный эффект [10; 16]. Во-вторых, растущее загрязнение окружающей среды лантаноидами [11; 14]. Среди источников загрязнения выделяются промышленные и медицинские [8]. Считается, что токсичность соединений лантаноидов для живых организмов незначительна, но они могут оказывать хроническое воздействие на организм человека и приводить к долгосрочным неблагоприятным эффектам [9]. В последние годы появляются данные о токсичном действии высоких доз лантаноидов на почвенную биоту и растения [8; 15]. Однако экологические риски, связанные с изменением их содержания в почвах, до сих пор остаются малоизученными. В связи с этим изучение лантаноидов в почвенном разрезе является актуальным и позволяет оценить уровень загрязнения, характер распределения, динамику поступления элементов и выявить возможные источники загрязнения.

Цель работы – изучить особенности профильного распределения лантаноидов в почвах пойменных ландшафтов Северского Донца в импактной зоне химического предприятия.

### Объекты и методы

Для изучения особенностей профильного распределения лантаноидов в пойменных почвах были проведены полевые исследования на территории оз. Атаманское в Каменском районе Ростовской области, в пойме реки Северский Донец. В период с начала 1950-х по середину 1990-х гг. озеро использовалось в качестве шламонакопителя производственных сбросов предприятий химической промышленности г. Каменск-Шахтинского, что привело к изменению гидрологического режима и полной деградации водоема. В настоящее время озеро является высохшим вследствие прекращения сброса промышленных стоков и более продолжительного засушливого периода, в связи с чем, на поверхности донных отложений идут активные процессы почвообразования [1]. Загрязнение

почв участка связано с длительным накоплением органических и неорганических поллютантов в донных отложениях оз. Атаманское, вышедших на дневную поверхность, которые выполняют функцию почвообразующей породы. Исследования, проведенные ранее, показали сверхвысокую степень загрязнения почв рассматриваемой территории как по санитарно-гигиеническим нормативам, так и по эколого-геохимическим показателям [1; 13]. Для целей данной работы на территории бывшего оз. Атаманское в пределах его южной части на левом берегу р. Северский Донец в 500 м к северу от уреза заложена площадка мониторинга. Почва исследуемой площадки диагностирована исключительно по химическим параметрам и согласно классификации и диагностики почв России [7] относится к хемоземам.

Для получения информации об уровнях накопления и характере распределения лантаноидов был произведен отбор образцов почвы послойно по всему разрезу.

Во всех отобранных образцах в трехкратной повторности проанализированы основные физико-химические показатели: pH – потенциометрическим в суспензиях при соотношении почва : вода = 1:2,5; содержание органического вещества титриметрическим методом (бихроматное окисление по И. В. Тюрину); содержание карбонатов комплексонометрическим методом по С. А. Кудрину [3]; обменные катионы  $\text{Ca}^{2+}$  и  $\text{Mg}^{2+}$  – по методу Шаймухаметова [6]; содержание гранулометрических фракций физической глины (< 0,01 мм) и ила (< 0,001 мм) – седиментационным методом с использованием пипетки Качинского с пирофосфатной подготовкой [2].

Содержание лантаноидов в пробах ( $\text{La}$ ,  $\text{Ce}$ ,  $\text{Nd}$ ,  $\text{Sm}$ ,  $\text{Eu}$ ,  $\text{Tb}$ ,  $\text{Dy}$  и  $\text{Yb}$ ) определялось методом инструментального нейтронно-активационного анализа на установке РЕГАТА импульсного быстрого реактора ИБР-2 ЛНФ ОИЯИ в Дубне. Измерение наведенной гамма-активности проводили с помощью спектрометров на основе детекторов из сверхчистого германия (HPGe) с разрешением 1,8–2,0 кэВ для гамма-линии 1332 кэВ  $^{60}\text{Co}$ . Для обработки гамма-спектров и расчета концентраций элементов использовали пакет программ, разработанный в Лаборатории нейтронной физики им. И. М. Франка [4]. Контроль качества осуществляли с помощью набора международных стандартов и эталонов.

Оценка уровня загрязнения почвы лантаноидами проведена на основе со-поставления с кларковыми значениями [12].

### **Результаты и обсуждение**

Исследуемая техногенно-нарушенная почва (хемозем) характеризуется значительными колебаниями значений pH (7,6–3,5): реакция среды с глубиной изменяется от слабощелочной до очень сильноокислой (табл. 1). Распределение органического вещества характеризуется регрессивно-аккумулятивным характером накопления: С орг уменьшается вниз по профилю от 5,1 до 1,2 % (табл. 1). В составе обменных оснований доминирует  $\text{Ca}^{2+}$ . Вниз по профилю содержание обменных катионов  $\text{Ca}^{2+}$  и  $\text{Mg}^{2+}$  заметно снижается, что может быть связано со снижением по профилю содержания органического вещества. Соотношение ионов  $\text{Ca}:\text{Mg}$  в верхнем горизонте довольно узкое (не более 4,0) и сужается с глубиной. Отмечается высокое содержание карбонатов в припо-

верхностном слое (2,1 %) и резкое их снижение с глубиной. Заметная внутрипрофильная дифференциация гранулометрического состава не прослеживается. Хемозем имеет среднесуглинистый состав с содержанием физической глины от 30,1 до 36,1 %. Содержание илистых частиц варьирует с 12,2 до 15,9 % вниз по профилю.

Таблица 1

Физико-химические свойства хемозема территории оз. Атаманское  
и их внутрипрофильное распределение

Глубина, см	рН	Содержание гранулометрических фракций		Сорг,	CaCO <sub>3</sub>	Обменные катионы	
		Физ. глина (<0,01мм)	Ил (<0,001мм)			Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>
		% смоль(+)/кг					
0–11	7,6±0,2	30,1±1,2	12,2±0,9	5,6±0,3	2,1±0,1	30,9±2,1	8,0±0,1
12–30	4,9±0,1	32,9±2,3	12,7±1,1	5,2±0,2	0,2±0,01	30,2±1,8	7,8±0,2
20–40	4,0±0,2	34,0±2,1	12,1±0,6	4,4±0,2	0,1±0,01	28,1±0,9	7,0±0,2
40–60	3,5±0,1	34,9±1,5	13,6±0,8	1,8±0,1	н/о	20,1±1,1	7,5±0,3
60–80	4,7±0,1	35,3±0,9	14,1±0,5	1,5±0,1	0,1±0,02	18,9±1,3	7,8±0,4
56–85	5,9±0,2	36,1±1,8	15,9±1,0	1,2±0,1	0,2±0,02	16,3±0,7	7,6±0,2

Полученные с помощью инструментального нейтронно-активационного анализа результаты представлены в табл. 2. Характер накопления и вертикального распределения лантаноидов в почве отличается неравномерностью, но имеет определенные общие закономерности, обусловленные близостью химических свойств элементов. Это, прежде всего, преимущественно низкое их количество в приповерхностном 0–11 см слое почвы и максимальное – на глубине 60–80 см (табл. 2).

Таблица 2

Содержание лантаноидов в хемоземе территории оз. Атаманское, мг/кг

Глубина, см	La	Ce	Nd	Sm	Eu	Tb	Dy	Yb
0–11	5,4±0,4	9,5±1,6	4,7±0,1	0,91±0,1	0,01±0,0	0,11±0,01	1,2±0,06	0,94±0,2
12–30	29,7±2,1	62±4,9	33±4,6	5,9±0,5	0,8±0,06	0,57±0,03	5,5±0,3	2,3±0,2
20–40	26,3±1,8	56±4,5	32±4,5	6,2±0,6	0,73±0,06	0,60±0,03	5,2±0,4	2,26±0,2
40–60	29±2,0	58±4,6	19,3±3,1	5,9±0,5	0,72±0,05	0,63±0,02	4,5±0,3	2,26±0,2
60–80	65±4,6	115±6,9	60±9,0	8,5±0,7	2,96±0,3	1,42±0,07	7,1±1,1	4,0±0,3
56–85	45±3,2	83±5,0	34,4±5,6	6,6±0,5	2,2±0,2	1,05±0,05	9,0±0,7	3,2±0,3
Кларк	26	52,2	22	4,3	0,85	0,64	3,58	2,1

Диапазон колебания содержания в почвенном разрезе составляет для: La – 5,4–65, Ce – 9,5–115, Nd – 4,7–60, Sm – 0,9–8,5, Eu – 0,01–2,96, Tb – 0,11–1,42, Dy – 1,2–9,0, Yb – 0, 94–4,0 мг/кг. Антропогенное гидрогенное загрязнение, вероятно, обусловленное технологическими особенностями сброса шлама, и наличие глеевого процесса в нижней части профиля, выступающего в качестве геохимического барьера, являются основными факторами повышенных концентраций элементов на глубине 60–80 см. В верхней части разреза пик повышенных концентраций элементов встречается на глубине 12–30 см и обусловлен повышенной гумусированностью почвы и условиями почвообразования.

ния. Хемозем сформировался в результате выхода на поверхность загрязненных донных отложений в результате обмеления оз. Атаманское. Кроме того, в результате сезонного подъема пойменных и грунтовых вод наблюдается вынос загрязняющих веществ, привнесенных из отстойника, которые в летний период при высыхании озера формируют техногенную аномалию с повышенной концентрацией элементов на испарительном барьере [1].

С целью оценки уровня загрязнения изучаемых проб проведено сравнение концентраций элементов в вертикальном разрезе с кларками исследуемых элементов. Установлено, что практически во всех проанализированных образцах наблюдаются превышения кларков по исследуемым элементам (табл. 2).

### **Заключение**

Таким образом, изучены особенности содержания и внутрипрофильного распределения лантаноидов (La, Ce, Nd, Sm, Eu, Tb, Dy и Yb) в пойменных техногенно загрязненных почвах территории природного отстойника промстоков химического завода. В целом профильное распределение лантаноидов в пойменных почвах исследуемой территории определяется источниками и длительностью техногенного воздействия и контролируется характером и положением геохимических барьеров.

*Исследование выполнено при финансовой поддержке гранта Президента РФ № МК-6137.2021.1.5 и РФФИ № 19-29-05265мк.*

### **Литература**

1. Эколого-геохимические исследования техногенных почв в пойменных ландшафтах Северского Донца (бассейн Нижнего Дона) / Т. В. Баузер, Т. М. Минкина, В. Г. Линник, С. С. Манджиева, Д. Г. Невидомская // Геохимия. 2018. № 10. С. 956–966.
2. Вадюнина А. Ф., Корчагина З. А. Методы исследования физических свойств почв и грунтов М. : Агропромиздат, 1986. 416 с.
3. Воробьева Л. А. Теория и практика химического анализа почв. М. : ГЕОС, 2006. 400 с.
4. Дмитриев А. Ю., Павлов С. С. Автоматизация количественного определения содержания элементов в образцах методом нейтронного активационного анализа на реакторе ИБР-2 в ЛНФ ОИЯИ // Письма в ЭЧАЯ. 2013. Т. 10, № 1(178). С. 58–64.
5. Ладонин Д. В. Сравнительная оценка адсорбции редкоземельных элементов некоторыми типами почв // Почвоведение. 2019. № 10. С. 1163–1171.
6. Шаймухаметов М. Ш. К методике определения поглощенных Ca и Mg в черноземных почвах // Почвоведение. 1993. № 12. С. 105–111.
7. Классификация и диагностика почв России / Л. Л. Шишов, В. Д. Тонконогов, И. И. Лебедева, М. И. Герасимова. С: Ойкумена, 2004. 341 с.
8. Cryptic footprints of rare earth elements on natural resources and living organisms / M. Adeel, Y. Lee, M. Zain, M. Rizwan, A. Nawab, M. A. Ahmad, M. Shafiq, H. Yi, G. Jilani, R. Javed, R. Horton, Y. Rui, D. C. W. Tsang, B. Xing // Environment International. 2019. Vol. 127. P. 785–800.
9. Effect of some rare earth elements on the growth and lanthanide accumulation in different Trichoderma strains / L. d'Aquino, M. Morgana, M. A. Carboni, M. Staiano, M. V. Antisari, M. Re, M. Lorito, F. Vinale, K. M. Abadi, S. L. Woo // Soil Biology & Biochemistry. 2009. Vol. 41. P. 2406–2413.
10. Rare Earth Elements in Soils / Z. Hu, S. Haneklaus, G. Sparovek, E. Schnug // Communications in Soil Science and Plant Analysis. 2006. Vol. 37, N 9–10. P. 1381–1420.

11. Humsa T. Z., Srivastava, R. K. Impact of rare earth mining and processing on soil and water environment at Chavara, Kollam, Kerala: a case study // Progress in Earth and Planetary Science. 2015. Vol. 11. P. 566–581.
12. Kabata-Pendias A. Trace elements in soils and plants. Boca Raton. London, N. Y. CRC Press, 2011. 450 p.
13. Geochemical transformation of soil cover and vegetation in a drained floodplain lake affected by long-term discharge of effluents from rayon industry plants, lower Don River Basin, Southern Russia / E. Konstantinova, M. Burachevskaya, S. Mandzhieva, T. Bauer, T. Minkina, V. Chaplygin, I. Zamulina, A. Konstantinov, S. Sushkova // Environmental Geochemistry and Health. 2020. <https://doi.org/10.1007/s10653-020-00683-3>
14. Distribution of rare earth elements in agricultural soil and human body (scalp hair and urine) near smelting and mining areas of Hezhang, China / B. Meryem, H. Ji, Y. Gao, H. Ding, C. Li // Journal of Rare Earths. 2016. Vol. 34, Is. 11. P. 1156–1167.
15. Health effects and toxicity mechanisms of rare earth elements – Knowledge gaps and research prospects / G. Pagano, M. Guida, F. Tommasi, R. Oral // Ecotoxicology and Environmental Safety. 2015. Vol. 115. P. 40–48.
16. Effect of rare earth elements (REE) supplementation to diets on the carry-over into different organs and tissues of fattening bulls / A. Schwabe, U. Meyer, M. Grün, K. D. Voigt, G. Flachowsky, S. Deanicke // Livestock Science. 2012. Vol. 143. P. 5–14.

## **FEATURES OF PROFILE DISTRIBUTION OF LANTHANIDES IN FLOODPLAIN TECHNOGENICALLY CONTAMINATED SOILS**

**T. V. Bauer, T. M. Minkina, V. S. Tsitsuashvil, S. S. Mandzhieva**

*Southern Federal University, Rostov-on-Don, Russian Federation*

*bauertatyana@mail.ru*

The concentration levels and the nature of the vertical distribution of lanthanides (La, Ce, Nd, Sm, Eu, Tb, Dy, and Yb) in the floodplain soils of the impact zone of a chemical enterprise were determined using instrumental neutron activation analysis. The uneven distribution of the considered elements in the profile of the studied soils was diagnosed. In the profile, the maximum content of lanthanides is noted at a depth of about 80 cm.

## ВЛИЯНИЕ БИОЧАРА НА АДСОРБЦИОННУЮ СПОСОБНОСТЬ ЧЕРНОЗЕМА ОБЫКНОВЕННОГО ПРИ ЗАГРЯЗНЕНИИ МЕДЬЮ

М. В. Бурачевская<sup>1</sup>, Т. М. Минкина<sup>1</sup>, Т. В. Бауэр<sup>2</sup>, В. И. Северина<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Южный федеральный университет

Ростов-на-Дону, Россия, marina.0911@mail.ru

<sup>2</sup>Федеральный исследовательский центр Южный научный центр РАН

Ростов-на-Дону, Россия, bauertatyana@mail.ru

Тяжелые металлы (ТМ), как продукты техногенной эмиссии, являются крайне опасными поллютантами [3; 6]. Высокое содержание ТМ в почве приводит к трансформациям почвенных процессов и утрате почвами способности выполнять свои экологические функции. Для повышения эффективности и качества выполнения почвой своих экологических функций необходимо внедрять технологии ремедиации почв *insitu* [7]. К ним относятся физико-химические технологии очистки почв с использованием различных сорбентов, в том числе углеродистых. Пористая структура углеродистых сорбентов обеспечивает адсорбцию молекул соответствующего объема. В широком смысле сорбция ТМ включает в себя различные адсорбционные процессы, такие как образование внешне- и внутрисферных комплексов и ионный обмен, а также механизмы поверхностного осадкообразования [9]. На сорбционную способность почв влияют pH и наличие активных адсорбционных центров в различных почвенных компонентах, таких как карбонаты, фосфаты, органическое вещество, силикаты и (гидро)оксиды [8; 11]. Возможны следующие механизмы сорбции ТМ с помощью внесения углеродистых сорбентов: катионный обмен; осадкообразование; комплексообразование; химическое восстановление и электростатическое взаимодействие [12]. Однако ТМ, которые связаны поверхностью сорбента, имеют тенденцию десорбироваться в зависимости от типа химического взаимодействия. В этой связи особый интерес представляет оценка поглощения ионов тяжелых металлов почвой в присутствии углеродистых сорбентов.

Цель работы – изучить влияние углеродистого сорбента на адсорбционную способность чернозема обыкновенного при моноэлементном загрязнении Cu.

### Объекты

Для эксперимента использован верхний слой (0–20 см) чернозема обыкновенного карбонатного тяжелосуглинистого на лёссовидном суглинке, отобранном в Октябрьском районе Ростовской области (ООПТ «Персианская заповедная степь»). Почва характеризуется следующими физическими и химическими свойствами: Сорг – 3,7 %; pH – 7,3; обменные катионы ( $\text{Ca}^{2+}$  $\text{Mg}^{2+}$ ) – 36,0 смоль(экв)/кг; ЕКО – 37,1 смоль(экв)/кг;  $\text{CaCO}_3$  – 0,1 %; содержание физической глины – 53,1 %, ила – 32,4 %; содержание Pb – 26,9 мг/кг.

Для исследования влияния углеродистого сорбента на адсорбционную способность почвы по отношению к ТМ был выбран биочар, полученный по разработанной авторской технологии из шелухи риса. Биочар был получен в ре-

зультате термического разложения шелухи риса при температуре 700 °С, скорости нагрева 15 °С/мин и времени выдержки биомассы 75 мин. К образцам почвы был добавлен биочар, полученный по авторской технологии из шелухи риса в дозе 2,5 масс %.

### Методы

В работе использован метод неизменных навесок (5 г) и переменных концентраций (от 0,05 до 1,0 мМ/л). Каждая из концентраций соответствовала одной точке на изотерме адсорбции. Исследуемый раствор металла приготовлен из соли Cu(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>\*3H<sub>2</sub>O квалификации «химически чистый» в связи с ее хорошей растворимостью в воде. Массовое отношение жидкой и твердой фаз составляло 1:10 [5].

При достижении равновесного состояния после взбалтывания в течение часа и суточного отстаивания суспензии были отфильтрованы через фильтр «синяя лента». Равновесные концентрации ионов металла в водном растворе определены методом атомно-абсорбционной спектрометрии (ААС).

Значения коэффициентов распределения металла между твердой и жидкой фазами ( $K_d$ ) и степени сорбции ( $S$ ) рассчитывали в соответствии с формулами:

$$K_d = \frac{(C_i - C_p) \cdot V}{C_p \cdot m}, \quad (1)$$

$$S = \frac{C_i - C_p}{C_i} \cdot 100 \%, \quad (2)$$

где  $C_i$  и  $C_p$  – исходная и равновесная концентрация металла в растворе, мМ·л<sup>-1</sup>;  $V$  – объем раствора, см<sup>3</sup>;  $m$  – навеска сорбента, г.

Физико-химические свойства почв были определены с использованием общепринятых методов [1]. Валовое содержание Cu в почвах анализировали рентген-флюoresцентным методом на спектроскане МАКС-GV (ООО «НПО «СПЕКТРОН», Санкт-Петербург, Россия). Анализ содержания Cu в вытяжках проводили методом ААС (МГА-915МД, НПФ ГК «Люмэкс», Санкт-Петербург). Повторность анализов 3-х кратная.

### Результаты и обсуждение

Результаты расчетов величин  $K_d$  и степени сорбции  $S$  ионов Cu(II) черноземом обыкновенным при внесении металла с добавлением биочара представлены в таблице 1.

Полученные значения  $K_d$  и  $S$  ионов Cu(II) почвой достаточно высокие. В вариантах с внесением Cu(II) в исследуемом диапазоне концентраций (0,05–1,0 мМ/л) степень поглощения металла снижается от 97 до 93 (табл.).

Добавление к почве биочара из шелухи риса приводит к увеличению степени сорбции Cu, которая во всех случаях близка к 100 % и практически не зависит от исходной концентрации раствора (см. табл.). Вероятно, концентрация металла не оказывает влияние на их способность притягиваться поверхностью полярных сорбентов [2].

Таблица

Коэффициент распределения ( $K_d$ ) и степень сорбции (S) ионов Cu черноземом обыкновенным при внесении биочара,  $\text{мM}\cdot\text{l}^{-1}$

Образец	Концентрация металла в исходном растворе, $\text{мM}\cdot\text{l}^{-1}$						
	0,05	0,08	0,1	0,3	0,5	0,8	1,0
$K_d$							
Почва	157	190	190	323	253	157	133
Почва+Биочар	5546	3990	3990	4157	4157	3626	2429
S							
Почва	94,00	95,00	95,00	97,00	96,20	94,00	93,00
Почва+ Биочар	99,82	99,75	99,75	99,76	99,76	99,73	99,59

Еще одним параметром эффективности сорбционной способности является коэффициент распределения ( $K_d$ ), который характеризует потенциальную мобильность металлов. Металл с более высоким значением  $K_d$  характеризуется более прочной сорбцией на адсорбенте и, следовательно, более низкой подвижностью [10]. При добавлении к почве биочара происходит возрастание величины  $K_d$ , что свидетельствует о повышении сродства поверхности к ионам металлов (см. табл.).

При этом с ростом концентрации металла в исходном и, соответственно, равновесном растворе на всех исследуемых вариантах отмечается значительное уменьшение величины  $K_d$ , что свидетельствует о том, что доля поглощенного металла, а также энергия взаимодействия ионов с расположеными на поверхности сорбентов функциональными группами, определяющими их поглотительную способность, уменьшаются. Это объясняется наличием нескольких типов сорбционных центров на поверхности почвенных частиц, отличающихся не только величиной сродства, но и селективностью к различным катионам металлов [4].

### Заключение

Таким образом, изучено влияние биочара на адсорбционную способность чернозема обыкновенного при загрязнении Cu. Показано, что добавление в почву биочара повышает сорбционную способность чернозема обыкновенного по отношению к ионам исследуемого металла.

*Исследование выполнено при финансовой поддержке гранта Президента РФ № МК-2244.2020.5, РФФИ в рамках научного проекта № 19-34-60041 Перспектива.*

### Литература

1. Воробьева Л. А. Теория и практика химического анализа почв. М. : ГЕОС, 2006. 400 с.
2. Каликова Е. Н., Письменко В. Т., Иванская Н. Н. Адсорбция катионов марганца и железа природными сорбентами // Сорбционные и хроматографические процессы. 2010. Т. 10. № 2. С. 194–200.
3. Перельман А. И., Касимов Н. С. Геохимия ландшафта : учебник М. : Моск. гос. ун-т, 1999.
4. Пинский Д. Л. Ионообменные процессы в почвах. Пущино : Изд-во ОНТИ ПНЦ РАН, 1997. 166 с.

5. Поглощение меди черноземными почвами и почвообразующими породами юга России / Д. Л. Пинский, Т. М. Минкина, Т. В. Баэр, Д. Г. Невидомская, С. С. Манджиева, М. В. Бурачевская // Геохимия. 2018. № 3. С. 280–289.
6. Новые методы очистки почв от тяжёлых металлов / В. И. Савич, С. Л. Белопухов, Д. Н. Никиточкин, А. В. Филиппова // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2013. № 4 (42).
7. Ступин Д. Ю. Загрязнение почв и новейшие технологии их восстановления : учеб. пособие. М. : Лань, 2009. (Учебники для вузов. Социальная литература).
8. Bradl H. B. Adsorption of heavy metal ions on soils and soils constituents // The Journal of Colloid and Interface Science. 2004. Vol. 277. P. 1–18.
9. McBride M. B. Environmental Chemistry of Soils. New York : Oxford Univ. Press, 1994.
10. Competitive adsorption of heavy metals onto sesame straw biochar in aqueous solutions / J. -H. Park, Y. S. Ok, S.-H. Kim, J.-S. Cho, J.-S. Heo, R. D. Delaune, D.-C. Seo // Chemosphere. 2016. Vol. 142. P. 77–83.
11. Sorption of copper, zinc and lead on soil mineral phases / P. Sipos, T. Németh, V. Kis, I. Mohai // Geoderma. 2008. Vol. 73. P. 461–469.
12. Application of biochar for the removal of pollutants from aqueous solutions / X. Tan, Y. Liu, G. Zeng, X. Wang, X. Hu, Y. Gu, Z. Yang // Chemosphere. 2015. Vol. 125. P. 70–85.

## EFFECT OF BIOCHAR ON THE ADSORPTION CAPACITY OF HAPLIC CHERNOZEM WHEN CONTAMINATED WITH HEAVY METALS

**M. V. Burachevskaya, T. M. Minkina, T. V. Bauer, V. I. Severina**

*Southern Federal University, Rostov-on-Don, Russian Federation*

*marina.0911@mail.ru*

*Federal Research Center the Southern Scientific Center RAS*

*Rostov-on-Don, Russian Federation, bauertatyana@mail.ru*

The sorption capacity of the soil with respect to Cu when a carbon sorbent was introduced into it, and when contamination occurred was studied. When applying metal, it reduces the absorption capacity of the soil. The decrease in the absorption capacity is explained by the presence of several types of sorption centers on the surface of soil particles, which differ not only in the amount of affinity, but also in selectivity to metal cations. To study the effect of a carbon sorbent on the sorption capacity of the soil in relation to heavy metal, a biochar obtained from rice husk according to the developed author's technology was selected. When biochar is added to the soil, the value of the metal distribution coefficient between the solid and liquid phases ( $Kd$ ) and the degree of sorption ( $S$ ) of the metal increase, which in all cases is close to 100 % and practically does not depend on the initial concentration of the solution. It is shown that the addition of biochar to the soil increases the sorption capacity of Haplic Chernozem in relation to the ions of the metal under study.

## ВЛИЯНИЕ ЛЕСНЫХ ПОЖАРОВ НА ПОЧВЫ ЛИСТВЕННИЧНЫХ ЛЕСОВ ЗАПАДНОГО САЯНА В УСЛОВИЯХ КРИОАРИДНОГО КЛИМАТА

Т. О. Валевич, О. Э. Мерзляков

Национальный исследовательский Томский государственный университет  
Томск, Россия, tvalevitch@gmail.com

Почвы являются существенным компонентом лесных экосистем, поскольку участвуют в регулировании важных экосистемных процессов – поглощение питательных веществ, разложение и обеспечение водного баланса. Природный состав леса и его производительность во многом зависит именно от почвенных условий. В свою очередь, естественные или искусственные лесные насаждения уже с первых лет своего роста начинают активно воздействовать на почву, изменяя её лесорастительные свойства. Поэтому почвенный покров отражает влияние всех лесных насаждений, однако в разных климатических условиях степень воздействия может сильно варьировать.

Лесные пожары рассматриваются в настоящее время как мощный экологический и активно действующий фактор современного почвообразования, оказывающий сложное многофакторное влияние на формирование почвенного покрова лесных биогеоценозов и лесорастительные свойства почв в целом. Большие объемы органического углерода «захоронены» на территориях с вечной мерзлотой. Климатические изменения привести к тому, что сток (C) превратится в источник – CO<sub>2</sub>. Именно поэтому нужно учитывать эмиссионные потоки диоксида углерода на территориях распространения мерзлотных пород, где больше всего ощущается изменение климата.

Последствия лесных пожаров – изменение физико-химических свойств почв. При сгорании органического вещества в поверхностных горизонтах высвобождаются зольные элементы, что накладывает отпечаток на изменение таких показателей, как реакция среды, содержания органического вещества, азот, обменных катионов. Широко распространенное мнение о том, что почвы, подвергающиеся пожарам, просто испытывают временное удаление верхнего органического горизонта, что в конечном итоге вызывает повышение плодородия почвы из-за поступления доступных питательных веществ, ранее заблокированных в живых или мертвых органических тканях [7].

Лиственница сибирская (*Larix sibirica*) лучше других хвойных пород приспособлена к своеобразным климатическим условиям среднегорий Юга Сибири – к низким температурам, малоснежью, сухости зимнего холодного воздуха, краткости вегетационного периода, периодической атмосферной и почвенной засухе. Процессы таежно-лесного почвообразования в Западном Саяне, как в принципе и в других районах Сибири, настолько своеобразны, что многие из местных почв не могут быть аналогизированы с почвами таежно-лесной зоны равнинных территорий. Своеобразен прежде всего термический режим. Холод-

ный континентальный климат вызывает криогенные процессы, которые сводятся к длительному сковыванию почвенных растворов, к мерзлотной динамике веществ и их аккумуляции в профиле. Всё это увеличивает концентрацию почвенных растворов, коагуляцию коллоидов с криогенным агрегированием, что приводит к морозному консервированию веществ в почвах и концентрации их в определенных горизонтах [3].

Цель данного исследования – проследит изменение свойств почв, как основных компонентов лесных экосистем, после лесных пожаров на примере лигноземов Хемчикского хребта Западного Саяна, сформированными под лиственничными лесами (рис. 1).



Рис. 1. Объекты исследования

А – Лигнозем перегноно-темногумусовый потечно-гумусовый (С-7-17); Б – Лигнозем перегнойный потечно-гумусовый (С-7-16); В – Лигнозем серогумусовый типичный (С-7-16); Г – Карбо-лигнозем темногумусовый типичные (С-3-15)

Рассматриваемые лигноземы формируются на северном и северо-восточном склонах Хемчикского хребта Западного Саяна крутизной около 20° и характеризуются высокой скелетностью. За счёт своей особенности к приспособлению к различным климатическим условиям, корни лиственницы могут углубляться вплоть до 2 м в поисках источников питания и влаги. Вышеперечисленные условия позволяют проникать гумусовой толщи в нижележащие минеральные горизонты, где количество углерода может достигать 2,3 %. Пожары в лесных районах распространения многолетней мерзлоты рассматривают как важный фактор, моделирующий поверхность и влияющий на геоморфологические процессы [4]. Последствия этого влияния – изменение физико-химических свойств почв. Сгорание органогенного слоя и минерализация ранее накопленного углерода, определяются существенное снижение его запасов в почве. Остаточное органическое вещество, возможно, представлено более ста-

бильными формами углерода [1]. Содержание гумуса С-10-17 верхней минеральной толщи – 10,3 %, в то время как на участках пирогенеза оно составляет 7,7 % (С-4-15) и 7,0 % (С-7-16).

Кислотность верхнего гумусового горизонта главным образом зависит от количества органического вещества, а не от поступления зольных элементов при пиролизе органического материала подстилок. После прохождения пожара в литоземах происходит сдвиг кислотности почвы в сторону ее подкисления, в результате выноса щелочноземельных элементов под влиянием осадков и паводковых вод. Повышение кислотности объясняется тем, что при пожаре мощная торфяная подстилка полностью уничтожается и образовывается рыхлая корка пирогенного происхождения, пропускная способность которой значительно ниже, что не защищает обнаженные почвенные горизонты от воздействия осадков и паводковых вод. На более поздних стадиях лесовосстановления, примерное 56 лет после пожара, обменная и водная кислотность верхнего горизонта почвы не отличается от значений контрольных насаждений [1]. Восстановление фоновых значений pH в почвах гарей объясняется поступлением растворимых компонентов золы также с дождовыми и талыми водами и новым поступлением кислых продуктов с растительным опадом [2].

Подкисление среды способствует большему поглощение анионов фосфора. Сжигание растительности и подстилки превращают органический фосфор в ортофосфат, который наиболее доступен биоте [6]. Кроме того, пик доступности при pH водной вытяжки 6,5 [8]. На ненарушенном участке содержание подвижного фосфора в гумусовом горизонте составляет 35,5 мг/100 г почвы, резко убывая в АВД до 5,2 мг/100 г почвы (С-10-17). В почвах после воздействия пожара наблюдается увеличение подвижного фосфора до 44,2 мг/100 г почвы, постепенно снижаясь в нижнем гумусовом горизонте до 19,1 мг/100 г почвы (С-7-16) и до 53,7 мг/100 г почвы (С-4-15).

В условиях сильно расчлененного рельефа, изменение климата, как фактора почвообразования приводит к учащению неконтролируемых лесных, которые нарушают уникальный микроклимат лиственничных лесов. Для начальной стадии характерно полное уничтожение напочвенного растительного покрова и торфяных горизонтов, что приводит к изменению теплообмена в почвенном профиле и деградации вечной мерзлоты. Горизонт многолетней мерзлоты обнаружен только в С-10-17 под ненарушенным древостоем на глубине 35 см. Далее после пожара средней или тяжелой степени сгорает верхние органогенные горизонты, и на поверхности почв смешиваясь с обугленными остатками растительности образуется рыхлая пирогенная корка. Происходит быстротечная минерализация сфагновых мхов и подстилки, что обуславливает повышение температуры почвы лето на глубине 10–15 см на 3–5 °C [5], в следствии чего мерзлота уходит на ещё большую глубину. Отсутствие мерзлоты в С-7-16, С-4-15, С-3-15 объясняется, тем, что данные почвы прошли несколько стадий горения, что, как говорилось выше, привело к увеличению температуры профиля и, следовательно, полному отсутствию или смешению вечной мерзлоты вниз профиля. Изменения климата в целом на территории пожаров приводят к сукцессии

онным изменениям растительности: смена лиственничных лесов менее ценными древесными породами, преобладание степных и лесо-степных ассоциаций.

Облик почвенного профиля после лесных пожаров претерпевает существенные изменения, как внешне, так и внутренне. Прежде всего меняется микроклимат, из-за чего наблюдается деградация горизонта многолетней мерзлоты, сукцессионные изменения растительного покрова. Вследствие вышесказанного изменяются и физико-химические характеристики почв: содержание органического вещества, доступного фосфора, pH водной вытяжки. В то же время за счёт оттаивания мерзлотного горизонта и горного рельефа может происходить увлажнение аккумулятивной позиции, в степных котловинах создаются благоприятные условия для произрастания древесной растительности.

### Литература

1. Богданов В. В. Влияние низовых пожаров на подвижность органического вещества в лиственничниках криолитозоны средней Сибири / В. В. Богданов, А. С. Прокушин, С. Г. Прокушин // Вестник КрасГАУ. 2009. № 2. С. 88–93.
2. Зайдельман Ф. Р. Изменение свойств пирогенных образований и растительности на сгоревших осушенных торфяных почвах полесий / Ф. Р. Зайдельман, Д. И. Морозова, Ф. Л. Шваров // Почвоведение. 2003. № 11. С. 1300–1309.
3. Смирнов М. П. Почвы Западного Саяна. М. : Наука, 1970. 228с.
4. Чевычелов А. П. Лесные пожары в Якутии и их влияние на почвенный покров в аспекте прогнозируемого изменения климата // Вестник Северо-Восточного федерального университета им. М. К. Аммосова. Серия: Науки о Земле. 2019. № 1(13). С. 55–67.
5. Шешуков М. А., Громыко С. А. Влияние пирогенного фактора на формирование лесов в различных зонально-географических условиях Дальнего Востока // Вестник ТОГУ. 2008. № 1 (8). С. 21–26.
6. Phosphorus forms and related soil chemistry of Podzolic soils on northern Vancouver Island. II. The effects of clear-cutting and burning / B. J. Cade-Menun, S. M. Berch, C. M. Preston, L. M. Lavkulich // Can. J. For Res. 2000. Vol. 30. P. 1726–1741.
7. Certini G. Fire as a Soil-Forming Factor // AMBIO. 2014. Vol. 43. P. 191–195.
8. Sharpley A. Phosphorous availability // Summer ME Handbook of soil science. Fla. Boca Raton : CRC, 2000. P. 18–38.

### INFLUENCE OF FOREST FIRES ON SOILS OF LARCH FORESTS OF THE WESTERN SAYAN UNDER CRYOARID CLIMATE

T. O. Valevich, O. E. Merzlyakov

National Research Tomsk State University, Tomsk, Russian Federation  
[tvalevitch@gmail.com](mailto:tvalevitch@gmail.com)

Forest fires are currently considered as a powerful environmental and active factor in modern soil formation, which has a complex multifaceted effect on the formation of soil cover of forest biogeocenoses and forest-growing properties of soils. They make significant changes in the structure and dynamics of forest communities. As a result of fires, the loss of organic carbon, an increase in acidity and the content of available phosphorus, the degradation of the permafrost horizon were established. The physical and physicochemical properties of soils change in the first years after the passed fire, and some characteristics after a while may return to their original state. At the same time, after the pyrogenic impact, the consequences will be irreversible, which will lead to the succession of ecosystems.

# ИНОВАЦИОННОЕ БИОИНЖЕНЕРНОЕ МЕРОПРИЯТИЕ ДЛЯ РЕГУЛИРОВАНИЯ ВОДНОЙ ЭРОЗИИ ПОЧВ С УЧЕТОМ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА

Г. В. Гавардашили

*Институт водного хозяйства им. Цотне Мирцхулава  
Грузинского технического университета, Тбилиси, Грузия  
givi\_gava@yahoo.com*

## Введение

Существующие до настоящего времени предельно допустимые нормы потери почв при эрозии представляются усредненными значениями данных наблюдений (без соответствующего научного обоснования). Реальное состояние проблемы более сложно и учесть все показатели, обусловленные факторами различной природы (почвенными, гидрологическими, экономическими, экологическими и социальными) вряд ли возможно.

В частности, до настоящего времени еще не разработан достаточно надежный метод, позволяющий однозначно установить предельно допустимые нормы потери почв либо допустимую норму интенсивности эрозии почв [6–8].

Принимая во внимание важность проблемы, были организованы и проведены (в сентябре – декабре 2019–2020 гг.) полевые экспедиционные работы Институт водного хозяйства им. Цотне Мирцхулава Грузинского технического университета.

В ходе экспедиции исследовались характеристики «коридора» с учетом его геологической, климатической, ландшафтной и противоэррозионной особенностей.

Целью экспедиции была оценка эрозионных ситуаций горных склонов Грузии, вызванных поверхностными водными стоками в «коридоре» газопровода [6; 9].

На рис. 1 представлена карта исследуемого объекта, климатико-ландшафтное описание которого приведено в табл. 1.

В табл. 2 дается Ландшафтная и противоэррозионная характеристика «коридора» газопровода.

## Оценка надежности и риска на горных склонах

Результаты полевых экспедиционных работ на трассе газопровода позволили сделать большую выборку (число статистических данных – 252 точек, с соответствующими интервалами и частотами ( $m_i$ )) и объективно оценить эрозионный уровень (см. табл. 3, 4).



Рис. 1. Карта газотрубопровода Грузии

Таблица 1  
Геологическая и климатическая оценка «коридора» газопровода

№	Регион исследования	Геологические характеристики	Климатическая оценка
11	Марнеули	Верхний палеозой – триас. Глинистые сланцы, кварцит	Климат умеренно теплых степей с жарким летом, 2-мя минимумами осадков в году
12	Гардабани	Верхний палеозой. Кислые вулканогенные образования. Олигоцен – нижний миоцен. Глины, песчаники (майкопская свита)	Переходный: от климата умеренно теплых степей к умеренно влажному; с жарким летом и 2-мя минимумами осадков в году
13	Тетри Цкаро	Верхний палеозой. Кислые вулканогенные образования. Олигоцен – нижний миоцен. Глины, песчаники	Умеренно влажный климат с умеренно холодной зимой и продолжительным летом, с 2-мя минимумами осадков в году
14	Ахалцихе	Верхний эоцен. Глины, мергели, песчаники, реже вулканогенные образования	Климат нагорных степей с холодной малоснежной зимой и продолжительным теплым летом
15	Боржоми	Олигоцен нижний миоцен Глины, песчаники, майкопская свита	Умеренно влажный климат с холодной зимой и продолжительным летом
16	Цалка	Верхний отдел. Известняки, мергели, песчаники, вулканогенные образования. Гранитоиды палеозойские	Переходный климат: от умеренно влажного с холодной зимой и продолжительным летом к климату нагорных степей

Таблица 2

Ландшафтная и противоэрозионная характеристика «коридора» газопровода

№	Регион исследования	Ландшафтная характеристика	Эрозия почв (противоэрозионные мероприятия)
11	Марнеули	Полупустынно степной	Каштановые, перегнойно-сульфатные и серобурьи почвы. Наблюдаются ветровая и водная эрозия. (Закрепление балок и оврагов)
12	Гардабани	Мелкогорно-степной с преобладанием черноземов	Комплекс солонцовых и засоленных местных почв. (Борьба с овражными и суффозионными явлениями)
33	Тетри Цкаро	Низкогорный дубово-грабовый	Почвы предгорной зоны Восточной Грузии. В разной степени смываемые, поврежденные водной и ветровой эрозией. (Борьба с селевыми потоками)
44	Ахалцихе	Террасированные котлованы с фриганоидной растительностью	Почвы предгорной зоны Восточной Грузии: серо-коричневые, коричневые лесные, в разной степени смываемые, поврежденные водной и ветровой эрозии. (Местами борьба с ирригационной эрозией и дождевание, закрепление балок и оврагов)
55	Боржоми	Горно-долинный, дубово-грабовый	Горно-лесные почвы бурые лесные, перегнойно-карбонатные. (До 15° уклона выборочная рубка. Борьба с селевыми потоками)
66	Цалка	Горно-степной с черноземами	Горные черноземы, в разной степени смываемые, местами с обнажениями пород. (Поперечная обработка, бороздование, снегозадержание, закрепление оврагов)

Таблица 3

Значения уровня эрозии, отнесенных к соответствующим интервалам ( $E$ ) и частотам ( $m_i$ )

Интервалы уровня эрозии ( $E$ )	2–3	3–4	4–5	5–6
Частоты ( $m_i$ )	26	131	73	22
$f(E)$	0,103	0,519	0,289	0,087

На рис. 2 представлена гистограмма (1) и теоретическая кривая (2) уровня эрозионного повреждения горных откосов в «коридоре» газопровода.

Представленной на рисунке теоретической кривой соответствует следующий вид распределения [1]:

$$f(E) = \frac{1}{\sqrt{\pi}} \exp\left[-h^2(E - m_*)^2\right] \quad (1)$$

где  $m_*$  математическое ожидание;  $h$  – мера точности, которая равна:

$$h^2 = \left(\frac{1}{\sigma\sqrt{2}}\right)^2 = \left(\frac{1}{0,862\cdot\sqrt{2}}\right)^2 = 0,673 \quad (2)$$

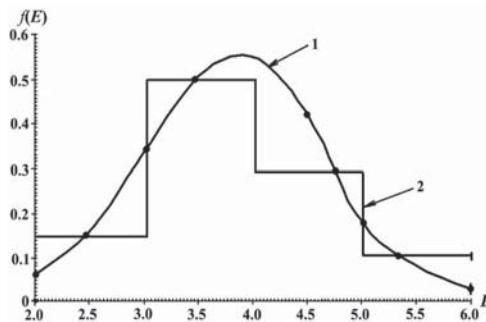


Рис. 2. Гистограмма (1) и теоретическая кривая (2) уровня эрозии

В нашем случае зависимость (1) примет следующий вид:

$$f(E) = 0,564 \cdot \exp[-0,673(E - 3,853)^2] \quad (3)$$

Уравнение (3) соответствует нормальному закону распределения с учетом так называемой меры точности ( $h$ ). Вероятность состояния эрозионной ситуации горного ландшафта в «коридоре» газопровода равна:

$$P(E) = \int_0^6 0,564 \cdot \exp[-0,673(E - 3,853)^2] dE \quad (4)$$

Интеграл, который дан в зависимости (3. 8); был решен методом, предложенным французским математиком Ж. В. Понселе [5] и равен:

$$P(E) = 0,523 \quad (5)$$

Эрозионный риск  $R(E)$  горных ландшафтов Грузии в коридоре газопровода составляет:

$$\begin{aligned} R(E) &= 1 - \int_0^6 0,564 \cdot \exp[-0,673(E - 3,853)^2] dE = \\ &= 1 - 0,523 = 0,477 \end{aligned} \quad (6)$$

Полученный результат  $R(E) = 0,477$ , указывает на довольно большой риск эрозии горных ландшафтов Грузии в коридоре исследуемого «коридора» газопровода, поэтому для надежной работы подобного типа газонефтетрубопроводов, необходимо проведение инженерно-экологических мероприятий, в том числе с использованием средств, новизна конструкций которых защищена авторскими свидетельствами и патентами [4].

### **Инновационное биоинженерное мероприятие**

На основе полевых научных исследований автором разработаны инновационные биоинженерные мероприятия против водной эрозии, научно-технические новизна которых подтверждены соответствующими авторскими свидетельствами [2; 4] (рис. 3).

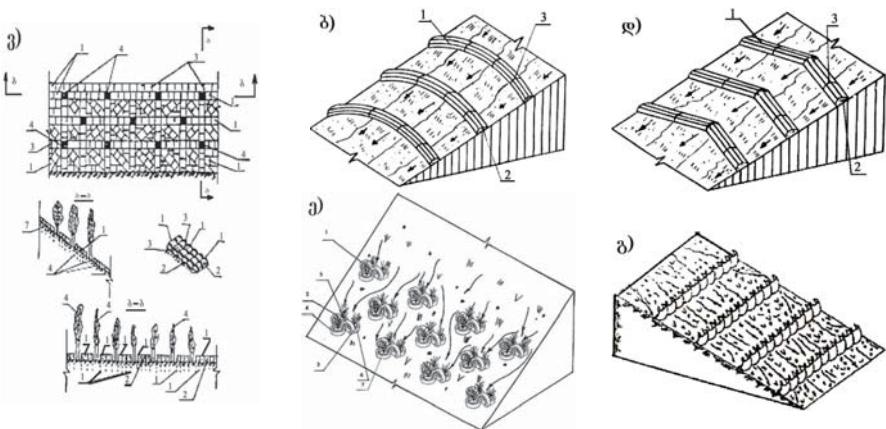


Рис. 3. Инновационные биоинженерные мероприятия против водной эрозии

## Выводы

Полученный результат указывает на значительную величину риска выхода из строя нефтетрубопровода.

Таким образом, для сохранения и улучшения ныне существующей экологической ситуации горных склонов в местах строительства нефтегазотрубопроводов необходимо проведение комплекса современных инженерно-экологических мероприятий, отличающихся не столько экономией строительных материалов, а трезвым эколого-экономическим подходом при реализации столь крупномасштабной хозяйственной задачи.

Результаты исследований указывают на необходимость пересмотра ранее разработанных противоэрозионных мероприятий на горных откосах, создания надежных и рентабельных инновационного биоинженерное мероприятие.

## Литература

1. Вентцель Е. С. Теория вероятностей. М. : Наука, 1962. 546 с.
2. Гавардашвили Г. В., Шарангия Р. Л. Устройство для борьбы с эрозией. Авт. св. СССР, № 1780342, бюлл. № 47, М., 1992, с. 156.
3. Gavardashvili G. V., Nadaraia M. N. Protection of Mountain Landscapes from the Erosion and Debris-Flow // Bulletin of the Georgian Academy of Sciences. Tbilisi, 1986. Vol. 158, N 2. P 297–299.
4. Gavardachvili G. V. Les Nouvelles Espèces des Construction de Protection de la Nature. Metsniereba, Tbilisi, 1999. 42 p.
5. Корн Г., Корн Т. Справочник по математике. М. : Наука, 1984. 831 с.
6. Мирцхулава Ц. Е. Прогнозирование общего размыва в мостовых и в местах пересечения рек нефтегазопроводами с учетом времени // Тр. Междунар. конф. «Эрозионно-селевые явления и некоторые смежные проблемы». Тбилиси, 2001. С. 131–155.
7. Мирцхулава Ц. Е. Водная эрозия почв. Тбилиси : Мецниереба, 1999. 316 с.
8. Мирцхулава Ц. Е. Количественная оценка предельно допустимых нагрузок на ландшафт // Природопользование и геоэкология // Известия АН России, серия географическая, 2001. № 3. С. 68–74.

9. Morgan R. P. C., Hann M. J. Shah Deniz Gas Export: erosion risk assessment // Interim Report to PB Kvaerner. Granfield University, UK, Silsoe, 2001. 25 p.

## **INNOVATIVE BIO-ENGINEERING MEASURE FOR REGULATION OF WATER EROSION OF SOILS TAKING INTO ACCOUNT CLIMATE CHANGE**

**G. V. Gavardashvili**

*Tsotne Mirtskhulava Water Management Institute of Georgian Technical University  
Tbilisi, Georgia, givi\_gava@yahoo.com*

On the basis of conducting natural observations of the upper inclinations in the corridor of the gas pipeline Georgia and according to theories of hope and risk, a certain risk of erosion processes of the upper inclinations and proposed new innovations was initiated.

## ОХРАНА ВОДНЫХ РЕСУРСОВ ПУТЕМ УСТАНОВЛЕНИЯ ОСОБОГО РЕЖИМА ХОЗЯЙСТВЕННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ НА ПРИЛЕГАЮЩИХ ЗЕМЛЯХ

Л. Н. Гертман<sup>1</sup>, А. Н. Глинская<sup>1</sup>, Ю. А. Мажайский<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Центральный научно-исследовательский институт комплексного использования водных ресурсов (РУП «ЦНИИКИВР»), Минск, Республика Беларусь  
*lubov.hertman@yandex.by, aleksandra\_h7@mail.ru*

<sup>3</sup> Мещерский филиал ФГБНУ ВНИИГИМ им. А. Н. Костякова, Рязань, Россия  
*mail@mntc.pro*

Установлено, что поступление биогенных веществ в поверхностные водные объекты от рассредоточенных (диффузных) источников может достигать более 50 % от их общей массы, что в значительной степени ухудшает экологическое состояние поверхностных водных объектов, в том числе приводит к эвтрофированию водных объектов. В современном водопользовании для обеспечения защиты поверхностных водных объектов от негативного антропогенного воздействия применяется ряд природоохранных мероприятий, одним из которых является установление специального режима ведения хозяйственной деятельности на территориях, экологическое состояние которых оказывает прямое или косвенное воздействие на поверхностный водный объект. К таким территориям относятся водоохранные зоны (далее – ВЗ) и прибрежные полосы (далее – ПП). Они устанавливаются на землях, непосредственно примыкающих к акватории поверхностного водного объекта.

Организация ВЗ и ПП для водотоков и водоемов и осуществление комплекса природоохранных мероприятий позволяет регулировать качество водных ресурсов, предотвращать загрязнение, засорение, заиление, истощение и другие экологически неблагоприятные процессы и явления. На прилегающих к водному объекту землях, установление водоохранных территорий позволяет улучшить гидрохимический и гидрологический режимы поверхностных вод, улучшить качественный состав подземных вод, дренируемых речной сетью, сохранить прибрежную луговую и древесно-кустарниковую растительность, сохранить нерестилища рыб и места обитания наземных животных, улучшить инфраструктуру прилегающей городской территории.

Правовое регулирование в Республике Беларусь по ведению хозяйственной деятельности в границах ВЗ и ПП в настоящее время осуществляется в соответствии с положениями Водного кодекса [1] и ЭкоНиП 17.01.06-001-2017 [5].

Установление границ ВЗ и ПП на территории Республики Беларусь проводилось начиная с 80-х гг. На тот момент для малых рек и водоемов ширина ВЗ принималась, в основном, равной 500 м от среднемноголетнего меженного уровня воды, а ширина ПП устанавливалась от 30 до 100 м. На основе требований действующего Водного кодекса назначенные размеры границ ВЗ и ПП устанавливаются с учетом существующих природных условий, в том числе ре-

льефа местности, вида земель, в зависимости от классификации поверхностных водных объектов и протяженности рек. Ширина ВЗ устанавливается от 500–600 м, а ширина ПП от 10–50 м.

Учитывая значительные изменения в нормативные правовые документы в области охраны вод, условий ведения хозяйственной деятельности на прилегающей к поверхностным водным объектам территории, а также изменениями административно-территориального деления и природных условий, в период с 2015 по 2020 г. была проведена корректировка границ ВЗ и ПП для всех административных районов Республики Беларусь.

Виды земель, а соответственно и ограничения на использование земель, отличаются друг от друга в зависимости от местности, в которой располагается водный объект:

1) для межселенных территорий, земли в ВЗ и ПП включают в себя сельскохозяйственные (пахотные, под постоянными культурами, луговые), лесные, под древесно-кустарниковой растительностью, под болотами, под поверхностными водными объектами, под дорогами и иными транспортными коммуникациями, общего пользования, под застройкой, нарушенные, неиспользуемые и иные земли.

2) для населенных пунктов территории, земли разделяются в зависимости от функционального использования на многоквартирную и усадебную жилую застройку, на общественные территории, промышленные территории, транспортной инфраструктуры, инженерной инфраструктуры, ландшафтно-рекреационные территории и под поверхностными водными объектами (рис. 1).

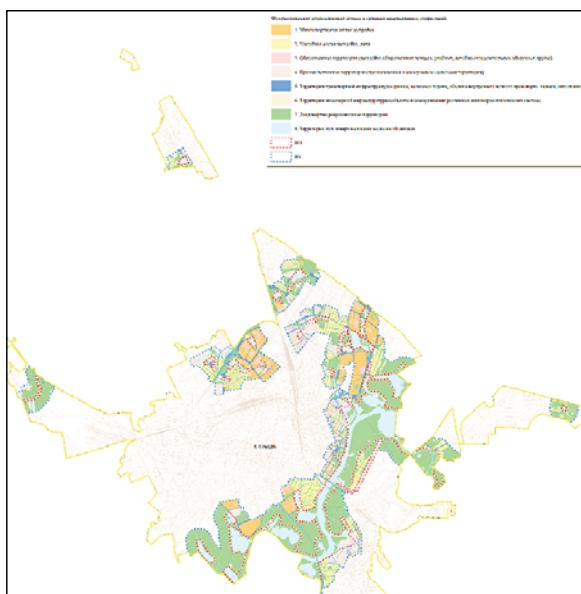


Рис. 1. Схема функционального использования ВЗ и ПП в пределах г. Гомель

При установлении границ ВЗ и ПП проводится рекогносцировочное обследование территории. Задача обследования – анализ состояния гидрографической сети, а также уточнение перечня потенциальных точечных и диффузных источников загрязнения поверхностного водного объекта для проведения анализа уровня антропогенного воздействия и характера землепользования исследуемой территории.

В зависимости от уровня антропогенной преобразованности все земли в границах водоохраных территорий подразделяются на две основные группы:

1) территории, формирующие загрязнение: животноводческие фермы и комплексы, механические мастерские и гаражи, склады минеральных удобрений и ядохимикатов, пески, карьеры, свалки мусора и промышленных отходов, дороги, пашни, жилые территории с приусадебными участками, коллективные садоводческие товарищества, летние лагеря скота и т. д.;

2) территории, выполняющие определенные санирующие и водозащитные функции: водоемы, водотоки, лес, кустарник, луга, пастбища, болота и заболоченные земли [3].

На основании анализа вышеуказанной информации выполняется экологическая оценка современного состояния территории ВЗ и ПП исследуемых водных объектов и дается перечень природоохранных мероприятий, необходимых для поддерживания или восстановления экологически благоприятной обстановки на водном объекте и прилегающей к нему территории.

Действующим законодательством предусмотрено установление на водоохраных территориях определенных режимов ведения хозяйственной и иной деятельности: для ВЗ и ПП по отдельности.

Основными природоохранными мероприятиями, в границах ВЗ и ПП, позволяющими регулировать качество водных ресурсов, предотвращать загрязнение, засорение и т. д., являются наличие благоустройства [2]: на прилегающей к водному объекту территории должно иметься твердое дорожное покрытие, прилегающая территория должна быть обкошена, предусмотрены площадки сбора твердых коммунальных отходов. Проезжие дороги заасфальтированы, ограждение земельных участков должно быть на расстоянии менее 5 м по горизонтали от береговой линии, а также предусмотрено устройство дождевая канализация с устройством локальных очистных сооружений (рис. 2), так как сброс всех видов сточных вод с использованием рельефа местности (оврагов, карьеров, балок), а также на избыточно увлажненные территории (болота) не допускается. Промышленные и сельскохозяйственные объекты оснащены централизованной системой канализации или водонепроницаемыми выгребами, другими устройствами, обеспечивающими предотвращение загрязнения, засорения вод, с организованным подъездом для вывоза содержимого этих устройств.

На сельскохозяйственных землях на межселенных территориях важными представляются мероприятия, направленные на снижение нагрузки по биогенным веществам, что возможно при строгом соблюдении периодов и норм внесения удобрений. Требуется внедрение современных методов ведения сельского хозяйства, повышающих плодородие почв и урожайность растений.



Рис. 2. Наличие решеток дождевой канализации и ограждения территории далее 5 м от береговой линии

Для повышения информативности о наличии водоохранных территорий в местах пересечения границ ВЗ и ПП с дорогами устанавливаются информационные знаки [4].

Юридическим лицам и гражданам, в том числе индивидуальным предпринимателям, земельные участки которых расположены в границах ВЗ и ПП, необходимо на основании разработанных проектов границ ВЗ и ПП обеспечивать специальный режим ведения хозяйственной деятельности в них и реализовывать предусмотренные проектом водоохранные мероприятия.

В отличии от стран постсоветского пространства, в законодательстве зарубежных стран уделяется меньшее внимание вопросу установления конкретных границ водоохранных территорий. Исключение составляют некоторые страны, располагающие морским побережьем, а также состоящие в межгосударственных соглашениях. Больше внимания уделяется конкретным природоохранным мероприятиям, касающимся очищения вод, предотвращению попадания загрязнения в водный объект.

Республика Беларусь и Российской Федерации имеют схожий подход к установлению границ ВЗ и ПП для поверхностных водных объектов, что может стать основой трансграничного сотрудничества в области охраны водных ресурсов. Проблемы определения размеров таких зон и режима хозяйственной деятельности с учетом современных технологий для рационального использования природных ресурсов без ущерба окружающей среде являются весьма актуальными в обеих странах. В условиях трансграничного характера речных бассейнов требуются целенаправленные совместные действия России и Республики Беларусь на основе научных исследований для комплексного решения имеющихся экологических проблем. Применение аналогичных подходов к установлению границ водоохранных территорий и соблюдение режима их использования на землях, прилегающих к водным объектам, может стать весьма действенным способом достижения поставленных долгосрочных целей в области охраны водных ресурсов.

## **Литература**

1. Водный кодекс Республики Беларусь № 149-З. Введ. с 30.04.2014. М., 2014. С. 39–46.
2. Постановление Совета Министров Республики Беларусь № 1087 от 28.11.2012. М., 2012.
3. Разработать каталог водоохранных территорий водных объектов в разрезе административных районов и бассейнов основных рек Республики Беларусь: отчет о НИР(заключ.) / РУП ЦНИИКИВР; рук. Л. Н. Гертман. Минск, 2017. 45 с.
4. СТБ 2410-2015. Охрана окружающей среды и природопользование. Территории. Знаки информационные особо охраняемых природных территорий и водоохранных территорий. Общие требования.
5. ЭкоНиП 17.01.06-001-2017. Охрана окружающей среды и природопользование. Требования экологической безопасности

## **PROTECTION OF WATER RESOURCES BY ESTABLISHING A SPECIAL REGIME OF ECONOMIC ACTIVITIES ON THE ADJACENT TERRITORY**

**L. N. Hertman, A. N. Glinskaya, Y. A. Mazhaisky**

*Central research institute for the complex use of water resources» (CRICUWR)*

*Minsk, Belarus, lubov.hertman@yandex.by, aleksandra\_h7@mail.ru*

*RSRIHER nam. A. N. Kostyakov, Meshchersky Branch, Ryazan, Russian Federation*

*mail@mntc.pro*

One of the environmental measures is the establishment of a special regime for conducting economic activities in territory, the ecological state of which has a direct or indirect impact on a surface water body. Such territories include water protection territories. Land types and restrictions on land use differ from each other depending on the area in which the water body is located. Depending on the level of anthropogenic transformation, all lands within the boundaries of water protection territories are divided into two main groups. Legal entities and citizens, whose land plots are located within the boundaries of water protection territories, must, on the basis of the developed projects of the boundaries of water protection territories, provide a special regime for conducting economic activities in them and implement water protection measures.

# ТЯЖЕЛЫЕ МЕТАЛЛЫ В КОНКРЕЦИЯХ И МАГНИТНЫХ ЧАСТИЦАХ В ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТЫХ ПОЧВАХ ПЕРМСКОГО РАЙОНА ПЕРМСКОГО КРАЯ

С. М. Горохова, А. А. Васильев

Пермский ГАТУ, Пермь, Россия

gorohova.s@hotmail.com, a.a.vasilev@list.ru

## Введение

Промышленное и теплоэнергетическое производство, выбросы транспортных средств вызывают аэрозольное загрязнение почвенного покрова промышленных городов и пригородных территорий тяжелыми металлами (ТМ) в составе техногенных железосодержащих частиц [4; 5; 8–11]. Концентраторами тяжелых металлов в почвах гумидных ландшафтов являются также железистые конкреции [6].

Ранее было установлено [7; 12], что содержание некоторых ТМ (Co, Cu и Pb) в составе дерново-подзолистых почв агроландшафтов в окрестностях крупного промышленного центра России – г. Пермь, превышает кларк для почв мира, но геохимическая роль отдельных компонентов этих почв не была охарактеризована. В связи с этим актуально изучение элементного химического состава железосодержащих фаз-носителей ТМ почв пригородных территорий. Цель исследования – охарактеризовать элементный химический состав железомарганцевых конкреций и магнитных частиц дерново-подзолистых почв Пермского района Пермского края.

## Объекты и методы исследования

Объектом исследования была дерново-неглубокоподзолистая поверхностно-глееватая тяжелосуглинистая почва под залежью в Пермском муниципальном районе. Координаты 57°95'14" N 56°29'51" E.

Методы исследования: 1) сухое фракционирование магнитной фазы постоянным ферритовым магнитом; 2) сепарация конкреций методом отмычки; 3) определение валового содержания химических элементов в магнитной фазе почвы и в конкрециях атомно-абсорбционным методом на спектрометре iCE 3500; 4) математическая статистическая обработка результатов исследований в программном пакете Statistica 10; 5) эколого-геохимическая оценка элементного состава компонентов почвы с использованием коэффициентов концентрации ( $KK$ ) по следующим формулам:

$$KK_L = \frac{C}{C_L} \quad (1)$$

где  $KK_L$  – коэффициент концентрации-рассеивания химических элементов относительно кларка литосферы;  $C$  – концентрация  $i$ -го химического элемента в конкрециях (магнитной фазе), мг/кг;  $C_L$  – концентрация  $i$ -го химического элемента в литосфере по Н. С. Касимову и Д. В. Власову [3], мг/кг.

$$KK_{\text{ПМ}} = \frac{C}{C_{\text{B}}} \quad (2)$$

где  $KK_{\text{B}}$  – коэффициент концентрации-рассеивания химических элементов относительно кларка для почв мира;  $C_{\text{ПМ}}$  – кларк  $i$ -го химического элемента в почвах мира по А. П. Виноградову [1], мг/кг.

$$KK_{\Phi} = \frac{C}{C_{\Phi}} \quad (3)$$

где  $KK_{\Phi}$  – коэффициент концентрации-рассеивания химических элементов относительно регионального фона;  $C_{\Phi}$  – концентрация  $i$ -го химического элемента в фоновой почве [2], мг/кг.

Элементный химический состав оценивался по значениям  $KK_{\text{Л}}$ ,  $KK_{\text{ПМ}}$  и  $KK_{\Phi}$  следующим образом: >1 конкреции (магнитная фаза) обогащены  $i$ -м химическим элементом, а при ≤1 обеднены.

### Результаты исследования

Содержание магнитных частиц в горизонте  $A_1$  (5–15 см) дерново-подзолистой поверхности-глееватой почвы составило 0,22 %, а конкреций – 7,4 %. Содержание тяжелых металлов в конкрециях и в магнитной фазе почв различается (рис.). В конкрециях отмечена аккумуляция Mn, Co, Pb и рассеивание Cu, Ni и Zn относительно кларков литосферы, почв мира и регионального фона. Магнитная фаза почвы обогащена не только Co и Mn, но и Zn, а обеднена, как Ni, Cu, так и Pb. Элементный химический состав магнитных частиц и конкреций отличается высокой вариабельностью (рисунок). Размах варьирования концентрации Ni, Zn и, особенно, Mn в магнитной фазе заметно меньше, чем в конкрециях. Концентрация Co в магнитной фазе более динамична, а значения КК, характеризующие особенности аккумуляции этого элемента в магнитной фазе, наиболее высокие. Следовательно, Co может накапливаться в дерново-подзолистых почвах пригородных территорий в составе техногенных магнитных частиц. Источником техногенного Co в составе магнитных частиц могут быть выбросы машиностроительных и металлообрабатывающих предприятий г. Перми.

Геохимические ряды концентрации-рассеивания ТМ имеют следующий вид (KK средние):

для конкреций:

- 1)  $KK_{\text{Л}} \text{ Mn} < \text{Co} < \text{Pb} < \mathbf{1} < \text{Cu} < \text{Zn} < \text{Ni}$ ,
- 2)  $KK_{\text{ПМ}} \text{ Co} < \text{Mn} < \text{Pb} < \mathbf{1} < \text{Cu} < \text{Ni}$ ,
- 3)  $KK_{\Phi} \text{ Mn} < \text{Co} < \text{Pb} < \mathbf{1} < \text{Zn} < \text{Ni}$ ,

для магнитной фазы:

- 1)  $KK_{\text{Л}} \text{ Zn} < \text{Co} < \text{Mn} < \mathbf{1} < \text{Ni} < \text{Cu} < \text{Pb}$ ,
- 2)  $KK_{\text{ПМ}} \text{ Co} < \text{Zn} < \text{Mn} < \mathbf{1} < \text{Ni} < \text{Cu} < \text{Pb}$ ,
- 3)  $KK_{\Phi} \text{ Zn} < \text{Co} < \text{Mn} < \mathbf{1} < \text{Ni} < \text{Pb}$ .

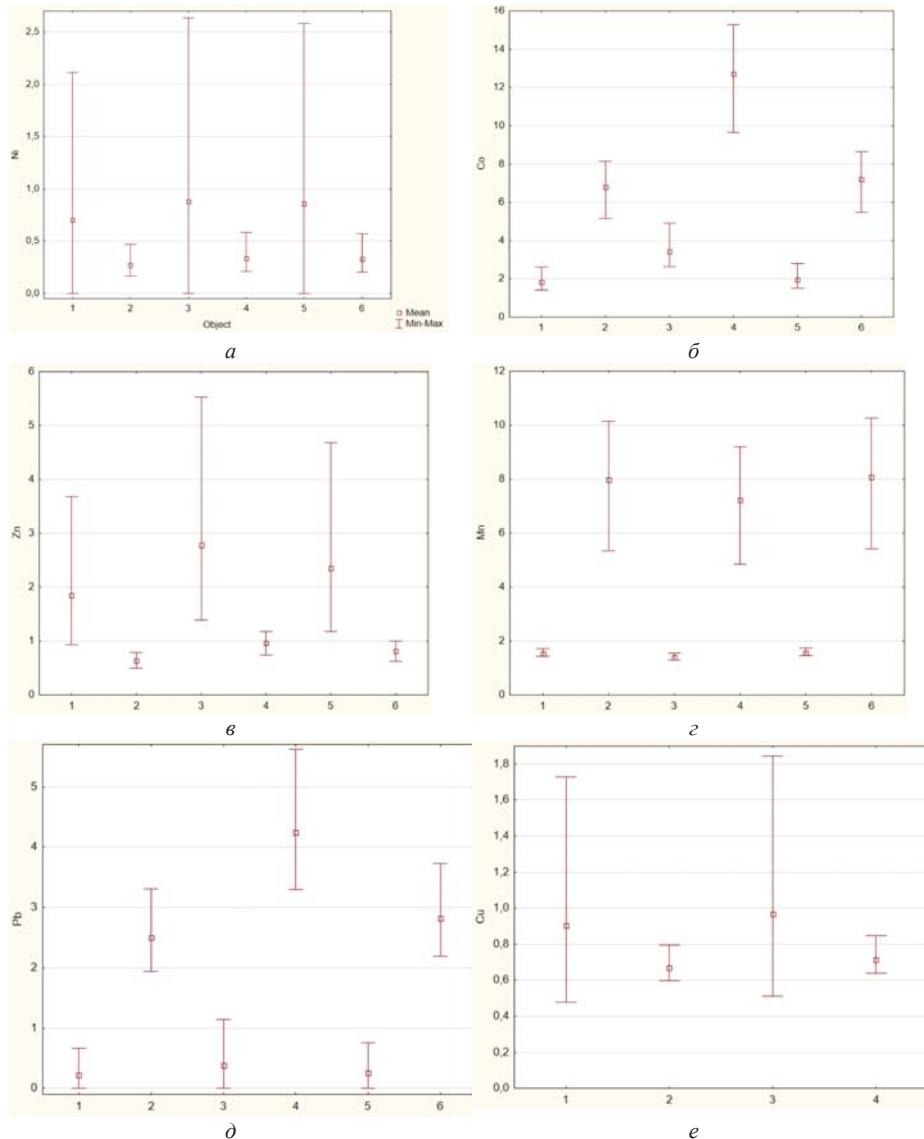


Рис. Графики вариации ( $n = 3$ ) коэффициентов концентрации-рассеивания тяжелых металлов в конкрециях и в магнитной фазе дерново-подзолистой поверхностно-глееватой почвы (горизонт А<sub>1</sub>, 5–15 см):  
*a* – для никеля, *b* – кобальта, *c* – цинка, *d* – марганца, *e* – свинца, *f* – меди:

**Примечание:** по оси X: 1 –  $KK_{\text{л}}$  для магнитной фазы почвы, 2 –  $KK_{\text{л}}$  для конкреций, 3 –  $KK_{\text{ПМ}}$  для магнитной фазы почвы, 4 –  $KK_{\text{ПМ}}$  для конкреций, 5 –  $KK_{\text{Ф}}$  для магнитной фазы почвы, 6 –  $KK_{\text{Ф}}$  для конкреций

**Выводы.** Высокое содержание и значительное варьирование концентрации кобальта в составе магнитных частиц свидетельствует о техногенном загрязнении этим элементом дерново-подзолистых почв в окрестностях южной окраины окрестностей г. Пермь.

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

### Литература

1. Виноградов А. П. Геохимия редких и рассеянных химических элементов в почвах. М. : Изд-во АН СССР, 1957. 237 с.
2. Дзюба Е. А. Определение местного фонового содержания некоторых макро- и микроэлементов в почвах Пермского края // Географический вестник = Geographical bulletin. 2021. № 1(56). С. 95–108. <https://doi.org/10.17072/2079-7877-2021-1-95-108>.
3. Касимов Н. С., Власов Д. В. Кларки химических элементов как эталоны сравнения в экогохимии // Вестник Московского университета. Серия 5, География. 2015. № 2. С. 7–17.
4. Медведев И. Ф., Деревягин С. С. Тяжелые металлы в экосистемах Саратов : Ракурс, 2017. 178 с.
5. Минералого-геохимические особенности и степень загрязнения почв в районе комбината по обогащению цинковой руды месторождения Шаабет-эль-Хамра (Алжир) / Р. Омарова [и др.] // Записки Российской минералогической общества. 2020. Т. 149, № 2. С. 96–110. <https://doi.org/10.31857/S0869605520020057>.
6. Тимофеева Я. О., Голов В. И. Железо-марганцевые конкреции как накопители тяжелых металлов в некоторых почвах Приморья // Почвоведение. 2007. № 12. С. 1463–1471.
7. Шаймукаметова Ч. Д., Горюхова С. М., Васильев А. А. Морфологические и агрохимические свойства дерново-подзолистой поверхностно-глееватой тяжелосуглинистой почвы Пермского района Пермского края // Материалы Всероссийской научно-практической конференции молодых ученых, аспирантов и студентов «Молодежная наука 2020: технологии, инновации». Пермь : ИПЦ Прокрость, 2020. Ч. 1. С. 293–295.
8. Morphological and mineralogical forms of technogenic magnetic particles in industrial dusts / T. Magiera [et al.] // Atmospheric Environment. 2011. Vol. 45. № 25. P. 4281–4290.
9. Technogenic magnetic particles from steel metallurgy and iron mining in topsoil: Indicative characteristic by magnetic parameters and Mossbauer spectra / T. Magiera [et al.] // Science of The Total Environment. 2021. Vol. 775. P. 145605. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.145605>
10. Medunić G. [et al.] Selenium, sulphur, trace metal, and BTEX levels in soil, water, and lettuce from the Croatian Raša Bay contaminated by superhigh-organic-sulphur coal // Geosciences. 2018. Vol. 8, N 11. P. 408. <https://doi.org/10.3390/geosciences8110408>.
11. Vasiliev A., Gorokhova S., Razinsky M. Technogenic Magnetic Particles in Soils and Ecological-Geochemical Assessment of the Soil Cover of an Industrial City in the Ural, Russia // Geosciences. 2020. Vol. 10, N 10. P. 443. <https://doi.org/10.3390/geosciences10110443>.
12. Vasiliev A. A., Gorokhova S. M., Shaimukhametova C. D. Morphology and agrochemical properties of umbray-gleyic albeluvisols loamy clay soil, Perm district Perm region // Сборник материалов VII Международной научной конференции, посвященной 90-летию кафедры почвоведения и экологии почв ТГУ. Томск : Издат. дом Том. гос. ун-та, 2020. С. 204–206.

## **HEAVY METALS IN CONCRETIONS AND MAGNETIC PARTICLES IN SOD-PODZOLYC SOIL OF THE PERM DISTRICT OF THE PERM REGION**

**S. M. Gorokhova, A. A. Vasilev**

*Perm State Agro-Technological University, Perm, Russian Federation*  
*gorohova.s@hotmail.com, a.a.vasilev@list.ru*

We evaluated the chemical composition of the concretions and the magnetic phase of the Luvic Stagnosols Dystric by atomic absorption spectrometry. The ecological-geochemical assessment included chemical elements: manganese, cobalt, lead, copper, zinc, and nickel. The magnetic phase and the concretions of the soil contained heavy metals.

*Keywords:* Luvic Stagnosols, magnetic phase, soil concretion, heavy metals, atomic absorption spectrometry, ecological-geochemical assessment, Ural

*The reported study was funded by RFBR, project number 19-34-90070 “Assessment and measures to reduce the environmental risks of soil contamination with heavy metals in the composition of magnetic particles in the management of agricultural enterprises in areas with a high level of anthropogenic pressure on the environment and soil cover”.*

## ПРОБЛЕМЫ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ОЦЕНКИ ЗЕМЕЛЬ ЛЕСНОГО ФОНДА ИРКУТСКОЙ ОБЛАСТИ

Н. И. Гранина

*Иркутский государственный университет, Иркутск, Россия  
granina\_n@list.ru*

Иркутская область располагает уникальными лесными ресурсами, является лидером по заготовке древесины среди регионов России (13 % от общероссийского уровня заготовки). Земли лесного фонда занимают 71,5 млн га (92 %, от общей площади земель), покрытая лесом территория – 64,3 млн га, общий запас древесины – 8,8 млрд м<sup>3</sup>, лесистость – 82,6 %, [6]. Область стала лидером среди субъектов Сибирского федерального округа по экспорту древесины (на втором месте Красноярский край). В 2019 г. на международные рынки поставлено 18,2 млн м<sup>3</sup> необработанного леса (2,6 млн м<sup>3</sup>) и обработанного (15,6 млн м<sup>3</sup>) [3]. В 2020 г. в лесничествах Иркутской области заготовлено 31 млн м<sup>3</sup> древесины, в том числе 28 млн м<sup>3</sup> по договорам аренды лесных участков [1]. При этом земли лесного фонда Иркутской области имеют низкую кадастровую стоимость 4500 руб. га [6].

Основная часть земель лесного фонда расположена в районах, доступных для эксплуатации леса, вблизи транспортных путей и рынков сбыта, что позволяет снизить издержки лесопользования. Необоснованно низкая стоимость природного ресурса приводит к его быстрому уничтожению и обострению экологических проблем [4]. Такая ситуация не способствует эффективному управлению землями лесного фонда. Доход, от продажи леса на корню в виде «попенной платы» не должен быть ниже расходов на ведение лесного хозяйства, связанных с воспроизводством лесных ресурсов, их охраной и контролем. Именно этим определяется устойчивое ведение лесного хозяйства.

В современных рыночных условиях оценка стоимости земель лесного фонда предполагает оценку не только леса, но и земли, непосредственно занятые древесной растительностью. Используются общепринятые в мировой практике подходы оценки недвижимости и чаще всего два метода: метод капитализации доходов недвижимости и рыночный метод [9].

При определении кадастровой стоимости земель лесного фонда учитываются основные особенности формирования чистого дохода (лесной и земельной ренты) от использования лесных ресурсов. Лесная рента формируется доходом от использования древесины (1 м<sup>3</sup>), земельная рента – доходом с площади лесных земель (1 га). Валовый капитализированный доход, получаемый с лесных земель, зависит от действующей ставки лесных податей – платы за определенный вид лесопользование, или арендной платы за участок лесного фонда, передаваемого в пользование на определенный срок [8]. Не налог, а плата за пользование лесными ресурсами. Цена леса устанавливается по минимальной ставке платы за древесину, отпускаемую на корню. Плата утверждается Правитель-

ством РФ [7], на основании которых субъекты устанавливают свои региональные ставки платы за пользование лесом [8], – нормативную стоимость лесного ресурса. В расчетах используются поправочные коэффициенты (оборот рубки, удаленность участка и др.). При этом экологическая ценность участков лесных земель не учитывается [7].

С 2017 г. полномочия по проведению государственной кадастровой оценки земель лесного фонда были переданы государственным бюджетным организациям. В 2019 г. в России проведена кадастровая оценка земель лесного фонда в 13 субъектах РФ. В Иркутской области оценка земель лесного фонда (как и сельскохозяйственных) не проводилась. Средняя кадастровая стоимость земель Иркутской области, была утверждена приказом Правительства Иркутской области [10] в размере, близком к минимальной ставке платы за древесину – 0,54 руб. га.

Метод определения кадастровой стоимости земель лесного фонда предполагает наличие большого количества достоверных статистических данных, к таковым относятся: 1) материалы лесного Реестра по учету лесного фонда; 2) нормативы доходов и затрат, привязанные к формам ведения лесного хозяйства, видам использования лесов; 3) технологии лесопромышленных и лесохозяйственных работ; 4) нормативы, характеризующие финансовые, производственные, социальные и экологические риски [5]. Однако в настоящий момент остается нерешенным вопрос актуализации информационных данных о потенциале лесных ресурсов, их количественных и качественных характеристиках. Кроме того, существует проблема использования устаревших материалов лесоустройства в отдельных лесничествах [2], поэтому реальную кадастровую стоимость земель установить не представляется возможным.

В настоящее время более доступным и активно применяемым становится рыночный метод, при котором стоимость земель лесного фонда определяется по цене древесины, установленной по результатам лесных аукционов. Такая стоимость леса значительно превышает минимальные ставки лесных податей.

Нами проведена оценка запасов лесных ресурсов Иркутской области, стоимости основных пород, рассчитан удельный показатель кадастровой стоимости земель лесного фонда

По неосновным породам лесных насаждений область входит в состав четвертого лесотаксового пояса (наряду с Красноярским краем и Томской областью), а по составу основных пород – в состав Восточно-Сибирского лесотаксового района (в том числе Красноярский край и Республика Бурятия). Лесничества и лесопарки могут входить в один (из шести) или в несколько лесотаксовых районов. Ставки платы за единицу объема древесины лесных насаждений будут отличаться в зависимости от района расположения – на горной, лесостепной или равнинной территории, от разряда таx и рентных факторов. Например, Усть-Кутское лесничество входит в горную часть второго лесотаксового района; Нукутское – в лесостепную часть четвертого лесотаксового района; Иркутское – в горную и лесостепную части второго и четвертого лесотаксовых района [7]. Стоимость древесины Иркутского лесничества в лесостепной части, при вывозке сосны с расстояния менее 10 км составила 78 руб. м<sup>3</sup>, с рас-

стояния более 100 км – 21 руб. м<sup>3</sup>, в горной части лесотаксового района – 104 и 28 руб. м<sup>3</sup>.

В 2020 г. наблюдается трехкратное увеличение стоимости деловой крупной древесины по сравнению с 2007 г. В 2020 г. стоимость древостоя при вывозке с расстояния менее 10 км составила: сосна – 221; кедр – 266; лиственница – 175; ель – 199; береза – 109; осина – 22 руб. м<sup>3</sup> [8; 9], (табл. 1).

Таблица 1  
Ставка платы по договору купли-продажи лесных насаждений, 2007, 2020 гг.

Муниципальные районы, пятого лесотаксового района (равнинная часть)	Разряды таск	Расстояние вывозки		Стоимость деловой крупной древесины, руб, м <sup>3</sup>					
		Коэффициент	км	Сосна	Кедр	Лиственница	Ель, пихта	Береза	Осина, Ольха тополь
Балаганский, Братский, Заларинский, Зиминский, Киренский, Куйтунский, Нижнеудинский, Тайшетский, Тулунский, Усть-Илимский, Усольский, Черемховский, Чунский, Шелеховский	1	1,00	до 10	84,2*	101,3 220,7	67,0 265,5	76,0 175,4	41,9 109,9	8,3 21,7
	2	0,91	10,1–25	76,3 199,9	92,2 241,2	61,0 159,9	68,9 180,6	38,4 100,5	7,9 20,8
	3	0,77	25,1–40	65,0 170,3	78,3 205,2	51,8 135,8	58,1 152,3	32,8 85,8	6,7 17,5
	4	0,59	40,1–60	49,9 130,6	59,8 156,6	39,6 103,8	44,8 117,4	25,0 65,6	5,0 13,2
	5	0,45	60,1–80	38,3 100,6	45,9 120,3	30,4 79,7	34,9 90,1	18,9 49,52	3,6 9,4
	6	0,36	80,1–100	30,4 79,7	36,7 96,2	24,5 64,1	27,4 71,7	15,1 39,6	3,2 8,5
	7	0,27	>100,1	23,0 60,4	27,4 71,7	18,5 48,6	21,0 54,7	11,5 30,1	2,3 6,1

\*Данные 2007–2020-х гг.

Средняя цена земельного участка в составе земель лесного фонда Иркутской области в 2020 г. составила 0,60 руб. га. При общей площади земель лесного фонда области, равной 54 540 902 га удельный показатель кадастровой стоимости (УПКС) областных земель составляет 32 724 541 руб. га. Высокая цена лесных земель характерна для Тайшетского района – 0,93 руб. га, УПКС района 1 697 049 руб. га. Низкая цена – для Ольхонского района – 0,32 руб. га, УПКС – 156 754 руб. га. Стоимость земель Ольхонского района приравниваются к абсолютной ренте для лесных земель Иркутской области.

Значительные запасы спелой древесины сосредоточены в Усть-Илимском, Чунском, Киренском, Братском, Усть-Кутском, Нижнеилимском и Казачинско-Ленском районах области. Самым бедным древесиной районом считается (24 %) Нукутская лесостепь. Самый богатый – (95 %) Усть-Кутский район [2].

Таким образом, Иркутская область обладает большими лесосырьевыми ресурсами, однако цена древесины не отражает ее реальную стоимость, вследствие чего ресурс, не представляющий особой ценности сегодня, может стать дефицитным в будущем.

## **Литература**

1. Горбунова О. Н., Гапонько Е. А., Наскин А. А. Оценка изменения площади лесных земель Иркутской области // Азимут научных исследований: экономика и управление. 2020. Т. 9, № 2(31). С. 125–127. <https://doi.org/10.26140/anie-2020-0902-0026>.
2. Костылева С. В. Тенденция развития лесопромышленного комплекса Иркутской области // Известия Байкальского государственного университета. 2018. Т. 28, № 2. С. 266–274 [https://doi.org/10.17150/2500-2759.2018.28\(2\).266-274](https://doi.org/10.17150/2500-2759.2018.28(2).266-274)
3. Лесной комплекс // Портал Иркутской области. URL: <https://les.irkobl.ru/sites/alh/>
4. Влияние сплошных рубок на лесорастительные свойства почв Братского района Иркутской области / О. Г. Лопатовская, Е. Н. Максимова, В. В. Попов, К. С. Соловьева // Известия Байкальского государственного университета. 2018. Т. 28, № 1. С. 159–165. <https://doi.org/10.17150/2500-2759.2018.28>.
5. Оценка стоимости лесных земель / О. Е. Медведева, П. В. Косянов, А. П. Петров, П. Т. Воронков. URL: <https://www.top-ocenka.com/ocenka-mz6.html>
6. Национальный атлас почв Российской Федерации / гл. ред. С. А. Шоба, рук. проекта, науч. консультант Г. В. Добровольский. М. : Астrelъ : АСТ, 2011. 632 с.
7. О ставках платы за единицу объема лесных ресурсов и ставках платы за единицу площади лесного участка, находящегося в федеральной собственности : постановление Правительства РФ от 22.05.2007 № 310. URL: [Consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_68813/](http://Consultant.ru/document/cons_doc_LAW_68813/)
8. Ставки платы по договору купли-продажи лесных насаждений для собственных нужд граждан, заготавливаемых на территории Иркутской области : прил. к Постановлению администрации Иркутской области от 29.12.2007 № 304-па N 304-па. (в ред. от 10.06.2020 № 441-пп). URL: [publication.pravo.gov.ru/Document...3800202006150016](http://publication.pravo.gov.ru/Document...3800202006150016)
9. Об утверждении методических указаний о государственной кадастровой оценке : приказ Министерства экономического развития РФ от 12.05.2017 № 226. URL: [base.garant.ru/71686152/](http://base.garant.ru/71686152/)
10. Об утверждении результатов определения кадастровой стоимости земельных участков в составе земель населенных пунктов, земель лесного фонда, земель особо охраняемых территорий и объектов на территории Иркутской области и средних уровней кадастровой стоимости земельных участков в составе земель населенных пунктов, земель лесного фонда, земель особо охраняемых территорий и объектов по муниципальным районам и городским округам на территории Иркутской области : постановление Правительства Иркутской области от 26.11.2020 № 969-пп. URL: [publication.pravo.gov.ru/3800202012010001](http://publication.pravo.gov.ru/3800202012010001)

## **PROBLEMS OF ECONOMIC VALUATION OF LANDS OF THE FOREST FUND OF THE IRKUTSK REGION**

**N. I. Granina**

*Irkutsk State University, Irkutsk, Russian Federation  
granina\_n@list.ru*

The Irkutsk region has unique forest resources, it is the Russian leader in timber harvesting. The main part of the forest fund lands is located in areas, which are close to transport routes and sales markets, this allows to reduce the costs of forest using. In 2019, 18.2 million m<sup>3</sup> of untreated and treated forest were delivered to international markets. At the same time, the lands of the forest fund of the Irkutsk region have a low cadastral value (4,500 rubles). The unreasonably low cost of a natural resource leads to its rapid destruction and exacerbation of environmental problems. This situation does not contribute to the effective management of forest fund lands. The income from the sale of the forest in the form of a "paid fee" should not be lower than the costs of forest management related to the reproduction of forest resources, their protection and control. This is what determines the sustainable management of forestry.

## НЕКОТОРЫЕ АСПЕКТЫ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЗАЛЕЖНЫХ ЗЕМЕЛЬ В ИРКУТСКОЙ ОБЛАСТИ

**В. Ю. Гребенщиков**

*ООО «Парижская коммуна», Тулун, Россия  
agroviktor@mail.ru*

В мае текущего года правительство утвердило государственную программу эффективного вовлечения в оборот земель сельскохозяйственного назначения и развития мелиоративного комплекса на период с 2022 по 2031 г. Так постановлением № 731 от 14 мая 2021 г. «О Государственной программе эффективного вовлечения в оборот земель сельскохозяйственного назначения и развития мелиоративного комплекса Российской Федерации» предусмотрены поэтапные работы на площади более 13,2 млн га. Целью данного документа является создание условий по сохранению в сельскохозяйственном обороте мелиорированных почв на площади не менее 3,6 млн га; сформулированы задачи по химической мелиорации земель на площади 2,8 млн га, обеспечению благоприятного водного режима на площади 1,35 млн га. Программой предусмотрено актуализация информации о состоянии земель сельскохозяйственного назначения (по сути, проведение полной инвентаризация земель). Программой за десятилетний период предусмотрено работ на сумму более 754 млрд руб., в том числе из федерального бюджета свыше 564 млрд руб. Средства пойдут на различные мероприятия, в том числе на агрохимические и экологотоксикологические исследования, подготовку проектов межевания и кадастровые работы, реконструкцию мелиоративных и гидротехнических сооружений. В программе [1] выделены приоритеты:

- 1) создание условий для эффективного вовлечения в оборот земель сельскохозяйственного назначения;
- 2) комплексная мелиорация земель сельскохозяйственного назначения;
- 3) повышение водообеспеченности мелиорированных земель, инновационное развитие мелиоративного комплекса и его эффективное организационное и экономическое управление;
- 4) обеспечение условий эффективного вовлечения в оборот земель сельскохозяйственного назначения и развития мелиоративного комплекса РФ;
- 5) обеспечение реализации Государственной программы эффективного вовлечения в оборот земель сельскохозяйственного назначения и развития мелиоративного комплекса РФ.

Ведомственным проектом «Эффективное вовлечение в оборот земель сельскохозяйственного назначения» включенным в программу, предусмотрено вовлечение к концу 2031 года в оборот 5 млн га выбывших сельскохозяйственных угодий РФ за счет проведения культуртехнических мероприятий.

Для Иркутской области основные положения данной программы являются хорошим подспорьем в ускоренном вовлечении в сельскохозяйственный

оборот выбывших ранее из оборота пахотных земель. Так по состоянию на 01.01.2020 по данным Центра агрохимической службы «Иркутский» в регионе числилось 1605 тыс. га пашни, в том числе неиспользуемой по прямому назначению 676 тыс. га (табл. 1).

Таблица 1

Наличие неиспользуемой пашни в Иркутской области разрезе зон ответственности агрохимических станций и отдельных территорий\*

Зона ответственности	Имеется пашни, тыс. га	в том числе			
		используемая		неиспользуемая	
		тыс. га	%	тыс. га	%
Зона Иркутского ЦАС	916,405	485,098	52,93	431,307	47,07
в том числе Усть-Ордынский округ	509,410	269299	52,86	240111	47,13
Зона Тулунской САС	686,989	441,170	64,03	247,825	35,97
Итого по области	1605,394	926,268	57,7	<b>676,132</b>	<b>42,3</b>

Примечание: \* – по данным Центра агрохимической службы «Иркутский».

Данные таблицы свидетельствуют, что в области свыше 42 % пахотно пригодных земель не используется или используется как пастища или сенокосы. Однако площадь неиспользуемой пашни в последнее время сокращается, так как региональным министерством сельского хозяйства с использованием средств федерального бюджета с 2017 г. ведется планомерная работа по вводу в оборот неиспользуемой пашни в рамках проведения культуртехнических мероприятий по вводу малопродуктивной пашни в сельскохозяйственный оборот (табл. 2).

Таблица 2

Результаты освоения залежных земель в Иркутской области\*

Год	Площадь вводимых земель	Средняя величина субсидии по вводу в оборот малопродуктивной пашни, тыс. руб./га
2017	39574	2,3
2018	28226	2,8
2019	22501	4,8
2020	22953	6,0

Примечание: \* по данным Министерства сельского хозяйства Иркутской области.

Таким образом, за четыре года в пахотный клин области было возвращено более 100 тыс. га земель.

Работы по вводу залежных земель проводятся на основании проектов культуртехнической мелиорации земель, разрабатываемые региональной агрохимической службой. Проектами предусмотрен перечень мероприятий в зависимости от культуртехнического состояния земель (удаление древесно кустарниковой растительности, пней, кочек, разделка дернины и пр. Проектами и по-рядкам предоставления субсидий на культуртехнические работы рекомендован ввод в оборот земель в течение одного вегетационного периода. Большие затраты предусмотрены на разделку дернины (вновь сформированной за много лет растительности) путем 2–3-кратной механической обработки почвы и создания благоприятных условий для посева культурных растений. Проектами, с учетом пожелания заказчика предусмотрены севообороты, где первой культурой после залежных земель является пшеница, рапс, однолетние травы на зеле-

ный корм. Выбор первой культуры севооборота также определялся уровнем и видами засоренности полей, агрономической целесообразностью и стратегией борьбы с сорняками, конъюнктурой рынка. Кроме того, одним из условий предоставления субсидии на вовлечение в оборот земель является ее использование под пашней в дальнейшем не менее 5 лет.

Эффективность использования вновь вовлеченных в оборот земель можно рассматривать в контексте экономической отдачи земель через получение товарной продукции (прибыль с 1 га севооборотной площади), или в разрезе получений кормовых и зерновых единиц с 1 га пашни, с учетом природоохранных мероприятий. В условиях хозяйств области, как правило учитываются все факторы. Хорошей практикой при освоении залежных земель стало выращивание рапса на маслосемена. По этой причине в структуре сельскохозяйственных культур за последние годы доля зерновых практически не изменилась, так как вводимые земли отводятся под рапс (табл. 3).

Таблица 3  
Посевные площади и продуктивность рапса в Иркутской области\*

Год	Площадь, га	Средняя урожайность, т/га	Валовой сбор, т
2017	12527	1,35	16916
2018	21003	1,74	36470
2019	26139	1,35	35349
2020	40454	1,84	74237

Примечание: \* по данным Министерства сельского хозяйства Иркутской области.

Для данной культуры характерен высокий абсолютный вынос питательных веществ из почвы и в первую очередь минерального азота, калия и серы. Кроме того, в поле рапса достаточно легко убираются однодольные сорные растения, семена которых находятся в избытке после пласта естественной растительности, и за период разделки пласта дернины не все сорные растения прорастают и погибают во время механической обработки почвы. Наиболее эффективно от сорняков очищается поле при возделывании этой культуры по системе Clearfield «чистое поле», при выращивании гибридов рапса устойчивых к гербицидам группы имидазолинонов.

Аграрии региона заметили, что вторая культура в севообороте после залежи (особенно зерновая) может дать урожай выше, чем в первый год, а рапс не раскрывает своего сортового потенциала продуктивности при выращивании его без удобрений в первый год после залежи.

В этой связи нами были отобраны образцы почвы с полей залежных земель в период обработки залежи. Почвенные образцы отбирались с глубины пахотного горизонта (0–22 см) в течение всего периода механической обработки пластов 2020 г. и перед уходом поля в зиму (24–26 октября). Агрохимический анализ почвы проводили в аккредитованной лаборатории станции агрохимической службы «Тулунская».

Для серых лесных почв с содержанием органического вещества в пределах 3–3,5 % содержание минерального азота в пахотном горизонте к наступлению зимнего периода составило 5–7 мг/кг почвы. Максимальное значение ми-

нерального азота ( $\text{N-NO}_3^- + \text{N-NH}_4^+$ ) отмечено нами в июле (до 20 мг/кг), минимальное перед поднятием пласта дернины. Снижение количества минерального азота в почве возможно за счет миграции его в низ лежащие горизонты так как в августе сентябрь 2020 г. в условиях Тулунского района отмечено избыточное увлажнение (за август – сентябрь выпало более 250–300 мм осадков), часть минерального азота в таких условиях могла быть поглощена микробной биотой. Кроме того, учёными установлено, что в первый год по пласту многолетних трав часть минерального азота сосредоточена в лабильном органическо веществе и высвобождается во второй – третий год после поднятия пласта трав [2–3].

Агротехническим значимым и экономически важным моментом при вводе новых земель в оборот является составление севооборота. Нами предложена к внедрению следующая ротация культур во времени после освоения залежных земель: 1 – рапс на маслосемена, 2 – ячмень на пивоваренные цели, 3 – соя на бобы, 4 – пшеница на продовольственные цели. Все культуры севооборота имеют высокую маржинальность. Включение в севооборот элементов минимальной обработки почвы, грамотное использование пестицидов при чередовании однодольных и двудольных культур с включением в севооборот сои позволит грамотно использовать запасы влаги в севообороте, оптимизировать расход минеральных удобрений, использование скороспелых сортов при раннем посеве позволит исключить из севооборота паровую обработку пашни. Гидротермический потенциал и опыт выращивания предложенных нами культур в условиях Тулунского района позволяет планировать получение продуктивности в пределах 3,5–4,5 т/га товарной продукции в Присаянской и Центральных частях Иркутской области при условии оптимизации минерального питания.

### Литература

1. Постановлением № 731 от 14 мая 2021 г «О Государственной программе эффективного вовлечения в оборот земель сельскохозяйственного назначения и развития мелиоративного комплекса Российской Федерации» // КонсультантПлюс. URL [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_384213/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_384213/) (дата обращения: 25.05.2021)
2. Будажапов Л. В. Биокинетический цикл азота и оборот азотных пульв. М. : ВНИИА, 2019. 288 с.
3. Мальцев В. Т. Азотные удобрения в Приангарье / СО РАСХН. Иркут. НИИСХ ; отв. ред. Г. П. Гамзиков. Новосибирск, 2001. 272с.

## SOME ASPECTS OF INCREASING THE EFFICIENCY OF USING LEA LANDS IN IRKUTSK REGION

V. Yu. Grebenshikov

Limited Liability Company "Parizhskaya Kommuna", Tulin, Russian Federation  
*agroviktor@mail.ru*

For 4 years in the Irkutsk region more than 100 thousand hectares of lea lands were acquired. The rate of developing unused arable land in the region will increase thanks to the national program approved by the Government of the RF No. 731 of May 14, 2021, which plans to acquire up to 5,000 thousand hectares of arable land over 10 years [1]. Under conditions of the short vegetation period in developing idle lands in the plow layer the weak process of accumulating nitrogen is observed [2–3]. For the purpose of increasing the efficiency of the involved lands, it was recommended to introduce rape for seeds, soy for beans, cereals for fine processing to a crop rotation, to use chemicalization aids with minimum tillage.

## РОЛЬ ЭКОСИСТЕМНЫХ УСЛУГ ПРИ ОЦЕНКЕ СТЕПЕНИ ДЕГРАДАЦИИ ЗЕМЕЛЬ

**М. В. Гучок**

Экспертно-аналитический центр по проблемам окружающей среды «Экотерра»  
Москва, Россия, m\_guchok@mail.ru

В настоящее время очевидно, что порча и загрязнение земель снижает продуктивность экосистем. Деградация земель проявляется, как правило, в исчезновении поверхностной растительности или снижении ее биомассы. С экономической точки зрения это материальная проблема, которая приносит значительные убытки землевладельцам и обществу в целом. Инструментом экологической ответственности за деградацию земель является исчисление величины ущерба [1–6].

Чтобы рассчитать ущерб от деградации земель, необходимо учитывать три вида расходов: на восстановление нарушенного земельного участка и возвращение ему первоначальной высокой стоимости, а также ценовое выражение утраченных возможностей экосистемы. В работе предложены подходы к созданию инструментария экономической оценки функций экосистем, в основе которого лежит анализ затрат и результатов вовлечения в хозяйственный оборот различных по правовой принадлежности и по интенсивности деградации земельных участков.

### **Объекты и методы**

Объектами выступили земельные участки, расположенные в Ханты-Мансийском автономном округе – Югра, нарушенные обустройством поисково-разведывательных нефтяных скважин. Основными видами негативного воздействия, выявленными на изученных участках, оказались вырубка лесов, нефтяное загрязнение и засоление почв, обустройство объектов размещения отходов – буровых шламовых амбаров. Был произведен отбор образцов загрязненных почв с земельных участков различной степени деградации, а также отходов бурового шлама. Таким образом, определены 8 объектов с различными уровнями деградации, указанные в таблице.

Таблица

Результаты исследования земельных участков

Объекты	Болотные экосистемы				Лесные экосистемы			
	Водоохранная зона	Вне водоохранной зоны	Водоохранная зона	Вне водоохранной зоны				
№ земельного участка	1	2	3	4	5	6	7	8
Токсичность отходов – безвредная кратность разведения								
<i>Ceriodaphnia affinis</i>	100	–	1	–	100	–	1000	–
<i>Paramecium Caudatum</i>	100	–	1	–	1	–	100	–
Загрязнение почв								
Содержание нефтепродуктов, г/кг почвы	383,1	99,6	539,5	5,9	296,4	425,7	126,6	30,0
Содержание хлорид-иона, мг/кг почвы	<0,05	15,5	<0,05	6,4		24,5	0,3	<0,05

Отобранные образцы почв и отходов проанализированы на содержание нефтепродуктов методом газовой хроматографии [7] и хлорид-ионов методом ионной хроматографии [9], как основных загрязняющих веществ, сопутствующих нефтедобыче.

Также был определен класс опасности отходов на инфузориях *Paramecium caudatum* [11] и дафниях *Ceriodaphnia affinis* [10].

### **Результаты и обсуждения**

Согласно действующему законодательству РФ, ущерб от деградации земель может быть оценен по фактическим затратам на восстановление, либо по действующим методическим документам. В настоящее время в РФ действуют несколько нормативно-методических документов, позволяющих оценить величину ущерба от деградации, загрязнения, захламления или иной порчи земель. Однако в данных документах преобладает нормативный подход, основанный на использовании фиксированных величин, называемых таксами, никак не соотносящихся с размером причиненного вреда и поэтому не отражающих ни реальных потерь общества и природы, ни затрат на устранение последствий причиненного вреда.

Существующая в РФ методика исчисления размера вреда, причиненного почвам [8], основана на перемножении такс (нормативных величин, выраженных в денежной форме, применяемых в официальных документах для расчета вреда окружающей среды), приведенных в методике, поправочных коэффициентов и показателей, характеризующих вред в натуральном выражении (площадь загрязненной почвы или поврежденной почвы, объем отходов производства и потребления). Таксы и коэффициенты являются фиксированными величинами, поэтому напоминают больше расчет штрафов, а не эффективный стоимостной инструмент анализа реальных последствий от причинения вреда.

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

В результате произведенных расчетов был построен график сравнения результатов экономической оценки причиненного вреда, полученного по утвержденным методикам и по фактическим затратам на восстановление нарушенных земель с учетом утраченных экосистемных сервисов (ЭС) (рис.).

Как видно из представленного графика, оценка ущерба по методическому документу практически всегда значительно завышена и абсолютно не коррелирует со стоимостью фактических затрат на рекультивацию земель.

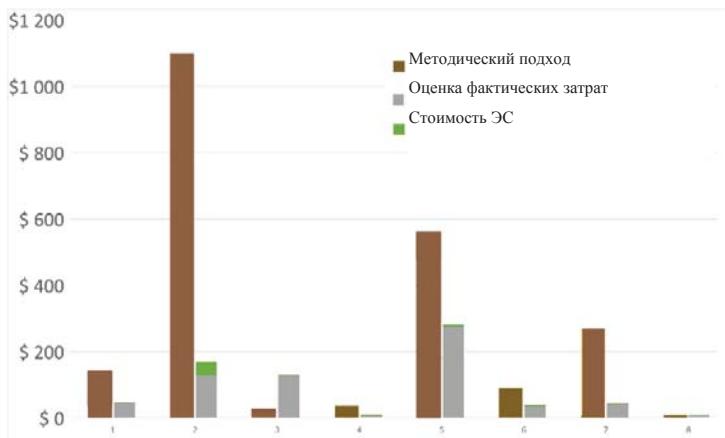


Рис. Сравнение полученных результатов оценки вреда

## Выводы

Результаты экономической оценки экосистемных услуг представляются важным элементом анализа эффективности сложившейся правовой организации природопользования в РФ, являющейся мировым донором экосистемных услуг.

Учет экосистемных функций приводит к незначительному увеличению величины вреда, причиненного почвам в результате экологического правонарушения, что может говорить о недооцененности природных ресурсов. Однако в перспективе можно ожидать увеличения ценности экосистемных услуг, главным образом из-за негативного воздействия антропогенной деятельности на состояние окружающей среды.

Таким образом, необходимо разрабатывать методологию оценки экосистемных сервисов и услуг, тем самым стимулируя природопользователей к восстановлению причиненного вреда. Добросовестное управление природными благами и услугами, предоставляемыми экосистемами, приведет к повышению социальной и экономической устойчивости не только на региональном и национальном уровнях, но и в мировом масштабе.

## Литература

1. Bateman, I. J., Harwood, A. R., Mace, G. M., Watson, R. T., Abson, D. J., Andrews, B., Binner, A., Crowe, A., Day, B. H., Dugdale, S., Fezzi, C., Foden, J., Hadley, D., Haines-Young, R. 2. Costanza R. et al. Changes in the global value of ecosystem services // Global Environmental Change. Vol. 26, 2014. pp 152–158.
3. Costanza, R. ; de Groot, R. ; Braat, L. ; Kubiszewski, I. ; Fioramonti, L. ; Sutton, P. ; Farber, S. ; Grasso, M. Twenty years of ecosystem services: How far have we come and how far do we still need to go? Ecosyst. Serv. 2017, 28, 1–16. [CrossRef]
4. Bringing ecosystem services into economic decision-making: land use in the United Kingdom / M. Hulme, A. Kontoleon, A. A. Lovett, P. Munday, U. Pascual, J. Paterson, G. Perino, A. Sen, G. Siriwardena, D. van Soest, M. Termansen // Science. 2013. Vol. 341. P. 45–50.

5. The Economics of Land Degradation / Von Braun J., Gerber N., Mirzabaev A., Nkonya E. // ZEF Working Paper Series Working Paper. 2013. Vol. 109. [http://www.zef.de/fileadmin/media/news/e779\\_wp109.pdf](http://www.zef.de/fileadmin/media/news/e779_wp109.pdf).
6. О включении экосистемных услуг в систему оценки ущерба от деградации земель / Е. В. Цветнов, О. А. Макаров, А. С. Яковлев, Е. В. Бондаренко // Почвоведение. 2016. № 12. С. 1–7.
7. ПНД Ф 16.1.38-02. Методика выполнения измерений массовой доли нефтепродуктов в пробах почвы методом капиллярной газо-жидкостной хроматографии.
8. Приказ Минприроды России от 8 июля 2010 г. № 238 «Об утверждении Методики исчисления размера вреда, причиненного почвам как объекту охраны окружающей среды»
9. РД 52.18.572-96. Определение массовой концентрации хлорид-, сульфат-, нитрат-, нитрит-ионов в пробах питьевой воды и в пробах почв (водных вытяжек) методом ионной хроматографии. Методика выполнения измерений.
10. ФР.1.39.2007.03221. Биологические методы контроля. Методика определения токсичности воды и водных вытяжек из почв, осадков сточных вод, отходов по смертности и изменению плодовитости цериодафний.
11. ФР.1.39.2006.02506. Методика определения токсичности отходов, почв, осадков сточных, поверхностных и грунтовых вод методом биотестирования с использованием равноресничных инфузорий *Paramecium caudatum Ehrenberg*.

## THE ROLE OF ECOSYSTEM SERVICES CONCEPT IN LAND DEGRADATION ESTIMATE

M. V. Guchok

*Ecoterra Autonomous Non-Commercial Organization (“Ecoterra”), Moscow,  
m\_guchok@mail.ru*

Land degradation and pollution lead to serious productivity loss of ecosystems. In terms of economy it causes a significant monetary loss to landowners and the society. The damage calculation of land could be a reasonable tool for environmental responsibility [1–6].

Three types of expenses seem to be included to calculate the loss of land at degradation process: soil remediation, recovery to its initial price, as well as the consideration of lost ecosystem functioning and services. We proposed approaches to evaluate ecosystem functions in terms of economy. The evaluation is based on the analysis of expenses to recover the lands of different level of degradation with regard to their status, biotope type, special protection zones.

Russian Federation is a global donor of ecosystem services, but the evaluation of services is highly underestimated. The value of ecosystems will increasingly continue to grow in future, mainly due to the loss of ecosystems.

Economic assessment of ecosystem services should become an important element of the legal organization of environmental management in the Russian Federation. Thus, it is necessary to further develop a methodology for assessing ecosystem services, thereby contributing to the restoration of damage caused by industrial. Conscientious management of natural capital and services provided by ecosystems lead to increased social and economic sustainability not only at a regional and national level, but on a world scale as well.

## ОЦЕНКА БУФЕРНОСТИ ПОЧВ ПО ОТНОШЕНИЮ К ТЯЖЕЛЫМ МЕТАЛЛАМ В АНТРОПОГЕННЫХ ЛАНДШАФТАХ ЛЕСОСТЕПИ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

В. Г. Двуреченский

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

Рассматривая проблему антропогенного загрязнения окружающей среды, обязательно встает вопрос об оценке защитных возможностей (буферных свойств) почв по отношению к тяжелым металлам-поллюантам. Ущерб, наносимый загрязнением тяжелыми металлами-поллюантами, в большей степени зависит от многих свойств почв, которые влияют на подвижность металлов, на их доступность растениям и способность к миграции [4]. Чем выше защитные возможности почвы, тем большее количество тяжелых металлов почва способна переводить в малодоступные для корней растений и слабо мигрирующие соединения.

В качестве объектов исследования использовались почвы различных стадий эволюции: эмбриоземы (формирующиеся) и техноземы (искусственно созданные). Почвы развиваются в антропогенных ландшафтах, представленных в виде транспортных внешних отвалов угольного разреза Бунгурский, возрастом около 35 лет и антрацитового разреза Горловский, возрастом около 25 лет. Развитие почв происходит в условиях лесостепной зоны Кемеровской и Новосибирской областей соответственно. В качестве эталона взяты зональные почвы черноземы выщелоченные.

Начальные этапы эволюции почвенного покрова:

1. Эмбриоземы инициальные – эволюционно молодой тип почвоподобных тел, морфологическим признаком которых является отсутствие биогенного горизонта. Примитивность профиля данного типа обусловлена недостаточной интенсивностью преобразования субстрата, составляющего отвал, вследствие отсутствия или слабого развития на его поверхности биоценозов. На эмбриоземах инициальных формируется биогеоценоз с пионерной растительностью.

2. Эмбриоземы органо-аккумулятивные – следующая стадия развития молодых почвенных образований антропогенных ландшафтов. В данном типе эмбриоземов профиль не дифференцирован, но на поверхности накапливается слой неразложившейся подстилки, который является типодиагностическим горизонтом. Гумификация растительных остатков ограничивается незначительным количеством организмов-деструкторов.

Поздние стадии эволюции почвенного покрова:

3. В эмбриоземах дерновых профильная дифференциация минерального субстрата определяется биогенным горизонтом  $A_d$ , представляющим собой дернину. При его возникновении начинается активное преобразование физических и химических свойств субстрата. В связи со сменой сукцессии, происход-

дит смена биогеоценоза. Наступает стадия развития экосистемы со сложной растительностью на эмбриоземах дерновых.

4. Эмбриоземы гумусово-аккумулятивные – эволюционно наиболее развитые почвенные образования антропогенных ландшафтов, обладающие развитым профилем, в котором морфологически выделяются как дернина (горизонт  $A_d$ ), так и гумусово-аккумулятивный горизонт ( $A_1$ ), что свидетельствует о глубокой степени трансформации почвообразующего субстрата под воздействием процессов разложения и синтеза органического вещества. В связи со сменой сукцессии происходит смена стадии со сложной растительностью на стадию с замкнутой растительной группировкой на эмбриоземах гумусово-аккумулятивных.

5. Техноземы гумусогенные – искусственно созданные почвоподобные тела, имеющие двухслойный профиль, состоящий из плодородного слоя почвы (ПСП) и подлежащего слоя потенциально плодородной породы (ППП) [1]. На техноземах гумусогенных сформировалась стадия фитоценоза с замкнутой растительной группировкой.

Цель исследования: дать оценку буферности исследуемых почв по отношению к тяжелым металлам.

Задачи исследования:

1. Определить показатели буферности исследуемых антропогенных почв.
2. Сравнить степени буферности почв антропогенных ландшафтов и фоновых черноземов выщелоченных. Сопоставить буферности исследуемых почв с градационной шкалой.
3. Выявить факторы и условия, влияющие на восстановление нарушенных ландшафтов.

В инактивации избыточных ионов преимущественно участвуют гумусовые кислоты, тонкодисперсные частицы, оксиды железа и алюминия, карбонаты, а также реакция среды. В Институте почвоведения и агрохимии СО РАН была разработана шкала буферности почв по отношению к тяжелым металлам (табл. 1), которая учитывает содержание перечисленных веществ и условие[3].

Таблица 1

Градации буферности почв по отношению к тяжелым металлам

Степень буферности	Число баллов
Очень низкая	$\leq 10$
Низкая	1120
Средняя	2130
Повышенная	3140
Высокая	4150
Очень высокая	$> 50$

Следует отметить, что почвы тяжелого гранулометрического состава, высококарбонатные (с pH 7 и выше) обладают большими инактивирующими способностями, по сравнению с кислыми и легкими почвами, не содержащими карбонаты. С увеличением карбонатности и сдвигом реакции среды в щелочную сторону уменьшается количество и подвижность оксидов железа и алюминия [2].

С помощью шкалы [3] была оценена буферная способность различных типов эмбриоземов и техноземов (табл. 2).

Таблица 2

Оценка буферности почв антропогенных ландшафтов и фоновых почв по отношению к тяжелым металлам

Почвы	Компоненты (свойства) почвы, определяющие ее буферность					Буфер- ность, сумма баллов	Степень буферности
	C <sub>орг.</sub>	Физ. глина	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Карбо- наты	pH <sub>водн</sub>		
	Количество баллов						
Эмбриоземы инициальные	5,0	5,0	2,5	0,0	12,5	25,0	Средняя
Эмбриоземы органо-аккумулятивные	9,0	2,5	2,5	0,0	12,5	26,5	Средняя
Эмбриоземы дерновые	6,5	12,0	2,5	0,0	10,0	31,0	Повышенная
Эмбриоземы гумусово-аккумулятивные	6,5	10,0	5,5	0,0	10,0	32,0	Повышенная
Техноземы гумусогенные	6,5	10,0	3,0	5,5	9,0	33,0	Повышенная
Черноземы выщелоченные среднесуглинистые	9,0	11,0	6,0	2,5	9,0	37,5	Повышенная

Расчеты показали, что различные типы эмбриоземов и техноземов, формирующиеся на внешних транспортных отвалах вскрышных и вмещающих пород Горловского антрацитового месторождения и Бунгурского угольного разреза имеют сходную степень буферности. Показатели буферности исследуемых техногенных почв колеблются в пределах от 25 до 33 баллов. В сравнении с черноземами выщелоченными, являющимися самыми качественными почвами естественных экосистем лесостепной зоны Западной Сибири, исследованные эмбриоземы и техноземы характеризуются чуть низкими показателями своей буферной способности.

Следует отметить, что на правомочность оценки буферных возможностей почв повлияли показатели содержания углерода, вносящего существенный вклад в формирование буферной способности. Эмбриоземы на ранних стадиях генезиса имеют в своем составе значительное количество углистых частиц, что не позволяет в полной мере объективно оценить содержание гумуса. В этом случае для оценки реального содержания гумуса в техногенных почвах целесообразно использовать подходы к расчетам содержания гумуса в мелкоземе с учетом коэффициента гранулометрической специфиичности (КГС) [5].

Для техногенных почв характерна высокая вариабельность основных параметров химического состояния, возникающая в результате техногенного этапа развития почв. Особенности техногенеза в районах с развитой горнодобывающей промышленностью определяются варварским способом неселективного отвалообразования (уничтожением ресурсов рекультивации). Создается неблагоприятная для почвообразования поверхность антропогенных ландшафтов, а в составе почвообразующих пород много обломочного материала. Возникают многочисленные, лимитирующие почвообразование, факторы – расчененный рельеф, крутизна и экспозиция склонов, петрографический и минералогический состав пород и т. д. В зависимости от технологических особенностей формиро-

вания антропогенных ландшафтов, выбранного способа рекультивации, а также от индивидуальной специфики ландшафта, биоклиматических условий почвообразования, некоторые последствия техногенеза оказываются наиболее значимыми, определяющими скорость и направленность почвообразования. Как правило, при неблагоприятных условиях и факторах почвообразования, развитие останавливается на инициальной стадии на неопределенно долгое время – пока не изменятся условия или пока не произведут рекультивационные работы (особенно их биологический этап).

Оценка буферной способности позволила выявить влияние различных факторов на генезис почв. В частности, для исследуемых эмбриоземов и техноземов наиболее значимыми негативными последствиями техногенеза можно считать формирование смеси пород с малым количеством педогенного органического вещества и фракций физической глины, а также низкое содержание в них оксидов железа и алюминия. Как следствие, эти условия не могут обеспечить необходимые и достаточные предпосылки для формирования высокой буферности почв. Полученные данные по химическому состоянию эмбриоземов и техноземов подтверждают положение о том, что несмотря на то, что рекультивационные работы улучшают почвенно-экологические функции, тем не менее восстановление молодых почв до уровня почв естественных экосистем невозможно, поскольку во время техногенной фазы формирования ландшафта изменились все факторы почвообразования – характер рельефа, растительность, почвообразующие породы, климатическая обстановка и, самое главное, время почвообразования.

### **Выводы**

1. Степень буферности почв антропогенных ландшафтов: а) в техноземах гумусогенных повышенная; б) увеличивается в генетическом ряду от средней в эмбриоземах инициальных до повышенной в эмбриоземах гумусовоаккумулятивных.

2. В сравнении с черноземами выщелоченными с повышенной степенью буферности, почвы антропогенных ландшафтов характеризуются немного низкими величинами буферности, следовательно, и чуть низкой способностью инактивации загрязняющих веществ.

3. Для молодых почв наиболее значимыми негативными последствиями техногенеза можно считать формирование смеси пород с малым количеством педогенного органического вещества и фракции физической глины, а также низкое содержание в них оксидов железа и алюминия.

### **Литература**

1. Двуреченский В. Г. Географо-генетическая характеристика форм железа в эмбриоземах Кузбасса : автореф. дис. ... канд. биол. наук. Новосибирск, 2011. 19 с.
2. Двуреченский В. Г. Динамика группового состава железа в почвах техногенных ландшафтов лесостепных участков Кузнецкой котловины // Сибирский экологический журнал. 2015. № 1. С. 136–144.
3. Ильин В. Б. Оценка буферности почв по отношению к тяжелым металлам // Агрохимия. 1995. № 10. С. 109–113.

4. Ильин В. Б., Сысо А. И. Микроэлементы и тяжелые металлы в почвах и растениях Новосибирской области. Новосибирск : Изд-во СО РАН, 2001. 227 с.
5. Соколов Д. А. Специфика определения органических веществ педогенной природы в почвах техногенных ландшафтов Кузбасса // Вестник Томского государственного университета. Биология. 2012. № 2 (18). С. 17–25.

## ESTIMATION OF SOIL BUFFER IN RELATION TO HEAVY METALS IN ANTHROPOGENIC LANDSCAPES OF WESTERN SIBERIA FOREST STEPPE

**V. G. Dvurechensky**

*Novosibirsk State University of Architecture and Civil Engineering (Sibstrin)  
Novosibirsk, Russian Federation, dvu-vadim@mail.ru*

The article deals with the problem of anthropogenic pollution of the environment. An assessment of the protective capabilities (buffer properties) of soils in relation to heavy pollutant metals is given. It has been determined that the damage caused by pollution with heavy pollutants depends to a greater extent on many soil properties that affect the mobility of metals, their availability to plants and their ability to migrate. It has been determined that the higher the protective capabilities of the soil, the greater the amount of heavy metals the soil is capable of converting into compounds inaccessible to plant roots and weakly migrating compounds.

## ИЗМЕНЕНИЕ АГРОФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ЧЕРНОЗЁМА ВЫЩЕЛОЧЕННОГО ПРИ ДЛИТЕЛЬНОМ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОМ ИСПОЛЬЗОВАНИИ

С. Л. Добрянская

*Новосибирский государственный аграрный университет  
Новосибирск, Россия, slb85@bk.ru*

Почвенный покров играет важнейшую роль в природных ландшафтах и в агроэкосистемах. Основные экологические функции почвы замыкаются на важнейшем показателе – почвенном плодородии. Причина неустойчивого состояния современных агроэкосистем обусловлена их однотипным фитоценозом, который не обеспечивает оптимальную саморегуляцию, постоянство сложной структуры и продуктивности. Длительное сельскохозяйственное использование чернозёмов в пашне приводит к изменениям их физических свойств.

Цель исследования – определить изменения основных физических свойств чернозёма выщелоченного в условиях длительного агрогенного воздействия.

Исследования выполнены на территории учебно – опытного хозяйства Новосибирского ГАУ «Практик». Объект исследования – чернозём выщелоченный среднемощный среднегумусный иловато-крупнопылеватый на лёссо-видном суглинке. Эти почвы сформировались на возвышенном хорошо дренированном, расчленённом балками и оврагами Приобском плато. Территория Приобского плато сложена мощными толщами осадков третичного и четвертичного возрастов. Для почвообразования наиболее значение имеют четвертичные отложения. Толща четвертичных аллювиальных и флювиогляциальных отложений достигает мощности 90–100 м. Верхняя толща суглинков имеет лессо-видный характер, мощность их достигает 25 м. Породы не засолены (плотный остаток 0,04–0,09 %) или очень слабо засолены водорастворимыми солями. Водные растворы их насыщены бикарбонатом кальция [3].

Для оценки изменения физических свойств на фиксированных объектах были заложены разрезы следующих вариантов: пашня – полевой севооборот с преобладанием зерновых культур; пашня – овощной севооборот с орошением дождеванием; целина – травостой разнотравно-злаковая ассоциация. Изучаемые черноземы имеют среднесуглинистый гранулометрический состав, количество физической глины составляет около 45 %. При полном отсутствии крупного и среднего песка, явно доминирует крупная пыль. В неорошающем черноземе фракция крупной пыли не претерпела существенных изменений, тогда как содержание фракции мелкой пыли и ила в верхнем слое уменьшилось на 5 %, а с глубиной произошло их некоторое увеличение. Отмечено незначительное увеличение ила в нижней части профиля, возможно засыпание тонких фракций по трещинам и перемещение их с талыми и дождовыми водами. В целинном варианте распределение механических фракций по профилю равномерное, что характерно для данного типа почв, аналогичное их распределение отмечено в стяропахотном неорошающем черноземе.

Процесс образования структуры происходит под влиянием коагуляции почвенных коллоидов, склеивания механических элементов коллоидными пленками, а также под воздействием корневой системы растений. Особенно большое воздействие на структурообразование оказывает гумус. Как коллоидное вещество он способен переходить в нерастворимую форму и образовывать нерастворимый гель, который способен придавать структурным агрегатам водопрочность, прочно скрепляя их. Для чернозема в целинном статусе характерны довольно высокие и стабильные запасы гумуса (в слое 0...50 см до 390 т/га). При распахивании и вовлечении в систематическую обработку уменьшается поступление в почву биомассы возделываемых сельскохозяйственных культур, поскольку большая ее часть отчуждается с урожаем. Происходит преобладание процессов минерализации органического вещества над гумификацией, что приводит к неизбежным потерям гумуса. Количество его в пашне снижается по сравнению с целинным и залежным ее состоянием [1; 2]. Снижение содержания гумуса в условиях агроландшафтов существенно изменяет структурный состав чернозёмов.

Результаты структурно-агрегатного анализа показали, что в неорошаемых черноземах ухудшение структуры проявляется за счет увеличения глыбистой фракции размером >10 мм (на 20 %). Содержание пыли (< 0,25 мм) в слое 0–40 см увеличилось на 10 %. В соответствии с ростом глыбистости отмечено уменьшение количества агрономически ценных агрегатов. Максимальному разрушению подверглись наиболее ценные агрегаты размером 1–3 мм, содержание которых уменьшилось на 15 %, а по сравнению с целиной на 22 %. Коэффициент структурности снижается с 3,5 до 2,5, кроме того обесструктуривание пахотных почв происходит в результате многократного и интенсивного воздействия на почву тяжелой сельскохозяйственной техники. Наиболее значимые изменения структурного состояния отмечены в орошающем чернозёме, где содержание глыбистой фракции возрастает в пахотном слое на 25 %, в подпахотном на 15 %, что сопровождается формированием крупных комков, бесформенных глыб и приводит к образованию корки после выпадения осадков и орошения. Возросло содержание агрегатов размером менее 0,25 мм на 15 %. Количество агрономически ценных агрегатов от 0,25 до 10 мм уменьшилось на 28 %. Коэффициент структурности снижается с 1,7 до 1,2, что в 2,4 раза меньше, чем на целине. Для чернозёма в целинном статусе характерно довольно высокое содержание агрономически ценных агрегатов (80 %), коэффициент структурности 4,1.

Более достоверные выводы о структурном состоянии позволяют сделать данные о содержании водопрочных агрегатов. Под влиянием систематического орошения комковато – зернистые агрегаты трансформируются в глыбистые отдельности, агрегаты мелкого размера (0,5–0,25 мм), а содержание неводопрочных агрегатов возрастает до 85 %. Результаты мокрого просеивания показывают, что при длительной антропогенной нагрузке количество водоустойчивых агрегатов в пахотном слое сокращается до 25 % в полевом севообороте и 15 % в орошающем, а содержание неводопрочных агрегатов увеличивается до 58 и 70 % соответственно. На долю наиболее ценных водопрочных агрегатов размером 1–3 мм приходится всего 14 % в неорошающем и 7 % в орошающем чернозёме.

Показатель структурно-агрегатного состояния свидетельствуют о структурной деградации старопахотных чернозёмов, при дальнейшем развитии отмеченных негативных тенденций могут ухудшаться функционально связанные физические свойства почв ее плотность, пористость. Плотность твердой фазы почвы по сравнению с другими физическими показателями почв варьирует в довольно узких пределах и в незначительной степени изменяется во времени. Плотность твердой фазы в пределах профиля постепенно увеличивается с глубиной параллельно уменьшению количества гумуса. Меньшая плотность твердой фазы 2,4–2,68 г/см<sup>3</sup> характерна для верхних горизонтов, вниз по профилю происходит некоторое ее увеличение до 2,7 г/см<sup>3</sup>.

Результаты проведенных исследований показали, что длительное сельскохозяйственное использование чернозёмов приводит к агрогенной деградации их структурного состояния. Сохранению и восстановлению агрономически ценной структуры способствуют такие агротехнические приемы, как посев многолетних трав, уменьшение оборота пласта, внесение органических и минеральных удобрений. Научно обоснованные по набору и чередованию севообороты с широким биоразнообразием культур продолжают оставаться одним из существенных приемов восстановления структуры почвы на основе биологизации.

### Литература

1. Добрянская С. Л. Агрогенная трансформация гумусового состояния чернозёма выщелоченного Новосибирского Приобья // Отражение био-, гео-, антропосферных взаимодействий в почвах и почвенном покрове : сб. материалов VII Междунар. науч. конф., посвящ. 90-летию кафедры почвоведения и экологии почв ТГУ. Томск : Издат. дом Том. гос. ун-та, 2020. С. 220–223.
2. Добрянская С. Л. Комплексная оценка изменения содержания гумуса в агроцерно-зёме Новосибирского Приобья // Теория и практика современной аграрной науки : сб. III Наци. (всерос.) науч. конф. с междунар. участием. Новосибирск : Золотой колос, 2021. С. 78–80.
3. Хмельев В. А., Танасиенко А. А. Земельные ресурсы Новосибирской области и пути их рационального использования. Новосибирск : Изд-во СО РАН, 2009. 349 с.

## CHANGE IN THE AGROPHYSICAL PROPERTIES OF LEACHED CHERNOZE DURING LONG AGRICULTURAL USE

S. L. Dobryanskaya

*Novosibirsk State Agrarian University, Novosibirsk, Russian Federation*  
*slb85@bk.ru*

The article touches upon the actual topic of transformation of the physical properties of chernozem in conditions of long-term agricultural use. On the basis of a comprehensive study of the properties and regimes of soils, it was revealed that during irrigation, the structural state deteriorates more intensively, the density increases, and the content of non-water-resistant aggregates increases. The work noted that the change in physical properties depends not only on the duration, but also on the type of use.

УДК 632.4

## ОЦЕНКА ИНТЕНСИВНОСТИ ЭРОЗИОННОЙ ДЕГРАДАЦИИ ПОЧВ НА СРЕДНЕРУССКОЙ ВОЗВЫШЕННОСТИ

A. P. Жидкин

Широко известно, что эрозия почв является самым сильным процессом разрушения почвенного покрова [7]. Ежегодные объемы смываемого плодородного почвенного вещества только в России составляют около 500 млн т [1]. Эрозионная деградация почв заключается не только в ухудшении свойств почв, но также приводит к существенному изменению строения почвенного покрова.

Эрозионно-аккумулятивные процессы традиционно оцениваются в виде темпов или скоростей в единицах измерения т/га в год или мм/год. Такой способ выражения принят повсеместно, поскольку удобен для решения различных задач: учёта баланса наносов, сравнения интенсивности эрозионных процессов на разных территориях, оценок эффективности противоэрозионных мероприятий и т. д. Однако важно отметить, что интенсивность эрозионно-аккумулятивных процессов очень изменчива во времени. В частности, среднемноголетние темпы эрозии почв, полученные за разные периоды времени, могут различаться на порядок и более [3].

При любой флюктуации интенсивности эрозии собственно эрозионная деградация почвенного покрова представляет собой, как правило, односторонний процесс поступательного ухудшения свойств почв с течением времени. В связи с этим представляется целесообразным поиск иных (кроме темпов) способов количественного выражения данного явления, направленный на оценку результата (степени эродированности почв), а не процесса эрозии.

Ц. Е. Мирцхулава [5] предлагал использовать такие показатели как «предельно допустимая мощность» и «эффективная мощность почвенного покрова», которые, к сожалению, не получили должного развития. «Предельно допустимой» считается такая мощность почвы, которая достаточна для создания нормальных условий произрастания растений и работы сельскохозяйственных машин. «Эффективная мощность почвенного покрова» – разница между полной первоначальной мощностью почвенного профиля и предельно допустимой. На основе этих понятий Ц. Е. Мирцхулава предлагал оценивать предельно допустимую интенсивность эрозии почв. Вместе с тем показатель «предельно допустимая мощность почвы» может в том числе быть использован для оценки степени деградации почвенного покрова на основе количественного учёта площадей экстремально эродированных почв.

Подобный показатель был использован автором ранее при оценке современного состояния и риска эрозионной деградации почв пахотных земель Прохоровского района Белгородской области [8]. В данном исследовании скорости эрозии почв, рассчитанные на основе математической модели, были преобразованы в эрозионные потери почвенного профиля и сопоставлены с современной мощностью гумусовых горизонтов (по данным полевых исследований). Расчетные и фактические потери почвы оказались соответствующими друг другу. Скорость эрозии почв в южной части Прохоровского района оказалась почти вдвое выше, чем в северной части, однако разница в площади сильно эродированных почв составила 4,4 раза. Таким образом, было выявлено, что различия в

дели сильно эродированных почв могут быть в несколько раз выше, чем различия в темпах эрозии почв.

В данной работе объектом исследования стали три малых водосбора, расположенные в различных частях Среднерусской возвышенности. Водосбор «Плавский» расположен в Плавском районе Тульской области. Более подробно анализ эрозионных процессов на данном водосборе опубликован в работах [4; 6]. Водосбор «Спокоевка» расположен в Курской области вблизи от одноименной деревни в 30 км к юго-западу от г. Курска. Водосбор «Малые маячки» расположен в Белгородской области вблизи от одноименного села в 14 км к юго-западу от посёлка Прохоровка.

Почвенный покров водосбора «Плавский» представлен серыми лесными почвами и черноземами выщелоченными с мощностью гумусового горизонта A1 около 45–50 см, а переходного горизонта A1B около 50 см на плоских водораздельных участках. На участке «Спокоевка» преобладают черноземы выщелоченные и типичные с мощностью A1 около 55 см, а A1B – 70 см. На участке «Малые маячки» доминируют черноземы типичные с участием черноземов выщелоченных с мощностью A1 около 65 см, а A1B – 85 см.

Показатель «пределенно допустимая мощности почв», безусловно, требует дальнейшего уточнения. Однако для черноземов на Среднерусской возвышенности можно условно принять его за среднюю мощность корнеобитаемого слоя, чуть большую чем глубина распашки. На наш взгляд данное значение можно условно принять равным 30 см гумусового горизонта A1, поскольку при уменьшении мощности гумусового горизонта ниже 30 см происходит снижение урожайности почв.

Для каждого водосбора были рассчитаны среднемноголетние темпы эрозии почв на основе модели WATEM/SEDEM (рис.). Полученные расчётные темпы эрозионно-аккумулятивных процессов были верифицированы на основе детальной оценки темпов эрозии почв методом магнитного трассера на участке «Плавский» [4], а также сопоставления расчётных темпов эрозии почв с данными регионального полевого обследования почвенного покрова в Курской [2] и Белгородской [8] областей.

Среднемноголетние расчётные темпы эрозии почв достаточно близки на исследованных водосборах и составили 9,2 т/га в год на участке «Плавский», 11,7 т/га в год на участке «Спокоевка» и 13,6 т/га в год на участке «Малые маячки».

На основе темпов эрозионно-аккумулятивных процессов для каждого элемента регулярной сетки размером 20×20 м был проведен расчет эрозионных потерь гумусового горизонта (мм в год) относительно эталонных значений мощностей гумусовых горизонтов на плоских водораздельных участках. Полученные темпы эрозионных потерь гумусового горизонта позволили провести расчёт площадей эродированных почв с мощностью гумусового горизонта менее предельно допустимой и изменение данного показателя во времени. Реконструкция эрозионной деградации почвенного покрова проводилась с момента распашки земель с шагом 25 лет.

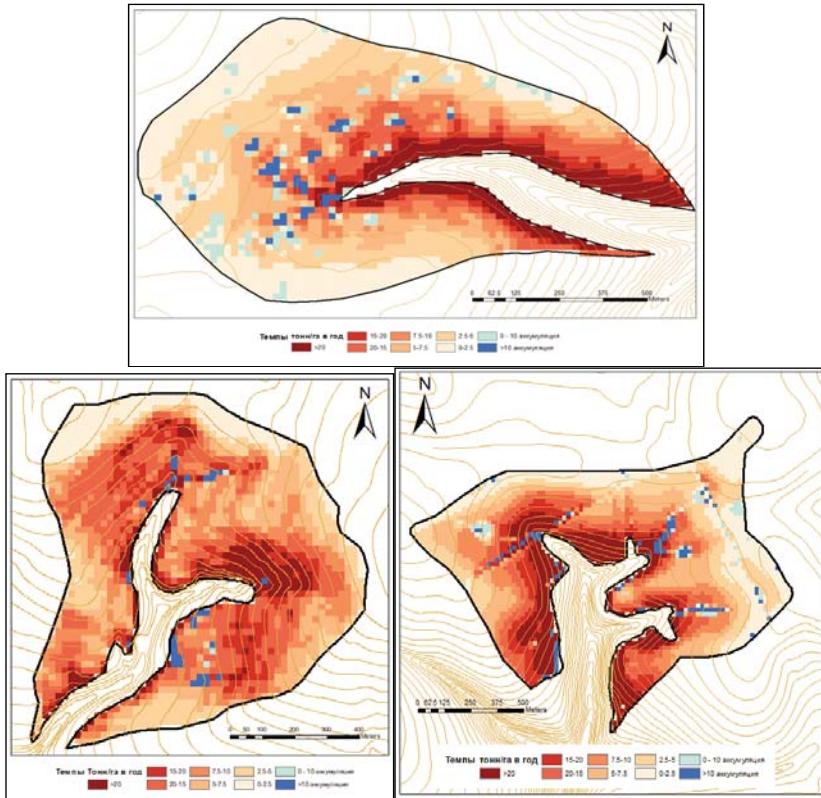


Рис. Темпы эрозионно-аккумулятивных процессов на ключевых малых водосборах:  
А – «Плавский», Б – «Спокоевка», В – «Малые маячки»

Полученные расчёты выявили, что прирост доли эродированных почв с мощностью гумусового горизонта менее предельно допустимой происходит не линейно во времени на всех исследованных участках. В первые десятилетия распашки сильно эродированные почвы отсутствуют. Видимый прирост (в несколько процентов от площади пашни) эродированных почв с мощностью гумусового горизонта менее предельно допустимой начинается через 100–150 лет после начала распашки поскольку это время требуется для смыыва эффективной мощности почвенного покрова (около 20–30 см в зависимости от участка) в наиболее интенсивно эродируемых частях склонов с темпами эрозии >20 т/га в год (т. е. > 1,5–2 мм/год). Затем темпы прироста сильно эродированных почв постепенно увеличиваются.

Графики изменения во времени доли эродированных почв с мощностью гумусового горизонта менее предельно допустимой лучше всего описываются полиномом третьего порядка [6]. При этом кривизна графика, т. е. степень интенсификации прироста эродированных почв во времени, определяется про-

странственной структурой эрозионно-аккумулятивных процессов. Это в свою очередь зависит от преимущественно от морфологии склонов, поскольку остальные факторы в целом оказываются достаточно однородны в данном масштабе участков.

Наибольшие темпы эрозионной деградации почв выявлены для участка «Плавский» по следующим причинам. Во-первых, почвы данного участка обладают наименьшей эффективной мощностью, т. е. при прочих равных условиях данные почвы быстрее размываются до предельно допустимой мощности. Во-вторых, длительность распашки данного региона значительно выше, чем на участках в Курской и Белгородской областях и составляет 350–400 лет. То есть эрозионная деградация почв протекает в 1,5–2 раза дольше.

В результате этого на «Плавском» водосборе доля эродированных почв с мощностью менее предельно допустимой на порядок выше, чем на других исследованных водосборах, несмотря на то, что скорость эрозии ниже остальных. То есть указанные факторы, эффективная мощность почв и длительность распашки, оказали не меньшее влияние на степень эродированности почвенного покрова, чем отдельно взятые темпы эрозии почв.

Таким образом, полученные результаты свидетельствуют, что при оценке эрозионной деградации почв необходимо оценивать не только темпы процесса смыва, но также учитывать особенности почвенного покрова. Нелинейная зависимость прироста доли сильно эродированных почв во времени свидетельствует о том, что темпы деградации почв меняются во времени даже при стабильных темпах эрозионно-аккумулятивных процессов. Данный эффект необходимо изучать и учитывать для корректного прогнозирования деградации почв в будущем.

*Работа выполнена в рамках темы госзадания № 0591-2019-0029.*

### **Литература**

1. Акимов В. А., Дурнев Р. А., Соколов Ю. И. Опасные гидрометеорологические явления на территории России. М. : ФГУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ), 2009. 316 с.
2. Козлов Д. Н., Жидкин А. П., Лозбенев Н. И. Цифровое картографирование эрозионных структур почвенного покрова на основе имитационной модели смыва (северная лесостепь Среднерусской возвышенности) // Бюллетень Почвенного института им. В. В. Докучаева. 2019. № 100. С. 5–29.
3. Количественная оценка перераспределения наносов на пахотных склонах на основе использования полевых методов и математических моделей / А. П. Жидкин, В. Н. Голосов, А. А. Светличный, А. В. Пяткова // Геоморфология. 2015. № 2. С. 41–53.
4. Латеральная миграция твердофазного вещества почв в пределах ландшафтно-геохимической арены (метод магнитного трассера) / А. Н. Геннадьев, Т. С. Кошовский, А. П. Жидкин, Р. Г. Ковач // Почвоведение. 2013. № 10. С. 1–12.
5. Миричхулава Ц. Е. Предельно допустимая интенсивность эрозии // Доклады ВАСХНИЛ. 1989. № 2. С. 32–34.
6. Detailed study of post-Chernobyl Cs-137 redistribution in the soils of a small agricultural catchment (Tula region, Russia) / A. P. Zhidkin, E. N. Shamshurina, V. N. Golosov, M. A. Komissarov, N. N. Ivanova, M. M. Ivanov // Journal of Environmental Radioactivity. 2020. Vol. 223. 106386.
7. World's soils are under threat / L. Montanarella [et al.] // Soil. 2016. Vol. 2. P. 79–82.

8. Zhidkin A. P. Mapping and forecasting of changes of eroded soils (Central chernozem region of Russia) // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2021. N 659. 012006.

## **ASSESSMENT OF THE INTENSITY OF SOIL DEGRADATION FROM EROSION AT CENTRAL RUSSIAN UPLAND**

**A. P. Zhidkin**

*Dokuchaev Soil Science Institute, Moscow, Russian Federation*  
*gidkin@mail.ru*

Soil erosion was studied in three small catchments located in different parts of the Central Russian Upland (in the Tula, Kursk and Belgorod regions). Rates of erosion were calculated based on WATEM / SEDEM. Losses of soil horizons depth were calculated from the beginning of plowing to the present. The change in the proportion of heavily eroded soils does not occur linearly in time in all study catchments, even at a stable rate of erosion. A visible increase in heavily eroded soils (in a few percent of the arable land) begins 100–150 years after the start of the plowing. Then the rates of growth of highly eroded soils gradually increase. The graphs of the time variation of the proportion of eroded soils described by a third-order polynomial. The highest rates of increase in the area of eroded soils were on the site with the lowest rates of erosion, but with the longest duration of plowing and the smallest initial soil thickness. The growth rate of highly eroded soils in this study site is currently an order of magnitude higher than in other sites, despite the lower rates of erosion.

## СВОЙСТВА АГРОПОЧВ РАВНИННЫХ ЛАНДШАФТОВ ТУВЫ

В. Н. Жуланова

Тувинский государственный университет, Кызыл, Россия  
zhvf@mail.ru

В XXI веке Тува, как и другие регионы России, решает нелегкую задачу обеспечения населения продуктами питания и кормами животных в условиях процесса опустынивания и деградации земель. В современном мире основная цель – сохранение природной среды, которое может позволить обеспечить благополучную жизнь нынешнего и последующих поколений человечества. Поэтому возрастающая сельскохозяйственная нагрузка на почвенный покров, который нарушает экологические и физико-химические функции почв требует других форм природопользования территории. На территории Тувы наблюдаются местные особенности условий почвообразования и развития почв. Поэтому целью работы является изучение агрохимических свойств агропочв, которые расположены в степных ландшафтах региона.

Исследования выполнены в центральной части территории Тувы, которая наиболее имеет земли сельскохозяйственного назначения. Объектами изучения послужили ключевые площадки, заложенные на агропочвах различного сельскохозяйственного использования. На них были изучены современные морфологические, химические и физико-химические свойства агропочв на сравнительном анализе.

Интенсивность антропогенного использования земель пришла на 1970–1990 гг., которая повлияла на почвообразовательный процесс агропочв. Так как на пашне Тувы доминировали малогумусные, легкого гранулометрического состава типы каштановых почв [1], они то и подверглись в первую очередь деградации.

Вся площадь Тувы составляет 16860,4 тыс. га [2]. Площадь посевов в 2020 г. составила 50,8 тыс. га. Общая площадь сельскохозяйственных угодий не превышает 2656 тыс. га или 15,7 % от общей площади региона (рис.). Доля пашни в структуре сельскохозяйственных угодий в настоящий период составляет 5,1 %, сенокосов – 2,1 %, пастбищ – 90,5 %, залежь – 2,3 %.

Таким образом, в период 2006–2008 гг. отмечается постепенное увеличение площади сельскохозяйственных угодий, а в последующие годы (2010–2020 гг.) – довольно заметное. В настоящий период площадь под сельскохозяйственными угодьями составляет около 2656 тыс. га, что в 3 раза больше, чем в 2005 г. Пахотных массивов стало больше, но площадь их не достигает уровня 2000 г. и, тем более, уровня 1976–1990 гг., когда в Туве интенсивно вели земледелие.

Наибольшую площадь в сельскохозяйственных угодьях в республике занимают каштановые почвы (67 %), которые были в основном образованы на почвообразующих породах делювиально-пролювиальных и пролювиальных отложениях песчаного гранулометрического состава при участии полынно-злаковых растений и черноземы (24 %). Аллювиальные дерновые занимают – 9 %.

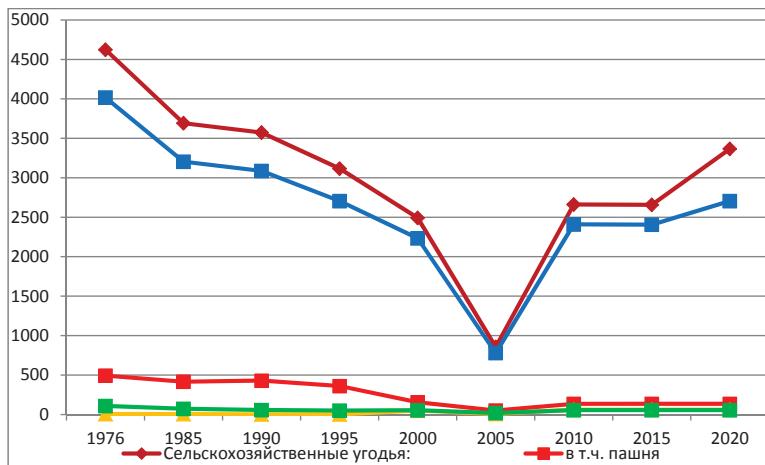


Рис. Динамика сельскохозяйственных угодий в Туве

Основной показатель оценки плодородия почв – гумус. По содержанию гумуса в верхнем пахотном слое почвы распределились в следующем убывающем порядке: чернозем обыкновенный > чернозем южный > темно-каштановая > каштановая > аллювиальная дерновая > светло-каштановая (табл.).

По уровню гумусированности почвы по районам и хозяйствам распределяются неравномерно. Среднегумусные почвы расположены в основном в хозяйствах Тандинского Пий-Хемского, Чеди-Хольского, Кая-Хемского и Улуг-Хемского районах. Низкогумусные почвы характерны для хозяйств Эрзинского и Тес-Хемского районов.

Таблица

Содержание гумуса в верхнем слое агропочв, %

Почва	<i>n</i>	<i>X</i>	<i>S<sub>x</sub></i>	<i>S<sup>2</sup></i>	<i>V</i>
Чернозем обыкновенный	22	4,36	0,39	1,80	31
Чернозем южный	40	3,94	0,18	0,98	25
Темно-каштановая	42	3,42	0,10	0,41	42
Каштановая	73	2,52	0,13	1,21	44
Светло-каштановая	35	2,13	0,15	0,55	35

По данным ФГБУ агрохимической службы «Тувинская» средневзвешенное содержание гумуса в почвах пахотных земель по республике составило 3,07 %.

Запасы гумуса в слое 0–20 см в среднем равны около 70 т/га, что соответствуют низким оценкам.

Проблема гумуса в регионе остается достаточно острой. В последние десятилетия идет четкая тенденция уменьшения гумуса в агропочвах всех хозяйств. В целом по республике среднегодовые потери гумуса в пахотных поч-

вах составляют 1,2 т/га. Основные потери гумуса вызваны эрозией почв, низким агрофоном, а также не достаточным возвратом в почву элементов питания, а в связи с этим падает уровень плодородия почв, снижается продуктивность полевых культур.

Если наиболее высокая урожайность зерновых культур наблюдалась в период 1986–1990 гг., что было связано с внедрением интенсивных технологий возделывания, внесением органических и минеральных удобрений, благоприятными погодными условиями. Именно в эти годы применение минеральных и органических удобрений достигло максимальной величины: 59 кг д. в./га и 0,85 т/га соответственно [1].

За 1991–2019 гг. внесение органических удобрений в Туве сократилось в 19 раз, минеральных – более чем в 100 раз, по сравнению с 1981–1990 гг. В последние 10 лет внесения органических и минеральных удобрений остаются очень низкими. Поэтому одной из главных задач земледелия в Туве является эффективное применение минеральных и органических удобрений с учетом типов почв и других зональных особенностей.

Таким образом, в связи с особенностями природных, почвенных и социально-экономических условий Тувы здесь сформированы почвы каштанового типа с низким уровнем содержания и запасами гумуса. При всей важности сохранения естественных экосистем региона нельзя отказываться от его сельскохозяйственного использования. Однако объемы сельскохозяйственного производства не должны находиться в противоречии с требованиями сохранения природной среды, как это было раньше, когда необоснованное увеличение поголовья скота вело к деградации пастбищ, а вовлечение в пашню проблемных земель – деградации почв и потери их плодородия. Современная концепция эффективного ведения сельскохозяйственного производства Тувы предусматривает преимущественное развитие полукочевого скотоводства при ограниченном развитии очагового орошаемого земледелия.

### Литература

1. Жулanova В. Н. Агрогенная эволюция почв Тувы. Кызыл: Изд-во ТувГУ, 2016. 232 с.
2. Республика Тыва в цифрах 2019 : стат. сб. / Красноярскстат. Кызыл, 2020. 151 с.

## PROPERTIES OF AGRO-SOILS OF LOWLAND LANDSCAPES OF TUVA

V. N. Zhulanova

*Tuvan State University, Kyzyl, Russian Federation*  
*zhvf@mail.ru*

The paper presents the results of studies of zonal chestnut soils of agroecosystems of the region. The arable fund of Tuva is dominated by low-power, low-humus chestnut soils (67 %). Data on the content of the main agrochemical indicators are of interest for monitoring the fertility of the soil cover of Tuva.

## ВЛИЯНИЕ ОСУШЕНИЯ НА ИЗМЕНЕНИЕ АГРОХИМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПОЧВ СРЕДНЕАУРСКОЙ НИЗМЕННОСТИ

В. А. Зубарев<sup>1</sup>, Ю. А. Мажайский<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Институт комплексного анализа региональных проблем ДВО РАН

Биробиджан, Россия, Zibarev\_1986@mail.ru

<sup>2</sup>Рязанский государственный агротехнологический университет им. П. А. Костычева  
Рязань, Россия, mail@mntc.pro

Одним из основных компонентов наземной экосистемы, которая обеспечивает стабильное существование биосфера, является почва. Характерной чертой современного земледелия, по результатам большого количества исследований, является трансформация и дальнейшая деградация вовлеченных почв в сельскохозяйственное использование.

На территории Еврейской автономной области (ЕАО) частое переувлажнение является фактором, ограничивающим получение стабильных и высоких урожаев [3; 5]. Проблема экологической защиты земель, в особенности, подверженных влиянию осушения в современное время наиболее актуальна, и является одним из наиболее приоритетных вопросов охраны природной среды и мест обитания человека [4; 6]. Интерес к подобным исследованиям вызван территориальной близостью Китая к ЕАО. На территории ЕАО, по ряду причин практически отсутствует, контроль за экологическим и агрохимическим состоянием арендуемых сельскохозяйственных земель. За последние времена масштабы использования пахотных почв приграничных районов ЕАО китайскими арендаторами увеличиваются, для которых характерно интенсивное применение большого количества разнообразных удобрений и пестицидов [2].

Целью работы является анализ уровня агрохимического изменения основных свойств пахотных лугово-глеевых почв ЕАО под влиянием осушительной мелиорации.

Район исследований расположен на юго-западе ЕАО, представляет собой крупную межгорную впадину сложного строения сложенную озерно-аллювиальными, песчано-суглинистыми толщами среднего и верхнего плейстоцена. По климатическому районированию территория исследования относится к муссонной лесной климатической области умеренных широт, среднегодовая сумма осадков – 500–600 мм, в отдельные годы до 1000 мм. Большое количество летних осадков (40–50 % годовой суммы осадков) выпадает в июле – августе и создает условия временного избыточного поверхностного увлажнения почв [1]. Сложные природно-климатические условия региона, такие как тяжелый гранулометрический состав почв, частое избыточное поверхностное увлажнение, неустойчивая верховодка, периодически изменяющиеся окислительно-восстановительные условия – определяют процессы формирования почв и их специфические черты. Для изучения влияния осушительной мелиорации на состояние почв на территории Среднеамурской низменности полевые исследования проводились в 2008 г. и через десять лет в 2018 г. Для сравнительного

анализа выбраны немелиорированные и мелиорированные, используемые в сельскохозяйственном обороте, лугово-глеевые. В каждом исследуемом полигоне производился отбор проб, из поверхностного почвенного горизонта (0–25 см) методом квадрата по ГОСТ 28168–89. Общее число всех проб за исследуемый период – 340 (170 образцов почв не мелиорированных и 170 – мелиорированных).

Агрехимические анализы проводили с использованием общепринятых методов: кислотность солевой вытяжки  $\text{pH}_{\text{KCl}}$  – потенциометрически (ГОСТ 26483-85), гумус – по методу Тюрина в модификации ЦИНАО (ГОСТ 26213-91), подвижный фосфор – в вытяжке 0,2 НCl по Кирсанову в модификации ЦИНАО (ГОСТ 26207-91), сумма поглощенных оснований – по методу Каппена (ГОСТ 27821–88). Валовой химический состав почв определен по методике, описанной Е. В. Аринушкиной (1970).

Нами показано, что (в 2008 г.) поверхностные плодородные горизонты осущеных почв (0–20 см) содержали больше гумуса (на 0,1 %), чем немелиорированные (табл. 1), что явно связано проведением агротехнических работ, а также с внесением органических и минеральных удобрений, на осушеные поля, в предыдущие годы. В 2018 г. на неосущеных почвах произошло увеличение содержания гумуса на 40 %, а на осущеных всего на 19 %. За десятилетний период, к 2018 г., в неосущеных почвах произошло увеличение содержание гумуса на 40 %, что связано с периодическими весенними и летне-осенними паводками, в исследуемой части Среднеамурской низменности, в 2010, 2013, 2014, 2017 гг. В период паводков на поверхности почвы откладывался наилок мощностью 0,5–1,0 см. Таким образом, за 10 лет на поверхности почвы могло отложиться не менее 5–10 см аллювия, содержащего органическое вещество. В осущеных почвах, к 2018 г., увеличение содержания гумуса произошло всего на 19 %, поступающий наилок ежегодно перемешивается с пахотным горизонтом, как бы разбавляя его и понижая тем самым общее количество органического вещества в поверхностном слое. Также снижение гумуса, может быть, связано с аэрацией при ежегодной распашке, и со сменой застойного водного режима на застойно-промывной, с частой сменой анаэробных и аэробных условий, способствующей быстрой сработке.

Таблица 1  
Агрехимическое состояние лугово-глеевых почв при длительном  
сельскохозяйственном использовании

Полигоны отбора проб почв	Гумус %	$\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$	$\text{pH}_{\text{KCl}}$	Сумма поглощенных оснований	Степень насыщенности, %
Неосущеные	<u>3,13</u> 4,41	<u>5,30</u> 5,70	<u>4,30</u> 4,45	<u>29,90</u> 26,30	<u>72</u> 87
Осущеные	<u>3,22</u> 3,86	<u>7,13</u> 7,10	<u>4,89</u> 4,61	<u>38,50</u> 45,10	<u>96</u> 96

Примечание: числитель – 2008 г., знаменатель – 2018 г.

Неосушенные почвы характеризуются как кислые и слабокислые, однако при мелиорировании и прокладке дренажа изменяются кислородные условия, в них отмечено увеличение кислотности и количества подвижного алюминия, содержания поглощенных оснований и степени насыщенности основаниями.

При оценке валового состава луговых почв необходимо отметить отсутствие контрастных изменений (табл. 2). Однако при этом можно проследить ряд закономерных изменений, которые обусловлены влиянием осушения.

Таблица 2

Изменения валового состава дерновых лугово-глеевых почв под влиянием осушительной мелиорации

Полигоны отбора проб почв	$\text{SiO}_2$	$\text{Al}_2\text{O}_3$	$\text{Fe}_2\text{O}_3$	$\text{MnO}$	$\text{P}_2\text{O}_5$	$\text{CaO}$	$\text{MgO}$
	% на прокаленную навеску						
Неосушенные	70,05 70,07	16,61 16,87	8,88 8,69	0,30 0,27	0,53 0,51	1,48 2,38	1,25 2,74
Осушенные	59,88 58,91	13,47 13,12	6,49 6,60	0,18 0,12	0,39 0,36	1,37 2,64	1,77 2,38

Примечание: числитель – 2008 год, знаменатель – 2018 г.

В осушенной почве увеличение содержания валового кальция и магния, под влиянием не только мелиоративного, но и гидрогенного фактора, связанного с поступлением грунтовых вод с нижележащих горизонтов, в период подтопления. Прослеживается вынос как осушенных, так и не осушенных почв Mn – элемента обладающего активной миграционной способностью. Снижается общее содержание кремнезема ( $\text{SiO}_2$ ), возможно, в результате выноса аморфного кремния с дренажными водами.

Осушенные почвы обеднены подвижным фосфором, что связано с действием дренирования, небольшими дозами внесения органических и минеральных удобрений. Так же в тяжелых глинистых почвах после осушения сохраняются анаэробные условия, при которых неподвижные фосфаты окиси железа переходят в подвижные фосфаты и поступают вначале в почвенный раствор.

По содержанию железа в осушенных почвах происходит увеличение его, по отношению к неосушенным почвам. В неосушенных почвах железо примерно на 80 % находится в виде двухвалентного (закисного) железа и 20 % приходится на трехвалентное (окисное) железо. При дренировании осушительными каналами создаются условия улучшенной аэрации, способствующие снижению влажности и изменению кислотности пойменных почв в сторону нейтральной pH среды. Это привело к возрастанию трехвалентного железа до 40 %. Повышенное количество  $\text{Fe}^{2+}$  связано с глеевыми процессами, развитие которых зависит от многообразных факторов, к которым можно отнести условия влажности исследуемой территории, гранулометрическому составу почв, химическим и биологическим процессам, а также содержанию и формам органического вещества и др.

Таким образом, осушение тяжелых лугово-глеевых почв Среднеамурской низменности сопровождается изменением кислотности в нейтральную сторону,

содержания поглощенных оснований и степени насыщенности основаниями, а также подвижного алюминия. Снижение содержания гумуса связано со сменой анаэробных и аэробных условий при ежегодной распашке, и изменением застойного водного режима на застойно-промывной, что способствует быстрой его сработке. Осушительная мелиорация без дальнейшего окультуривания отрицательно влияет на плодородие почв, ухудшая их агрохимические, физические и другие свойства, поэтому целесообразно возобновить внесение органических и минеральных удобрений, а также проводить известкование на мелиорируемых почвах.

### Литература

1. Zubarev V. A., Mazhaysky Y. A., Guseva T. M. The impact of drainage reclamation on the components of agricultural landscapes of small rivers // Agronomy Research. 2020. Vol. 18, Iss. 4. P. 2677–2686.
2. Zubarev V. A., Kogan R. M. Ecological conditions of watercourses in the Middle Amur Lowland in the areas of drainage reclamation // Water Resources. 2017. Vol. 44, N 7. P. 940–951.
3. Фитолиты в луговых почвах Среднеамурской низменности / А. А. Гольева, Л. А. Матюшкина, Г. В. Харитонова, В. С. Комарова // Тихоокеанская геология. 2014. Т. 33, № 5. С. 101–109.
4. Горюхин М. В., Зубарев В. А., Аношкин А. В. Антропогенное преобразование пойменно-речевых комплексов рек Среднего Приамурья // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2016. Т. 18, № 2–2. С. 337–340
5. Зубарев В. А., Мажайский Ю. А. Влияние осушения на изменение агрохимических свойств лугово-глеевых почв Среднеамурской низменности // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П. А. Костычева. 2020. № 1 (45). С. 33–37.
6. Зубарев, В. А. Влияние осушительной мелиорации на содержание тяжелых металлов в пойменных почвах Среднеамурской низменности // Вестник Томского государственного университета. Биология. 2014. № 4 (28). С. 6–16.

## INFLUENCE OF DRYING ON THE CHANGE OF AGROCHEMICAL INDICATORS OF SOILS OF THE MIDDLE AURIAN LOWNESS

V. A. Zubarev, Yu. A. Mazhaisky

*Institute for Comprehensive Analysis of Regional Problems FEB RAS*

*Birobidzhan, Russian Federation, Zubarev\_1986@mail.ru*

*Ryazan State Agrotechnological University named after P. A. Kostychev*

*Ryazan, Russian Federation, mail@mntc.pro*

The aim of the study was to clarify and clarify the nature and degree of change in the basic properties of agricultural meadow-gley soils under the influence of drainage reclamation. To study the effect of drainage reclamation on the state of soils in the territory of the Central Amur Lowland, field studies were conducted in 2008 and through ten tapes in 2018. Conducting drainage reclamation on heavy meadow-gley soils of the Middle Amur Lowland (for example, the Jewish Autonomous Region) is accompanied by a change in pH to the neutral side and a slight increase in the gross content of metals, absorbed bases and degree of saturation with bases. The decrease in humus content is associated with increased aeration during the annual plowing of land, a change in the water regime to stagnant-flushing, which contributes to the rapid depletion of humus.

## АЗОТНЫЙ РЕЖИМ ЧЕРНОЗЕМА ОБЫКНОВЕННОГО ПРИ ВЫРАЩИВАНИИ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ В СИСТЕМЕ NO-TILL

Я. И. Ильченко, О. А. Бирюкова, А. М. Медведева

Южный федеральный университет, Ростов-на-Дону, Россия

10yaroslav@mail.ru, olga\_alexan@mail.ru, medvedeva.estelior@yandex.ru

Проблема сохранения и повышения плодородия почв становится все более актуальной в связи с возрастающей антропогенной деградацией. Решение этой проблемы возможно посредством совершенствования зональных систем земледелия, внедрения почвозащитных технологий, в том числе и No-till. Технология No-Till приобретает все большую востребованность, так как основана на принципе сбережения ресурсов – почвенно-климатических, материальных, энергетических и трудовых. Главная суть данной технологии – полное отсутствие обработки почвы и создание мульчирующего слоя из растительных остатков на ее поверхности, что защищает от эрозии почвы, предотвращает ее от перегрева в период засухи и от переохлаждения в экстремальных зимних условиях, способствует уменьшению испарения влаги, способствует формированию естественной структуры почвы [2; 7–10]. Одним из элементов этой технологии является рациональное применение минеральных удобрений, основного фактора, обеспечивающего повышение урожайности сельскохозяйственных культур при сохранении плодородия почв.

Исследования проведены в южной зоне Ростовской области. Данная зона характеризуется континентальным климатом, неустойчивым и недостаточным увлажнением. За год выпадает 410–460 мм осадков, ГТК = 0,7–0,76, среднегодовая температура 8,7–9,5 градусов, сумма температур за активно-вегетационный период. Грунтовые воды залегают на глубине 7–10 м. Формирование высоких урожаев полевых культур в этих ландшафтах зависит прежде всего от состояния водного режима, а также условий минерального питания [5].

Почва зоны исследования – чернозем обыкновенный карбонатный средненемощный тяжелосуглинистый на лессовидном суглинке. По Международной реферативной базе почвенных ресурсов (World Research Base) данный тип чернозема относится к Haplic Chernozems [11].

Полевые опыты с озимой пшеницей (*Triticum aestivum* L.) проведены на территории ЗАО им. Кирова Песчанокопского района с 2015 по 2018 г. [1]. Сорт озимой пшеницы – Гром селекции Национального центра зерна им. П. П. Лукьяненко (г. Краснодар).

Минеральные удобрения вносили по следующей схеме: 1. Контроль без удобрений; 2. N12P52 при посеве+N30 в фазу кущения+N70 в фазу выхода в трубку; 3. K32Mg12S20 при посеве+N30 в фазу кущения+N70 в фазу выхода в трубку; 4. N12P52+K32Mg12S20 при посеве+N30 в фазу кущения+N70 в фазу выхода в трубку; 5. N12P52+K32Mg12S20 при посеве на глубину 10 см + N30 в фазу кущения+N70 в фазу выхода в трубку. В качестве удобрений использовав-

ли: аммофос (N12P52), калимагнезию (K32Mg12S20), аммиачную селитру (N34).

Повторность опыта – 4-кратная. Общая площадь делянки – 110 кв. м. Предшественник: лён (*Linum L.*). Для посева использовали трактор МТЗ 1523 и сеялку Semeato TDNG 420 производства Бразилия. Норма высева семян – 5 миллионов штук всхожих семян на 1 га, глубина их заделки – 4 см.

Образцы почвы отбирали до посева, в фазы выхода в трубку и полной спелости по слоям: 0–5, 5–10, 10–15, 15–20, 20–25, 25–30 см). Определение содержания нитратного и аммонийного азота проведено ионометрическим методом [4].

Наблюдения за динамикой азотного режима почвы в посевах озимой пшеницы показали, что в содержании минерального азота в почве прослеживается определённая закономерность. До посева озимой пшеницы уровень накопления нитратного азота был низкий (<10,0 мг/кг). Наибольшая концентрация нитратного азота по всем изучаемым вариантам наблюдается во время выхода в трубку озимой пшеницы. К концу вегетации за счёт потребления азота растениями озимой пшеницы происходило существенное снижение его уровня накопления в почве (рис. 1). Для формирования урожая 50–70 ц/га озимая пшеница использует 200–280 кг азота. Наибольшую потребность в азоте растения озимой пшеницы испытывают в межфазный период «выход в трубку – колошение» [6]. Низкий уровень накопления нитратного азота в фазу полной спелости является следствием не только потребления его растениями, но и определяется гидротермическими условиями почвы (влажность и аэрация). Общеизвестно, что процесс нитрификации протекает интенсивно при благоприятной влажности почвы – 60–70 % от капиллярной влагоемкости, хорошей аэрации, оптимальной температуре 25–32 °С.

Закономерность накопления аммонийного азота в посевах озимой пшеницы была аналогичной характеру изменения содержания нитратов в почве. Рост концентрации минерального азота, как нитратного, так и аммонийного, в фазу выхода в трубку обусловлен проведением двух подкормок аммиачной селитрой на всех вариантах опыта, исключая контроль (без применения удобрений).

Содержание минерального азота в почве варьирует в зависимости от внесенных минеральных удобрений. Припосевное внесение аммофоса, калимагнезии и подкормки аммиачной селитрой повышают содержание нитратного азота практически по всем исследуемым слоям почвы. Наибольшее повышение интенсивности процесса нитрификации выявлено при совместном применении аммофоса и калимагнезии, как на глубину посева, так и глубину 10 см. В фазу выхода в трубку увеличение содержания нитратного азота в этих вариантах составило 37,0 и 46,0 % соответственно по сравнению с контролем (слой 0–30 см). Содержание аммонийного азота в удобренных вариантах было практически на уровне контроля. Это свидетельствует о высокой интенсивности процесса нитрификации в черноземе обыкновенном, при которой основная масса аммонийного азота быстро окисляется до нитратов. В фазу полной спелости выявлено некоторое снижение содержания обеих форм азота в удобренных вариантах за счет выноса его урожаем озимой пшеницы [3].

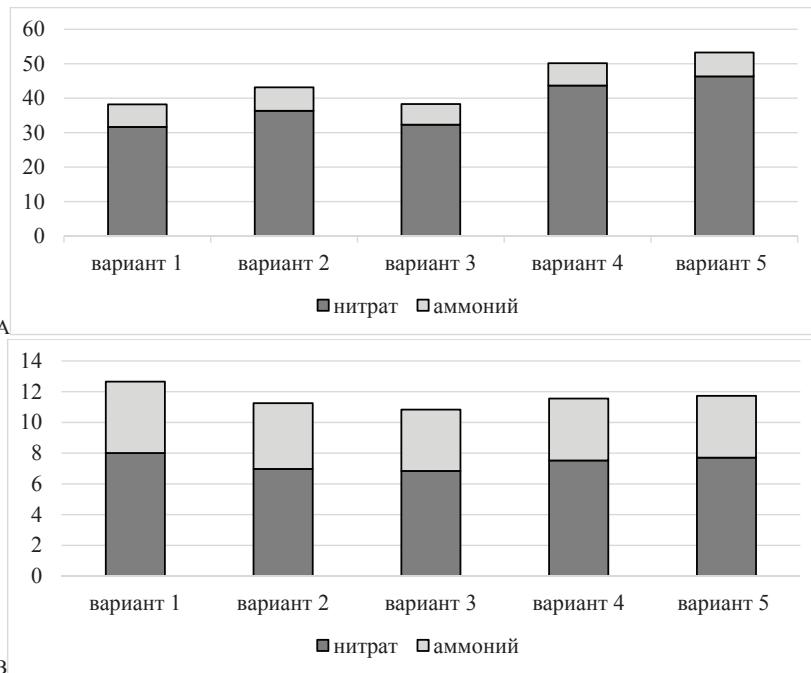


Рис. 1. Содержание минерального азота в фазу выхода в трубку (А), в фазу полной спелости (Б), мг/кг (среднее 2016–2018 гг.).

Во все годы исследования распределение нитратного и аммонийного азота по профилю почвы в исследуемые фазы развития растений имеет сходный характер. Минеральный азот сосредоточен в верхних биологически активных слоях почвы, с глубиной его количество существенно уменьшается (рис. 2). Так, в фазу выхода в трубку содержание нитратного азота в нижнем анализируемом слое (25–30 см) на контролльном варианте в 9,6 раза меньше, чем в поверхностном (0–5 см). Применение удобрений увеличивает дифференциацию нитратного азота по профилю почвы. Максимальная разница (в 16,0 раз) в его содержании между верхним и нижним слоями выявлена при внесении аммофоса с двумя подкормками аммиачной селитрой. Дифференция аммонийного азота выражена в меньшей степени, чем нитратного.

Следует отметить значительные колебания интенсивности процессов аммонификации и нитрификации в черноземе обыкновенном по годам исследования в зависимости от агрометеорологических условий выращивания озимой пшеницы. Наиболее благоприятным по сумме и характеру распределения осадков в течение вегетации озимой пшеницы был 2016 г., что подтверждается и более высоким уровнем содержания нитратного и аммонийного азота в почве.

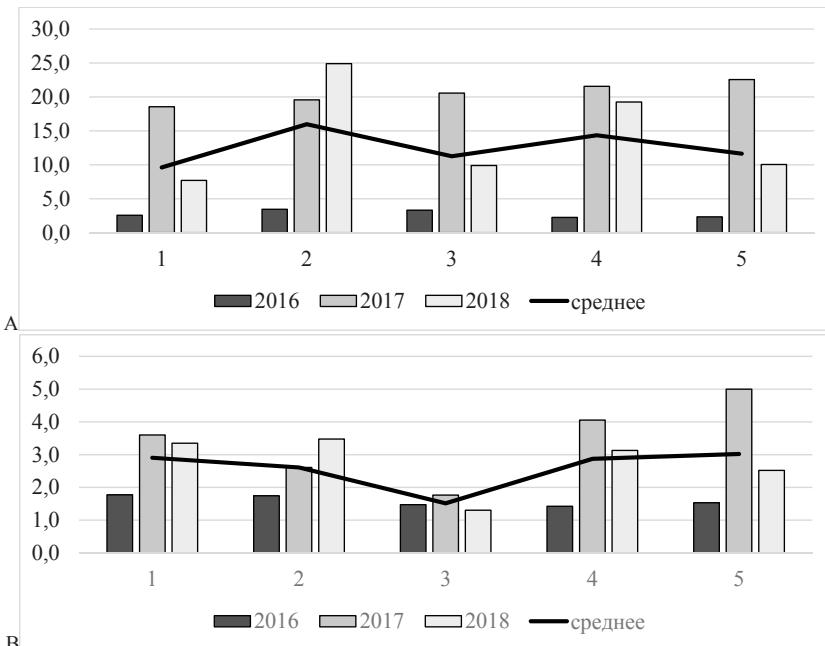


Рис. 2. Разница в содержании минерального азота в фазу выхода в трубку, нитратного (А), аммонийного (Б) (2016–2018 гг.)

Таким образом, наблюдения за динамикой минерального азота в почве показали, что внесение минеральных удобрений в системе No-till улучшает азотный режим чернозёма обыкновенного, способствуя повышению урожайности озимой пшеницы.

*Исследование выполнено при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования РФ в рамках государственного задания в сфере научной деятельности (№ 0852–2020–0029) и государственной поддержке ведущих научных школ Российской Федерации (грант Президента РФ НШ-2511.2020.11).*

### Литература

- Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М. : Колос, 1985. 416 с.
- Азот в черноземах при традиционной технологии обработки и прямом посеве (обзор) / А. А. Завалин, В. К. Дридигер, В. П. Белобродов, С. А. Юдин // Почвоведение. 2018. № 12. С. 1506 – 1516.
- Ильченко Я. И., Бирюкова О. А., Медведева А. М. Урожайность озимой пшеницы при выращивании по технологии No-Till на черноземе Нижнего Дона // Аграрные ландшафты, их устойчивость и особенности развития : сб. науч. тр. по материалам Междунар. науч.-экол. конф. Краснодар 24–26 марта 2020 г. С. 490–493.
- Минеев В. Г. Практикум по агрохимии. М: МГУ, 2001. 689 с.

5. Климат и агроклиматические ресурсы Ростовской области / Ю. П. Хрусталев, В. Н. Ва-силенко, И. В. Свисюк, В. Д. Панов, Ю. А. Ларинов. Ростов н/Д, 2002. 183 с.
6. Шеуджен А. Х., Бондарева Т. Н., Онищенко Л. М. Питание и удобрение зерновых, крупяных и зернобобовых культур. Краснодар : КубГАУ, 2012. С. 31–78.
7. When does no-till yield more? A global meta-analysis / A. Bruce, E. Mark, L. Xinjiang, J. Groenigen, N. Gestel, J. Six, T. Rodney // Field Crops Research. 2015. Vol. 183. P. 156–168.
8. Kabiri V., Raiesi F., Ghavazi, M. A. Six years of different tillage systems affected aggregate-associated SOM in a semi-arid loam soil from Central Iran // Soil and Tillage Research. 2015. Vol. 154. P. 114–125.
9. Lessiter F. 29 reasons why many growers are harvesting higher no-till yields in their fields than some university scientists find in research plots // No-till Farmer. 2015. Vol. 44, N 2. P. 8.
10. Nawaz A., Farooq M., Lal R. Mulching Affects Soil Properties and Greenhouse Gas Emissions Under Long-Term No-Till and Plough-Till Systems in Alfisol of Central Ohio // Land Degradation & Development. 2017. February. P. 673–681.
11. World reference base for soil resources 2014. International soil classification system for naming soils and creating legends for soil maps. World Soil Resources Reports N 106. FAO, Rome. 2014. 81 p.

## NITROGEN REGIME OF HAPLIC CHERNOZEM IN THE CULTIVATION OF WINTER WHEAT IN THE NO-TILL SYSTEM

**Y. I. Ilchenko, O. A. Biryukova, A. M. Medvedeva**

*Southern Federal University, Rostov-on-Don, Russian Federation*

*10yaroslav@mail.ru, olga\_alexan@mail.ru, medvedeva.estelior@yandex.ru*

The results of studying the effect of mineral fertilizers on the accumulation of ammonium and nitrate nitrogen in haplic chernozem when growing winter wheat using the No-till technology are presented. It was shown that the introduction of ammophos, potassium magnesium and ammonium nitrate increased the content of mineral nitrogen, improving the nitrogen regime of the soil during the entire growing season of winter wheat. Differentiation of mineral nitrogen by soil layers was revealed, and it is more pronounced for nitrate nitrogen than for ammonium nitrogen. The use of fertilizers in a No-till system increases the differentiation of mineral nitrogen in the soil.

## ВЛИЯНИЕ СОЛОМЫ ПШЕНИЦЫ И БИОДЕСТРУКТОРА РАСТИТЕЛЬНЫХ ОСТАТКОВ НА МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ ЧЕРНОЗЕМА ЮЖНОГО

И. А. Каменева, А. И. Якубовская, Т. Н. Мельничук, М. В. Гритчин  
А. В. Приходько, И. И. Смирнова, Н. В. Караваева

Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма  
Симферополь, Россия, *irina.kameneva.7@mail.ru*

Заделка соломы и послеуборочных остатков зерновых культур в почву является одним из эффективных агроприемов восполнения почвенного плодородия. Содержащиеся в соломе органические вещества (целлюлоза, лигнин и др.) являются материалом для образования гумуса [4], а биогенные элементы (азот, фосфор, калий, сера, молибден и т. д.) пополняют общий запас питательных веществ почвы [6]. Органическое вещество растительного происхождения при попадании в почву подвергается интенсивной трансформации почвенными микроорганизмами. Известно, что солома активизирует микробиологические процессы в почве [1; 5; 7]. Одним из эффективных приемов интенсификации процесса разложения растительных остатков в почве и их более полного вовлечения в биологический круговорот является внесение биопрепараторов на основе микроорганизмов-деструкторов [5; 8].

В последнее время популярны микробные препараты на основе природных или лабораторных ассоциаций микроорганизмов. В отделе сельскохозяйственной микробиологии ФГБУН «НИИСХ Крыма» в рамках выполнения гранта (РФФИ 19-416-910003 р\_а) создана лабораторная ассоциация микроорганизмов с высокой целлюлозолитической активностью. Актуальными являются исследования влияния соломы, послеуборочных растительных остатков и ассоциаций микроорганизмов – биодеструкторов на биологическую активность почвы, как в начале разложения растительной массы, так и непосредственно перед посевом основной культуры в севообороте – пшеницы озимой.

Цель данной работы заключалась в изучении биологической активности чернозема южного при заделке растительных остатков озимой пшеницы, обработанных целлюлозолитической ассоциацией (ЦА), на микробиологические процессы в черноземе южном.

Исследования проводили в условиях полевого опыта (2018–2019 гг.) на черноземе южном малогумусном на лессовидных глинах (Красногвардейский район, с. Клепинино). Мощность гумусового горизонта – до 40 см. Количество гумуса (по Тюрину) – 2,1–2,5 %, подвижного фосфора (по Мачигину) – 5,5–9,0 мг, обменного калия – 37,3–42,2 мг на 100 г почвы. Контроль – черный пар со стандартной технологией его содержания. Солому озимой пшеницы, обрабатывали ЦА микроорганизмов при помощи ОП–2000 в агрегате с трактором МТЗ–82, измельчали и заделяли в почву на глубину 10–15 см. Постановку полевых опытов осуществляли по Доспехову Б. А. [2] в трехкратном повторении. Отборы почвы проводили через 14 и 92 дней после закладки опытов 26 июля и 14

октября соответственно с глубины 0–16 см. Ферментативную активность и обилие азотфикссирующих бактерий рода *Azotobacter* определяли общепринятыми методами [9]. Статистическую обработку результатов проводили с использованием программы Microsoft Excel.

Результаты исследований показали положительное влияние соломы и ЦА на развитие азотфикссирующих бактерий рода *Azotobacter*. Через 14 дней после заделки необработанной и обработанной ЦА соломы отмечено обрастание кочочек почвы бактериальной культурой 93 и 100 % соответственно при 83 % – в контроле (рис. 1). Через 96 дней опыта обилие азотобактера в вариантах с соломой без обработки и с обработкой ЦА превышало контроль на 6,5 и 3,2 % соответственно и составляло: 93 % в контроле, 99 % – в варианте с заделкой соломы и 96 % – с применением ЦА. В этот период между численностью (обилием) азотобактера и содержанием гумуса (подвижного органического вещества) в почве установлена высокая прямая корреляция ( $r = 0,93$ ).

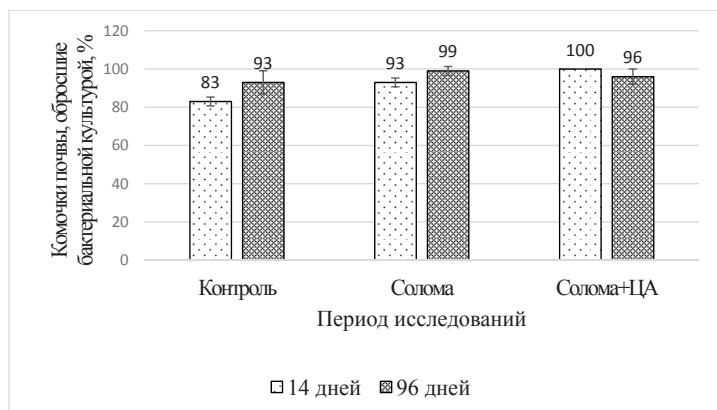


Рис. 1. Динамика численности азотобактера

В почве в результате жизнедеятельности почвенной микробиоты протекают одновременно противоположные процессы: синтез и минерализация органического вещества. Анализ диаграммы (рис. 2) показал тенденцию увеличения пероксидазы при заделке необработанной ЦА соломы и активность каталазы и эмиссии  $\text{CO}_2$  – при заделке соломы с биодиструктором через 14 дней опыта. Через 96 дней в почве с обработанной биодеструктором соломой, активность пероксидазы на 18,2 % превышала контроль и вариант с необработанной соломой. Эмиссия диоксида углерода является одной из важных характеристик биологической активности почвы и может свидетельствовать об аэробной минерализации органических соединений. Также в процессах разложения органических веществ и трансформации их в гумусовые соединения участвует фермент каталаза [10]. Статистический анализ результатов показал, что через 96 дней опыта при заделке соломы отмечен высокий уровень отрицательной корреляции между активностью каталазы и эмиссией диоксида углерода ( $r = -0,94$ ), каталазой и пероксидазой ( $r = -0,76$ ).

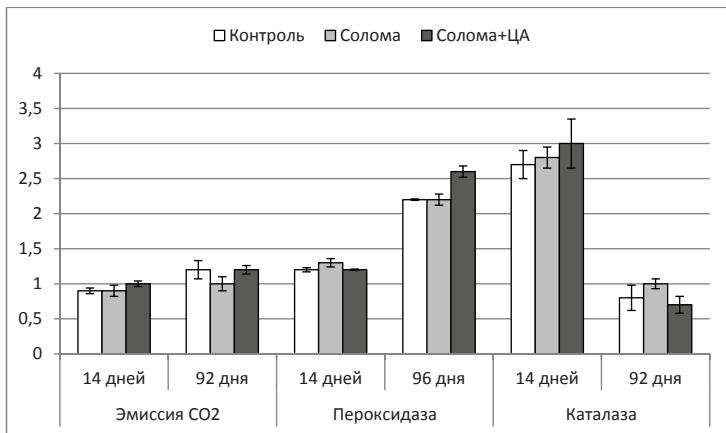


Рис. 2. Биологическая активность чернозема южного при внесении соломы и биодиструктора

Примечание: Эмиссия CO<sub>2</sub>, мг/ 1 г почвы; Каталаз, мл O<sub>2</sub> за минуту / г почвы; Пероксидаза, мкмоль C<sub>7</sub>H<sub>8</sub>O<sub>2</sub>/100 г почвы

В процессе разложения соломы, в почве могут накапливаться вещества, токсические для растений [11]. Результаты наших исследований показали, что через 14 дней после запахивания соломы всхожие семена составляют 89 %, как и в почве черного пара (рис. 3). Обработка соломы ЦА снижает токсикоз почвы, о чем свидетельствует повышение всхожести семян до 92,7 %. Установлена прямая сильная парная корреляция ( $r = 0,98$ ) между численностью микромицетов и фитотоксичными свойствами почвы. Анализ почвы через 92 дня показал повышение всхожести семян пшеницы. При этом сохраняется тенденция положительного действия обработки соломы ЦА на снижение фитотоксичности почвы. Это является положительным фактором для последующих в севообороте культур, как правило, озимых зерновых.

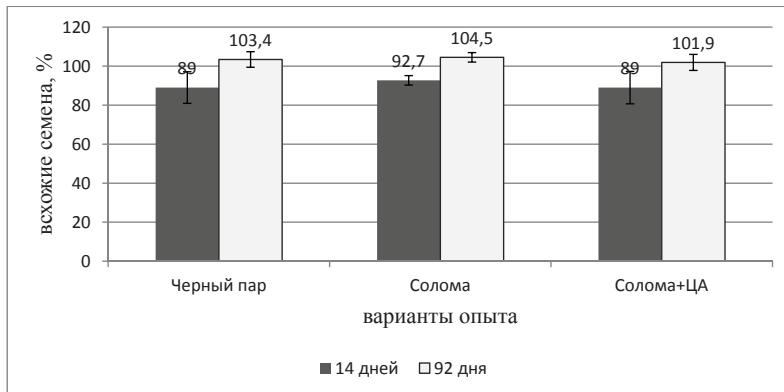


Рис. 3. Влияние соломы на всхожесть семян озимой пшеницы (фитотоксичность почвы)

Таким образом, установлено положительное влияние соломы и деструктора растительных остатков на микробиологические процессы в черноземе южном, что через 14 дней после заделки проявлялось в увеличении численности азотфикссирующих бактерий рода Azotobacter, активности эмиссии CO<sub>2</sub> и катализы, фермента, который свидетельствует о физиологическом состоянии аэробной микробиоты и зависит от содержания свежего органического вещества, поступающего в почву с растительными остатками. Обработка соломы целлюлозитической ассоциацией для ускорения ее биодеструкции, вероятно, способствовала снижению каталазной активности и повышению пероксидазы в сравнении с контролем и вариантом без применения ЦА через 96 дней опыта. Установлена тенденция положительного действия обработки соломы ЦА на снижение фитотоксичности почвы. Это является положительным фактором для последующих в севообороте культур, как правило, озимых зерновых.

### Литература

1. Дем'янюк О. С., Шерстобоева О. В., Демидов О. А. Біологічна активність чорнозему типового залежно від виду органічного субстрату органо-мінеральної системи удобрень // Вістник Житомирського національного університету. 2016. Т. 1, № 2 (56). С. 17–25.
2. Дзюн А. Г. Влияние соломы в севообороте на численность микроорганизмов и биологическую активность почвы // Аграрная наука Евро-Северо-Востока, 2018. Т. 62. С. 58–64.
3. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта. М. : Агропромиздат, 1985. 352 с.
4. Composition of wheat straw and the impact of posting on its expansion in the dry farming northwest Pacific ocean / C. L. Douglas, R. R. Allmaras, P. E. Rasmussen, R. E. Ramig, N. C. Roager // Soil Sci. Soc. Amer. J., 1980. Vol. 44, N 4. P. 833–837.
5. Лебедева Т. Б., Арефьева М. В., Арефьев А. И. Использование соломы для улучшения гумусного состояния почв // Нива Поволжья. 2008. С. 12–16.
6. Состав и функционирование микробного сообщества при разложении соломы злаковых культур в дерновоподзолистой почве / О. В. Орлова [и др.] // Сельскохозяйственная биология. 2015. Т. 50, № 3. С. 305–314.
7. Русакова И. В. Теоретические основы и методы управления плодородием почв при использовании растительных остатков в земледелии. Владимир : ФГБН ВНИИОУ, 2016. 131 с.
8. Русакова И. В. Изменение микробиологических показателей плодородия дерново-подзолистой почвы при использовании соломы и пожнивного сидерата // Почвоведение. 2013. № 12. С. 1–9.
9. Русакова И. В. Биопрепараты для разложения растительных остатков в агроэкосистемах // Juvenis scientia. 2018. № 9. С. 4–9: <https://doi.org/10.32415/jscientia.2018.09.01>
10. Теппер Е. З., Шильникова В. К., Переверзева Г. И. Практикум по микробиологии. М. : Дрофа, 2005. 256 с.
11. Хазиев Ф. Х. Методы почвенной энзимологии. М. :Наука, 1990. 189 с.
12. Composition of wheat straw and the impact of posting on its expansion in the dry farming northwest Pacific ocean / C. L. Douglas, R. R. Allmaras, P. E. Rasmussen, R. E. Ramig, N. C. Roager // Soil Sci. Soc. Amer. J. 1980. Vol. 44, N4. P. 833–837.

# **INFLUENCE OF WHEAT STRAW AND BIODESTRUCTORS OF PLANT RESIDUES ON MICROBIOLOGICAL PROCESSES OF THE SOUTH CHERNOZEM**

**I. A. Kameneva, A. I. Yakubovskaya, T. N. Melnichuk, M. V. Gritchin, A. V. Prikhodko,  
I. I. Smirnova, N. V. Karaeva**

*Research Institute of Agriculture of Crimea, Simferopol, Russian Federation  
irina.kameneva.7@mail.ru*

Embedding straw and post-harvest residues of grain crops into the soil is one of the most effective agricultural methods for replenishing soil fertility. To intensify the process of transformation of plant residues in the soil and their more complete involvement in the biological cycle, biological products based on microorganisms-destructors are used. The purpose of this work was to study the biological activity of the southern chernozem during the incorporation of plant residues of winter wheat and the cellulolytic association (CA), a biodegradator for microbiological processes in the southern chernozem. The enzymatic activity and the abundance of nitrogen-fixing bacteria of the genus Azotobacter were determined by conventional methods. The results were statistically processed using Microsoft Excel. A positive effect of straw and a destructor of plant residues on microbiological processes in the southern chernozem was established, which, 14 days after embedding, manifested itself in an increase in the number of nitrogen-fixing bacteria of the genus Azotobacter, the activity of CO<sub>2</sub> and catalase emission. After 96 days of the experiment, the abundance of azotobacter in the variants with straw without CA treatment and with treatment exceeded the control by 6. 5 and 3. 2 %, respectively, and amounted to: 93 % in the control, 99 % – in the variant with straw embedding and 96 % – with the use of CA. An increase in peroxidase activity was shown in comparison with control and untreated CA. A tendency of the positive effect of CA straw processing on the reduction of soil phytotoxicity was noted. This is a positive fact for subsequent crops in the crop rotation, as a rule, winter cereals.

## ПОЧВЕННЫЕ РЕСУРСЫ И МОРФОАНАЛИТИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ НЕКОТОРЫХ ПОЧВ НУКУТСКОГО РАЙОНА (ЮЖНОЕ ПРИАНГАРЬЕ)

Н. Д. Киселева, А. С. Сташкевич

Иркутский государственный университет, Иркутск, Россия  
*nata\_kis71@list.ru*

Почвы – ценный не возобновляемый природный ресурс. Почвенные ресурсы имеют особое значение в жизнедеятельности человека. Именно они обеспечивают его продуктами питания и некоторыми видами промышленного сырья, а также выполняют немаловажные экологические функции [4].

Почвы Нукутского района многообразны и неоднородны, что обусловлено своеобразием природных условий, которые, в свою очередь, способствуют формированию различных типов и подтипов почв на территории района. Выявления разнообразия почвенного покрова, корреляции типологической принадлежности и перспективы их дальнейшего использования имеет научное и практическое значение.

Нукутский район расположен в юго-западной части Иркутской области. Общая площадь земель района составляет 240 тыс. га.

В геологическом строении Нукутского района участвуют в основном древние осадочные породы кембрийского возраста и юры. Они отличаются повышенным содержанием карбонатов, доломитов и гипса, что находит свое отражение в морфологическом облике и свойствах почв. Общий характер рельефа холмисто-увалисто-равнинный, пригоден для механизированной обработки, но крутые склоны увалов благоприятствуют развитию водной эрозии почв. Климат территории – резко-континентальный, с умеренно-прохладным летом и суровой малоснежной зимой. Коэффициент увлажнения низкий – 0,66. Среднегодовое количество осадков – 296 мм. Основные водные ресурсы сосредоточены в бассейнах рек Ангара и Унги. В растительном покрове преобладают лиственничные, березовые остеиненные травяные леса, и галофитные луга [1; 2].

На территории Нукутского района наиболее распространенными типами почв являются дерново-карбонатные (102 333 га), серые лесные (46 106,4 га) и лугово-черноземные почвы (16 328,1 га). Меньше распространены – черноземы (14 201,1 га) и луговые (1237,2 га) (рис. 1) [3; 5].

Морфологические и физико-химические свойства основных исследуемых типов почв имеют свои особенности и общие характеристики.

**Тип дерново-карбонатных почв.** Формирование этих почв приурочено к положительным формам рельефа, и особое влияние на химические свойства и морфологические особенности почв оказывают почвообразующие карбонатные и гипсоносные верхнекембрийские отложения. Данный тип почв, в свою очередь, делится на 2 подтипа – типичные и выщелоченные. Почвенные профили (ПП) почв четко разделены на горизонты. Гумусовый горизонт хорошо выра-

жен (30–50 см; гумус – 3–12 %.) (рис. 2). В естественном состоянии имеет хорошо выраженную комковато-зернистую структуру. Вскипание от 10 % HCl у типичных дерново-карбонатных почв с поверхности, у выщелоченных в иллювиальном горизонте, причиной вскипания являются карбонаты, которые морфологически выделяются в форме псевдомицелия. Реакция среды от слабощелочной до щелочной (7,5–8,4). Почвы обладают высоким содержанием поглощенных кальция и магния (в среднем до 35 мг-экв на 100 г почвы), что говорит о прямом воздействии почвообразующих пород и некоторых других свойств на содержание этих элементов в почвах [4; 5].



Рис. 1. Основные типы почв района исследования, га

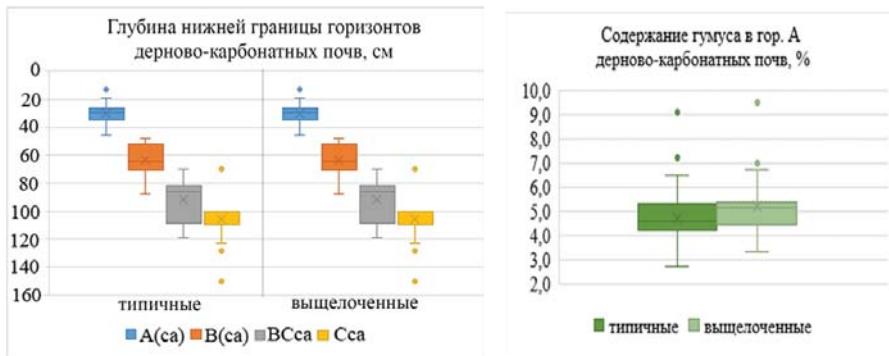


Рис. 2. Морфоаналитические показатели дерново-карбонатных почв

**Серые лесные почвы** делятся на подтипы типичных и остаточно-карбонатных почв и расположены по вершинам и склонам увалов различной экспозиции на элюво-делювии юрских пород карбонатного состава. ПП серых лесных почв четко разделен на горизонты по элювиально-иллювиальному типу. Гумусовые горизонты обычно темно-серой окраски и имеют водопрочную комковато-порошистую структуру. Почвы отличаются повышенным содержанием

гумуса от 4 до 5 % (рис. 3). Переходы к следующим горизонтам хорошо заметны по цвету и плотности. Вскипание от 10 % HCl у подтипа серых лесных типичных почв не проявляется, а у остаточно-карбонатных может обнаруживаться только в нижней части профиля на глубине в среднем 67 см, в связи с этим pH данного типа почв варьирует от нейтральной до щелочной 6,5–8,4. Наблюдается разделение ПП по гранулометрическому составу в следствие подзолистого процесса, % физической глины – 27–50 % [4; 5].

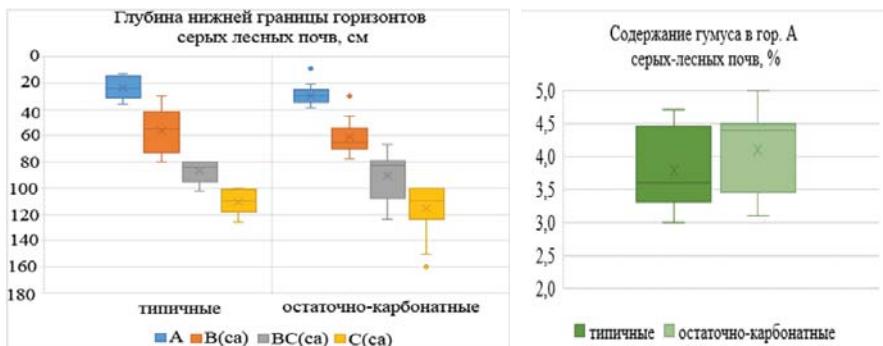


Рис. 3. Морфоаналитические показатели серых-лесных почв

**Тип черноземов** имеет место на равнинах, нижних частях склонов и увалов, древней террасы р. Ангары на делювиальных лессовидных отложениях, обогащенных карбонатами кальция и магния. ПП черноземов выделяется мощным гумусовым горизонтом темно-серого цвета, мощностью в среднем 30–70 см, а также повышенным содержанием общего гумуса 7–10,5 %. Структура гумусового горизонта комковато-зернистая. Вниз по профилю почвенные горизонты постепенно переходят из одного горизонта в другой с затечностью гумуса в виде языков. Выделения карбонатов имеют мучнистую форму, образуя сплошной карбонатный горизонт. Такой горизонт характеризуется окраской от буровато-желтой до желто-коричневой и является самым «тяжелым» по гранулометрическому составу (в среднем % физ. глины > 50 %). Подтипы черноземов на территории района выделяются по степени выщелоченности карбонатов: карбонатные вскипают от 10 % HCl с поверхности, а выщелоченные в среднем на глубине 60 см. pH<sub>H2O</sub> у подтипа чернозем выщелоченный – 7,2–8,6, а черноземов карбонатных – pH<sub>H2O</sub> – 8,6–9,0 [4; 5].

**Тип лугово-черноземных почв** приурочен к пониженным элементам рельефа, занимая долины ручьев, самые низкие части склонов увалов и днища падей. Формируются подтипы лугово-черноземных почв на породах тяжелого, реже среднего гранулометрического состава делювиального происхождения под злаково-разнотравными лугами. Данный тип почв на территории района имеет 2 подтипа: карбонатные и выщелоченные.

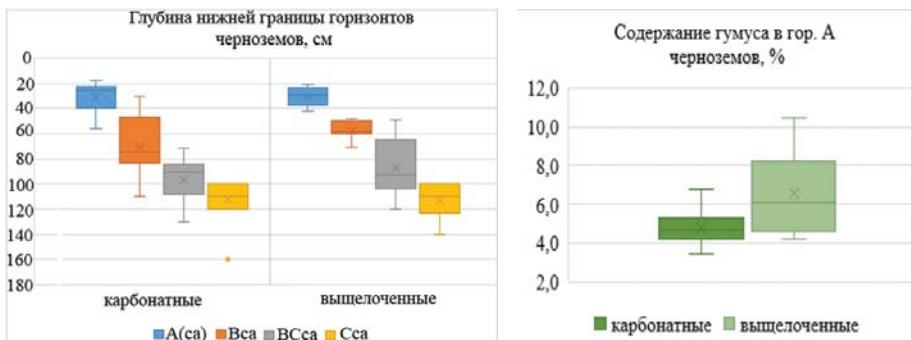


Рис. 4. Морфоаналитические показатели черноземов

Морфологическое строение лугово-черноземных почв сходно со строением черноземов, однако отличительными признаками являются повышенная мощность гумусового горизонта (рис 5), и наличие признака глееватости в нижней части профиля в виде сизых и ржавых пятен, что указывает на избыток увлажнения почв в прошлом. Гумусовый горизонт лугово-черноземных почв выделяется по окраске от темно-серого до черного цвета и имеет мощность в среднем 35–42 см (максимально может достигать 50 см). Структура в естественном состоянии непрочная зернистая, количество общего гумуса высокое – от 5,6 до 10,4 %. Переход от гумусового горизонта к иллювиальному очень постепенный и осуществляется через промежуточный горизонт AB.

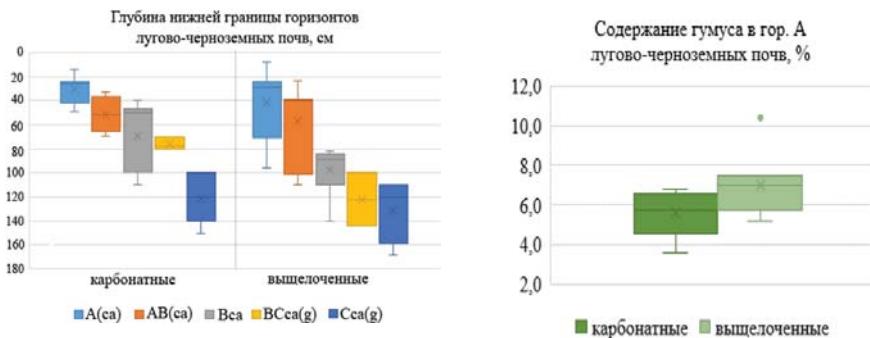


Рис. 5. Морфоаналитические показатели лугово-черноземных почв

Вскипание от 10 % HCl у карбонатных лугово-черноземных почв наблюдается с поверхности, у выщелоченных в среднем на глубине 62 см. Реакция почвенной среды от нейтральной до щелочной (7,0–9,2). По гранулометрическому составу почвы среднесуглинистые, однако вниз по профилю заметно постепенное утяжеление гранулометрического состава (содержание физической глины – в среднем, 35,8–54,2 %) [4; 5].

В ходе исследования основных типов почв Нукутского района была совершена попытка корреляции старой и новой классификации Проблема классификации почв для различных регионов является главной на данный момент времени. Дело в том, что в литературе в основном формулы и названия почв приведены по старой классификации, и данная классификация дает мало представлений о генезисе происхождения этих почв (табл.).

Таблица  
Корреляция старой и новой классификации основных типов почв Нукутского района

Классификация и диагностика почв СССР, 1977 г.		Классификация и диагностика почв России, 2004 г.	
Тип	Подтипы	Отдел, тип	Подтипы
Дерново-карбонатные A(ca)-B(ca)-BC(ca)-C(ca)	Типичные	Отдел: органоаккумулятивных почв Тип: темногумусовые	Остаточно-карбонатные AU(ca)-Cca-Mca
		Отдел: литоземов Тип: карбо-литоземы темногумусовые (рендзины)	Типичные AU(ca)-(Cca)-Mca и глинисто иллювиированные AU-Ct-Mca
	Выщелоченные	Отдел: структурно-метаморфических почв Типы: буроземы AY-BM-C и буроземы темные AU-BM-C	Типичные AY-BM-C
Серые лесные A-B-BC-C(ca)	Светло-серые (остаточно-карбонатные) Серые (остаточно-карбонатные) Темно-серые (остаточно-карбонатные)	Отдел: текстурно-дифференцированных почв Типы: серые AY-AEL-BEL-BT-C и темно-серые AU-AUe-BEL-BT-C Подтип светло-серых включен в тип дерново-подзолистых почв	Серые остаточно-карбонатные AY-AEL-BEL-BT-C(ca) Темно-серые остаточно-карбонатные AU-AUe-BEL-BT-C(ca)
Черноземы и лугово-черноземные A-B-C	Типичные	Отдел: аккумулятивно-гумусовые Тип: черноземы AU-BCA-C(ca)	Подтипы: выделяются по формам карбонатных накоплений и другим признакам
	Выщелоченные	Тип: черноземы глинисто-иллювиальные AU-BI-C(ca)	Типичные AU-BI-C(ca)

Таким образом, Нукутский район обладает высоким природно-ресурсным потенциалом, имеет выгодное географическое положение.

Самым распространенным типом почв Нукутского района Иркутской области являются дерново-карбонатные и серые лесные почвы. Дерново-карбонатные почвы занимают почти половину (43 %) от территории исследуемого района.

Свойства почв данной территории зависят от климатических условий, а также развитием их под влиянием своеобразных карбонатных верхнекембрийских почвообразующих пород. Это подтверждается повышенным содержанием карбонатов в почве, слабощелочной-щелочной реакцией среды, а также нали-

чием карбонатных новообразований в виде псевдомицелия, журавчиков, пятен. Особенности почвообразования исследуемой территории отображаются как в физико-химических (содержание CO<sub>2</sub> в горизонтах Сса до 15 %), так и в морфологических свойствах почв (всплытие от 10 % HCl, карбонатные новообразования). Все почвы являются высокоплодородными (максимальное содержание общего гумуса до 10. 0 %) и могут использоваться в сельском хозяйстве, которое в наибольшей степени обеспечивает занятость населения.

Район имеет ряд конкурентных преимуществ и рациональное использование земельных ресурсов, с учетом свойств почв и других факторов, способствует эффективному целевому применению земель, созданию благоприятных условий для высокой продуктивности сельскохозяйственных угодий.

### **Литература**

1. Атлас. Иркутская область: экологические условия развития / под ред. А. Н. Антипова М. : Роскартография; Ин-т географии СО АН, 2004.- 90 с.
2. Воробьева Г. А. Почва как летопись природных событий Прибайкалья: проблемы эволюции и классификации почв. Иркутск : Изд-во Иркут. гос. ун-та, 2010. 205 с.
3. Киселева Н. Д., Ломовцева Д. Д. Почвенный покров и использование земель Нукутского района Иркутской области // Региональные системы комплексного дистанционного зондирования агроландшафтов : материалы 2-го Всерос. науч.-практ. семинара. Красноярск, 2019. С. 30.
4. Stashkevich A., Kiseleva N. Soil resources of the Nukutsk district and features of their land use (south Priangare, Irkutsk region) // IENTIFIC-DISCUSSION. 2021. N 52. P. 10–16
5. Кошечкин И. С. Почвы Нукутского района Усть-Ордынского Бурятского автономного округа : технический отчет. ИНВ № 500. 2005. экз. № 2. С. 7–102.

### **SOIL RESOURCES AND MORPHO-ANALYTIC FEATURES OF SOME SOILS OF THE NUKUTSK DISTRICT (SOUTH PRIANGARE)**

**N. D. Kiseleva, A. S. Stashkevich**

*Irkutsk State University, Irkutsk, Russian Federation  
nata\_kis71@list.ru*

The Nukutsk region is part of the Irkutsk region and covers an area of 240 thousand hectares, of which agricultural land is 140 thousand hectares. The dominant place in the soil cover of the territory is occupied by sod-calcareous and gray forest soils. Chernozems and meadow soils are less common. Some soils contain carbonates and gypsum in the profile. Of agricultural land, 93 thousand hectares are arable land, 3 thousand hectares of hayfields, 29 thousand hectares of pastures. The processes of water and wind erosion of soil are widespread on the territory.

## ПЕРИОДИЧНОСТЬ ПЕРЕУВЛАЖНЕНИЯ ЛЕСОСТЕПИ ИШИМСКОЙ РАВНИНЫ

Н. А. Клейн, Л. В. Березин

Омский государственный аграрный университет им. П. А. Столыпина

Омск, Россия

natalianataliaklein@yandex.ru, docberzin@yandex.ru

В ходе наших исследований по выявлению и подсчету площади залежных и подтопленных земель методом дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) [4] было отмечено, что за период с 2001 по 2020 г. увеличение площади затопления значительное.

В ситуации Называевского района, который расположен вдоль границы Омской и Тюменской областей в северной части лесостепной зоны (рис. 1), цель изучения подтопления территории определилась необходимостью тщательного анализа периодически возникающего бедствия [6–11].



Рис. 1. Фрагмент космического снимка. Северная часть Называевского и южная – Крутинского районов. Темные пятна – заросшие озера, пятна, обведенные светлой чертой – чистые озера

На рис. 2 собраны изображения квадрата исследования «Мангут» серии спутников Landsat (5/7/8) разных лет, которые удалось отобрать среди находящихся в открытом пользовательском доступе. Главный критерий: максимальная облачность не более 15 %. [1]. Данные изображения представлены 2001, 2009, 2014, 2016, 2019 и 2020 гг. в масштабе 1:150 000.

Наиболее крупное на снимках оз. Мангут. Увеличение площади его затопления проявлено даже при данном масштабе. Также отмечено, что оно происходило неравномерно, а скочкообращено.

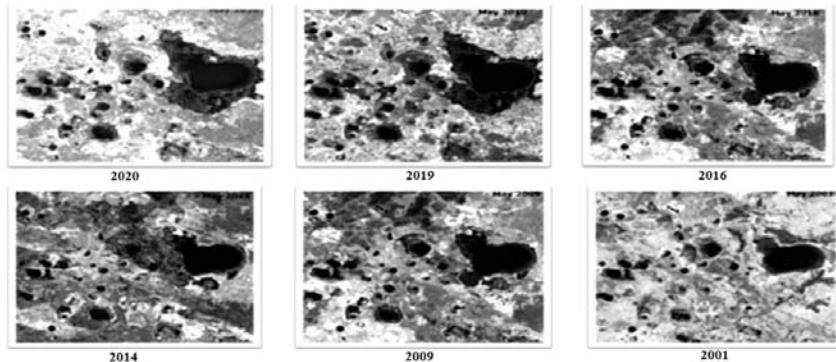


Рис. 2 Майские снимки спутников Landsat квадрата исследования «Мангут» 2001–2020 гг.

Например, с 2001 г. за 9 лет наблюдается, значительное увеличение затопленной поверхности, затем с 2009 г. за 5 лет увеличения площади не наблюдается, даже возможно, уменьшение, а к 2016 г. – снова расширение затопленной площади. Это можно отметить и по состоянию других озер – оз. Сухое, оз. Глубокое. В 2019 г. мы увидели динамику к увеличению площади затопления территории.

Известно, что водная поверхность поглощает практически всю солнечную радиацию, отражаясь на снимках черным цветом. Это позволяет выделить на космических снимках экосистемы повышенного увлажнения и отделить их от нормально функционирующих экосистем, где характер растительности соответствует степени увлажнения почвы, поэтому возможно рассчитать при этом реальную площадь [5].

Космические снимки только лишь подтверждают наличие динамики подтопления озер, при этом невозможно заключить произойдет ли обратная динамика к усыханию и к какому из перечисленных выше циклов ее отнести. Однако, заключается следующее, что территория находится в чрезвычайном затоплении и не стоит надеяться на цикличность и перемены фазы. Территория является экологически крайне неблагоприятной для развития и ведения сельскохозяйственной деятельности, а, следовательно, жизни населения.

На территории Называевского района расположено свыше 140 озёр, среди них наиболее крупные Мангут, Бузан, Рига и др.

Главным из совокупности факторов подтопления наряду с неравномерным распределением осадков, большинство исследователей выделяют антропогенный, также нарушающий естественный водный баланс территории [3; 6].

По нашему мнению, все влияющие факторы подтопления оказывают комплексное влияние, в том числе, необходимо учитывать исторически сложившуюся периодичность увлажнения территории.

В истории Западной Сибири на протяжении XVIII–XX вв. рядом исследователей было отмечено не только периодическое избыточное увлажнение, но также интенсивная засушливость территории [12].

Краевед А. Беляев (2017) в своем блоге о родном крае сообщает, что на старинных картах территории Западной Сибири XVI–XVII вв. очень часто можно встретить изображение большого озера Катай. На примитивных картах того времени оно кочует, появляясь то где-то выше среднего течения Иртыша, то в подобном месте на Оби [2].

В труде немецко-российского учёного-энциклопедиста, естествоиспытателя и путешественника XVIII в. П. С. Палласа «Путешествие по разным провинциям Российского государства» (СПб., 1773–1788) в зоне северной лесостепи Западной Сибири отмечены особенности озера Мангут, из которого вытекает р. Яман, переносящая свои воды в озеро Ик и далее по р. Оша в Иртыш. Прибыв в деревню Крутую (нынешнюю Крутинку) путешественник пишет: «Я был здесь в такой стороне Ишимской степи, которая наполнена многими чрезмерно большими озёрами». Дальше следовало перечисление и описание: и Мангут и Ик, и Салтаем, и Тенис. В мае 1771 г. Паллас со спутниками выехал из деревни Крутой в Тюкалинскую слободу и при описании Тюкалинской слободы, в его труде приведены уникальные сведения о займище Катай, состоящего из многих озёр, простирающихся полосою до Камышловской линии.

Итак, крайне крупное заросшее озеро-займище Катай, ныне расположеннное восточнее оз. Ик на 50 км севернее г. Тюкалинска, Палласом в XVIII в., неожиданно встретилось значительно южнее между Тюкалинском и речкой Камышловкой. Это озеро-займище Катай, ныне лежащее в пределах Называевского, Тюкалинского и Крутинского районов Омской области, разливаясь в южном направлении на юг, затапливало северную часть Исилькульского района, а если в западную сторону – Сладковский район Тюменской области.

Указанное выше Палласом озеро Мангут фактически в разные периоды было частью заболоченного Катая. Если название Катай оказалось за прошедшие годы географически утраченным и картографически в современных условиях не выделяется, сохраняясь среди старожилов применительно к заболоченной территории юго-восточнее оз. Ик, то Мангут сохранил своё географическое положение и имя до наших дней (рис. 1)

Дополняет характеристику Катая известный сибирский географ П. А. Словцов. В книге «Историческое обозрение Сибири» первой половины XIX века в разделе «Описания озёр и болот в Сибири» он сообщает, что в Тюкалинском уезде среди озёр есть «Мангут, лежащий в уездах Ишимском и Тюкалинском, длиной 50, шириной 20 вёрст, [в том числе] участок Тюкалинский длиной 8 в., шириной 7 в.». Он также упоминает рассказы о том, что когда-то жители Ишимского уезда в Тюкалинский на лодках плавали. [2]

Не изменилась картина чередования подтопления и иссушения территории данного природно-климатического микрорайона в конце XX и в начале XXI в.

В 1972 г. сотрудники Омского сельскохозяйственного института опубликовали статью «Катастрофическое затопление и подтопление в Называевском районе» [3].

Авторы отмечали: «в 1970 году в Называевском районе случилось необычное наводнение, которое тянулось весну, лето и только зимой уровень воды снизился, но не дошел до меженного. Это привело к выходу из строя 7 тыс. га сельскохозяйственных угодий, в том числе 2,8 тыс. га пашни.

При этом предыдущий год осадками не отличался, но в сумме за пять последних лет (1966–1970) выпало до 2200 мм. До этого, за весь период наблюдений (с 1926 г.), такого большого количества осадков не наблюдалось (рис. 3). Значительное скопление осадков привело к переполнению озер и болот. Плоский рельеф, слабая канализованность речной сетью не позволили быстро сойти воде по естественным сбросам. Кроме этого, в ряде мест дорожные насыпи вызвали значительные подпоры воды и тем самым увеличили разлив водоемов.

Старожилы рассказывали, что сильные паводки были и раньше, но они сходили по естественным сбросам гораздо быстрее, так, как дорожных насыпей было мало, подпоры воды не наблюдались и, соответственно ущерб от наводнений не вызывал больших осложнений» [3].

Кроме указанной статьи Букреева и др. мы не встретили информации об избыточном увлажнении в 70-е гг. истекшего века. По другим источникам, период 70–80-х гг. характеризовался этапом усыхания Барабинской и Ишимской степей, освободив их от излишней влаги [12].

Как видно, на космическом снимке рис. 1 большая часть бывших озер пересохла и в настоящее время либо превратились в болота, либо в заросшие тростниками так называемые займища.

Подобные циклические процессы увлажнения и засушливости наблюдались и в течение всего XX в. В частности, оз. Давыдовское вблизи г. Называевска, как и многие озера данного природного микрорайона, на топографической карте 1989 г. обозначено как болото [9].

В XVIII–XIX вв. оно являлось крупным чистым озером. В начале XX в. уровень воды в нём стал постепенно понижаться, и в 1931 г. озеро исчезло. Летом в северо-западной части бывшего озера крестьяне рыли колодцы глубиной до 3 м, но так и не увидели воды. В последующие годы вода вновь появилась и медленно прибывала. Этот процесс резко ускорился в 1995–1998 гг., когда Давыдовское начало подтапливать юго-восточную окраину Называевска [9].

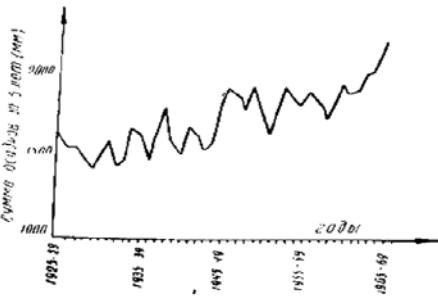


Рис. 3. Скользящий график осадков 1966–1970 гг. Называевский район

На грани веков картина увлажнения района стабилизировалась, а в 2007 г. началось интенсивное подтопление со стороны Сладковского района Тюменской области отдельных сельских поселений Называевского района: Покровское, Большесафонинское, Муравьевское, Мангутское, Старинское и др.

Также настоящее наводнение постигло г. Называевск в 2016 г. – важную железнодорожную станцию на трассе Омск-Тюмень. Хотя обильные осадки до 200 мм выпали лишь летом 2015 г. Зимой 2016 г. обнаружилось, что все окружающие Называевск заболоченные «озера» переполнены. В отдельных местах вода из болот поступала на территорию города. Были подтоплены почти все улицы в северной, западной и южной частях города [2; 8].

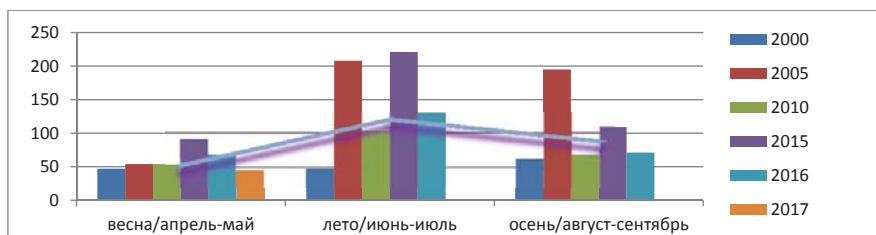


Рис. 4. Усредненные результаты учета количества осадков за 2000–2017 гг. в Называевском районе, мм

Местные жители в затоплении Называевского района винят Мангутский канал. Он является частью межрегиональной мелиоративной системы, построенной в 70-е гг. XX в. Канал позволял производить водоотведение на территориях Называевского, Тюкалинского, Крутинского районов Омского региона, а также Сладковского района соседней Тюменской области. Ранее он обслуживался организациями, занимающимися эксплуатацией мелиоративных систем, а в 90-е гг. оказался бесхозным. [10] На данный момент, ситуация стабилизована, сообщают источники, но проблема остается нерешенной.

Из выше изложенного анализа спутниковых снимков, событий и метеорологических данных, по нашему мнению, комплексная оценка территории и разработка мер с применением современных технологий мониторинга и моделирования в исследовании вопроса предотвращения чрезвычайных ситуаций оказывают значительную пользу.

### Литература

1. EarthExplorer. USGS science for changing world. URL: <https://earthexplorer.usgs.gov/> (дата обращения: 15.04.2020).
2. Беляев А. Возвращение исчезнувшего Катая, или Мангут обречён. Livejournal. URL: <https://alexa-bell.livejournal.com/61931.html> (дата обращения: 15.12.2020).
3. Букреев В. А., Княгиничев Н. И., Мезенцев В. С. Катастрофическое затопление и подтопление в Называевском районе. Омск, 1972, С 237–239
4. Клейн Н. А., Березин Л. В., Балуков М. С. Анализ подтопленных сельскохозяйственных территорий в Западной Сибири с использованием ДЗЗ // Инновации в природооустройстве и защите в чрезвычайных ситуациях : материалы IV Междунар. науч.-практ. конф.

Саратов, 29–30 мая 2018 года. Саратов : Саратов. гос. аграр. ун-т им. Н. И. Вавилова, 2018. С. 88–91;

5. Клейн Н. А., Березин Л. В. Анализ подтопления земель по космическим снимкам – путь раскрытия факторов техногенной и природной безопасности // Техногенная и природная безопасность : материалы IV Всерос. науч.-практ. конф. Саратов, 19–21 апреля 2017 г. / Саратов. гос. аграр. ун-т им. Н. И. Вавилова. Саратов : Амирит, 2017. С 231–237.

6. Кныш А. И., Гурьев Д. В., Троценко И. А. Основные причины и факторы подтопления и затопления территории Омского Прииртышья // Техногенная и природная безопасность : материалы IV Всерос. науч.-практ. конф. Саратов, 19–21 апреля 2017 г. / Саратов. гос. аграр. ун-т им. Н. И. Вавилова. Саратов : Амирит, 2017. С. 237–242.

7. Медведков К. С., Штриплинг Л. О. Анализ подтопляемой территории на примере грунтовых вод города Называевска // Известия ТПУ. 2017. № 4. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/analiz-podtopylaemoy-territorii-na-primere-gruntovyyh-vod-goroda-nazyvaevska> (дата обращения: 03. 05. 2021).

8. Омское село Мангут затапливало водой из Тюменской области / Инфор. агентство «Омскрегион». URL: [http://omskregion.info/news/47567-omskoe\\_selo\\_mangut\\_zataplivalo\\_vodoy\\_iz\\_tyumeneskoy/](http://omskregion.info/news/47567-omskoe_selo_mangut_zataplivalo_vodoy_iz_tyumeneskoy/) (дата обращения: 23.04.2020)

9. Природа Называевского района, Омская область. URL: [http://wiki.obr55.ru/index.php?title=\(дата обращения: 23.04.2020\)](http://wiki.obr55.ru/index.php?title=(дата обращения: 23.04.2020)).

10. Прокляты водой. Проблема подтоплений в Называевске до сих пор не решена [https://omsk.aif.ru/society/proklyaty\\_vodoy\\_problema\\_podtopeniy\\_v\\_nazyvaevske\\_do\\_sih\\_por\\_ne\\_reshena](https://omsk.aif.ru/society/proklyaty_vodoy_problema_podtopeniy_v_nazyvaevske_do_sih_por_ne_reshena) (дата обращения: 23.04.2020)

11. Району нужна помощь из федерального бюджета // Правительство Омской области : офиц. портал. URL: <http://www.mpr.omskportal.ru/ru/RegionalPublicAuthorities/executivelist/MPR/news/2016/02/09/1454987236761.html?printVersion=true> (дата обращения: 23.04.2020)

12. Шнитников А. В. Внутривековые колебания уровня степных озер Западной Сибири и Северного Казахстана и их зависимость от климата // Труды Лаборатории озероведения АН СССР. 1950. Т. 1. 129 с.

## PERIODICITY OF OVERWETTING OF THE FOREST STEPPE OF THE ISHIM PLAIN

N. A. Klein<sup>1</sup>, L. V. Berezin<sup>2</sup>

*Omsk State Agrarian University named after P. A. Stolypin, Omsk, Russian Federation*  
*<sup>1</sup>natalianatalia klein@yandex.ru, <sup>2</sup>docberezin@yandex.ru*

This work analyzes the factors that limit the normal living conditions of the population in the periodically flooded area of the Omsk region. Landsat satellite images of different years are presented, which show the dynamics of flooding in the lakes of the Nazyvaevsky district. It was found that the frequency of flooding and drying out is a feature of the study area. Along with this, there are problems that exacerbate the situation, they are associated with the construction of infrastructure, which slows down discharge along natural branches. Consequently, against the background of a pronounced natural cyclical nature of humidification of the territory, the technogenic lack of amenities in the area predetermines the periodically emerging state of emergency of the area due to flooding.

# ПОДХОДЫ К ЭКОЛОГИЧЕСКОМУ НОРМИРОВАНИЮ СОДЕРЖАНИЯ НЕФТИНЫХ УГЛЕВОДОРОДОВ В ПОЧВАХ ЗЕМЕЛЬ РАЗНОГО ХОЗЯЙСТВЕННОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ

Е. И. Ковалева, А. С. Яковлев, С. Я. Трофимов

Московский государственный университет им. М. В. Ломоносова  
Москва, Россия, katekov@mail.ru

В современных условиях рациональное использование природных ресурсов и защита окружающей среды приобретает особое значение, поскольку хозяйственная человека носит глобальные масштабы, приводящие к нарушению основных принципов естественного функционирования биосферы. Нарушение равновесия в экосистемах вызывают необратимые изменения, которые при бесконтрольных антропогенных нагрузках в конечном итоге могут привести к точке невозврата системы в исходное состояние вплоть до ее уничтожения.

Вопросы экологического нормирования загрязняющих веществ актуальны в связи с увеличением площади загрязненных земель в Российской Федерации. Загрязнение происходит при осуществлении различных видов деятельности: добыче природных ресурсов, возделывании сельскохозяйственных культур, аварийных ситуациях на производственных объектах и т. д., приводящих к негативному воздействию на почвы и сопредельные среды. Поэтому встает вопрос о рекультивации почв и их восстановлении до состояния, безопасного для использования земель по их основному виду хозяйственного использования и целевого назначения.

Основы нормирования заложены в ФЗ «Об охране окружающей среды» [1]. Нормирование осуществляется в целях сохранения благоприятной окружающей среды и обеспечения экологической безопасности государственного регулирования хозяйственной и (или) иной деятельности для предотвращения и (или) снижения ее негативного воздействия на окружающую среду.

Нормирование в области охраны окружающей среды заключается в установлении нормативов качества окружающей среды, нормативов допустимого воздействия на окружающую среду при осуществлении хозяйственной и (или) иной деятельности.

Разработка нормативов в области охраны окружающей среды включает в себя:

- проведение научно-исследовательских работ для обоснования нормативов в области охраны окружающей среды;
- установление оснований для разработки или пересмотра нормативов в области охраны окружающей среды;
- утверждение и опубликование нормативов в области охраны окружающей среды в установленном порядке;
- оценку и прогнозирование экологических, социальных, экономических последствий применения нормативов в области охраны окружающей среды.

Нормативы качества окружающей среды устанавливаются для оценки состояния окружающей среды в целях обеспечения благоприятных условий жизнедеятельности человека, рационального использования природных ресурсов, сохранения естественных экологических систем, генетического фонда растений, животных и других организмов.

К нормативам качества окружающей среды относятся:

- 1) нормативы, установленные для химических показателей состояния окружающей среды, в том числе нормативы предельно допустимых концентраций;
- 2) нормативы, установленные для физических показателей состояния окружающей среды, в том числе показателей уровней радиоактивности;
- 3) нормативы для биологических показателей состояния окружающей среды, в том числе видов и групп растений, животных и других организмов, используемых в качестве индикатора качества окружающей среды.

Порядок установления нормативов качества определен Постановлением Правительства РФ от 13.02.2019 № 149 [2]. Нормативы качества разрабатываются и устанавливаются для отдельных компонентов природной среды, в том числе для почв (земель).

Таким образом, антропогенное воздействие на окружающую среду регулируется в соответствии с природоохранным законодательством, путем установления нормативов допустимого антропогенного воздействия, при соблюдении которых должны соблюдаться и нормативы качества компонентов окружающей среды.

Нормативы качества разработаны на сегодняшний день на достаточно обширное количество веществ в почвах в части санитарно-гигиенического нормирования[3], которые в тоже время являются и нормативами качества, однако отсутствуют в части экологического нормирования. Что касается нормативов качества почв по содержанию нефти и продуктов ее трансформации, то эти нормативы отсутствуют и в санитарно-гигиеническом нормировании, что затрудняет регулирование воздействия на почвы от загрязнения нефтью на законных основаниях. Кроме того, согласно [3] нормативы ПДК в почвах распространяются на почвы населенных пунктов, сельскохозяйственных угодий. Предельно допустимые концентрации химических веществ в почве не применимы к почвам земель промышленности, энергетики, транспорта, связи, радиовещания, телевидения, информатики, земли для обеспечения космической деятельности, земли обороны, безопасности и земли иного специального назначения, разрешенное использование – производственная деятельность, а также запаса.

Тем не менее, современной нормативной правовой базой сформированы основы для разработки нормативов для почв по содержанию нефти и продуктов ее трансформации. Этими нормативами являются нормативы остаточного содержания нефти в почвах, которые разрабатываются на основе проведения научно-исследовательских работ и утверждаются нормативными правовыми актами субъектов Российской Федерации в порядке, установленном на федеральном уровне.

Нормативы допустимого остаточного содержания нефтепродуктов в почвах (ДОСНП) разрабатываются в соответствии с положениями Приказа МПР

РФ от 12 сентября 2002 г. № 574 [4], который не является нормативным правовым актом и может применяться в части, не противоречащей действующему законодательству Российской Федерации в области охраны окружающей среды.

Согласно [4], нормативы ДОСНП предназначены для оценки эффективности рекультивационных работ, и представляют значения содержания нефти и продуктов ее трансформации в почвах, при которых:

- исключается возможность поступления нефти и продуктов ее трансформации в сопредельные среды и на сопредельные территории;

- допускается вовлечение земельных участков в хозяйственный оборот по основному целевому назначению с возможными ограничениями (не природоохранного характера) режима использования или вводится режим консервации, обеспечивающий достижение санитарно-гигиенических нормативов содержания в почве нефти и продуктов ее трансформации или иных установленных в соответствии с действующим законодательством нормативных значений в процессе самовосстановления, т. е. без проведения дополнительных ресурсоемких мероприятий.

Положения [4] предусматривают учет факторов, которые определяют разнообразие нормативных значений ДОСНП:

- зонально-климатические особенности, влияющие на состав почвенного покрова и скорость процессов трансформации компонентов нефти;
- ландшафтно-литолого-геоморфологические условия, в том числе гранулометрический состав и строение почвенного профиля,
- категория и вид использования земель;
- химический состав нефей и продуктов их трансформации.

ГОСТ Р 57447-2017 [5] закрепил понятие «допустимое содержание нефти в почве», в котором реализованы нормы Директивы Европейского парламента и Совета 2004/35/ЕС\* «Об экологической ответственности в отношении предупреждения и ликвидации вреда окружающей среде». Так, при оценке степени загрязнения земель и земельных участков нефтью и нефтепродуктами в качестве допустимого уровня ранее было принято использовать значение, равное 1,0 г/кг, в соответствии с [6]. В реальных условиях достижение этого уровня за короткий период возможно только при полном изъятии загрязненного грунта и замене его чистой почвой, что, в свою очередь, может привести к более значительному экологическому ущербу, чем от самого загрязнения. Кроме того, феновые концентрации углеводородов в почвах значительно варьируются в зависимости от типа почв и могут быть выше 1,0 г/кг [7]. Поэтому рекультивацию проводят до условного предела – допустимого остаточного содержания нефти в почве (ДОСНП), – который разрабатывают с учетом природно-климатических, ландшафтных, почвенных и иных особенностей регионов, состава и свойств нефти, в ряде случаев – с учетом конечного прогнозируемого результата очистки почвы после технического и биологического этапов и потенциала (скорость, направленность процессов дальнейшего очищения и восстановления почв) после завершения рекультивации.

Нормативы ДОСНП к настоящему времени разработаны для ряда субъектов Российской Федерации: Республика Коми, ХМАО-Югра, Республика Татарстан

тарстан; Чувашская республика, Ставропольский край, Красноярский край (Юрубченко-Тохомское и Куюбинское месторождения (Сузунское месторождение).

Установленные значения нормативов ДОСНП в различных регионах различаются в однотипных почвах, характеризующихся одинаковой сорбционной способностью, что обусловлено различными подходами и методами, выбираемыми исследователями при обосновании нормативных значений.

Методология разработки нормативов ДОСНП в почвах должна заключаться в установлении количественных и качественных значений по показателям состояния почв, при которых почва выполняет экологические функции, обеспечивающие сохранение почвы как средства производства, предотвращение негативного воздействия на окружающую среду и здоровье человека [8; 9].

Условно разделяя функции почв на внешние и внутренние, мы полагаем, что внешние или глобальные функции ориентированы на прямую – обратную миграционную и транслокационную связи с другими компонентами природной среды [10; 11]: водными объектами, атмосферным воздухом и др. В свою очередь, внутренние биогеоценотические функции обусловлены физическими, химическими и биологическими свойствами почв.

Предлагается использовать лимитирующие показатели, с помощью которых можно оценить способность почв выполнять экологические функции почв с учетом категории земель:

- водный миграционный показатель;
- воздушный миграционный показатель;
- общесанитарный (общееэкологический показатель);
- транслокационный показатель.

*Работа выполнена в рамках государственного задания Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (тема № 121040800147-0 «Почвенные информационные системы и оптимизация использования почвенных ресурсов»); исследование выполнено в рамках Программы развития Междисциплинарной научно-образовательной школы Московского государственного университета имени М. В. Ломоносова «Будущее планеты и глобальные изменения окружающей среды».*

### **Литература**

1. Федеральный закон «Об охране окружающей среды» от 10.01.2002 № 7-ФЗ.
2. Постановление Правительства РФ от 13.02.2019 № 149 «О разработке, установлении и пересмотре нормативов качества окружающей среды для химических и физических показателей состояния окружающей среды, а также об утверждении нормативных документов в области охраны окружающей среды, устанавливающих технологические показатели наилучших доступных технологий».
3. СанПиН 1.2.3685-21. Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания.
4. Приказ МПР РФ от 12 сентября 2002 г. № 574 «Об утверждении Временных рекомендаций по разработке и введение в действие нормативов допустимого остаточного содержания нефти и продуктов ее трансформации в почвах после проведения рекультивационных и иных восстановительных работ».

5. ГОСТ Р 57447-2017. Наилучшие доступные технологии. Рекультивация земель и земельных участков, загрязненных нефтью и нефтепродуктами
6. Методика определения ущерба окружающей природной среде при авариях на магистральных нефтепроводах : утв. Минтопэнерго России 1 ноября 1995 г.
7. Трофимов С. Я., Прохоров А. Н. Разработка нормативов допустимого остаточного содержания нефти в почве // Экология производства. 2006. № 10 . С. 52–57.
8. Kovaleva E. I., Yakovlev A. S. Model of ecological norming of oil-contaminated peat soils from West Siberia of Russia // JEQ. 2021. Vol 50, N 1. P. 49–62. <https://doi.org/10.1002/jeq2.20171>
9. Kovaleva E. I., Trofimov S. Ya, Zhongqi Cheng. Impact of oil contamination on ecological functions of peat soils from West Siberia of Russia // JEQ. 2021. Vol 50, N 1. P. 49–62. <https://doi.org/10.1002/jeq2.20171>
10. Трофимов С. Я. Современное состояние и перспективы развития системы нормативов допустимого остаточного содержания нефти в почвах после проведения рекультивационных работ // Экологическое нормирование и управление качеством почв и земель. М. : НИА-Природа, 2013. С. 93–97.
11. Kovaleva E. I., Yakovlev A. S., Научные подходы к нормированию загрязнения почв нефтепродуктами // Экология и промышленность России. 2016. Т. 20, № 10. С. 50–57.

## APPROACHES TO THE ENVIRONMENTAL RATE OF PETROLEUM HYDROCARBONS CONTENT IN THE SOILS OF DIFFERENT LANDUSE

**E. I. Kovaleva, A. S. Yakovlev, S. Ya. Trofimov**

*Moscow State University, Moscow, Russian Federation  
katekov@mail.ru*

Approaches to the development of standards for the permissible residual content of total petroleum hydrocarbons (TPH) in soils are considered. The analysis of TPH standards in soils developed for some members of Russian Federation (Komi Republic, KhMAO-Yugra, Nenets Autonomous Okrug, Republic of Tatarstan; Chuvash Republic, Stavropol region, Tomsk Region, Krasnoyarsk region) is given. Differences in the normative values of the TPH standards in the same type of soils characterized by the same sorption capacity are revealed, which indicates the absence of uniform methodological approaches to the establishment of TPH standards. A methodology for developing TPH standards in soils is proposed, based on the establishment of quantitative and qualitative values for indicators of soil condition, in which the soil performs external and internal functions. The establishment of TPH standards in the soil for different landuse is proposed using indicators that reflect the probability of pollutants migration from the soil to the environment.

*This research was performed according to the Development program of the Interdisciplinary Scientific and Educational School of M. V. Lomonosov Moscow State University «Future Planet and Global Environmental Change»; within the state assignment of Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation (theme No. 121040800147-0).*

## ФЕРМЕНТАТИВНАЯ АКТИВНОСТЬ КРИОАРИДНЫХ ПОЧВ

Ц. Д-П. Корсунова

Институт общей и экспериментальной биологии СО РАН  
Улан-Удэ, Россия, zinakor23@yandex.ru

Ферменты в почве представляют собой продукты метаболизма почвенно-го биоценоза, но вопрос об участии различных компонентов его в накоплении их мало изучен.

Согласно исследованиям ряда авторов, ферментативная активность является одним из важнейших показателей биологического состояния почв и может быть использована для характеристики напряженности происходящих в почве биологических процессов.

Для определения ферментативной активности почв были отобраны образцы следующих типов почв: мерзлотная лугово-черноземная (пашня), мерзлотная луговая (пашня), мерзлотная серая лесная (целина), мерзлотная серая лесная (пашня), мерзлотная серая лесная (лес), чернозем мучнистокарбонатный, отобранных в Еравнинском и Бичурском районах.

Для характеристики интенсивности отдельных микробиологических процессов в почвах определяли ферменты: каталазу – газометрически, по Купревичу, фосфатазу – по Галстяну, протеазу – по методу Гоффмана и Тейхера.

В исследуемых нами почвах изучены такие ферменты, как каталаза, протеаза, фосфатаза.

Среди окислительно-восстановительных ферментов в почвах широко распространена каталаза, разрушающая ядовитую для живых организмов перекись водорода. Каталаза является не только внутриклеточным ферментом, она активно выделяется микроорганизмами в окружающую среду, обладает высокой устойчивостью и может накапливаться и длительное время сохраняться в почве [3]. Некоторые исследователи рекомендуют использовать каталазу для предварительной оценки активности почвы и плодородия.

По данным наших исследований, максимальный показатель каталазной активности равный 9,47 мл  $O_2$  (1 г/3 мин) обнаружен в мерзлотной серой лесной почве (целина). Наименьшая активность каталазы (4,0 мл  $O_2$  1 г/3 мин) выявлена в мерзлотной серой лесной почве (лес). Примерно столько же обнаружено каталазы в черноземе мучнисто-карбонатном и в мерзлотной луговой почве (4,37 и 4,27 мл соответственно). В мерзлотной серой лесной почве (пашня) активность была равна 5,73 мл. В лугово-черноземной мерзлотной почве обнаружена также невысокая каталазная активность равная 6,60 мл. В целом активность каталазы колебалась в пределах 4,0–9,47 мл  $O_2$  (1 г/3 мин).

Таким образом, в результате наших исследований обнаружена сравнительно невысокая активность каталазы, что свидетельствует о низкой интенсивности окислительно-восстановительных процессов в данных почвах.

Оценка каталазной активности по шкале Д. Г. Звягинцева [1] свидетельствует, что исследуемые почвы бедны или средне обогащены этим ферментом и

близки по уровню окислительных процессов к аналогичным типам почв Восточной Сибири и Тувы почве.

Как известно, азот поступает в почву преимущественно в органической форме, главным образом, в форме белков. Протеолитические ферменты расщепляют их до полипептидов и аминокислот, которые в дальнейшем гидролизуются до аммиака, углекислоты и воды. Таким образом, протеолитические ферменты играют большую роль в круговороте азота, принимая непосредственное участие в динамике усвояемых форм азота.

В результате наших исследований наибольшую протеолитическую активность проявляли мерзлотные серые лесные почвы (целина). Активность в данной почве составляла 35,23 мг глицина/г почвы за 24 ч. Чуть меньше протеазная активность обнаружена в мерзлотной серой лесной почве (лес), 32,7 мг глицина/г почвы за 24 часа. В лугово-черноземной мерзлотной почве и в мерзлотной луговой почве активность составляла 16,2 и 11,3 мг глицина/г почвы за 24 ч соответственно.

Самые низкие показатели были получены для мерзлотной серой лесной почвы (пашня). Здесь протеолитическая активность равна 6,33 мг. В условиях сухого и жаркого лета возникший в почве дефицит влаги, очевидно, негативно повлиял на метаболическую активность микрофлоры и затормозил процесс протеолиза. Таким образом, исследуемые почвы характеризуются невысоким содержанием гидролизуемого азота.

В почве находятся большие запасы фосфора, но основную их часть составляют недоступные для растений органические и минеральные соединения.

Превращение труднодоступных фосфоросодержащих соединений в почве сложно и недостаточно изучено. Оно осуществляется разными путями: биологическими, физико-химическими и химическими.

К тому же почвенные микроорганизмы играют большую роль в фосфорном питании растений, разлагая органические фосфаты и превращая труднодоступные минеральные фосфаты в усвояемую для растений форму.

Кроме минерального фосфата, в почвах в большом количестве имеется фосфор в форме органических соединений, поступающий с отмирающими остатками растений, животных и микроорганизмов.

Высвобождение фосфорной кислоты из этих соединений осуществляется группой микроорганизмов, имеющих специфические ферменты фосфатазы. Способность микроорганизмов отщеплять фосфор от органофосфатов, как известно, связана с наличием у них ферментов группы фосфатаз.

Исследования С. Ш. Нимаевой показали, что в целинной почве наибольшая активность фосфатазы величиной в 4,6–6,5 мг Р<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/100 г почвы обнаружена в верхнем 0–20 см слое, с глубиной её активность уменьшается [2].

В исследованных почвах с относительно слабым процессом минерализации органического вещества, фосфорное питание в первую очередь обеспечивается, по-видимому, за счет растворения труднодоступных минеральных соединений фосфора.

Исследования показали, что наибольшие показатели активности обнаружены в мерзлотной серой лесной почве (целина) 27,59 и в мерзлотной луговой

почве 23,11 мг P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/100 г почвы. Сравнительно одинаковые показатели имеют мерзлотная серая лесная почва (пашня) и мерзлотная серая лесная почва (лес). Здесь активность равна 18,8 и 18,46 мг соответственно. Минимум активности 6,80 мг обнаружен в мерзлотной лугово-черноземной почве.

Таким образом, исследуемые почвы характеризуются довольно высокой фосфатазной активностью, что, видимо, связано с содержанием в почвах подвижного фосфора и сезонным переувлажнением почвы.

*Работа выполнена по теме госзадания № 121030100228-4.*

### **Литература**

1. Звягинцев Д. Г. Методы почвенной микробиологии и биохимии. М. : Изд-во МГУ, 1991. 304 с
2. Нимаева С. Ш. Микробиология криоаридных почв. Новосибирск : Наука, 1992. 175с.
3. Щербакова Т. А. Ферментативная активность почв и трансформация органического вещества. Минск : Наука и техника, 1983. 221с.

## **ENZYMATIC ACTIVITY OF CRYOARID SOILS**

**Ts. D-Ts. Korsunova**

*Institute of General and Experimental Biology SB RAS, Ulan-Ude, Russian Federation  
zinakor23@yandex.ru*

Cryoaridic soils of intermountain steppe and dry-steppe hollows of the Baikal region are formed in conditions of extreme continental climate and belong to the category of cryosolic and dry soils. These original soils have no analogues neither in Western Siberia, nor in Europe.

The peculiarity of virgin soils is a considerably high level of enzymatic activity, in comparison with that of arable soils. Particularly phosphatase activity is 2–5 times higher than in arable soils. Activity of catalase, protease of virgin soils also exceeds this indicator of arable soils.

## ЭКОЛОГО-ГЕОХИМИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ ПОЧВ Г. СЕВЕРОБАЙКАЛЬСКА

Н. Е. Кошелева, Е. М. Никифорова, И. В. Тимофеев

Московский государственный университет им. М. В. Ломоносова  
Москва, Россия, natalk@mail.ru

С развитием урбанизации и ростом техногенного воздействия в городах изменяется химический состав всех компонентов природной среды. Наиболее интенсивно трансформируются почвы, отражающие многолетнее загрязнение и служащие индикатором состояния городских ландшафтов. В России эколого-геохимический мониторинг городских почв проводится преимущественно в крупных промышленных центрах. Почвы небольших промышленных городов исследованы в меньшей степени, что делает актуальной оценку их эколого-геохимического состояния. Среди веществ, поступающих в почвы при техногенном воздействии, одно из ведущих мест занимают тяжелые металлы и металлоиды (ТММ), некоторые из них обладают высокой токсичностью и канцерогенной активностью, что создает угрозу для здоровья городского населения. Цель работы – определить физико-химические свойства городских почв и оценить состав, степень и масштабы загрязнения ТММ почв в разных функциональных зонах г. Северобайкальска. Город основан в 1974 г., является транспортным узлом и промышленным центром, расположен на северо-западном берегу озера Байкал – уникального объекта, внесенного в список Всемирного Наследия ЮНЕСКО.

Природные (зоальные) почвы региона относятся к Прибайкальской предгорной провинции грубогумусовых почв высоко- и среднегорного Байкальского округа [6]. Структура почвенного покрова горно-таежной зоны неоднородна и во многом обусловлена проявлением вертикальной поясности и экспозицией склонов. Основной фон почвенного покрова составляют подбуры, подзолы, дерново-подзолы, дерново-подбуры и буровоземы грубогумусовые [1]. Почвы маломощны и отличаются слабой дифференцированностью профиля.

На городской территории почвы в той или иной степени техногенно-трансформированы и преобразованы. Они образуют группу собственно городских почв – урбаноземов, в которых профиль состоит из одного или нескольких урбиковых горизонтов, представленных пылевато-гумусовым субстратом разной мощности и качества с примесью городского мусора [3].

**Функциональная структура территории и источники загрязнения почв ТММ.** Функциональная структура города играет ведущую роль в формировании техногенных аномалий ТММ в почвах, поэтому проведено функциональное зонирование территории и выделены зоны: промышленная, транспортная, рекреационная и селитебная с усадебной и многоэтажной застройкой (рис. 1). Промышленная зона включает ряд предприятий, расположенных в разных частях города: локомотивное депо, нефтебазу, Центральную и две район-

ные ТЭЦ, очистные сооружения, производство строительных материалов, автосервисы и др. К транспортной зоне относятся автомагистрали и внутриквартальные дороги, к селитебной – жилые кварталы с разной плотностью застройки, к рекреационной – городские парки.

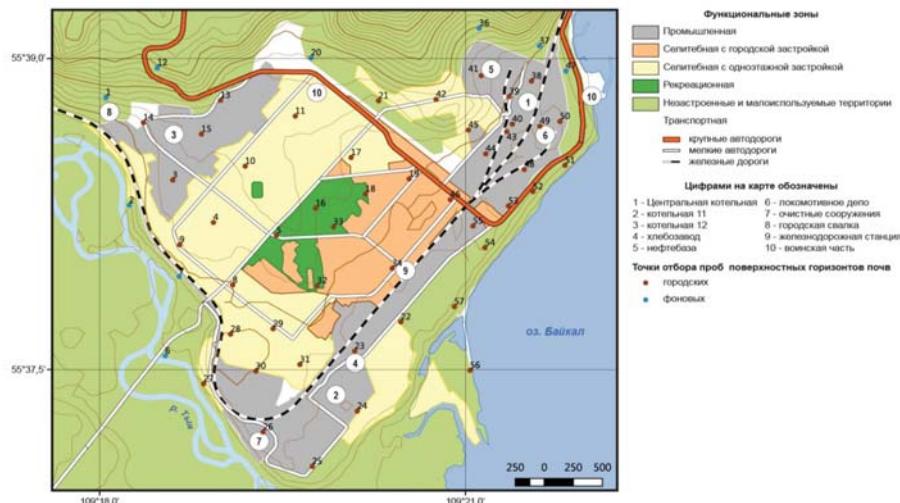


Рис. 1. Карта функционального зонирования, основные источники техногенного воздействия и точки опробования почв на территории г. Северобайкальска

Центральная ТЭЦ является основным поставщиком тепла и энергии. Анализ проб бурого угля и золы Канско-Ачинского бассейна показал, что его использование в качестве топлива ведет к загрязнению атмосферного воздуха элементами с высокой углефильностью Sr, Ba, Ni. Выбросы предприятий, производящих стройматериалы, содержат Ag, Pb, W, Sb, Zn [2]. Объектами транспортной инфраструктуры, загрязняющими воздух и почвы города как органическими, так и неорганическими веществами, являются: локомотивное депо, вагонное хозяйство, площадки разгрузки угля и др. При мойке составов образуются значительные объемы стоков, содержащих ТММ и нефтепродукты.

Негативное влияние автотранспорта связано с широким набором ТММ, содержащихся в выхлопных газах, моторном масле; поступающих при истирании шин и тормозных колодок [4; 7]. Очистные сооружения, как правило, сбрасывают сточные воды, обогащенные Al, As, Ca, Cd, Cl<sup>-</sup>, Cr, Cu, Fe, Hg, Mg, Mn, Na, Ni, P, Pb, Sb, Se, Zn [7]. Источниками загрязнения почв ТММ также являются свалки бытовых и промышленных отходов (рис. 1).

**Материалы и методы исследования.** Геохимическое опробование территории г. Северобайкальска проводилось летом 2018 г. по регулярной сетке с шагом 500–600 м (рис. 1), согласно европейской методике [7]. Всего собрано 47 проб из верхнего (0–10 см) горизонта городских почв и 10 – из фоновых.

Валовое содержание ТММ в почвах анализировалось масс-спектральным (ICP-MS) и атомно-эмиссионным (ICP-AES) методами с индуктивно-связанной плазмой во ВНИИ минерального сырья имени Н. М. Федоровского на приборах Elan-6100 и Optima-4300 (Perkin Elmer, США). Для детального анализа выбрано 16 элементов, относящихся к I (Zn, As, Pb, Cd), II (Cr, Co, Cu, Mo, Ni, Sb), III (V, Mn, W) классам опасности, а также Fe, Sn и Bi. Физико-химические свойства почв определялись общепринятыми методами в Эколого-геохимическом центре географического факультета МГУ.

С помощью программных пакетов Global Mapper 8 и Google Earth Pro составлены карты функционального зонирования. Аналитические данные сгруппированы по функциональным зонам и обработаны статистическими методами в пакете Statistica 10. Рассчитаны коэффициенты накопления ТММ в почвах относительно фоновых аналогов:  $K_c = C_s/C_f$ , где  $C_s$ ,  $C_f$  – концентрации ТММ в загрязненных и фоновых почвах соответственно, а также суммарный показатель загрязнения  $Z_c = \sum K_c - (n-1)$ , где  $n$  – число ТММ с  $K_c > 1$  [2; 4].

**Результаты исследований. Физико-химические свойства фоновых и городских почв.** Поверхностные горизонты фоновых почв Северного Прибайкалья характеризуются в среднем нейтральной реакцией среды ( $pH_{вод}$ . 6,9), низкими содержанием органического углерода (2,8 %) и минерализацией, оцененной по удельной электропроводности ЕС (102 мкСм/см), супесчаным гранулометрическим составом (19,1 % физической глины).

В поверхностных горизонтах городских почв практически всех функциональных зон происходит техногенное подщелачивание с ростом значений  $pH$  (среднее 7,4). Кислые почвы с  $pH$  (4,9) приурочены к заболоченным участкам рекреационной зоны на юго-востоке города, а наиболее щелочные (с  $pH$  8,2–8,1) распространены локальными ареалами на северо-западе и северо-востоке в селитебной многоэтажной, промышленной и транспортной зонах. Увеличение  $pH$  объясняется поступлением карбонатной пыли и щелочных стоков от ряда промышленных предприятий, строительных производств и применением противогололедных реагентов (ПГР).

В городских почвах выявлена повышенная минерализация почвенного раствора по сравнению с фоновым уровнем, что указывает на развитие антропогенного засоления в верхних горизонтах. Величины ЕС колеблются от минимального 47,8 в почвах рекреационной зоны до 328 мкСм/см в селитебной многоэтажной зоне, составляя в среднем 129,3 мкСм/см. Высокая минерализация почвенного раствора связана с использованием ПГР в зимний период, солевыми отходами промышленных объектов и коммунально-бытовыми стоками. Наблюдается также небольшое увеличение содержания органического углерода (Сорг.) по сравнению с фоновыми аналогами. Среднее содержание Сорг. в почвах составляет 3 % и изменяется от 1,7 % в селитебной многоэтажной зоне до 4,1 % в промышленной. Повышенные значения Сорг. в почвах зафиксированы на северо-востоке города и обусловлены выбросами органических частиц (золы) от ТЭЦ и котельных.

Гранулометрический состав городских почв незначительно утяжеляется по сравнению с фоном. Среднее содержание физической глины в верхних гори-

зонтах почв составляет 20,6 %, что характеризует почвы в среднем как легкосуглинистые. Минимальные значения содержания физической глины 5,8 % (песок связный) соответствуют пляжной территории Байкальского побережья, максимальные (до 32,2 %, суглинок средний) – почвам промышленной зоны и железнодорожного узла.

**Содержание ТММ в городских почвах.** В городских почвах по сравнению с фоном накапливаются три элемента: Sb, Pb и W (средние значения Kc 2,7–1,5). Различия в содержании ТММ в городских почвах отражают геохимические спектры элементов по функциональным зонам (табл. 1). Наиболее загрязнены ТММ почвы транспортной, промышленной и селитебной усадебной зон. В их почвах Kc для Sb составляет 4,6, 3,3 и 2,8 соответственно. Почвы селитебной усадебной зоны характеризуются накоплением также W, Pb, Cd, Zn (средние Kc 2,3–1,4), а в селитебной многоэтажной зоне – Cd, Sb, Pb (средние Kc 1,5–1,4). Не накапливаются в почвах всех зон As, Cr, Bi, Ni, Co и Mo (Kc<1). Основными источниками ТММ в городских почвах являются выбросы автотранспорта, предприятия по обслуживанию железной дороги, нефтебазы и очистные сооружения. Почвы рекреационной зоны незначительно обогащены только W (Kc 1,7) и отражают наименьший уровень загрязнения ТММ.

Таблица 1

Геохимическая специализация поверхностных горизонтов почв  
в функциональных зонах г. Северобайкальска

Функциональная зона (число проб)	Геохимическая специализация почв (нижние индексы – Kc)
Среднее по городу (47)	Sb <sub>2,6</sub> Pb <sub>1,7</sub> W <sub>1,5</sub> Cu <sub>1,3</sub> Cd <sub>1,2</sub> As <sub>1,2</sub>
Селитебная усадебная (9)	Sb <sub>2,7</sub> W <sub>2,3</sub> Pb <sub>2</sub> Cd <sub>1,5</sub> Zn <sub>1,4</sub> As <sub>1,3</sub> Sn <sub>1,2</sub>
Селитебная многоэтажная (5)	Cd <sub>1,5</sub> Sb <sub>1,5</sub> Pb <sub>1,4</sub> As <sub>1,2</sub> W <sub>1,2</sub>
Рекреационная (12)	W <sub>1,7</sub> Pb <sub>1,3</sub> Sb <sub>1,2</sub>
Транспортная (9)	Sb <sub>4,2</sub> Cu <sub>1,5</sub> Pb <sub>1,4</sub> Cd <sub>1,3</sub> As <sub>1,2</sub> Sn <sub>1,2</sub>
Промышленная (12)	Sb <sub>3,2</sub> Pb <sub>2,1</sub> Cu <sub>1,4</sub> As <sub>1,3</sub> W <sub>1,2</sub>

**Ассоциации ТММ.** В верхних горизонтах почв г. Северобайкальска ТММ образуют несколько ассоциаций, поступающих от общих источников и характеризующихся сходными тенденциями к накоплению и выносу в различных ландшафтно-геохимических условиях города. Они определены путем кластерного анализа на основе коэффициентов корреляции между концентрациями ТММ в почвах. Выделены четыре ассоциации: Cu-As-Mo; Sn-Sb; V-Cr-Co-Ni и Zn-Cd-Pb, не ассоциируются с другими элементами Bi и W.

Ассоциация Cu-As-Mo включает халькофильные Cu и Mo и литофильный As и связана с воздействием на почвы отходов строительной промышленности и ТЭЦ. Халькофильные Zn-Cd-Pb приурочены к выбросам выхлопных газов автотранспорта. В ассоциацию V-Cr-Co-Ni входят сидерофильные элементы, где Ni и Co – катионогенные металлы, образующие устойчивую ассоциацию с анионогенным V [5]. Данная ассоциация объединяет элементы в основном природного происхождения с окколофоновыми содержаниями в городских почвах.

Сходством в поведении обладает и пара лиофильных анионогенных элементов Sn-Sb.

**Техногенные аномалии ТММ в поверхностных горизонтах городских почв.** На территорию города составлены карты распределения элементов – приоритетных загрязнителей Sb, Pb, W и показателя суммарного загрязнения Zc в почвах. Некоторые техногенные аномалии ТММ расположены на довольно близком (до 500 м) расстоянии от уреза оз. Байкал, что может оказаться на составе его вод. Лидирующий загрязнитель Sb образует в городских почвах две крупные техногенные аномалии, приуроченные к промышленным зонам. Максимальные концентрации Sb (5–7,5 мг/кг) наблюдаются вблизи очистных сооружений на юго-западе, ТЭЦ и локомотивного депо на северо-западе города с превышением фонового уровня в 17–25 раз, а ПДК в почвах – почти в 2 раза.

При анализе пространственного распределения суммарного показателя Zc выявлены две аномальные зоны с умеренно-опасным загрязнением Sb, As, Bi, Sn, Cu вблизи очистных сооружений и опасным уровнем загрязнения Sb, Sn, Pb, Cd, Cu, Mo в транспортной зоне у локомотивного депо. Большая часть (63 %) территории города имеет умеренный уровень загрязнения почв ТММ, 37 % – опасный и очень опасный, что может отразиться на здоровье горожан и экологическом состоянии озера Байкал.

*Работа выполнена в рамках проекта РФФИ-РГО № 17-29-05055.*

#### **Литература**

1. Почвы водоохранной зоны озера Байкал и их использование / И. А. Белозерцева, И. Н. Владимиров, В. И. Убугунова, В. Л. Убугунов, О. А. Екимовская, А. В. Бардаш // География и природные ресурсы, 2016, № 5, с. 70–82.
2. Геохимия окружающей среды / Ю. Е. Саэт [и др.]. М. : Недра, 1990. 335 с.
3. Антропогенные почвы: генезис, география, рекультивация : учеб. пособие / М. И. Герасимова, М. Н. Стroganova, Н. В. Можарова, Т. В. Прокофьева. Смоленск : Ойкумена, 2003. 268 с.
4. Геохимия ландшафтов Восточной Москвы / Н. С. Касимов, Д. В. Власов, Н. Е. Кошелева, Е. М. Никифорова. М. : АПР, 2016. 276 с.
5. Перельман А. И., Касимов Н. С. Геохимия ландшафта. М. : Астрея-2000, 1999. 768 с.
6. Экологический атлас бассейна озера Байкал. Иркутск : Изд. Ин-та географии СО РАН, 2015. 145 с.
7. Demetriadis A., Birke M. Urban Geochemical Mapping Manual: Sampling, Sample preparation, Laboratory analysis, Quality control check, Statistical processing and Map plotting. EuroGeoSurveys, Brussels, 2015. 162 p.

#### **ECOLOGICAL AND GEOCHEMICAL STATE OF SOILS IN THE CITY OF SEVEROBAIKALSK**

**N. E. Kosheleva, E. M. Nikiforova, I. V. Timofeev**

*Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russian Federation  
nataalk@mail.ru*

For the first time in the city of Severobaikalsk, a soil-geochemical survey of the city territory was carried out in the summer of 2018 and the content of 16 heavy metals and metalloids (HMMs) in the soils were determined. 57 samples, including 10 background samples were taken

from the upper soil horizon. The priority pollutants of urban soils are Sb Pb and W. The most contaminated soils are in the industrial, traffic and residential estate zones, and the least ones – in the residential multi-storey and recreational zones. In urban soils 4 associations of HMMs were identified: Cu-As-Mo; Sn-Sb; V-Cr-Co-Ni and Zn-Cd-Pb which come from common sources and having similar tendencies in accumulation and removal. Soil-geochemical maps were compiled on the territory of the city, where two anomalous zones with moderately dangerous pollution with Sb, As, Bi, Sn, Cu near the treatment facilities and a dangerous level of pollution with Sb, Sn, Pb, Cd, Cu, Mo at the locomotive depot were revealed. 63 % of the city's territory has a moderate level of soil pollution with TMMs and 37 % – dangerous and very dangerous levels.

## ПОСТПИРОГЕННАЯ ЭРОЗИЯ ПОЧВ В ГОРНЫХ ЛЕСАХ ПРИБАЙКАЛЬЯ

Ю. Н. Краснощеков

Институт леса им. В. Н. Сукачева СО РАН – Обособленное подразделение  
ФИЦ КНЦ СО РАН, Красноярск, Россия, kyn47@mail.ru

Лесные почвы в горном Прибайкалье формируются при регулярном воздействии пирогенного фактора. По тяжести и масштабности воздействия на почвы из всех антропогенных факторов первенство принадлежит пожарам. Низовые подстилочно-гумусовые пожары, преобладающие в Прибайкалье, в зависимости от интенсивности огня по-разному трансформируют основные компоненты лесных экосистем – почву, живой напочвенный растительный покров, формируют сукцессионные стадии их восстановления, влияют на послепожарное формирование насаждений и динамику прироста древостоев. При любом пожаре в сферу горения попадает напочвенный покров и органогенные горизонты почв. При высокой интенсивности пожара и полном сгорании поверхности органогенного горизонта, термовоздействию подвергаются органо-минеральные или минеральные горизонты почв.

В литературе неоднократно отмечается, что пожары и вообще огонь следует включить в число важных факторов, влияющих на развитие и функционирование лесных почв [4; 7]. В отличие от любых антропогенных и техногенных воздействий на среду, роль огня в формировании современного облика лесных почв очень специфична. Она связана с интенсивностью пожара, свойствами горючих материалов, геоморфологическими и другими условиями [2; 5]. Значение горного рельефа в возникновении лесных пожаров возрастает в связи с вертикальной зональностью климата, а также с влиянием экспозиции и крутизны склонов.

Многочисленными исследованиями, проведенными в разных регионах Евразии показано, что под влиянием пожаров, в результате резкого изменения экологических условий, а также поступления большого количества золы на поверхность, происходят изменения химических, физико-химических и водно-физических свойств почв [1; 3; 6; 8–10 и др.].

Одним из интегральных показателей почвозащитных функций леса является поверхностный жидкий сток, который представляет часть не поглощенных растительностью и почвой атмосферных осадков. Процесс формирования жидкого и твердого поверхностного стоков связан с климатическими, геоморфологическими, почвенными и биогенными факторами.

В почвенном покрове кедровых лесов широко распространены альфегумусовые почвы (Albic Podzols, Folec Leptic Entic Podzols, Histic Leptic Entic Podzols). Выявлена тенденция снижения водопроницаемости почв от водоразделов и верхних частей склонов к нижним частям склонов и понижениям, что связано с изменением мощности и состава рыхлых четвертичных отложений, а

также с содержанием грубообломочного материала. Так, очень высокими инфильтрационными свойствами (более 200 мм/мин) характеризуются почвы водоразделов, где по гранулометрическому составу преобладают сильноБебистые супесчаные и легкосуглинистые разновидности. В средних и нижних частях склонов она изменяется от  $38,7 \pm 4,5$  до  $57,0 \pm 4,0$  мм/мин. В нижних частях склонов второстепенных хребтов инфильтрация почв равна  $18,1 \pm 3,6$  мм/мин.

Экспериментально установлено, что в летний период дожди силой до 5 мм под пологом кедровых лесов сток не образуют. Основными стокообразующими дождями являются дожди средней интенсивности (силой более 10 мм), а также дожди ливневого характера.

В рассматриваемых горно-таежных кедровых лесах поверхностный сток характеризуется очень малыми величинами и не превышает 2–3 % от суммы осадков. Модуль твердого стока составляет  $0,001\text{--}13,5$  т/км<sup>2</sup> в год. Эрозионные коэффициенты очень низкие – от  $1 \cdot 10^{-5}$  до  $5 \cdot 10^{-5}$ .

В структуре почвенного покрова горно-таежного и подтаежно-лесостепного светлохвойных ВПК типов леса широко распространены серогумусовые почвы (*Haplic Umbrisols*, *Lamellic Umbrisols*). На круtyх каменистых склонах формируются литоземы (*Umbric Leptosols*, *Mollie Leptosols*).

Высокой (провальной) водопроницаемостью в пределах ВПК характеризуются хрящевато-супесчаные и легкосуглинистые разновидности серогумусовых почв верхних и средних частей склонов хребтов. Коэффициент инфильтрации этих почв изменяется от  $61,4 \pm 5,9$  до  $85,0 \pm 8,6$  мм/мин. В средних частях склонов серогумусовые почвы более тяжелого гранулометрического состава имеют инфильтрацию, равную  $27,5 \pm 5,2$  мм/мин.

Величина поверхностного жидкого стока под пологом леса не превышает в большинстве случаев 5–10 % от суммы осадков. Модуль твердого стока в зависимости от крутизны склона изменяется от 0,01 до 50,0 т/км<sup>2</sup> в год, эрозионные коэффициенты – от  $2 \cdot 10^{-5}$  до  $25 \cdot 10^{-5}$ .

Низовые пожары, преобладающие в данном регионе, в зависимости от интенсивности огня по-разному трансформируют основные компоненты лесной экосистемы. Независимо от интенсивности пожара в сферу горения всегда попадает напочвенный покров и поверхностные органогенные горизонты почв. Установлено, что в кедровых лесах Прибайкалья при слабой и средней интенсивности пожара мощность этих горизонтов уменьшается на 23–25 %, а при высокой – на 80 %. В таежных, подтаежных и подтаежно-лесостепных светлохвойных травяных лесах при пожарах средней и высокой интенсивности мощность органогенного горизонта снижается до 70–80 %, а в отдельных случаях сгорает полностью до минеральной части профиля.

При низовых подстильочно-гумусовых пожарах заметно возрастает плотность сложения и уменьшается общая пористость верхних горизонтов почв. Так, значительное изменение плотности сложения сухой почвы и общей пористости отмечено на свежих и трехлетних гарях. По сравнению с лесом, где плотность сложения в слое почвы 0–5 см равна  $0,36\text{--}0,42$  г/см<sup>3</sup>, в слое 5–20 см –  $0,80\text{--}1,14$  г/см<sup>3</sup>, на гарях она соответственно равна  $0,50\text{--}0,97$  г/см<sup>3</sup> и

0,88–1,22 г/см<sup>3</sup>. Общая пористость в слое 0–5 см под пологом леса 80–83 %, в слое 5–20 см – 55–64 %, на гарях она равна соответственно 56–76 и 50–61 % от объема. На старых гарях (8–10-летних) плотность сложения слоя почв 0–5 см составляет 0,65–0,75 г/см<sup>3</sup>, а общая пористость – 60–70 %. На старых гарях относительно высокие показатели плотности сложения и низкие – общей пористости, связаны в большей мере, с проявлением на горных склонах педотурбационных и деструктивных процессов.

Изменение общих физических свойств почв на гарях приводит к ухудшению их водопроницаемости. Так на свежих и трехлетних гарях кедровников кустарничково-зеленомошных, на участках, прошедших огнем высокой и средней интенсивности, она изменяется от 0,4 до 15,0 мм/мин. На пятилетних гарях на участках, пройденных пожарами слабой интенсивности, водопроницаемость почв составляет 62–125 мм/мин, средней интенсивности – 36–80 мм/мин, высокой – 5,8–24,0 мм/мин. На гарях 10–15-летнего возраста почвы имеют водопроницаемость 48–150 мм/мин.

В пределах подтаежных и подтаежно-лесостепных сосновых и лиственничных лесов на свежих и трехлетних гарях водопроницаемость почв уменьшается до 0,2 до 4,0 мм/мин, на 5–8-летних – до 3,2–11,8 мм/мин. Почвы 10–15-летних гарей имеют водопроницаемость 10,8–16,5 мм/мин. В данном случае относительно плохая водопроницаемость почв даже на гарях 10–15-летнего возраста связана с их эродированностью а, следовательно, с не восстановившимися физическими и водно-физическими свойствами.

Ухудшение физических и водно-физических свойств почв на гарях сопровождается резким возрастанием размеров жидкого поверхностного склонового стока и развитие эрозионных процессов, приводящих к разрушению почвы как природного тела.

Как показали исследования, развитие эрозионных процессов на гарях наблюдается в основном в виде плоскостного смыва и мелкоструйчатого размыва. Кроме этого, большое влияние на разрушение почвы здесь оказывают вывалы поврежденных и ослабленных огнем деревьев.

На свежих гарях кедровых лесов на склонных, крутизной 5–15° суммарный размер эрозии изменяется от 600 до 1800 т/км<sup>2</sup> в год. Наиболее интенсивный снос почвы наблюдается на свежих гарях, пройденных пожарами высокой и средней интенсивности. Здесь при поверхностном стоке 320–350 мм в год суммарный размер эрозии на склонах 15–25° достигает 3000–3400 т/км<sup>2</sup>. На гарях 3–5-летнего возраста на склонах крутизной 5–15° суммарная эрозия равна 250–600 т/км<sup>2</sup>, а при крутизне 15–25° – 1000–1500 т/км<sup>2</sup> в год. На старых гарях (старше 10 лет) при условии восстановления растительности на них эрозионные процессы незначительны и не превышают естественную эрозию под пологом леса.

На свежих гарях сосновых лесов на склонах крутизной 5–15° суммарный размер эрозии составляет 800–1100 т/км<sup>2</sup>, а при крутизне 15–25° суммарный размер эрозии при стоке 230–250 мм увеличивается до 3500–4800 т/км<sup>2</sup> в год.

Нарушение защитного растительного слоя пожаром на крутых склонах (25–30° и более) часто приводит к полному сносу мелкозема, в результате чего

на поверхности местами обнажены плиты и крупные обломки горных пород. На крутых склонах мелкозем сохраняется лишь фрагментарно, в основном в западинах, а также под кронами отдельных сосен, обладающих мощной поверхностной корневой системой. Аккумуляцией мелкозема служат также приствольные зоны, расположенные по склону выше стволов деревьев, имеющие протяженность 1–2 м. Здесь же наблюдается и формирование органогенного пирогенного горизонта, причем более половины его запасов сосредоточено как раз на этой площади. Однако, очень часто в условиях горного рельефа на крутых склонах после лесного пожара высокой интенсивности, смывается весь почвенный мелкозем и образуются каменистые россыпи (курумники), не зарастающие лесом неопределенно долгое время.

На 3–5-летних гарях сосновых лесов на склонах 5–15° суммарный размер эрозии равен 680–950 т/км<sup>2</sup>, а при крутизне 15–25° он возрастает до 1400–1900 т/км<sup>2</sup> в год. Относительно длительное время эрозионные процессы развиты на старых гарях (10–15 летних), где процессы восстановления растительного покрова замедлены повторными пожарами. Даже на склонах 15–25° суммарный размер эрозии при стоке 50–90 мм составляет 270–350 т/км<sup>2</sup> в год. На старых возобновившихся гарях (10–15-летних), интенсивность развития эрозии не выше, чем на облесенных территориях. Это связано с хорошим возобновлением и интенсивным зарастанием гарей травянистой растительностью. Верхние горизонты почв хорошо скреплены корневыми системами травянистой растительности, сформировавшийся органогенный и дерновый горизонты противодействуют размыву.

Таким образом, в горном Прибайкалье площади низовых пожаров (размерами в десятки тысяч гектаров) представляют собой весьма разнообразную картину пирогенных трансформаций почв лесных экосистем, от слабых огневых повреждений под пологом древостоеv, до высоких – от интенсивного низового огня. Впервые годы после пожаров высокой и средней интенсивности на пожарищах наблюдается значительное изменение в поверхностных органогенных и грубогумусовых горизонтах почв за счет их выгорания. Вновь образованные поверхностные органогенные пирогенные горизонты (Opir; OLpir; AOpir) по мощности, запасам, физико-химическим и водно-физическим свойствам, значительно отличаются от аналогов под пологом нетронутого пожаром леса.

Низовые пожары в горах вызывают часто развитие необратимых деструктивных процессов, ведущих к разрушению почвы как природного тела. Пожары средней и высокой интенсивности на горных склонах, при частичном или полном сгорании защитного растительного слоя способствуют резкому снижению водопоглотительной способности трансформированных лесных подстилок и водопроницаемости почв. Это создает условия для формирования жидкого поверхностного стока и усилинию эрозионных процессов. На свежих гарях, в зависимости от интенсивности огня, поверхностный сток возрастает в 3–15 раз, а твердый – в десятки и сотни раз. Новый почвообразовательный процесс начинается либо на остаточной коре выветривания, либо на поверхности образовавшегося наноса, приводящий к формированию почв либо с простым примитивным профилем с маломощными горизонтами, либо к формированию слож-

ных полициклических профилей, часто с погребенными (реликтовыми) горизонтами. Изучение трансформации почв после воздействия лесных пожаров позволяет более точно прогнозировать их эволюцию, а также процесс естественного лесовозобновления в зависимости от выделенных разновидностей почв и степени их пирогенной нарушенности.

### Литература

1. Влияние низовых пожаров на свойства и эрозию лесных почв Южного Урала (Башкирский государственный природный заповедник) / И. М. Габбасова, Т. Т. Гарипов, Р. Р. Сулайманов, М. А. Комиссаров, И. К. Хабиров, Л. В. Сидорова, Ф. И. Назырова, З. Г. Простякова, Э. Ю. Котлугалямова // Почвоведение. 2019. № 4. С. 412–421. <https://doi.org/10.1134/S0032180X19040075>.
2. Евдокименко М. Д. Факторы горимости Байкальских лесов // География и природные ресурсы. 2011. № 3. С. 51–57.
3. Краснощеков Ю. Н. Почвы горных лесов Прибайкалья и их трансформация под влиянием пожаров // Почвоведение. 2018. № 4. С. 387–401. <https://doi.org/10.7868/S0032180X18040019>.
4. Сапожников А. П. Роль огня в формировании лесных почв // Экология. 1976. № 1. С. 43–46.
5. Софронов М. А., Волокитина А. В., Софронова Т. М. Пожары в горных лесах. Красноярск : Изд-во СО РАН. 2008. 388 с.
6. Тарабукина В. Г., Савинов Д. Д. Влияние пожаров на мерзлотные почвы. Новосибирск : Наука, 1990. 120 с.
7. Чевычелов А. П. Пирогенез и горно-таежное континентальное гумидное автоморфное почвообразование на Северо-Востоке Азии (на примере Южной Якутии). Новосибирск : СО РАН, 1997. 34 с.
8. Krasnoshchekov Yu. N. Transformation of Soil-Protective Functions of Mountain Forest Under the Influence of Fores in the Central Ecological Zone of the Baikal Natural Territory// Geography and Natural Resources. Vol. 34, N 4. 2013. P. 356–363. <https://doi.org/10.1134/S1875372813040094>.
9. Wittenberg L., Inbar M. The role of fire disturbance on runoff and erosion processes – a long-term approach, Mt. Carmel Case Study, Israel // Geograph. Res. 2009. Vol. 47. P. 46–56. <https://doi.org/10.1111/j.1745-5871.2008.00554.x>
10. Micro-scale post-fire surface cover changes monitored using high spatial resolution photography in a semiarid environment: A useful tool in the study of post-fire soil erosion processes / F. Perez-Cabello, A. Cerda, J. de la Riva, M. T. Echeverria, A. Garcia-Martin, P. Ibarra // J. Arid Environ. 2012. V. 76. P. 88–96. <https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2011.08.007>

## POST-PYROGENIC SOIL EROSION IN MOUNTAIN FORESTS OF THE BAIKAL REGION

Yu. N. Krasnoshchekov

V. N. Sukachev Institute of Forest SB RAS – Separate division of the FIC KSC SB RAS,  
Krasnoyarsk, Russian Federation, kyn47@mail.ru

The data of experimental studies on the influence of grass-roots fires on the development of erosion processes in the mountain forests of the Baikal region are considered. It is shown that the violation of the soil-protective plant and organogenic layer of soils on mountain slopes contributes to the intensive development of planar flushing of fine-grained soil, which leads to a change in the direction and rate of soil formation. The quantitative indicators of liquid and solid surface runoff formed on the burning areas are given, depending on the steepness of the slopes, the intensity and duration of the fires passed. Pyrogenic destruction of forest ecosystems inevitably leads to the degradation of mountain soils, which take many decades to recover after fires.

## ОЦЕНКА ПОТЕНЦИАЛА ПРОДУКТИВНОСТИ ПОСТАГРОГЕННЫХ ЧЕРНОЗЕМОВ В УСЛОВИЯХ ХАКАСИИ

Н. В. Кутькина

Научно-исследовательский институт аграрных проблем Хакасии  
с. Зеленое, Россия, cutcina19@mail.ru

Вопрос использования земель, выведенных из сельскохозяйственного оборота, является составной частью общей стратегии рационального использования почвенных ресурсов страны. Решение этого вопроса возможно только на основе получения достоверной информации об их почвенно-экологическом состоянии и правильном научном подходе к вовлечению в оборот этих земель. В настоящее время наиболее объективным требованием к вовлекаемым в оборот залежным землям является агроэкологическая оценка потенциала почв в совокупности с климатическими условиями сельскохозяйственных угодий. Для более точной оценки продуктивности залежных земель в целях их освоения необходимы вычисления нормативной урожайности на основе климатических показателей и современном качестве почв. На территории Республики Хакасия, общая площадь пашни на 01.01.2020 составляет 684,9 тыс. га [4], а посевная площадь в 2,6 раза меньше. Существенную долю в тенденции уменьшения посевных площадей вносят разнообразные кризисные ситуации социально-экономических преобразований, что привело к сокращению обрабатываемых земель вместе со значительным снижением их продуктивности и сборов сельскохозяйственной продукции [1]. Вместе с тем в республике площадь сельскохозяйственных угодий сокращается еще и в связи с отводом их под разработки природных ископаемых, жилищное строительство, и промышленные объекты. Поэтому уменьшающуюся площадь пашни, необходимо компенсировать ростом урожайности зерновых до 2,5–3,0 тонн с одного гектара на плодородных пахотнопригодных землях, с применением интенсивных технологий возделывания сельскохозяйственных культур. Тем более, что в пахотных землях Хакасии существенную долю (79,6 %) представляют лучшие почвы – черноземы, которые необходимо осваивать в первую очередь.

Цель исследования – определить потенциал продуктивности постагрогенных черноземов в разных природных условиях Хакасии.

**Материал и методы исследования.** Республика Хакасия является частью Алтайско-Саянской горной области. Ее территория вытянута в меридиональном направлении от 51°20' до 55°27' с. ш., принадлежит трём крупным геоморфологическим регионам: Кузнецкому нагорью, Западному Саяну и Минусинской котловине, площадь составляет 61,6 тыс. км<sup>2</sup> [3]. Абсолютные высоты колеблются от 250 до 2800 м над у. м. Рельеф поверхности вносит значительные корректизы в зональную циркуляцию атмосферы, благодаря чему формируются местные типы климата, часто имеющие резко различную характеристику [8]. Почвенный покров включает все разнообразие типов, имеющих распространение

ние в горных странах юга Сибири. На землях сельскохозяйственного назначения преобладают черноземы обыкновенные (80 %) [7]. Исследования проведены (2013–2018 гг.) на постагрогенных черноземах Хакасии, подвергнутых консервации в 1996–1998 гг. Генетическая принадлежность почв устанавливалась по классификации [5; 6]. Из генетических горизонтов почвенного профиля отбирались почвенные образцы для лабораторного анализа и последующего уточнения диагноза. Агроклиматический потенциал (АП) или агроклиматический, характеризующий влияние климатических условий на урожайность зерновых культур рассчитывали по формуле И. И. Карманова [9]:

$$AP = \frac{\sum t > 10^\circ (KU - P)}{KK + 100},$$

где ( $\sum t > 10^\circ$ ) – среднегодовая сумма температур выше 10 °C; KU – коэффициент увлажнения (отношение показателей количества годовых осадков к испаряемости); P – поправка к KU; KK – коэффициент континентальности климата рассчитывается по формуле:

$$KK = \frac{360 (t_{\max}^o - t_{\min}^o)}{\varphi + 10},$$

где  $t_{\max}^o$  – средняя температура самого теплого месяца;  $t_{\min}^o$  – средняя температура самого холодного месяца;  $\varphi$  – широта местности.

Изменение показателя агроклиматического потенциала АП (на 0,5 единиц и более служит основанием для выделения новых агроклиматических оценочных подзон [2]. Определение продуктивности пашни путём расчёта показателей нормативной урожайности для зерновых культур проводили в разрезе почвенных разновидностей по формуле:

$$Y_n = \frac{33,2 \cdot 1,4 \cdot AP \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4}{10,0},$$

где  $Y_n$  – нормативная урожайность зерновых культур, ц/га; АП – величина местного агроклиматического потенциала для зерновых культур (по И. И. Карманову); 10,0 – базовое значение величины АП; 33,2 – нормативная урожайность (ц/га) зерновых культур на эталонной почве, соответствующая нормам нормальных зональных технологий при базовом значении АП (10,0); 1,4 – коэффициент пересчета на уровень урожайности при интенсивной технологии возделывания;  $K_1 \dots K_4$  – поправочные коэффициенты (на содержание гумуса в пахотном слое, мощность гумусового горизонта, содержание физической глины в пахотном слое, негативные свойства почв и т. д. [2]).

**Результаты и обсуждение.** В черноземной зоне (лесостепь и степь) Хакасии расчетный коэффициент континентальности климата варьирует от резко-го (193–212) до крайне континентального (217–226). Среднемноголетний годовой коэффициент увлажнения по Н. Н. Иванову в лесостепи недостаточно увлажненный (1,01–0,98), а в настоящей степи – засушливый (0,67–0,85). Расчёты показали, что агроклиматический потенциал (АП) залежных земель в черноземной зоне республики варьирует от 4,1 до 5,9 баллов и в среднем он в 2 раза ниже базового значения (АП 10 Краснодарского края). По климатическим показателям и качественному состоянию почв в черноземной зоне республики вы-

делено 3 почвенно-климатических района: лесостепной (АП 5,6); предгорно-степной Западного Саяна (4,9); предгорно-степной Кузнецкого Алатау и центральный холмисто-степной Алтайского района (4,1). Агроклиматический потенциал степи предгорий Западного Саяна ниже лесостепной части на 0,7 единиц, а еще ниже он (на 1,5) в степи предгорий Кузнецкого Алатау. Большая сухость у последних объясняется основным переносом воздушных масс с юго-запада и запада. Воздушные массы при движении вниз по восточным склонам Кузнецкого Алатау, нагреваются и, опускаясь на дно котловины, оказывает иссушающее действие на степи, поэтому здесь выпадает меньшее количество осадков [8]. Качество почв также уменьшается в ряду: лесостепь предгорий Западного Саяна и низкогорий Батеневского кряжа > настоящая степь предгорий Западного Саяна > лесостепь предгорий Кузнецкого Алатау > настоящая степь предгорий Кузнецкого Алатау > настоящая холмистая степь центральной части Хакасии (Алтайский район).

Расчетная потенциально возможная нормативная урожайность зерновых культур в лесостепной зоне составила: 2,9–3,1 т/га – на черноземах среднемощных тяжелосуглинистых и 2,2–2,8 т/га – на маломощных слабоэродированных. В настоящей степи зависимость нормативной урожайности зерновых культур от климатических показателей прямо пропорциональная, а в лесостепи южной части Хакасии она больше зависит от потенциала плодородия почв, в северной – от теплообеспеченности и плодородия (табл. 1). Так, в предгорной степи Западного Саяна нормативная урожайность зерновых в сравнении с лесостепью в среднем снижается на 0,6 т/га, а в сравнении с лесостепью предгорий Кузнецкого Алатау она равнозначная (2,3 т/га), несмотря на большую увлажненность у последней. Черноземы обыкновенные настоящей степи предгорий Западного Саяна имеют большую мощность гумусового горизонта и содержание гумуса (см. табл. 1).

В холмистой настоящей степи центральной части территории Хакасии (Алтайский район) нормативная урожайность самая низкая (1,26 т/га – на склоне северной экспозиции и 1,20 – на южной), а еще ниже она на засоленных черноземах южных в предгорье Кузнецкого Алатау (см. табл. 1).

**Выводы.** Таким образом, на основании климатических показателей, качественного состава почв, нормативной урожайности определен потенциал продуктивности постагрогенных черноземов в разных природных условиях Хакасии. Установлены районы существенно отличаются по биоклиматическим показателям (АП и НУ): 1) лесостепной (АП – 5,6 и НУ – 2,2–3,1 т/га); 2) предгорно-степной Западного Саяна (4,9 и 2,2–2,5); 3) предгорно-степной Кузнецкого Алатау и Алтайский центрально-степной (АП – 4,1 и НУ – 0,9–1,8 т/га). В связи с тенденцией повышения аридности климата в Хакасии осваивать законсервированные черноземы необходимо, прежде всего, в благоприятных климатических условиях лесостепи и предгорных районах настоящей степи, где агроклиматический потенциал составляет 4,7 и 5,9 единиц; количество атмосферных осадков – 370–450 мм в год и нормативная урожайность зерновых культур – 2,2–3,0 т/га.

Таблица 1

Качественный состав постагренических черноземов и расчетная нормативная урожайность зерновых культур в разных почвенно-климатических районах территории Хакасии

Хозяйство, населенный пункт	Тип, подтип почвы	АП	Мощность гумусово-глинистого слоя, см	Содержание гумуса, %	Физ. глина, %	Каменистость, карбонатность, засоление	Супеси и пески почвообразующих пород	Нормативная урожайность, т/га
<b>Лесостепь предгорий Западного Саяна и низкогорий Баланевского кряжа (Бейский, Таштпкий, Боградский районы)</b>								
«Габайское», Табагт	Чернозем оподзоленный	5,9	36	7,7	52,1			3,00
	Чернозем выщелоченный		46	6,3	50,3			3,01
	Чернозем обыкновенный		38	5,8	48,8			2,84
«Гаштыпское», Имек	Чернозем выщелоченный	5,7	50	7,2	66,4			3,08
	Чернозем обыкновенный		30	4,6	46,7			2,50
<b>Лесостепь предгорий Кузнецкого Алатау (Орджоникидзевский район, Боградский район)</b>								
Устилкино	Чернозем обыкновенный	5,5	40	4,4	40,4	средняя кам.		2,24
Кагаево	Чернозем обыкновенный		38	5,0	38,6	нет		2,49
«Бородинское»	Чернозем обыкновенный	5,4	40	7,5	58,4			2,90
Полиндейка	Чернозем обыкновенный		31	7,2	58,6			2,69
<b>Настоящая степь предгорий Западного Саяна (Бейский, Алтайский районы)</b>								
«Нива», Бея	Чернозем обыкновенный (склон ю. э.)	4,9	33	4,8	46,3			2,20
	Чернозем обыкновенный (с. э.)	4,9	38	7,2	49,0			2,47
«Новокурское»	Чернозем обыкновенный (долина)	4,7	45	6,8	57,7			2,45
«Очурское»	Чернозем обыкновенный (долина)	5,0	42	5,6	52,6			2,23
<b>Настоящая степь предгорий Кузнецкого Алатау (Ширинского и Боградского районов)</b>								
«Целинное», Борец	Чернозем обыкновенный	4,1	42	4,0	24,7			1,70
	Чернозем обыкновенный		24	3,4	25,9			1,46
«Андраниновский»	Чернозем южный (склон ю. в.)	4,2	33	3,4	37,3	нет		1,70
Сарагаш	Чернозем южный карбонатный (ю. в.)		32	3,2	34,5	карбонаты		1,57
	Чернозем южный солончаковый (ю. в.)		40	5,1	38,6	слаб. засоление		1,83
	Чернозем южный солончаковый (ю. э.)		33	2,3	21,4	среднее засол.		0,95
<b>Холмистая степь центральной части Хакасии (Алтайский район)</b>								
«Алтайское»	Чернозем обыкновенный карбонатный (с. э.)	4,1	40	2,6	29,9		супесь и песок	1,26
Бельтир	Чернозем обыкновенный карбонатн. (ю. э.)		40	2,0	29,9		-/-	1,20

Примечание. Склон ю. э. южной экспозиции, с. э. северной экспозиции, ю. в. юго-восточной экспозиции.

Черноземы, развитые на эоловых отложениях и засоленные в средней степени с низким климатическим потенциалом и продуктивностью являются ограниченно пахотнопригодными для освоения. Пахотное использование возможно при проведении почвозащитных и мелиоративных мероприятий для производства кор-мов с высокой долей многолетних трав в структуре пашни.

### **Литература**

1. Агрэкологическое состояние и перспективы использования земель России, вы- бывших из активного сельскохозяйственного оборота / под ред. Г. А. Романенко. М. : Росин- формагротех, 2008. 63 с.
2. Государственная кадастровая оценка земель сельскохозяйственного назначения Российской Федерации / под общ. ред. Сапожникова П. М., Носова С. И. М. : НИПКЦ ВОС-ХОД – А, 2012. 157 с.
3. Градобоев, Н. Д. Природные условия и почвенный покров левобережной части Ми- нусинской впадины // Почвы Минусинской впадины. М. : Наука, 1954. Вып. 3. С. 7–183.
4. Доклад о состоянии и использовании земель в Республике Хакасия в 2019 г. / Управление Федеральной службы государственной регистрации, кадастра и картографии по Республике Хакасия, Абакан, 2020. 214 с.
5. Классификация и диагностика почв СССР. М. : Колос, 1977. 200 с.
6. Классификация и диагностика почв России. Смоленск: Ойкумена, 2004. 342 с.
7. Танзыбаев М. Г. Почвы Хакасии. Новосибирск : Наука. Сиб. изд. фирма, 1993. 256 с.
8. Чижикова Н. М. Климатическое районирование Хакасии : автореф. дис. ... канд. геогр. наук. Томск, 1972. 23 с.
9. Шишов Л. Л. Почвенно-экологическая оценка и бонитировка почв // Теоретические основы и пути регулирования плодородия почв / Л. Л. Шишов, Д. Н. Дурманов, И. И. Карманов, В. В. Ефремов. М. : Агропромиздат, 1991. С. 161–233.

### **ASSESSMENT OF THE PRODUCTIVITY POTENTIAL OF POSTAGROGENIC CHERNOZEMS IN KHAKASSIA OF KHAKASSIA**

**N. V. Kutkina**

*Research Institute of Agricultural Problems of Khakassia, Zelenoe, Russian Federation  
cutcina19@mail.ru*

For a more accurate assessment of the productivity of fallow lands of the chernozem zone of Khakassia, the standard yield (SY) of grain crops is calculated on the basis of climatic indicators and modern soil quality. The agro-climatic potential (AP) of the Chernozem zone of the republic ranges from 4. 1 to 5. 9 and is on average 2 times lower than the base value (AP 10 of the Krasno- dar Territory). Areas that differ significantly in bioclimatic parameters (AP and SY) were identified. The productivity potential of chernozems is high in the forest-steppe and foothill steppe of the Western Sayan, where the amount of atmospheric precipitation is 370–450 mm per year, and the standard yield of grain crops is 2.5–3.1 t/ha. The average potential is in the forest-steppe of the Kuznetsk Alatau (SY 2.2–2.5). Low potential in the steppe of the foothills of the Kuznetsk Alatau and the steppe of the central part of the territory of Khakassia (SY 0.9–1.8).

## MODIFICATION OF THE LAND FUND STRUCTURE OF MOLDOVA AFTER THE LAST AGRARIAN REFORM

**T. G. Leah, N. M. Leah**

*Institute of Soil Science, Agrochemistry and Soil Protection "Nicolae Dimo",  
Chisinau, Moldova, tamaraleah09@gmail.com*

According to their composition and natural fertility, the soils of the Republic of Moldova are part of the most valuable category, being characterized by a remarkable diversity, related to the variations of the local horizontal and vertical zonality conditions. Taking into account the global trends in the rates of depreciation and irrecoverable losses of agricultural land, as well as in the development of agriculture, the issue of maintaining the quality of the soil cover on agricultural land becomes a strategic concern of national security. Ignoring the need to maintain and protect the regenerative biological capacities of soils and environment, the intensive overexploitation of the last 3–4 decades have resulted in the ecological exhaustion of the soils and the decrease of the expected yield. Ignoring the need to maintain and protect the regenerative biological capacities of soils and the environment, the intensive overexploitation of the last 3–4 decades have resulted in the ecological exhaustion of the soils and the decrease of the expected yield [6].

Historically, there have been essential changes in the structure of the land fund. Until the 18th century, the territory of Moldova had a low degree of agricultural capitalization. The arable lands were located only around the rural localities. The natural meadows and forests predominated. The situation changed suddenly after 1812. The development of the economy, the political stability, the increase of the population number led to the intensive capitalization of the arable lands. According to the data of the Table 1, the share of arable lands and multiannual plantations increased from about 12. 4 % in 1812 to 54. 2 % in 1980, increasing 4. 4 times [3].

Dynamics of the land fund structure during the 1812–2020

Table 1

Years	Total		Arable		Multiannual plantations		Pastures		Forests		Other lands	
	th. ha	%	th. ha	%	th. ha	%	th. ha	%	th. ha	%	th. ha	%
1812	4511	100	516	11.4	46	1.0	2200	48.8	547	12.1	1202	26.7
1853	3600	100	1210	33.6	75	2.1	1947	54.1	276	7.7	91	2.5
1900	3499	100	2320	67.3	109	3.1	597	17.3	211	6.1	213	6.2
1950	3297	100	2124	64.4	177	5.4	542	16.5	231	7.0	222	6.7
1980	3376	100	1813	53.7	352	10.5	376	11.1	382	11.3	453	13.4
2010	3385	100	1822	53.8	303	9.0	360	10.6	453	13.5	444	13.1
2020	3385	100	1842	54.4	284	8.4	338	10.0	467	13.8	454	13.4

Agricultural land use was intensified especially in the second half of the XIX century. The highest level of land use for arable and perennial plantations of the Moldova territory was reached in 1900 (70.4 % of the total area). As a result of the expansion of arable land over 50 years (1850–1900) were cleared (deforestation) about

100 th. ha of forests and 1. 5 mil. ha of pastures and hayfields. These activities led to massive intensification of soil erosion and environment degradation [7].

During the years 1900–1950 the structure of the land fund remains more or less stable. The deforestation rates of the forests decrease, the areas occupied by perennial plantations increase considerably. Restoration work has begun and these processes continued in the following years until 1990.

The comparative situation in the use of the land fund until the implementation of the agrarian reform (1990) and recent (post-privatization period) is presented in tab. 2. The land fund of Moldova on the 01.01.2020 constitutes 3385 th. ha. Agricultural lands – 2492 th. ha or 73.6 %, including arable land – 1842 th. ha or 54.4 %, orchards – 130 th. ha, vineyards – 131 th. ha, meadows and hayfields – 340 th. ha of the total surface of land fund (Table 2). After privatization the abandoned and fallow lands appeared – 26.5 th. ha or 0.7 %. Only 0.59 ha of arable land and fruit plantations per capita, including 0.48 ha of arable land.

Table 2  
The comparative situation in the use of the land fund of the Republic of Moldova before  
and after the implementation of the agrarian reform

Land category	1989		2020		Difference, th. ha
	th. ha	%	th. ha	%	
Number of landowners	9 818		2 365 055		+2 355 237
Arable	1819.7	53.9	1842.1	54.4	+ 22.4
Fallow	-	-	26.5	0.8	+26.7
Multianual plantation:	410.4	12.2	283.6	8.4	-126.8
- orchards	190.7	5.7	129.9	3.8	-60.8
- vines	182.1	5.4	130.6	3.9	-51.5
Hayfield	3.7	0.1	2.1	0.1	- 1.6
Pastures	345.1	10.2	337.8	10.0	- 7.3
<b>Total agricultural land</b>	<b>2578.9</b>	<b>76.4</b>	<b>2492.0</b>	<b>73.6</b>	<b>- 86.9</b>
Land in the improvement stage	6.1	0.2	2.3	0.1	- 3.8
Forest plantations, inclusive:	415.7	12.3	467.6	13.8	+51.9
- forest belts	31.0	0.9	30.5	0.9	- 0.5
Swamps	17.0	0.5	18.5	0.5	+1.5
Land under water	72.6	2.2	96.4	2.8	+ 23.8
Roads, streets, squares, buildings and yards	210.1	6.2	244.9	7.2	+ 34.8
Other non-productive land, inclusive:	75.6	2.2	81.7	2.4	+ 6.1
- anthropically damaged	33.2	1.0	46.1	1.4	+ 12.9
- ravines	12.4	0.3	11.9	0.3	- 0.5
- landslides	30.0	0.9	23.7	0.7	- 6.3
<b>Total non-agricultural land</b>	<b>797.1</b>	<b>23.6</b>	<b>892.7</b>	<b>26.4</b>	<b>+ 95.6</b>
<b>Total on the R. Moldova</b>	<b>3376.0</b>	<b>100.0</b>	<b>3384.7</b>	<b>100.0</b>	<b>+ 8.7</b>

Source: Land Cadastre of the Republic of Moldova, 1989 and 2020.

The privately and state-owned agricultural lands, used by different economic agents, occupy 1900. 4 th. ha or 56.2 % of the total land area. In private property of the administrative-territorial units are 700.8 th. ha or 20. 7 %. Land publicly state owned – 23.1 %. The number of landowners increased from 1845 in 1989–1991 to

2 363 055 present. The number of households with various legal-organizational forms and their area is presented in Table 3.

Table 3  
Comparative situation in the use of agricultural land (numerator – before privatization, 1989;  
denominator – after privatization, 2020)

Destination category of land	Number of landowners	Total area, th. ha	Area of production units, ha
Publicly owned land (state-owned enterprises)	<u>1307</u> 295	<u>789,1</u> 272,6	<u>604</u> 924
Publicly owned lands of the districts	<u>0</u> 47991	<u>0</u> 112,6	<u>0</u> 2,3
Privately owned land, inclusive:	<u>0</u> 1259820	<u>0</u> 1706,6	<u>0</u> 8,4
Agricultural cooperatives	<u>0</u> 1781	<u>0</u> 77, 9	<u>0</u> 43,7
Joint stock companies	<u>0</u> 1034	<u>0</u> 28, 9	<u>0</u> 27,9
Limited liability companies	<u>0</u> 36162	<u>0</u> 791,2	<u>0</u> 462,0
Peasant households	<u>0</u> 290023	<u>0</u> 480,6	<u>0</u> 21,9
Monasteries	<u>0</u> 56	<u>0</u> 0,7	<u>0</u> 2,5
Land worked independently	<u>0</u> 800529	<u>0</u> 259,5	<u>0</u> 0,3
Fruit lots	<u>0</u> 35283	<u>0</u> 2,8	<u>0</u> 0,08
Auxiliary lots	<u>0</u> 656	<u>0</u> 0,2	<u>0</u> 0,3
Other privately owned land	<u>0</u> 94296	<u>0</u> 64,8	<u>0</u> 0,7
<b>Total on the republic</b>	<b><u>1307</u> 2567926</b>	<b><u>789, 1</u> 3798,5</b>	<b><u>603,7</u> 1,48</b>

**Source:** Land Cadastre of the Republic of Moldova from 1989 and 2020

Data demonstrates that of the total area of private lands with agricultural destination (1689.9 th. ha) by collective agricultural enterprises of different organizational – legal form, 819.5 th. ha or 48.7 % of the total area are used. Compared to 1997–2000, in 2020 the process of consolidation of agricultural holdings progressed, however, small farms (average area 1.5 ha, divided into 3–4 lots) occupy 29 % of the total area of agricultural land and 34 % of the surface of privately owned agricultural land.

The practice of world agriculture confirms that high soil productivity on extremely small farms is impossible to obtain and maintain for a long time. Thus, land reform in Moldova, as a result of an incorrect strategy, did not create conditions for increasing soil fertility, sustainable land use, increasing agricultural production, thus exerting a negative impact on the country's economy. So, a problem generated related to land reform is the need for further consolidation of agricultural land. The problem of agricultural land consolidation must be solved through organizational and legisla-

tive measures – the creation of production cooperatives, joint stock companies, the land market and the conditions for long-term mortgage leasing of land [1].

For development of the land market and the mortgage leasing operations, an improved legislative basis is necessary regarding the civilized performance of these operations, the protection of the right of landowners, lessees and land buyers.

The Land Code and the respective laws must provide: the right of exclusive national possession over agricultural lands; the right of exclusive possession of agricultural lands by farmers; the limits of the land ownership of natural and legal persons; the responsibility of the lessees, landowners and economic agents for the arrangement of the agricultural lands, the protection of the soil cover, the conservation and the increase of the soil fertility; – solving the problems regarding the determination of the land rent, the land price, the rent payment, the land tax on the land operations; the order of accumulation and the use of the means collected in the form of land payments; the right of forced disposition on the lands of the public authority in connection with their consolidation, reconfiguration, concentration and specialization; specifying the forms and limits of state supervision on the performance of land transactions, the order of contractual relations regarding the privatized land sectors. The main lever of land consolidation must become the economic mechanisms, that should stimulate the formation of profitable agricultural holdings with an area of more than 200–400 ha [2].

The share of agricultural lands in the republic is inadmissibly high (74.2 %), and of the forest fund lower than the optimal one. In Moldova, a country located in the moderate-humidly steppe zone, in order to maintain the ecological balance and combat droughts, it is necessary that the surface of forested lands reaches 18–20 % of the total land fund, and the surface of forest protection strips – 3–4 % from the surface of arable land. Currently, forest protection strips occupy only 1. 4 % of the total area of arable land and perennial plantations [3].

The ecological imbalance between the natural and anthropogenic ecosystems, the rugged relief, the torrential rains, the reckless privatization of the agricultural lands conduct to the intensification of the processes of soil degradation and desertification of the agricultural lands. The unjustified implementation of land reform has led to a massive acceleration of soil degradation processes and a substantial reduction in their fertility [8].

During the last 30 years (1990–2020) about 30 th. ha, including 11 th. ha of degraded lands, have been allocated from the account of agricultural lands for constructions and roads. This rate of uncontrolled reduction of the agricultural land area is inadmissible for the country, therefore, it is necessary to implement urgent measures to regulate this process. High losses of fertile soil and agricultural land are recorded as a result of the extension of soil erosion by water in surface and depth. Every year several hundred new ravines are formed with a total length of 50–70 km, which destroy an area of about 50 ha of land. About 26 million tons of fertile soil are washed from the slopes, which is equivalent to the destruction of 2 th. ha of agricultural land. A very serious situation was created on the dried agricultural lands from the meadows of the Prut and Dniester rivers. The complete drainage system is not

cleaned, these lands are gradually salinized or swamped and risk being removed from the agricultural circuit, the owners lacking sources of livelihood [5].

The rational distribution of land within the national economy and the sustainable exploitation of land resources must be based on two main principles: to get the necessary volume of agricultural production to satisfy the needs in these products the population and the export; organizing agriculture in such a way that the agricultural production process ensures soil protection, conservation and increasing their fertility.

Under the new conditions of transition from a centralized directly economy to a market economy, the objectives of protection, improvement and sustainable land use can be achieved to the extent that the state provides the necessary support for the integration of agricultural policy into a national policy of soil protection, based on ecological principles. Preventing and combating land degradation can be carried out through a complex of institutional, legislative and sectoral actions on the regulation of land relations and the implementation of the necessary measures [4].

Achieving the expected objectives is possible only as a result of the regulation by the state of some aspects of the land relations, the enhancing the soil image, the harmonization at national and local level the human activities with the potential of the land resources. Mandatory condition – the repair by the economic agents of the damage caused by the degradation of lands and other natural resources and the restoration of their quality. For this purpose it is necessary to create: a unique hierarchical system of administration and control of land ownership; an integrated national system for research, design and implementation of land improvement measures; set of economic and legal mechanisms to stimulate at national and local level the implementation of land improvement measures.

### Литература

1. Andrieș S. et al. Programul complex de valorificare a terenurilor degradate și sporirea fertilității solurilor. Partea II. Sporirea fertilității solurilor. IPAPS N. Dimo. Ch. : Pontos, 2004.. 128 p.
2. Andrieș S., Ursu A., et al. Degradarea solurilor și dezertificarea. Ch. : SNMSS, 2000. 308 p.
3. Cerbari V. Monitoringul Calității Solurilor R. Moldova. Ch. : Pontos, 2010. P. 10–17.
4. Cerbari V., Leah T. Methods of remediation and sustainable use of soils tested in the Republic of Moldova. Agriculture for Life, Life for Agriculture. Scientific Papers. Series A. Agronomy, Vol. LXIII, Issue 1/2020, p. 48–55.
5. Leah T. Soil structural quality, compaction and land management in the Republic of Moldova. Book of Proceedings. 10<sup>th</sup> International Congress on “The Soil Resources and Environment Conservation». Ed. Ab. Saparov, et al. JSC “Poligrafservis i K”. P. 102–105.
6. Лях Т. Мониторинг процессов деградации почв Молдовы // Экологическая, промышленная и энергетическая безопасность – 2018 : материалы Междунар. науч.-практ. 24–27 сентября 2018 г. Севастополь: СевГУ, 2018, с. 754–758.
7. Лях Т. Г. Современные почвенно-экологические процессы в черноземах Молдовы // Современное состояние черноземов : материалы II Междунар. науч. конф. 24–28 сентября 2018 г. Ростов-на-Дону ; Таганрог. Изд-во Южного федер. ун-та, 2018. Т. 1. С. 163–167.
8. Лях Т. Г. Современное состояние и проблемы сохранения плодородия почвенных ресурсов Молдовы // Current state and problems of soil fertility preservation in Moldova. Агрочімія і Грунтознавство. Міжвідомчий тематичний науковий збірник. Випуск 87. Харків: ННЦ «ІГА ім. А. Н. Соколовського», 2018, с. 72–76.

## **ИЗМЕНЕНИЕ СТРУКТУРЫ ЗЕМЕЛЬНОГО ФОНДА МОЛДОВЫ ПОСЛЕ ПОСЛЕДНЕЙ АГРАРНОЙ РЕФОРМЫ**

**Т. Г. Лях, Н. М. Лях**

*Институт почвоведения, агрохимии и охраны почв «Н.Димо»*

*Республика Молдова*

*tamaraleah09@gmail.com*

Представлена характеристика структуры земельного фонда Республики Молдова после 1990 года. Экологический дисбаланс между природных и антропогенных системами, изрезанный рельеф, проливные дожди, безрассудная приватизация с/х земель обуславливают усиление процессов деградации почв и опустынивания с/х земель. Реализацию принятого без возражений земельной реформы привела к массивному ускорению процессов деградации почв и значительному снижению их плодородия. Предотвращение и борьба с деградацией земель осуществляется с помощью интегрированной системы институциональных, законодательных и отраслевых действий (через различные государственные программы) для регулирования земельных отношений и принятия необходимых мер.

## ОСОБЕННОСТИ ПОЧВ СТЕПНЫХ КЛАСТЕРОВ ХАКАССКОГО ЗАПОВЕДНИКА

Т. А. Марон, С. П. Кулижский, А. В. Родикова

Томский государственный университет, Томск, Россия  
t-nov-a@yandex.ru, kulizhskiy@yandex.ru, rodikovaav@mail.ru

Сохранение и изучение естественного хода природных процессов, явлений, натурных объектов на локальных территориях – миссия заповедников, важность которой определяет к примеру, тот факт, что экосистемы резерватов как правило являются эталоном, относительно которого производится оценка состояния окружающей среды и ресурсов.

Исследования почв и почвенного покрова на территории заповедника Хакасский (Минусинская межгорная котловина, левобережье Енисея) инициированы администрацией этой организации, и проводятся Томским государственным университетом начиная с 90-х гг. XX столетия. Согласно структуре площадей ООПТ, семь из девяти существующих участков по природным условиям отнесены к степной группе [1; 2], три из которых рассматриваются в данной работе. Это кластеры «Озеро Шира» и «Озеро Беле», находящиеся в пределах Ширинской степи, а также «Камызякская степь с озером Улуг-Коль», расположенный южнее, включающий южные склоны низкогорного хребта Азыр-Тал, переходящие в Уйбатскую степь с обширным равнинным участком (рис. 1).

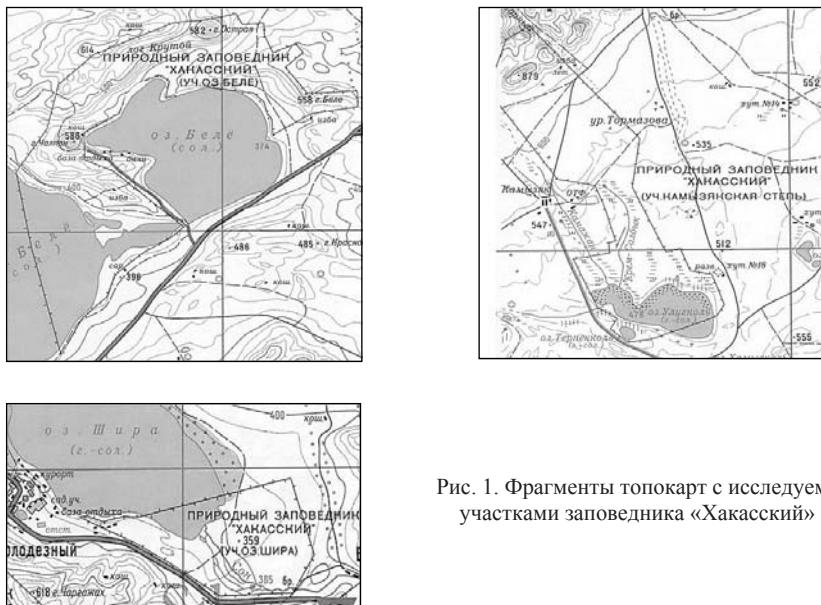


Рис. 1. Фрагменты топокарт с исследуемыми участками заповедника «Хакасский» [9]

Все три фрагмента резервата имеют общую особенность: их ядром являются ландшафты, прилегающие к минерализованным озерам, а также часть их акватории.

Общая геологическая история – ключевой фактор, объединяющий изучаемые кластеры. Формирование и развитие почвенного покрова этой территории начинается с неогена, когда в результате поднятия горных систем происходит становление современного морфологического облика. До этого события считается установленным влияние вулканических извержений, в результате которых в условиях тропического климата происходило отложение седиментов вулканического генезиса. Огромную роль сыграли неоднократные морские трансгрессии и регрессии, повлекшие за собой циклы расцвета и вымирания мигрировавшей фауны и флоры, смену морских условий континентальными, накопление и частичную денудацию лагунно-морских осадков, как правило содержащих легкорастворимые соли, карбонаты и гипс, унаследованные современными почвами. Значимым событием являются начавшиеся в конце живетского века восходящие движения, в результате чего, море покидает эту территорию и, в аридном жарком климате в окислительных условиях, происходит накопление красноцветных континентальных осадков, придающих почвенным телам характерную красновато-коричневую окраску. В более позднее время (карбон, пермь) мощные процессы денудации суши способствуют преобразованию ее поверхности [5; 7; 8].

Благодаря выраженному холмистому (местами – низкогорному) рельефу почвенный покров представлен сопряжениями автономных и гетерономных почв. Характеристика этих объектов как автономных достаточно условна, если учитывать их подчиненное положение в степных аридных ядрах межгорной котловины. Этот факт определяет уникальность описываемых природных систем в плане возможного роста профилей в радиальном направлении за счет приноса материала с периферического горного обрамления. Представителями автономной группы являются в основном зональные типы, такие как черноземы и каштановые. Гетерономное объединение представлено комплексами гидроморфных и полугидроморфных почв, наиболее широко распространенных в границах охраняемых резерватов; именно они занимают большую часть описываемых площадей.

В целом, говоря о морфологических особенностях профилей можно отметить нарушения различного генезиса. Во-первых, это наличие трещин (морозобойных и/или усыхания) шириной до 5 см., которые местами проникают до материнских пород (до 130 см., уч. «Камызякская ...» и «Озеро Беле»). В профилях зональных типов почвы образуют характерные узкие языки с засыпанным материалом верхних горизонтов. Во-вторых, это криотурбационные внутривертикальные выдавливания почвенной массы (гидроморфная группа объектов) с узнаваемыми типичными рисунками (уч. «Камызякская ...»). Почвы при этом могут значительную часть времени, даже в середине летнего периода, находится в мерзлом состоянии на глубине около метра (уч. «Озеро Шира»). В-третьих, в профилях часто встречаются морфоны разнообразного, иногда неопределенного, генезиса, они резко отличны по окраске, в некоторой степени –

по составу, от вмещающей массы (по содержанию карбонатов, химизму легкорастворимых солей, наличию гипса, спрессованной отмершей растительности, каменистости, и т. д.). Эти участки могут быть не только субгоризонтальные, но и иметь самую различную направленность простирания, а также локализоваться пятнами на разных глубинах. В-четвертых, почвы часто характеризуются наличием погребенных горизонтов, сформированных как под влиянием циклической динамики акваторий озер, так и под действием склоновых процессов.

Наличие засоленных почвообразующих пород, формирование в позициях рельефа с отсутствием стока, аридность климата, колебания зеркала водоемов, минерализация поверхностных и подземных вод, интенсивный аэральный масоперенос, все эти факторы в комплексе определяют накопление значительного количества минеральных соединений в профилях почв (табл. 1).

Таблица 1  
Содержание минеральных солей в почвах изучаемых степных участков

Почвы	Легкорастворимые соли (сумма солей, %)			Среднерастворимые соли (гипс, %)			Труднорастворимые соли (карбонаты, %CO <sub>2</sub> )		
	Сред.	Max	Min	Сред.	Max	Min	Сред.	Max	Min
Участок «Озеро Белё»									
Ч <sup>п</sup> (4)*	0,79	1,32	0,34	0,58	0,82	0,31	6,82	13,71	0,18
Лг <sup>1</sup>	1,45	1,74	0,97	0,36	0,64	0,13	13,67	16,52	11,48
Ск <sup>1</sup>	0,95	1,23	0,70	1,76	3,21	1,03	16,65	18,68	12,48
Сн	0,34 <sub>(1)</sub>	0,50 <sub>(1)</sub>	0,19 <sub>(1)</sub>	0,66 <sub>(2)</sub>	2,00 <sub>(2)</sub>	0,39 <sub>(2)</sub>	11,51 <sub>(2)</sub>	26,16 <sub>(2)</sub>	5,70 <sub>(2)</sub>
Ч	1,03 <sub>(7)</sub>	1,55 <sub>(7)</sub>	0,36 <sub>(7)</sub>	0,78 <sub>(4)</sub>	1,31 <sub>(4)</sub>	0,36 <sub>(4)</sub>	8,28 <sub>(4)</sub>	16,29 <sub>(4)</sub>	0,09 <sub>(4)</sub>
Участок «Озеро Шира»									
Ск <sup>1</sup>	1,67	2,52	1,11	но	но	но	5,40	7,3	2,6
А <sup>к</sup> <sub>(1)</sub>	но	но	но	но	но	но	7,05	10,1	2,0
А <sup>к</sup> <sub>бл</sub> <sup>1</sup>	0,29	0,43	0,16	но	но	но	9,14	12,0	4,0
Ч <sup>п</sup> <sub>(1)</sub>	0,35	0,65	0,43	но	но	но	14,44	22,5	1,5
Участок «Камызякская степь с озером Улуг-Коль»									
К <sup>п</sup>	1,10 <sub>(3)</sub>	1,87 <sub>(3)</sub>	0,86 <sub>(3)</sub>	5,59 <sub>(2)</sub>	28,61 <sub>(2)</sub>	0,43 <sub>(2)</sub>	7,75 <sub>(3)</sub>	22,64 <sub>(3)</sub>	0,09 <sub>(3)</sub>
Лг <sup>в</sup> <sub>(2)</sub>	0,93	1,31	0,85	нет	нет	нет	10,53	23,22	0,19
Б <sup>п</sup> <sub>(1)</sub>	0,82	1,01	0,68	нет	нет	нет	14,25	20,81	2,06
Ск <sub>(4)</sub>	1,46	2,85	0,68	1,58	8,26	0,05	9,64	22,31	5,20
К <sup>т</sup> <sub>(4)</sub>	0,94	1,66	0,76	1,34	6,80	0,29	4,70	12,56	1,28
Ч <sup>ю</sup> <sub>(1)</sub>	0,86	0,89	0,83	нет	нет	нет	5,76	8,31	3,78

Примечание:

\*Цифры в скобках – количество разрезов

но – не определяли

Почвы:

Ч<sup>п</sup> – лугово-черноземные

Лг – луговые (в т. ч. Лг<sup>в</sup> – влажно-луговые)

Ск – солончаки гидроморфные

Сн – солонцы

Ч – черноземы (в т. ч. Ч<sup>ю</sup> – черноземы южные)

А<sup>к</sup> – аллювиальные карбонатные (в т. ч. А<sup>к</sup><sub>бл</sub> – лугово-болотные)

К<sup>п</sup> – лугово(ато)-каштановые

Б<sup>п</sup> – лугово-болотные

К – каштановые (в т. ч. К<sup>т</sup> – темно-каштановые)

При этом наиболее динамичные условия присущи объектам, формирующимся на контакте территориальных и аквальных зон, что определяет регулярную смену и повторяемость ряда процессов, приводящих к накоплению различных соединений [3; 4; 6].

Легкорастворимые соли распространены повсеместно, максимум их может варьировать по профилю, в зависимости от локального местоположения участка заложения разрезов. Значительную долю сульфатов, входящих в состав водной вытяжки, составляют сульфат-ионы, перешедшие в раствор из соединений гипса, что объясняет высокие показатели суммы солей. Для этого новообразования характерны мелкокристаллическая форма или небольшие скопления в средней и нижней частях профилей. Карбонаты достаточно разнообразны, присущи и пропитка, и корочки и бородки на литоморфах, и различные стяжения (белоглазка, псевдомицелий и проч.); вскипание от соляной кислоты происходит как правило с поверхности.

Описывая особенности профилей степных почв нельзя игнорировать такой фактор почвообразования, как антропогенный. Работы по созданию заповедника начались в конце XX столетия, когда на всей описываемой территории большая часть степных угодий была освоена под различные хозяйствственные нужды, в связи с чем в профилях почв изучаемых участков читаются признаки воздействия человека: это и захоронения останков крупного рогатого скота (участок «Камызякская ...»), и следы выпаса (участки «Камызякская ...» и «Озеро Шира»), морфологически проявляющиеся в профиле свидетельства бывшей распашки (участок «Озеро Беле»), строения (развалины кошары) (участок «Озеро Шира») и проч.

Таким образом, особенности современных почв описываемых участков Хакасского заповедника обусловлены формированием в аридных ядрах межгорной впадины, имеющей длительную и насыщенную геологическими событиями историю ландшафтов. В пределах границ участков значительное распространение получили почвы гидроморфного и полугидроморфного ряда, подверженные влиянию не только почвенных, но и активных налагающихся динамических процессов (в том числе антропогенных), способствующих организации сложных полихронных и гетерогенных приозерных систем.

### Литература

1. Государственный природный заповедник «Хакасский» : офиц. сайт. URL: <https://zapovednik-khakassky.ru/> (дата обращения 19. 04. 2021)
2. Заповедник «Хакасский» и заказник «Позарым» (Республика Хакасия): краткий очерк / А. О. Афанасьева, Е. Г. Макеева, С. А. Лебедева, И. Л. Исаева // Биота и среда заповедных территорий. 2020. № 1. С. 83–114. Электрон. верс. печат. публ. Доступ с сайта Eli-brary.ru (дата обращения: 05.05.2021)
3. Кулижский С. П., Родикова А. В., Марон Т. А. Почвенные исследования кластерных участков степной группы заповедника Хакасский // Научные исследования на заповедных территориях: тез. докл. всерос. науч. конф., посвящ. 160-летию со дня рождения основателя Карадагской научной станции, доктора медицины, приват-доцента Московского университета Т. И. Вяземского, а также Году особо охраняемых природных территорий и Году экологии в России. Курортное, 9–14 октября 2017 г. / под общ. ред. Р. В. Горбунова. Симферополь : ИТ «АРИАЛ», 2017. С. 67.

4. Кулижский С. П., Родикова А. В., Попова С. В. Почвообразование в контактных зонах территориальных и аквальных комплексов Ширинской степи // Вестник Оренбургского государственного университета. 2017. № 12 (212). С. 53–56.
5. Лучицкий И. В. Вулканизм и тектоника девонских впадин Минусинского межгорного прогиба. М: АН СССР, 1960. 276 с.
6. Марон Т. А., Родикова А. В. Лугово-болотные почвы заповедника «Хакасский» (участок «Камызякская степь с озером Улуг-Коль») / Почвенные ресурсы Сибири: вызовы XXI века: сб. мат. Всероссийской науч. конф. с междунар. участием, посвященной 110-летию выдающегося организатора науки и первого директора ИПА СО РАН Романа Викторовича Ковалева. 4–8 декабря 2017 г., г. Новосибирск; отв. ред. А. И. Сысо. Томск: Издательский Дом Томского государственного университета, 2017. Ч. 2. С. 89–93.
7. Мицрюков А. А. Геоморфологическое районирование Назаровско-Минусинской межгорной впадины. Новосибирск: ОИГМ СО АН СССР, 1991. 130 с.
8. Обручев В. А. Геология Сибири // Средний и верхний палеозой. М. ; Л. : АН СССР, 1936. Т. 2. 778 с.
9. Подробные топографические карты республики Хакасия : сайт. URL: <http://khakasiya-map.ru/> (дата обращения: 19.04.2021)

## FEATURES OF STEPPE CLUSTER SOILS KHAKASSKY NATURE RESERVE

T. A. Maron, S. P. Kulizhskiy, A. V. Rodikova

*Tomsk State University, Tomsk, Russian Federation  
t-nov-a@yandex.ru, kulizhskiy@yandex.ru, rodikovaav@mail.ru*

The soils of the steppe areas of the Khakassky Nature Reserve (“Lake Shira”, “Lake Bele”, “Kamyzyaksky steppe and Lake Ulug-Kol”) are considered. They include, as a key element, the water area of non-flowing mineralized lakes and the adjacent landscapes with variegated soil cover. The subordinate position determines the conditions for the additional inflow of moisture and substances, the features of humidification-drying, freezing-thawing. In the contact zones of territorial and aquatic complexes, active exodynamic processes occur: waterlogging, salinization, and others. The research results demonstrate a number of features of the morphology and composition of soils, which is determined by a whole complex of local factors of soil formation, such as, for example, the composition of soil-forming rocks, stratified material, proximity to lakes, and others. Among the features of the profiles, both natural and anthropogenic manifestations are noted: surface cracks, cryoturbation, salt accumulation, violations of various genesis.

## ПОЧВЕННЫЙ ПОКРОВ БАЛАГАНСКОЙ ЛЕСОСТЕПИ И ЕГО ЭВОЛЮЦИЯ

Н. А. Мартынова

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

Балаганский район Иркутской области благодаря своему территориальному расположению и богатым землям – издавна обживался людьми. Первymi земледельцами в регионе считают курыкан (предков якутов тюркского происхождения) которые жили в Прибайкалье в VI–XI вв. и были в начале XI в. вытеснены на север монголоязычными бурятскими племенами (эхиритами, булагатами, хонгодорами, ашехабатами, икинатами, хоринцами и др.), слабо занимавшимися земледелием. В конце XVII – начале XVIII в. происходит консолидация племен в единую бурятскую народность [5], что совпадает со временем присоединения Прибайкалья к России. И только в XVII в. с появлением в регионе русских землепроходцев эти земли начали активно осваиваться. Балаганский острог, основанный боярским сыном Дмитрием Фирсовым в 1654 г., в середине XVIII века превратился в центр управления огромной территории. С 1856 по 1924 г. он числился как окружной, затем – уездный город Иркутской губернии. В первой половине XVIII в. российское правительство внедряет на этой территории русское трехпольное земледелие среди предбайкальских бурят, что позволило местным бурятам раньше остальных групп бурят приобщиться к русскому земледелию.

Примыкающая с юго-востока к Сибирской платформе Ленская складчатая провинция вместе с южной ее частью с девонского времени является сушей с отсутствием оледенения покровного типа. Вялые вертикальные колебания текtonического режима позднего мела – раннего олигоцена (70–27 млн л. н.) Евразии и субтропический-тропический климат миоцена и большей части плиоцена с оптимумом в эоцене сформировали в Предбайкалье каолиновые коры выветривания и латеритные профили красно-коричневых делювиально-почвенных разностей средиземноморского типа с образованием на них коричневых почв (реже – палево-желтых, красно-коричневых, красных ферсиаллитных почв и черных слитоземов) [3]. Изменения климата на территории способствовали неоднократной смене растительного и почвенного покрова. Похолодание климата в раннем плиоцене привело к резкой замене коричневых и других красноцветных почв средиземноморского климата на серовато-сизовато-желтые криогенно-глеевые, криотурбированные почвенные разности с погребенными педоседиментами красноцветных почв, позднее заменившиеся серыми криогенно-трещиноватыми почвами

В среднем и нижнем плиоцене под влиянием мощной аридизации климата сформировались бурые полупустынные почвы на фоне эолово-пылевого аэрального осадконакопления и развития полупустынино-степной флоры. Значительное похолодание климата в позднем плиоцене наряду с древ-

нейшим оледенением гор Прибайкалья (2,82–2,48 млн л. н. [7]) и последующая тектоническая обстановка неогена и холодный континентальный климат верхнего эоплейстоцена привели к смене широколиственной растительности тургайского типа на мелколиственные леса [6] и замене бурых полупустынных почв на подбуры, каштановые и другие почвы примитивного строения.

В плейстоцене (сартанском криохроне (МИС-2)) на территории Восточной Сибири на фоне высокой тектонической активности произошли крупные изменения орографии и климата. Сильная аридизация суши в климатический оптимум (21–18 тыс. л. н.) на фоне развития солифлюкционных и эоловых процессов привела к распространению тундростепей с формированием примитивных серо-(крио)-гумусовых почв. Позднее с потеплением климата (18–11 тыс. л. н.) тундростепи заменились криоксерофитными степными сообществами с формированием в периоды потеплений малогумусных горизонтов, которые оказывались погребенными при кратковременных похолоданиях климата, усиления эоловых процессов и осадконакопления.

В позднесартанский период похолодания климата (14–11 тыс. л. н.) усиление эолового переноса пыли, делювиального синлитогенеза, флювиогляциального диагенеза и эпигенеза, процессов выветривания и специфического почвообразования внедедниковых зон – способствовало формированию лессовых и пылеватых покровов, достигающих в окрестностях пос. Балаганск 5 м и более. На них формировались тундростепи в условиях синлитогенного плениглациального эмбрионального почвообразования на фоне оглеения, аккумуляции вторичных карбонатов и слабого гумусонакопления, а также – сухостепные сообщества с разреженными лесами и с криоаридными и палевыми почвами, криогенной аккумуляцией в них солей углекислого кальция и сodoобразования. Для позднесартанских лессовидных отложений, как правило, сильно окарбоначенных, – характерны криогенные трещины, следы вытаявших мерзлотных клиньев, заполненных материалом вышележащих слоев почв, часто криотурбированных. В лессовых отложениях сартанского криохрона встречаются также педосedименты погребенных почв более теплого каргинского мегаинтерстадиала (МИС-3) [2] – более гумусированные, разобщенные солифлюкционными и делювиальными процессами.

Отличие голоценовых отложений Восточной Сибири от плейстоценовых возможно по границе вскипания карбонатов от 10 % HCl. Благодаря быстрой и кардинальной смене климатической обстановки в голоцене на рубеже 11,7 тыс. л. н. (возможно, из-за столкновения Земли с кометоподобным телом в 4 км диаметром и 107 мегатонн энергии [8]) и перестройки природной среды (прекращения образования и накопления карбонатных лессовых отложений) – стал накапливаться бескарбонатный материал.

Потепление климата с повышением увлажнения в ранне-бореальный период способствовало распространению темнохвойных лесов, которые вытеснили тундро- и криостепи с формированием серых почв. Дальнейшее похолодание климата привело к расширению экспансии сосны и лиственницы с формированием почв дерново-подзолистого типа. Климатический оптимум атлантического периода голоцена (5,4–8,8 тыс. л. н.) способствовал на фоне деградации многолетней мерзлоты – дальнейшему распространению

светлохвойных и мелколиственных пород и вытеснению тундро-степей. Последующая ксерофитизация климата привела к формированию на лесовых покровах со степными сообществами почв черноземного типа с гуматным типом гумуса, особенно – в поздне-атлантическое время (5,4–7,0 тыс. л. н.) и в поздний суббореал (3,4–2,7 тыс. л. н.), остатки гумусовых горизонтов которых часто встречаются на территории исследования в виде погребенных слоев или в виде нижней части гумусовых толщ современных почв.

На свойства и генезис почв большое влияние оказали, наряду с рельефом и геологическим строением территории – минералогические особенности почвообразующих пород. Денудационное выравнивание рельефа, идущее с мел-палеогенового времени, способствовало накоплению широко распространенных красноцветных (красно-бурых) суглинисто-глинистых карбонатно-силикатных отложений верхнего кембрия с преобладанием минералов каолинита-гидрослюдистого состава, монтмориллонита – в палеопочвах и субаэральных отложениях верхнего миоцена и нижнего плиоцена [3]. В нижних слоях верхнекембрийских красноцветных отложений встречаются гипсовые и галогенные породы. Небольшие по мощности элювиально-делювиальные отложения верхнекембрийских алевролитов на склонах подвергаются интенсивным процессам эрозии. На нижних частях склонов – они частично перекрыты суглинистыми лесовыми и лессовидными покровными карбонатными четвертичными отложениями (до 5 м и более).

Сформировавшееся на территории верхнеленское высокое сводообразное плато характеризуется изрезанностью рельефа древними речными долинами и распространением овражно-балочной сети, чередованием впадин и гряд (с относительным их превышением до 150 м), что, наряду с гетерогенностью и гетерохронностью почвообразующих пород и геохимическими миграционными потоками веществ обуславливает неоднородность почвенного покрова.

Расчлененность рельефа Балаганской лесостепи, экспозиция и крутизна склонов влияет на почвенно-растительный покров территории, наряду с высоким радиационным балансом (до 20–34 ккал/см<sup>2</sup>), испаряемостью (600–800 мм в год), превосходящую годовое количество осадков (250–500 мм/год) и небольшим безморозным периодом (78–89 дней), что обуславливает засушливость климата с жарким летом и холодной зимой [1]. На остаточно-денудационных выровненных «столовых» поверхностях Лено-Ангарского плато, сложенных трудно-размываемыми песчаниками и аргиллитами кембрия, сформировались залесенные территории смешанных осиново-березово-лиственничных лесов с островами степей, относящиеся к Ангаро-Окинскому равнинному округу сухих и теплых гидротермических условий с сосновыми травяными подтаежными и лугово-степными разнотравно-крупнозлаковыми ценозами на юрских песчаниках и кембрийских карбонатных отложениях с сезонномерзлыми грунтами [4]. Округ входит в состав Верхнеприангарской подгорной подтаежной и степной провинции Южно-Сибирской горной области. Здесь сохранились участки степей с естественной растительностью, несмотря на то, что оstepненные приводораздельные территории и пологие склоны почти полностью распаханы, или находятся в состоянии залежи.

Похолодания-потепления в период 2,7–5,4 тыс. л. н.) привели к трансформации почв лугово-степного ряда ксеротермического периода голоцена в лесные почвы. В субатлантический период голоцена (2500–0 л. н.) при продолжении похолодания климата произошел сдвиг границ лесной зоны к югу и продолжилось эволюционирование: среднеголоценовых черноземов – в лесные (темно-серые и серые метаморфические почвы); серых (остаточно-карбонатных) в буровоземы; буровоземов (дерново-карбонатных почв) – в дерново-подзолистые (остаточно-карбонатные). Современный почвенный покров Балаганской лесостепи представлен черноземами типичными и глинисто-иллювиальными, серыми и темно-серыми остаточно карбонатными, серыми и темно-серыми метаморфическими почвами, буровоземами и дерново-подзолистыми, темно-гумусо-глеевых почв (рис.).

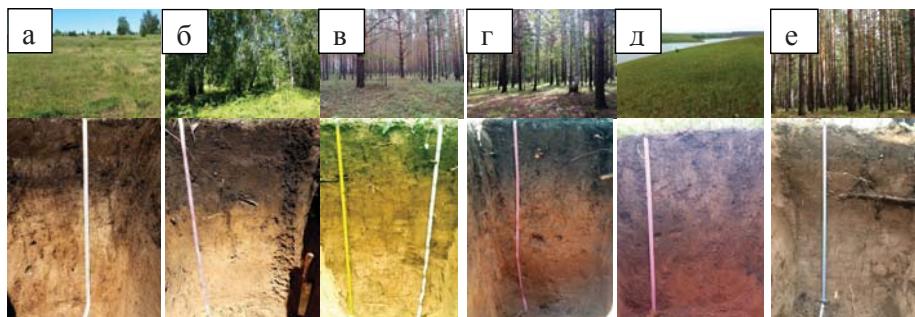


Рис. Примеры некоторых типов почв. Балаганской лесостепи:

- а) агрочернозем глинисто-иллювиальный мицеллярно-карбонатный постагрогенный на кембрийских отложениях: PUra-PU-AU1-AU2-BI-BCAmc-BCsa-Csa (*Бал-17/4*); б) темно-серая метаморфическая остаточно-мицеллярно-карбонатная на лессовидных суглинках: AO-AU-AUel-BMeI-BMdC-BCm,dc-Cmc (*Бал-17/5*); в) серая грубогумусная остаточно дисперсно-карбонатная на делювии лессовидных суглинков: O-AO-AY-AEL-BT-[AJ-BMKdc-BCAdc-BCdc] (*Бал-18/8*); г) буровозем темный на золово-делювии кембрийских алевролитовых сланцев: O-AUca1-AUca2-Bt-BCm,ca-Cca1-Cca2 (*Бал-17/13*); д) чернозем глинисто-иллювиальный мицеллярно-карбонатный на эллювии верхнекембрийских алевролитовых сланцев: AU -AUel,d -AUBIyu-BCAmc,go-BCsa,ro (*Бал-16/7*); е) буровозем эллювиированный, остаточно дисперсно-мицеллярно-карбонатный на лессовидных суглинках: O-AY(el)-BM(dc)-BCAmc-BCmc-Cca (*Бал-19/10*)

На территории исследования лесные почвы (серые и буровоземы) имеют хорошо выраженный карбонатный мицелий в средней части профиля. В нижней части гумусовой толщи темно-серых почв и черноземов часто наблюдается более темный гумусовый слой, что свидетельствует о процессах деградации почв и их трансформации – «наложение» на профиль среднеголоценовых почв свойств почв более холодного атлантического периода. Наметившийся за последние 50 лет тренд потепления на фоне иссушающих ветровых коридоров Братского водохранилища способствует дальнейшей деградации мерзлотных клиньев плейстоценового возраста и формированию бугристо-западинного рельефа, усилинию береговой абразии и подтопления, повышению температуры почв и их остепнения, что наряду с перевыпасом скота, способствует развитию эрозии и дегумификации почв.

Климатические колебания на территории Балаганской лесостепи способствовали флюктуации лесных и степных ландшафтов, эволюционированию и формированию почв со сложным полигенетическим гетерохронным строением профиля, что отражает смену условий почвообразования в голоцене – плейстоцене. Карбонатность и минералогический состав почвообразующих пород ис следуемого района обусловили формирование плодородных почв (черноземов, серых, темно-серых, серых и темно-серых метаморфических и др.) Реликтовый и наложенный на него современный генезис почв, обусловили большое почвенное разнообразие и комплексность почвенного покрова Балаганской лесостепи. Высокая гумусность и емкость катионного обмена, насыщенность почвенного поглощающего комплекса, суглинистый гранулометрический состав, оструктуренность и сложение почв способствуют формированию хорошего травянистого покрова, что противодействует развитию эрозии и повышает экологическую устойчивость почвенного покрова.

### Литература

1. Бояркин В. М., Бояркин И. В. География Иркутской области. Иркутск : Сарма, 2011. 255 с.
2. Воробьёва Г. А. Почва как летопись природных событий Прибайкалья (проблемы эволюции и классификации почв). Иркутск : Изд-во Иркут. гос. ун-та, 2010. 205 с.
3. Воробьева Г. А., Мац В. Д., Шимараева М. К. Палеоклиматы позднего миоцена, плиоцена и эоплейстоцена Байкальского региона // Геология и геофизика. 1995. Т. 38, № 8. С. 82–96.
4. Коновалова Т. И. Руденко Г. В. Основные этапы развития таежных геосистем юга Средней Сибири // Известия Иркутского государственного университета. Сер. Науки о Земле. 2010. Т. 3, № 1. С. 39–53.
5. Свинин В. В. Предбайкалье в контексте мировой истории (по археологическим и этнографическим данным) / Россия и Восток: взгляд из Сибири : материалы и тез. докл. к XI Междунар. науч.-практ. конф. Иркутск : Изд-во Иркут. ун-та, 1998. Т. 1. С. 11–19.
6. Чернышева О. А. Особенности современного распространения реликтовых сосудистых растений Верхнего Приангарья : автореф. дис. ... канд. биол. наук. Улан-Удэ, 2012. 24 с.
7. Ярмолюк В. В., Кузьмин М. И. Корреляция эндогенных событий и вариаций климата в позднем кайнозое центральной Азии // Стратиграфия. Геологическая корреляция. 2006. Т. 14, № 2. С. 3–25.
8. Firestone R. B et al. Evidence for an extraterrestrial impact 12,900 years ago that contributed to the megafaunal extinctions and the Younger Dryas cooling // Proceedings of the National Academy of Sciences (PNAS). 2007. Vol. 104, N 41. <https://doi.org/10.1073/pnas.0706977104>.

## SOIL COVER OF THE BALAGAN FOREST-STEPPE AND ITS EVOLUTION

N. A. Martynova

*Irkutsk State University, Irkutsk, Russian Federation, natamart-irk@yandex.ru*

The main patterns of geographical distribution of the soils of Balagan forest-steppe of the Irkutsk region and the influence on their properties and evolution of climatic changes, geology and mineralogical composition of soil-forming rocks and other factors and conditions of soil formation have been identify by comprehensive studies of the soil cover of the region. It is determined that mainly typical and clay-illuvial chernozems are formed at the steppe areas of the studied area, residual carbonate gray, dark gray, gray and dark gray metamorphic soils, burozems and sod-podzolic soils develop under the forest vegetation. The soils of the Balagan forest-steppe develop on the eluvium of carbonate Cambrian red-colored siltstones and Quaternary loess covers. They are characterized by high natural fertility and ecological resource potential, a large variety and a complex polygenetic and heterochronous structure of the profile, which reflects the change in soil formation conditions in the Pleistocene-Holocene.

## ГУМУСНОЕ СОСТОЯНИЕ АЛЛЮВИАЛЬНЫХ ПОЧВ ВОЛГО-АХТУБИНСКОЙ ПОЙМЫ

Е. А. Маслова, А. М. Луценко

*Астраханский государственный университет, Астрахань, Россия  
pro100-ekaterina@mail.ru*

Основным и единственным источником энергии для жизнедеятельности почвенной микрофлоры и биоты является гумус. В связи с этим содержание гумуса – это показатель потенциального плодородия почвы. Значимость присутствия гумуса в почве неоспорима. Актуальность исследования в области почвоведения в изучении гумусного состояния почв, как основы жизни на плане Земля, позволяют решать вопросы о выращивании, получении и дальнейшего использования продуктов жизнедеятельности для нужд человечества.

Структура и функционирование экосистем Волго-Ахтубинской поймы не остаются неизменными во времени. Даже травяные экосистемы находятся в непрерывной сукцессии, так как их видовой состав, продуктивность, структура органического вещества зависят от режима использования: сенокошение, выпас, пахотные почвы. В связи с этим исследование гумусного состояния в аллювиальных почвах Волго-Ахтубинской поймы, его фракционный состав определили постановку наших исследований.

Целью работы являлось изучение общего содержания углерода гумуса, его фракционного состава аллювиальных почв Волго-Ахтубинской поймы (Енотаевского района) Астраханской области.

Для достижения поставленной цели изучили показатели гумусного состояния и выявлены закономерности распределения подвижных и стабильных соединений гумуса в исследуемых почвах.

Объектом исследования был выбран участков в Енотаевском районе Астраханской области, расположенный на Юго-Западе на расстоянии 6,9 км от административного центра Фёдоровского сельсовета (рис. 1).

Выбранный участок – это луг среднего уровня, расположенный на месте слияния ерика Подгорный и реки Воложка и относится к Фёдоровскому займишу. Данный объект является уникальным по своему местоположению за счёт мозаичности ландшафта. Почвенный покров исследуемого участка представлен аллювиальной луговой темногумусовой почвой на рыхлых аллювиальных отложениях на котором произрастает разнотравно-злаковая растительность [2; 4].

Исследования гумусового состояния почв проводились в послепаводковый период, через месяц после схода поверхностных вод (июль – август 2018 г.). Данный период проведения исследований был выбран не случайно, поскольку лишь в это время горизонты почвы достаточно насыщены влагой, а капиллярная кайма грунтовых вод опустилась ниже 60-сантиметровой глубины, что позволяет достоверно изучить пространственное распределение гумуса в данной почве вниз по профилю.

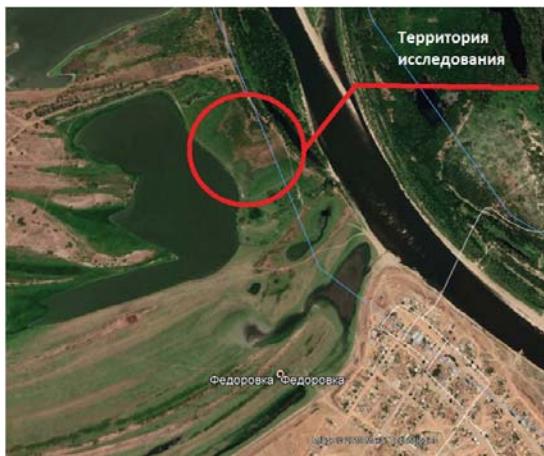


Рис. 1. Месторасположение выбранного объекта исследования

Для анализа пространственного варьирования содержания гумуса была заложена стационарная площадка опробования  $200 \times 250 \text{ м}^2$  (рис. 2).



Рис. 2. Схема расположения почвенных прикопок в исследуемом луговом ландшафте

На площадке по регулярной сетке с шагом 50 м были заложены почвенные прикопки. В них послойно (0–10, 10–20, 20–30 см) было определено содержание органического углерода. Для обработки и свертки информации, полученные данные были генерализованы и представлены в виде послойных изоплет соответствующих параметров. Для изучения фракционного состава гумуса были выбраны почвенные прикопки ПП № 1, 17. Подготовка пробы состоит в перемешивании, измельчении и сокращении до определенной массы.

Гумусное состояние было определено по следующим показателям: углерод гумуса (по методу И. В. Тюрина [3] в модификации В. М. Симакова), групповой и фракционный состав гумуса (по ускоренной методике М. М. Кононовой и Н. П. Бельчиковой) [1].

Процесс гумусообразования протекает в исследуемых почвах на фоне слабощелочной и щелочной реакции почвенного раствора ( $\text{pH}$  7,61–8,46), с глубиной значения  $\text{pH}$  увеличивается до 8,3–8,76.

Согласно данным табл. 1 и рис. 3, содержание гумуса колеблется от 5,52 % в верхнем горизонте до 1,12 % в нижнем горизонте (табл. 1). Практически все исследуемые участки характеризуются низким содержанием гумуса. По содержанию гумуса аллювиальные почвы в основном малогумусные. В верхнем слое содержится 1,2–5,02 % гумуса, по профилю его количество хаотично изменяется и на глубине ниже 30 см не превышает 1,8–2,5 %.

Таблица 1

Среднее значение общего содержания углерода гумуса

№ Почвенной прикопки	Слой, см	$\text{pH}$	$\text{C}_{\text{общ}}, \%$	Гумус, %
ПП № 1	0–10	7,61	2,76	4,76
	10–20	8,33	0,66	1,14
	20–30	8,21	0,56	0,97
ПП № 5	0–10	8,28	3,50	5,67
	10–20	8,47	0,74	1,28
	20–30	8,41	1,48	2,55
ПП № 7	0–10	8,28	3,42	5,90
	10–20	8,47	1,04	1,79
	20–30	8,52	2,06	3,55
ПП № 13	0–10	8,22	3,20	5,52
	10–20	8,47	1,74	3,00
	20–30	8,63	1,92	3,31
ПП № 26	0–10	8,15	1,12	1,93
	10–20	8,54	1,34	2,31
	20–30	8,76	1,71	2,95
ПП № 30	0–10	8,19	2,66	4,59
	10–20	8,48	1,14	1,97
	20–30	8,67	1,85	3,19

Из вышеизложенного следует, по показателям  $\text{pH}$  и общего содержания углерода гумуса, что по гумусовому состоянию лугово-аллювиальная почва обладает низким потенциальным плодородием. Максимальное содержание гумуса по всем прикопкам (5,90 %) прослеживается в слое 0–10 см на данной почве в Енотаевском районе Астраханской области.

Одна из важнейших качественных характеристик органического вещества – фракционно-групповой состав гумуса. Результаты изучения фракционного состава гумуса в почвенных прикопках (ПП № 1 и № 17) представлены в табл. 2.

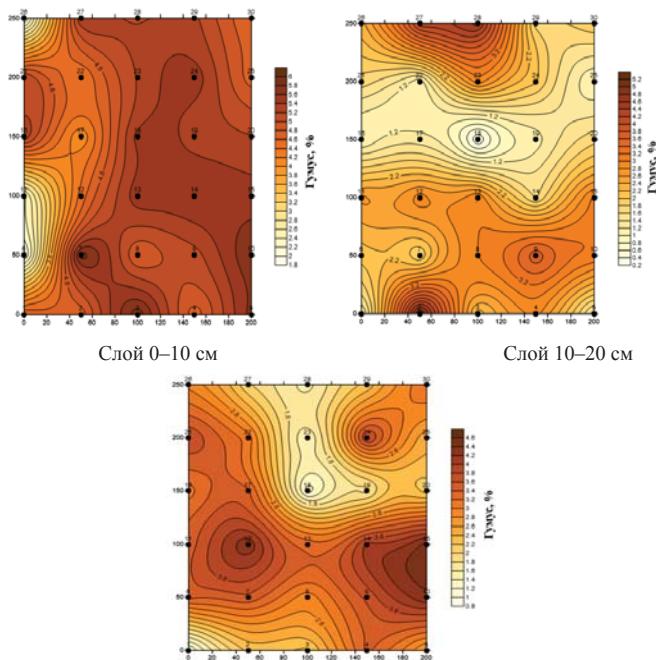


Рис. 3. Изоплеты пространственного распределения гумуса в ландшафте

Исследуемые показали, что ведущим компонентом среди основных групп гумусовых веществ, играющих наиболее существенную роль в формировании гумусового профиля ПП № 1, являются гуминовые кислоты. Количество их составляет 39–43 % и характеризует довольно высокую степень гумификации (табл. 2). Доля фульвокислот меньше – 13–17 %. Исключение составляет верхний горизонт, где фульвокислоты (ФК) преобладают над гуминовыми кислотами (ГК) (ФК – 21 % от  $C_{общ}$ , ГК – 13 % от  $C_{общ}$ ). Тип гумуса, согласно градациям, предложенным Л. А. Гришиной и Д. С. Орловым (1978), характеризуется как гуматный поскольку отношение углерода гуминовых кислот к углероду фульвокислот по всему профилю больше 2 и колеблется от 3,35 до 2,09. В верхнем горизонте тип гумуса гуматно-фульватный (0,64).

Содержание негидролизуемых форм гумусовых веществ, представляющих единый комплекс гуминовых и фульвокислот составляет 13–68 % от  $C_{общ}$ .

Тип гумуса в верхнем горизонте ПП 17 характеризуется как гуматно-фульватный (0,65), далее меняется на гуматный (2,33–2,4). Такую смену типа гумуса вероятно можно объяснить длительным стоянием воды на исследуемом участке. Содержание гумина уменьшается вниз по профилю от 1,82 до 0,93 %. На глубине 20–30 см происходит увеличение содержания гумина. Предположительно это связано со способностью минеральной частью почвы удерживать гуминовые вещества.

Таблица 2

Результаты изучения фракционно-группового состава гумуса

ПП	Слой, см	С(общ) к поч- ве, %	С (0,1 н. H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> )	С (Na <sub>4</sub> P <sub>2</sub> O <sub>7</sub> +NaOH)	С (гк)	С (фк)	$\frac{C(\text{гк})}{C(\text{фк})}$	С (гк)		Гумин
								Своб. и свя- зан с R <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Связан- ные с Ca	
1	0–10	2,79	0,92	0,92	0,36	0,58	0,64	0,28	0,08	1,87
	10–20	1,08	0,61	0,61	0,47	0,14	3,35	0,06	0,4	0,49
	20–30	1,69	0,94	0,94	0,66	0,28	2,36	0,03	0,91	1,16
17	0–10	2,58	0,28	0,76	0,30	0,46	0,65	0,26	0,04	0,04
	10–20	1,08	0,03	0,20	0,14	0,06	2,33	0,05	0,09	0,09
	20–30	1,10	0,01	0,17	0,12	0,05	2,40	-	0,12	0,12

Количество гумуса закономерно уменьшается вниз по профилю, и эта закономерность наблюдается во всех исследуемых почвенных прикопках, что может быть связано с влиянием гидрологического фактора, в роли которого выступает сезонное поднятие уровня паводковых вод.

Ведущим компонентом среди основных групп гумусовых веществ являются гуминовые кислоты. Количество их составляет 39 %-43 % от Соб. Тип гумуса – гуматно-фульватный, степень гумификации органического вещества слабая.

Органические остатки травянистой растительности, богатые белками и зольными элементами, особенно кальцием, дают наибольший выход гумусовых кислот с преобладание гуминовых, а в их составе гуматов кальция.

### Литература

1. Ганжара, Н. Ф. Почвоведение. М. : Агроконсалт, 2001. С. 29–53.
2. Классификация и диагностика почв России. Смоленск : Ойкумена, 2004. 235 с.
3. Агрохимия / В. М. Клечковский [и др.]. 2-е изд., испр. и доп. М. : Колос, 1967. 583 с.
4. Полевой определитель почв. М. : Почв. ин-т им. В. В. Докучаева, 2008. 182 с.

## HUMUS STATE OF ALLUVIAL SOILS OF THE VOLGA-AKHTUBA FLOODPLAIN

E. A. Masova, A. M. Lucenko

Astrakhan State University, Astrakhan, Russian Federation  
pro100-ekaerina@mail.ru

The main and only source of energy for the vital activity of soil microflora and biota is humus. The aim of the work was to study the total carbon content of humus, its fractional composition of alluvial soils of the Volga-Akhtuba floodplain of the Astrakhan region. To achieve this goal, we studied the indicators of the humus state and revealed the patterns of distribution of mobile and stable humus compounds in the studied soils. The humus state was determined by the following indicators: the carbon of humus according to the method of I. V. Tyurin [3] in the modification of V. M. Simakov; the group and fractional composition of humus according to the accelerated method of M. M. Kononova and N. P. Belchikova [1].

## СОДЕРЖАНИЕ И РАСПРЕДЕЛЕНИЕ МИКРОЭЛЕМЕНТОВ В ПОЧВЕ АГРОЦЕНОЗОВ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ ПРИ РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩИХ АГРОТЕХНОЛОГИЯХ

А. М. Медведева, О. А. Бирюкова, А. И. Кучеренко

Южный федеральный университет, Ростов-на-Дону, Россия

*medvedeva.estelior@yandex.ru*

Среди множества антропогенных факторов влияющих на изменение содержания микроэлементов в почве, важное значение принадлежит агротехнологиям. При сельскохозяйственном использовании в почву могут попадать балластные элементы, в том числе и микроэлементы-тяжелые металлы [2]. С внедрением ресурсосберегающих технологий обработки эти вещества часто остаются в поверхностном горизонте почвы и могут быть усвоены культурами.

Накопление микроэлементов в почвах агроценозов может достичь критического уровня и привести не только к ее загрязнению, но и к поглощению их избытка сельскохозяйственными культурами и, следовательно, может угрожать безопасности продукции и здоровью человека [3]. С другой стороны, низкая обеспеченность почв подвижными формами многих микроэлементов – один из негативных факторов, отрицательно влияющих на урожайность и качество продукции сельскохозяйственных культур [1]. Причем, эта проблема актуальна для многих регионов России. В связи с распространением применения ресурсосберегающих обработок, изучение их влияния на количество и распределение по профилю микроэлементов является актуальным.

Целью работы было оценить влияние традиционной (отвальная вспашка) и ресурсосберегающих (No-till и минимальная) обработок на содержание валовых и подвижных соединений Zn, Cu и Pb в черноземе обыкновенном.

Исследование проводили на территории ЗАО им. С. М. Кирова Песчанокопского района Ростовской области. Минимальная технология в хозяйстве используется с 2000 г, нулевая (No-till или прямой посев) – с 2008 г. Объект исследования – чернозем обыкновенный карбонатный мощный тяжелосуглинистый на лессовидном суглинке. Согласно классификации почв России, почва относится к агрочерноземам обыкновенным карбонатным теплым, кратковременно промерзающим. По Международной реферативной базе почвенных ресурсов (World Research Base) данный тип чернозема относится к Haplic Chernozems. Отбор образцов проводили в агроценозах озимой пшеницы, выращиваемой по различным технологиям: традиционной с отвальной вспашкой, минимальной и No-till с 2014 г. весной и летом, по генетическим горизонтам (Ap, A, AB, Bca, BC, C) согласно ГОСТ 28168–89. Эталоном служила почва целинного участка.

Для определения подвижных соединений Zn, Cu, Pb в почве использовали ацетатно-аммонийный буферный раствор (pH 4,8), с последующим применением атомно – абсорбционной спектрометрии (отношение почвы к раствору 1:10)

[4]. Содержание валовых соединений элементов определяли с помощью рентгено – флуоресцентного анализа на приборе «Спектроскан МАКС-GV».

Математическая обработка полученных результатов проведена методами корреляционного и дисперсионного анализов с использованием пакета программ Statistica 10–13, с 5 % уровнем значимости ( $p = 0,05$ ).

Для анализа влияния агротехнологий на процессы аккумуляции-миграции по профилю изучаемых элементов, был рассчитан коэффициент выноса-накопления (1):

$$K = C_{An} / C_C, \quad (1)$$

где  $C_{An}$  – это количество элемента в верхнем горизонте,  $C_C$  – количество элемента в нижнем слое почвы.

Если  $K > 1$ , то элемент накапливается в поверхностном слое почвы, если же  $K < 1$  происходит его вынос.

Содержание и распределение по профилю валового количества Pb, Zn, Cu в черноземе обыкновенном определяют специфические свойства изучаемых элементов и генетические особенности почвы. По данным исследований Н. А. Протасовой [6], основными процессами, нарушающими равномерность распределения элементов в профиле черноземов, являются интенсивное гумусо-накопление, миграция карбонатов и их аккумуляция в нижней части профиля.

Установлено, что Pb аккумулируется в гумусовом горизонте (Апах, А), так как свинец характеризуется высокой способностью к образованию прочных внутрикомплексных соединений с органическим веществом почвы. В карбонатном горизонте также наблюдается небольшое накопление Pb, поскольку он является геохимическим барьером для этого элемента. Согласно полученным результатам, для Zn выражен биогенный барьер, наблюдается некоторая его аккумуляция в горизонтах Ар – А. Для Cu характерно равномерное распределение по всему почвенному профилю.

Таким образом, для валового Pb установлено накопление элемента в верхней и в нижней части профиля почвы. По валовой Cu профиль недифференцированный. Валовой Zn характеризуется, аккумулятивным типом профильного распределения, с накоплением элемента в верхних слоях почвы. В целом валовое содержание Zn в верхнем гумусовом горизонте (Ап/Ад) чернозема обыкновенного колеблется в пределах 70,4–88,8 мг/кг, Cu – 41,3–54,4 мг/кг, Pb – 26,4–32,2 мг/кг, что соответствует фоновому уровню данного региона.

Статистический анализ показал относительную стабильность валового содержания Cu и Zn как на целинном участке, так и при использовании изучаемых агротехнологий. Коэффициент вариации для обоих элементов в большинстве случаев не превышает 10 %. Содержание валового Pb варьирует несколько сильнее, что особенно прослеживается при использовании минимальной обработки в средней и нижней части профиля (15–20 %) и на целинном участке (19–31 %). Такую изменчивость можно объяснить миграцией карбонатов по профилю чернозема, наличием иллювиальных процессов.

Внедрение ресурсосберегающих обработок по сравнению со вспашкой не оказывало существенного влияния на содержание валового Pb в почве, однако способствовало достоверному росту содержания Cu и Zn в профиле чернозема обыкновенного. Так, в горизонте Ап отмечено увеличение количества Zn на 26 % при обеих ресурсосберегающих агротехнологиях, для Cu – на 34 % при минимальной и 28 % при No-till относительно вспашки.

Более достоверную информацию о содержании и влиянии микроэлементов на экологическое состояние агроценозов несут их подвижные формы. Согласно полученным результатам чернозем обыкновенный карбонатный характеризуется низкой степенью обеспеченности подвижными соединениями Zn (< 2,0 мг/кг) и Cu (< 0,2 мг/кг), что, вероятно, связано с активным поглощением растениями и свидетельствует о недостаточном использовании цинковых и медьсодержащих удобрений.

При анализе распределения подвижных Pb, Cu, и Zn по вертикальному профилю чернозема обыкновенного можно отметить следующее. Распределение Pb характеризуется минимумом вещества в верхней части и максимумом в средней или нижней. Для Cu наблюдается постепенное увеличением ее содержания с продвижением в нижележащую толщу. Профильное распределение Zn на целинном участке соответствует аккумулятивному типу с максимумом элемента в поверхностном слое при его постепенном падении с глубиной. Сельскохозяйственное использование чернозема обыкновенного приводит к изменению профильного распределения Zn. При всех изучаемых агротехнологиях выявлено накопление элемента в средней и нижней части профиля. Снижение его количества в верхнем слое почвы вероятно связано с активным поглощением растениями.

Содержание подвижных соединений Pb, Cu и Zn характеризуется более активным варьированием, чем их валовых форм. Больший коэффициент вариации практически всех элементов наблюдается в разрезах с минимальной обработкой и No-till. При этом, для Pb максимальное варьирование – 39 – 23 % и 39 – 43 % при No-till и минимальной соответственно, зафиксирован в верхних органогенных горизонтах Ап-АВ. Варьирование Zn в разрезах с ресурсосберегающими обработками достигает максимума в горизонте Вс. При использовании вспашки и на целинном участке этот элемент практически стабилен по всему профилю.

Результаты исследований показали, что внедрение ресурсосберегающих технологий повышает долю подвижных Cu и Zn от валовых в верхнем горизонте почвы по сравнению с отвальной вспашкой. При минимальной обработке и No-till в горизонте Ап доля Cu составляет 0,2 %, Zn – 0,6 %, тогда как при вспашке – 0,1 и 0,4 % соответственно. С использованием ресурсосберегающих обработок доля подвижного Pb от валового также выше, чем при вспашке.

Применение ресурсосберегающих технологий, в том числе и нулевой, с использованием достаточно больших доз минеральных удобрений, интенсивного ухода за культурами повышает содержание подвижных соединений Zn и Cu в почве, в сравнении со вспашкой, но степень обеспеченности осталась преж-

ней. Количество Cu и Zn в этом случае также повышается на 50 % относительно почвы целинного участка.

Дисперсионный анализ полученных данных показал статистически значимое влияние применяемых агротехнологий на содержание подвижной меди и цинка.

Установлен сходный характер процессов миграции как валовых, так и подвижных форм элементов на целинном участке и при применении No-till, а при вспашке – с минимальной обработкой. На почве целинного участка и при No-till наблюдается накопление валовых Pb и Cu в нижних слоях ( $K = 0,93$  и  $0,89$  для Pb и  $K = 0,61$  и  $0,98$  для Cu соответственно), а для Zn – в поверхностном слое ( $K = 1,08$  и  $1,07$ ). При вспашке и минимальной обработке выявлено накопление Pb и Zn ( $K > 1$ ) и вынос Cu ( $K < 1$ ). Применение No-till, с оставлением на поверхности мульчи и созданием благоприятных условий влажности и температурного режима, способствует накоплению подвижных соединений Zn и Pb ( $K = 1,77$  и  $1,09$ ), а Cu мигрирует в нижележащую толщу ( $K = 0,41$ ). Многолетнее использование вспашки, способствуя биологическим потерям гумуса, приводит к переуплотнению пахотного и подпахотного слоёв, механическому разрушению структурных агрегатов, что усиливает эрозионные процессы, приводит к выносу всех исследуемых элементов. При этом коэффициент накопления здесь был минимальным ( $K = 0,63$  Pb;  $0,24$  Cu;  $0,75$  Zn). При минимальной обработке также отмечен вынос всех исследуемых элементов в нижележащие слои чернозема ( $K < 1$ ).

Таким образом, внедрение ресурсосберегающих технологий не оказало существенного влияния на содержание валового свинца, но способствовало росту содержания цинка и меди. При всех исследуемых агротехнологиях содержание валовых соединений элементов можно представить в виде убывающего ряда: Zn> Cu> Pb, а подвижных – Pb> Zn> Cu. Применение ресурсосберегающих агротехнологий, в том числе и нулевой, способствует повышению содержания подвижных соединений Zn, Cu и Pb в почве, практически в 1,5 – 2 раза в сравнении с традиционной технологией. Однако, степень обеспеченности цинком и медью не изменяется. Превышения существующих нормативов ПДК и ОДК изучаемых элементов при всех агротехнологиях не выявлено [5]. Для сохранения плодородия почв и улучшения качества продукции растениеводства необходима оптимизация питания сельскохозяйственных культур не только макро-, но и микрэлементами.

Исследование выполнено при поддержке Министерства науки и высшего образования РФ в рамках государственного задания в сфере научной деятельности (№ 0852–2020–0029)

### Литература

1. Models of Winter Wheat Yield Based on Calcareous Chernozem Fertility Parameters / O. A. Biryukova, D. V. Bozhkov, T. M. Minkina, A. M. Medvedeva, I. I. Elnikov // American Journal of Agricultural and Biological Sciences. 2015. Vol. 10, N 4. 186–196. <https://doi.org/10.3844/ajabssp.2015.186.196>
2. Heavy metal content of vegetables irrigated with mixtures of wastewater and sewage sludge in Zimbabwe: Implications for human health / M. Muchuweti, J. W. Birkett, E. Chinyanga,

R. Zvauya, M. D. Scrimshaw, J. N. Lester // Agriculture, Ecosystems & Environment. 2006. Vol. 112. P. 41–48. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2005.04.028>

3. Wuana R. A., Okieimen F. E. Heavy Metals in Contaminated Soils: A Review of Sources, Chemistry, Risks and Best Available Strategies for Remediation // ISRN Ecology. 2011. Article ID 402647. <https://doi.org/10.5402/2011/402647>

4. Методические указания по определению тяжелых металлов в почвах сельхозугодий и продукции растениеводства. М. : ЦИНАО, 1992. 61 с.

5. Ориентировочно допустимые концентрации (ОДК) химических веществ в почве: Гигиенические нормативы. М. : Федер. центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2009. 10 с.

6. Протасова Н. А., Горбунова Н. С., Беляев А. Б. Биогеохимия микроэлементов в обычновенных черноземах Воронежской области // Вестник ВГУ. Серия: Химия. Биология. Фармация. 2015. № 4. С. 100–106.

## THE CONTENT AND DISTRIBUTION OF TRACE ELEMENTS IN THE AGROCENOSES OF WINTER WHEAT WITH USE OF RESOURCE-SAVING AGROTECHNOLOGIES

A. M. Medvedeva, O. A. Biryukova, A. V. Kucherenko

*Southern Federal University, Rostov-on-Don, Russian Federation*  
*medvedeva.estelior@yandex.ru*

The paper represents an analyzing the effect of various agricultural techniques (including resource-saving technologies) on the mobility and profile distribution of lead, zinc, and copper in Haplic Chernozem. There is no significant influence of resource-saving tillage technology on the total Pb content. Still this cultivations promote the growth of the total Zn and Cu content depending on the cultivation method (by 26 % Zn, 34 % Cu at minimal tillage, and 28 % for both elements using No-till in Ap horizon). The use of resource-saving agricultural technologies increases mobile Pb, Zn and Cu compounds in soil (almost by 1.5–2.0 times for Cu and Zn in the Ap horizon comparing to plowing). However, this amount of micronutrients is still insufficient for full-fledged plant nutrition. The study results suggested that there is a need to increase the amount of Cu and Zn fertilizers applied to the soil with resource-saving cultivation technologies.

## КРАЕВОЙ УГОЛ СМАЧИВАНИЯ ДО И ПОСЛЕ ХИМИЧЕСКОЙ МОДИФИКАЦИИ ТВЕРДОЙ ФАЗЫ ПОЧВЫ

Е. ИО. Милановский, З. Тюгай

Московский государственный университет им. М. В. Ломоносова  
Москва, Россия, milanovskiy@gmail.com, zemfira53@yandex.ru

Смачиваемость водой поверхности твердой фазы почв является фундаментальной характеристикой, которая влияет на интенсивность процессов выветривания и эрозии, инфильтрацию, преимущественные потоки влаги, экологию среды обитания почвенной флоры и фауны. Характеристикой смачиваемости служит краевой угол смачивания (КУС).

Краевой угол, или водно-воздушный краевой угол «жидкость – газ» – внутренние свойства твердых систем, включая почвы [6; 21]. Краевой угол определяет количественно физико-химические взаимодействия в поверхности раздела между жидкостью и твердой фазой. Он важен для множества физических процессов, включающих взаимодействие почвы с водой [5; 9]. Миграция влаги по профилю и в грунтовые воды, транспорт растворенных веществ в ненасыщенных зонах, увлажнение и аэрирование в периодически водонасыщенных грунтах [8; 15]. Краевой угол является существенным параметром при определении водоудерживающей способности ( $pF$ ), содержащей необходимую информацию для описания механического поведения ненасыщенного грунта [13]. Смачиваемость ТФ(твердой фазы) почв зависит от характера растительности, качества и количества ОВ, сорбции экссудатов и метаболитов, кислотности, гранулометрического и минералогического состава почвы. Однако в литературе часто приводятся противоречивые данные об их корреляции со смачиваемостью. За исключением дегидроксилированного кремнезема, все неорганические минералы почв гидрофильны, так как на их поверхности обычно содержатся ионы и полярные гидроксильные группы. Сродство с водой минералов изменяется с величиной заряда и плотностью полярных групп на поверхности минералов при адсорбции или адгезии различных веществ, что приводит к изменению смачиваемости поверхности исходного минерала [6; 9; 11; 12; 14; 16; 17; 19; 24]. Гидрофильность поверхности твердой фазы почв возрастает с увеличенной плотностью полярных групп таких как  $-O$ ,  $-COOH$ ,  $-NH_2$ , и снижается с плотностью неполярных групп  $-CH_3$ ,  $=CH_2$ ,  $-CF_3$ , и т. д. [24].

Цель работы – диагностика влияния свободных форм оксидов железа и амфи菲尔ных компонентов гумусовых веществ (ГВ) на значение краевого угла ТФ чернозема и ферраллитной почвы.

Объекты исследования. Горизонт A1<sub>1</sub> (0–10 см) чернозема типичного мощного (Chernozem pachic voronic; WRB, 2006) под целинной степной растительностью (ЦЧЗ им. В. В. Алехина). Детальная характеристика данной почвы приводится в литературе [1–3].

Красная ферраллитная почва (Umbric Ferralsol, WRB 2006), горизонт A1<sub>1</sub> (0 – 10 см) гумидных субтропиков (о. Норфолк, Ю – З Океания) на древней ферраллитной коре выветривания базальтов под пологом вечнозеленого мертвопокровного леса (апаукария). Аналитические данные демонстрируют четкие черты глубокой феррализации минеральной массы профиля:  $\text{SiO}_2 / \text{Al}_2\text{O}_3 = 2,0$ ;  $\text{SiO}_2 / \text{R}_2\text{O}_3 = 1,3$ ; содержания ила 50–90 %. Преобладающими минералами во фракции ила и пыли являются каолинит, гиббсит и гематит [4; 23].

**Методы.** Содержание общего углерода измерено на анализаторе CN (Vario EL, Elementar, Германия) в (i) исходных образцах, (ii) после удалений сводных форм оксидов железа и (iii) после окисления ОВ. Карбонаты в исследуемых образцах почв отсутствуют и общее содержание углерода соответствует органическому углероду ( $C_{\text{орг.}}$ ). Аморфные, слабо окристаллизованные формы оксидов железа ( $\text{Fe}_{\text{окс.}}$ ) экстрагировали 0,2 н раствором оксалата аммония согласно [21]. Экстракция свободных несиликатных форм железа ( $\text{Fe}_{\text{диг.}}$ ) проведена по Мера-Джексону дитионит-цитрат-бикарбонатом [19]. Содержание железа в экстрактах определяли на 5110 ICP-OES (Agilent Technologies, США). Удаление  $\text{Fe}_{\text{окс.}}$  и  $\text{Fe}_{\text{диг.}}$  проводили последовательно из исходных образцов почв и после окисления ОВ. После экстракции железа образцы диализовались против деминерализованной воды в диализных трубках и высушены при 40 °C. Окисление ОВ  $\text{H}_2\text{O}_2$  проводили методом, описанной в [11].

Подготовка образцов на двусторонней клейкой ленте для определения КУС по [7]. КУС определяли методом статической сидячей капли на цифровом гониометре Drop Shape Analysis System, DSA100 (Krüss, Германия). В работе приводятся средние значения 10–15 измерений КУС. Экстракция гумусовых веществ (ГВ) для хроматографического фракционирования проведена щелочным раствором  $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$ . Хроматографическое фракционирование ГВ на компоненты, различающиеся способностью вступать в гидрофобные взаимодействия с матрицей CL-4B Octyl-Sepharose (Pharmacia), проведена [4].

Содержание углерода,  $\text{Fe}_{\text{окс.}}$ , и  $\text{Fe}_{\text{диг.}}$  приведено в таблице 1.

Таблица 1  
Свойства исходных образцов почв и после окисления ОВ (%): концентрация органического углерода,  $\text{Fe}_{\text{окс.}}$  – железо по Тамму,  $\text{Fe}_{\text{диг.}}$  – железо по Мера – Джексону

Почва	Исходный образец			После окисления ОВ			Устойчивый C, % от $C_{\text{общ.}}$
	$C_{\text{общ.}}$	$C^*/\text{Fe}_{\text{окс.}}$	$C^*/\text{Fe}_{\text{диг.}}$	C	$C^*/\text{Fe}_{\text{окс.}}$	$C^*/\text{Fe}_{\text{диг.}}$	
Чернозем	4,03	3,75/0,2	1,79/0,2	0,48	0,45/0,9	0,18/0,4	11,9
Ферраллитная	9,14	8,60/0,7	7,34/11,2	1,43	1,40/1,4	1,12/14,5	15,64

\*Органический углерод в образце после оксалатной и дитионит-цитрат-бикарбонатной экстракции

Низкое содержание свободного Fe в черноземе обусловлено временными восстановительными условиями весной, когда наблюдается застой влаги, сменяющийся летом на нисходящие потоки влаги, удаляющие свободное железо из профиля. Основными процессами в ферраллитной почве являются десиликатизация и накопление железа. Эти процессы сопровождаются полным распадом первичных минералов и алюмосиликатов типа 2:1. На фоне выноса водорастворимых продуктов выветривания, происходит аккумуляция оксидов железа, каоли-

нита и акцессорных минералов. Содержание  $\text{Fe}_{\text{дит}}$  существенно выше, чем  $\text{Fe}_{\text{окс}}$ , что согласуется с результатами работ [19; 21; 22,]. В черноземе и ферраллитной почве окисление ОВ приводит к увеличению растворимости оксидов железа. Данный факт свидетельствует о их ассоциации с ОВ.

Причину снижения содержания углерода в образцах после удаления из них свободных форм железа позволяют понять результаты хроматографического фракционирования ГВ (рис. 1).

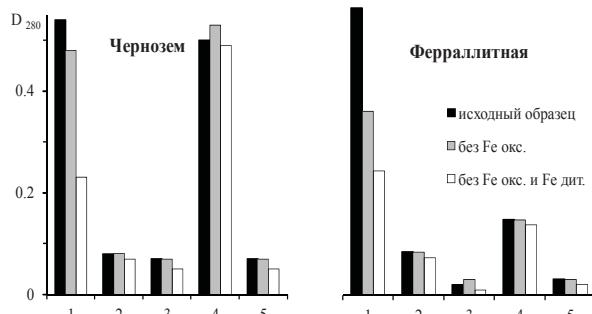


Рис. 1. Соотношение гидрофильных и гидрофобных компонентов ГВ в исходных образцах и после экстракции из них свободных форм оксидов железа,  
1–5 хроматографические фракции ГВ

В составе ГВ чернозема и ферраллитной почвы, последовательное удаление  $\text{Fe}_{\text{окс}}$  и  $\text{Fe}_{\text{дит}}$  сопровождается существенным уменьшением содержания гидрофильных компонентов ГВ в составе 1 хроматографической фракции. При этом содержание ГВ в составе остальных фракций (2–5) практически не изменяется.

Изменения КУС относительно исходных образцов почв и после химического воздействия приведено на рис. 2.

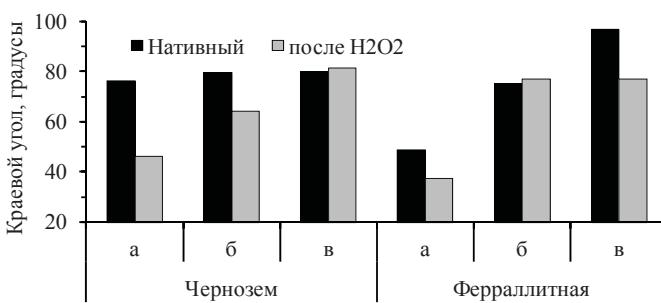


Рис. 2. Изменение КУС после химической обработки: а – исходный образец, б – после экстракции  $\text{Fe}_{\text{окс}}$ , в – после экстракции  $\text{Fe}_{\text{окс}}$  и  $\text{Fe}_{\text{дит}}$ .

Общая тенденция – увеличение КУС после удаления свободного железа из исходных образцов с ОВ. В черноземе она выражена слабо ( $76,2^\circ$ ,  $79,4^\circ$ ,  $80,1^\circ$ ), а в ферраллитной – КУС возрастает от  $49^\circ$  (исходный образец) до  $96,7^\circ$  в образцах с ОВ, но без Fe<sub>окс.</sub> и Fe<sub>дит.</sub>.

После окисления ОВ КУС твердой фазы почв снижается: чернозем с  $76^\circ$  до  $46^\circ$ , ферраллитная с  $49^\circ$  до  $37^\circ$ . Однако как для образцов чернозема, так и ферраллитной почвы удаление оксидов железа из образцов без ОВ приводит к существенной гидрофобизации поверхности твердой фазы. Учитывая, что КУС монтмориллонита  $42^\circ$ , каолинита  $17^\circ$ , иллит  $26^\circ$  [22], гидрофобизация поверхности твердой фазы почв, лишенной ОВ и оксидов железа, оказался для нас неожиданным. Все варианты химического воздействия вызывают изменение КУС, но в одних случаях он возрастает, а в других – уменьшается. По данным [10] ОВ, устойчивое к окислению H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, представлено алифатическим углеродом и между ним и оксидами железа существует связь. Спектроскопией твердофазной C<sup>13</sup> ЯМР установлено, что устойчивое к H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> ОВ представлено дери-ватами липидов, восков и других алифатических гидрофобных соединений [10].

Сравнение результатов КУС, полученных для образцов до и после окисления ОВ свидетельствует, что в черноземе (мало Fe<sub>окс.</sub> и Fe<sub>дит.</sub>), величину контактного угла определяют гидрофобные устойчивые к окислению органические соединения. В ферраллитной почве величину КУС определяет соотношение присутствующих в образце гетита (КУС  $\approx 15\text{--}26^\circ$ ) и гематита (КУС  $\approx 40\text{--}60^\circ$ ) [18].

Жидкостная хроматография позволяет физически разделить совокупность ГВ в составе экстракта на гидрофильные и гидрофобные компоненты, различающиеся способностью вступать в гидрофобные взаимодействия с матрицей геля. Гидрофильные компоненты ГВ (фракции 1, 2) представлены в почвах автохтонными (гумификация ОВ *in situ*) и аллохтонно-иллювиальными формами. Гидрофильные продукты гумификации осуществляют современный метаморфизм минеральной массы почв. Аккумуляция гидрофильных ГВ происходит в составе глино-гумусовых, Fe и Al-гумусовых соединений. Гидрофобные компоненты ГВ почв (фракции 3–5) представляют автохтонные образования, про странственно приуроченные к продуктам гумификации органического материала *in situ*. Независимо от типа водного режима почв, они неподвижны в профиле, накапливаются на месте химической и микробиологической трансформации органических остатков.

ГВ чернозема с преимущественно внутрипрофильном поступление ОВ (корневой отпад), как основного источника ГВ, характеризуются преобладанием гидрофобных компонентов в составе ГВ (фракция 4, рис. 1). Формирование и накопление гидрофобных продуктов гумификации происходит в составе органических частиц, не связанных с минералогической матрицей. Аккумуляция гидрофильных продуктов гумификации происходит в составе глино-гумусовых соединений (фракция 1, рис. 1).

ГВ ферраллитной почвы с промывным типом водного режима и напочвенным поступлением органических остатков, как источника ГВ, характеризуется преобладанием гидрофильных компонентов в составе ГВ. Гидрофильные

продукты гумификации осуществляют кислотный гидролиз силикатного материала, перераспределение Al и Fe по профилю почв и формируют органоминеральные соединения. Наблюдаемое увеличение КУС после последовательного удаления из образцов почв несиликатных форм железа из чернозема и ферраллитной почвы, скорее всего, связано с селективным растворением наиболее гидрофильных компонентов ГВ, локализованных на минеральной поверхности. При этом, гидрофобизацию поверхности образцов могут обуславливать остающиеся гидрофобные компоненты ГВ, и новые свойства поверхности минеральных частиц после удаления с них гидрофильных ГВ.

Смачиваемость почвы влияет на широкий спектр процессов, включая инфильтрацию, преимущественные потоки и поверхностный сток, миграцию веществ, экологию среды обитания флоры и фауны. Определение смачиваемости поверхности твердой фазы почв, как она зависит от химического состава поверхности, представляет собой серьезную проблему. На примере гумусово-аккумулятивных горизонтов чернозема и красной ферраллитной почвы наше исследование показывает, что химическая модификация поверхности твердой фазы почв вызывает изменение ее смачиваемости. Увеличение краевого угла смачивания после последовательного удаления несиликатных форм железа обусловливает относительное накопление гидрофобных компонентов гумусовых веществ. Удаление органического вещества вызывает увеличение смачиваемости поверхности твердой фазы почв и ее вторичную гидрофобизацию после последовательной экстракции аморфных и окристаллизованных форм железа.

*Работа выполнена по темам НИР «Физические основы экологических функций почв: технологии мониторинга, прогноза и управления».*

### **Литература**

1. Афанасьева Е. А. Черноземы Среднерусской возвышенности. М., 1966. 200 с.
2. Курская энциклопедия, 2011. URL: <http://www.mke.su>
3. Марголина Н. Я., Александровский А. Л., Ильичев Б. А. Возраст и эволюция черноземов. М. : Наука, 1988. 144 с.
4. Милановский Е. Ю. Гумусовые вещества почв как природные гидрофобно-гидрофильные соединения. М. : ГЕОС, 2009. 188 с.
5. Anderson M. A., Hung A. Y., Mills M. Scott. Factors Affecting the Surface Tension of Soil Solutions and Solutions of Humic Acids // Soil Science. 1995. Vol. 60. P. 111–116.
6. Physical carbon-sequestration mechanisms under special consideration of soil wettability / J. Bachmann, G. Guggenberger, T. Baumgartl, R. Ellerbrock, E. Urbanek, M. O. Goebel, K. Kaiser, R. Horn, W. Fischer // J. Plant Nutrition and Soil Science. 2008. Vol. 171. P. 14–26.
7. Extended methodology for determining wetting properties of porous media / J. Bachmann, S. K. Woche, M.-O. Goebel, M. B. Kirkham, R. Horton // Wat. Res. r. Res. 2003. Vol. 39, N 12. P. 1353
8. Bachmann J., van R. R. der Ploeg. A Review on Recent Developments in Soil Water Retention Theory: Interfacial Tension and Temperature Effects // Journal of Plant Nutrition and Soil Science. 2002. Vol. 165, N 4. P. 468–478.
9. Doerr S., Shakesby R., Walsh R. Soil Water Repellency: Its Causes, Characteristics and Hydro-Geomorphological Significance // Earth Sci. Rev. 2000. Vol. 51. P. 33–65.
10. Eusterhues K., Cornelia R., Ingrid Kogel-Knabne. Stabilization of soil organic matter isolated via oxidative degradation // Org. Geochemistry. 2005. Vol. 36. P. 1567–1575.

11. Impact of fungal and bacterial biocides on microbial induced water repellency in arable soil / D. Feeney, P. Hallet, S. Rodger, A. Bengough, N. White, I. Young // *Geoderma*. 2006. Vol. 135. P. 72–80.
12. Franco C. M., Clarke P. J., Tate M. E., Oades J. M. Hydrophobic properties and chemical characterisation of natural water repellent materials in Australian sands // *J. of Hydrology*. 2000. P. 231–232, 47–58.
13. Fredlund D. G., Xing A., Huang S. Predicting the Permeability Function for Unsaturated Soils Using the Soil-Water Characteristic Curve // *Canadian Geotechnical Journal*. 1994. Vol. 31. P. 533–546.
14. Soil wettability, aggregate stability and the decomposition of soil organic matter / M. O. Goebel, J. Bachmann, S. K. Woch, W. R. Fischer // *Geoderma*. 2005. Vol. 128. P. 80–93.
15. Grant S. A., Salehzadeh A. Calculation of Temperature Effects on Wetting Coefficients of Porous Solids and Their Capillary Pressure Functions // *Water Resources Research*. 1996. Vol. 32, N 2. P. 261–270.
16. Prescribed burning effects on soil physical properties and soil water repellency in a steep chaparral watershed, southern California, USA / K. R. Hubbert, H. K. Preisler, P. M. Wohlgemuth, R. C. Graham, M. G. Narog // *Geoderma*. 2006. Vol. 130. P. 284–298.
17. Hurrass J., Schaumann G. Properties of soil organic matter and aqueous extracts of actully water repellent and wettable soil samples // *Geoderma*. 2006. Vol. 132, P. 222–239.
18. Ivesona S. M., Holtb S., Biggs S. Advancing contact angle of iron ores as a function of their hematite end goethite content: implications for pelletising and sintering // *Int. J. Miner. Process.* 2004. Vol. 74. P. 281–287.
19. Mehra O., Jackson M., 1960: Iron oxide removal from soils and clays by a dithionite citra system buffered with Na bicarbonate // *Clays and Clay Minerals*. 1958. Vol. 7, Iss. 1. P. 317–327
20. Olorunfemi I. E., Ogunrinde T. A., Fasimmirin J. T. Soil Hydrophobicity: An Overview // *Journal of Scientific Research & Reports*. 2014. Vol. 3(8). P. 1003–1037.
21. Pawluk S. Measurement of crystalline and amorphous iron removal in soils // *Can. f. Soil Sci.* 1972. Vol. 52. P. 119–123.
22. Contact angles of aluminosilicate clays as affected by relative humidity and exchangeable cations / J. Shang, M. Flury, J. B. Harsh, R. L. Zollars // *Colloids and Surfaces A: Physicochem. Eng. Aspects*. 2010. Vol. 353. P. 1–9.
23. Targolian V. O., Milanovskiy E. Y. Inherited soil features and recent pedogenetic processes in red fersialitic and ferrallitic soils of subhumid and humid subtropical climates // 6th International Meeting on Soils with Mediterranean Type of Climate. Spain, 1999. P. 593–595.
24. Tschapek M. Criteria for determining the hydrophilicity-hydrophobicity of soils // *Zeitschrift fur Pflanzenernahrung Dungung Bodenkunde*. 1984. Vol. 147. P. 127–149.

## CONTACT ANGLE BEFORE AND AFTER CHEMICAL MODIFICATION OF THE SOLID PHASE OF THE SOIL

**E. Yu. Milanovskiy, Z. Tyugai**

*Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russian Federation*  
*milanovskiy@gmail.com, zemfira53@yandex.ru*

Soil wettability affects a wide range of processes, including: infiltration, predominant flows and surface runoff, migration of substances, and ecology of the habitat of flora and fauna. Determination of the surface wettability of the soil solid phase, how it depends on the chemical composition of the surface, is a serious problem. Using humus-accumulative horizons of chernozem and red ferrallitic soil as examples, our study shows that chemical modification of the surface of the soil solid phase causes a change in its wettability. An increase in the contact angle of wetting after successive removal of non-silicate forms of iron causes a relative accumulation of hydrophobic components of humic substances. Removal of organic matter causes an increase in surface wettability during its secondary hydrophobization after successive extraction of amorphous and crystallized forms of iron.

УДК 631.48

# МЕЛИОРАЦИЯ ЗЕМЕЛЬ В ЛИТВЕ

О. Мисецкайте

*Институт инженерии водных ресурсов, Сельскохозяйственная академия Университета  
Vytautas Magnus, Каунас, Литовская Республика, otilia.miseckaite@vdu.lt*

Литва расположено в северной части Европы (рис. 1). Площадь – 65 300 км<sup>2</sup>, климат переходный от морского к континентальному. Средняя температура 6,2 °C в год (зимой -4,0 °C, весной 5,5 °C, летом 16,1 °C, осенью 7,0 °C), выпадает 675 мм осадков в год (зимой 128 мм, весной 131 мм, летом 223 мм, осенью 227 мм, многолетняя климатическая норма 1961–1990). В среднем 68 % осадков в Литве испаряется, но измерения показали, что испарение неуклонно растет в последние годы [1]. В Литве около 90 % всех сельскохозяйственных культур выращивается на осушенных землях. В 2018 г. валовая продукция сельского хозяйства была произведена на 2,4 млрд евро (2,91 % валового внутреннего продукта (ВВП)). В 2019 г. доля сельского хозяйства в ВВП Литвы составила около 2,96 %. Общая площадь осушенных земель в Литве составляет около 3 млн га. На мелиорированных землях установлено 63 тыс. км многоцелевых котлованов, более 1,6 млн км дренажных сетей, 68,14 тыс. гидротехнические сооружения, 736,2 тыс. дренажные сооружения, 88 дренажных или оросительных насосных станций, 492,6 км защитных дамб, более 16 тыс. км дорог, 358 прудов [2].

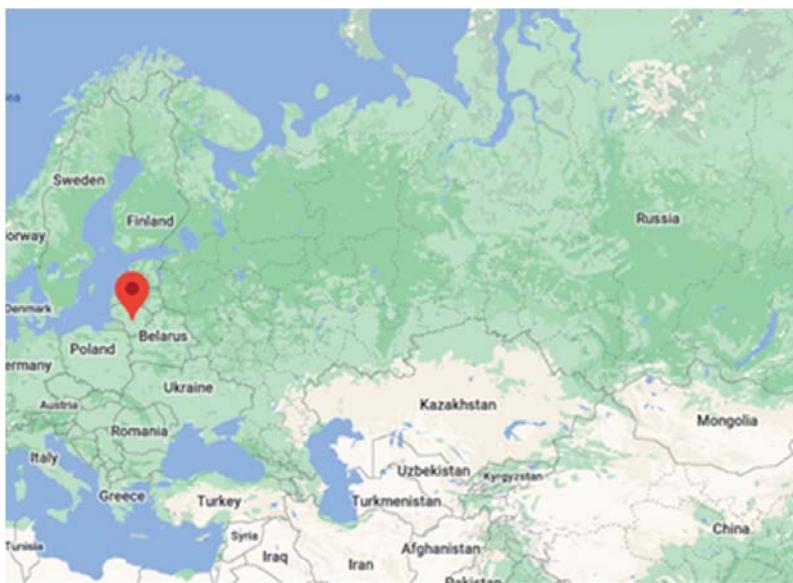


Рис. 1. Географическое положение Литвы в Европе

Балансовая стоимость всех мелиоративных инженерных сооружений составляет более 2 миллиарда Eur [3], из которых стоимость государственных структур составляет 46 %, а фермерам – 54 %. Общий износ мелиоративных сооружений составляет 69,6 %, государственных – 72,8 % [4]. Дренажные и другие мелиоративные сооружения служат сельскому хозяйству около 50 лет, а за последних 15 лет реконструкция было сделано 7700 га/год (рисунок 2) [5].

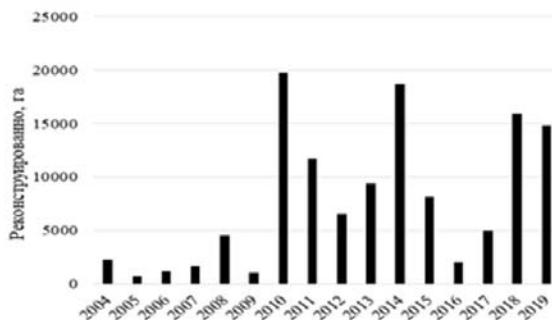


Рис. 2. Реконструкция мелиоративные системы

Долгие годы из государственного бюджета не выделялись средства на реконструкцию государственных мелиоративных сооружений. Засухи – не очень распространенное явление в Литве, но в последние десятилетия они повторялись и периодически увеличивались в Литве. На 2018 г. в результате засухи сельскохозяйственный сектор понес финансовые потери в размере 92 млн евро. Влажный 2017 г. также принес немало убытков фермерам страны – около 210 тыс. га (т. е. 36 %) из-за затопления полей озимых культур погибли, неубранный урожай составил около 47 млн евро, потеряли около 120 млн евро для незасеянных и мертвых полей [4]. Мелиорация земель сейчас является одним из приоритетов государства. В последние годы все больше средств выделяется на установку и реконструкцию дренажных систем: 2019 г. – почти 52 млн евро, 2020 г. – около 47 млн евро, 2021 г. – более 60 млн евро. В настоящее время разрабатывается концепция реализации плана для будущей экономики «Регулируемый дренаж: реконструкция мелиоративной инфраструктуры и адаптация умной мелиорации к засушливым периодам». На это мероприятие выделено ещё 10 млн евро. Целью этого действия является повышение устойчивости сельскохозяйственного сектора к изменению климата, обеспечение устойчивой цепочки поставок продуктов питания и повышение производительности.

Диффузное сельскохозяйственное загрязнение является следствием интенсивного земледелия, влияющего на качество воды в озерах и ручьях. Удаление загрязняющих веществ из поверхностных водоемов является дорогостоящим способом более эффективного сдерживания загрязняющих веществ у источника. Посчитано, что одна регулируемая дренажная система может обслуживать от 4 до 8 га дренажных систем, а урожайность увеличивается примерно

на 20 % сравнении с традиционным дренажем. В настоящее время регулируемое дренажное системы действует в 41 хозяйстве Литве, их общая площадь составляет более 1000 га [4].

### **Литература**

1. Aplinkos būklė 2009. Tik faktai (= Состояние окружающей среды. 2009. Только факты). URL: [www.gamta.lt](http://www.gamta.lt)
2. Melioruota žemė ir melioracijos statiniai (= Мелиорированные земли и мелиоративные сооружения). 2019-01-01. Informacinis leidinys. VI Valstybės žemės fondas, 2019. 65 p.
3. Lietuvos statistikos metraštis (= Статистический ежегодник Литвы). 2019. URL: <https://osp.stat.gov.lt/lietuviostatistikos-metraštis/lsm-2019/zemes-ukis>
4. Министерство сельского хозяйства Республики Литвы. URL: <https://zum.lrv.lt/lt/>
5. VI Valstybės žemės fondas (= Государственный земельный фонд). URL: <https://www.vzf.lt/>

## **LAND RECLAMATION IN THE REPUBLIC OF LITHUANIA**

**O. Miseckaite**

*Institute of Water Resources Engineering, Vytautas Magnus University Agricultural Academy,  
Kaunas, Republic of Lithuania, otiliaja.miseckaite@vdu.lt*

Lithuania is located in a climate of excessive humidity, where the amount of precipitation exceeds evaporation by approx. 32 %. Consequently, land reclamation, especially drainage, is necessary to obtain high and stable yields. In total, there are 3,003,239 ha of reclamation areas in Lithuania, there are about 1,591,842 km of drainage. The average farm area in Lithuania is about 15.6 hectares. In 2018, the gross agricultural production was produced for 2.4 billion Eur (2.91 % of gross domestic product, in 2019–2.96 %).

# ДЕЙСТВИЕ МИНЕРАЛЬНОГО УДОБРЕНИЯ И БИОЛОГИЧЕСКОГО СТИМУЛЯТОРА НА СОДЕРЖАНИЕ ЛЕГКОГИДРОЛИЗУЕМОГО АЗОТА ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ

М. А. Михайлец

*Красноярский государственный аграрный университет, Красноярск, Россия  
mikhailets\_ma@mail.ru*

Почвенный азот – важнейший питательный элемент, который необходим растениям, так как азот входит в состав таких органических соединений, таких как белки, нуклеиновые кислоты, хлорофилл, алкалоиды и фосфатидов [6]. Органический азот составляет основную долю баланса почвенного азота и является недоступным для растений. Благодаря постоянно протекающим процессам минерализации, иммобилизации и деструкции органического азота создается многообразие промежуточных форм конечных продуктов, которые будут доступны растениям. В связи с этим, большое значение приобретают приемы иммобилизации и вовлечение в активный круговорот устойчивых форм органического азота. Легкогидролизуемая форма азота является ближайшим резервом для минерализации, так как органические соединения, входящие в его состав, являются наиболее мобильными [1; 2].

Целью данного исследования являются оценка действий минерального удобрения аммофос и биологического стимулятора Лигногумат АМ на содержание легкогидролизуемого азота в черноземе выщелоченном Красноярской лесостепи.

Исследования проведены в 2020 г. в полевом опыте учебного хозяйства «Миндерлинское» Красноярского государственного аграрного университета в Красноярской лесостепи ( $56^{\circ}$  с. ш.,  $92^{\circ}$  в. д.). Объекты исследования – чернозем выщелоченный, агроценоз яровой пшеницы сорта Новосибирская 15, возделываемый по занятому пару (горохо-овсяная смесь); минеральное удобрение Аммофос, биологический стимулятор Лигногумат АМ. Почва опытного участка характеризовалась в слое 0–20 см высоким содержанием гумуса (6,9 %), очень высокой суммой обменных оснований (57,5 ммоль/100г), нейтральной реакцией почвенного раствора ( $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}} = 7,2$ ).

Для определения действий приемов интенсификации на содержание легкогидролизуемого азота был заложен полевой опыт по следующей схеме: 1. Контроль (химическая защита); 2. Химическая защита + Лигногумат АМ; 3. Химическая защита +  $\text{N}_5\text{P}_{20}$ ; 4. Химическая защита +  $\text{N}_5\text{P}_{20}$  + Лигногумат АМ; 5. Химическая защита +  $\text{N}_{12}\text{P}_{50}$ ; 6. Химическая защита +  $\text{N}_{12}\text{P}_{50}$  + Лигногумат АМ. Общая площадь делянки – 1000 м<sup>2</sup>, учетная – 100 м<sup>2</sup>. Размещение делянок – систематическое. Отбор почвенных образцов проводили в июне, июле, августе и сентябре. Глубина отбора образцов 0–20 и 20–40 см. В отобранных образцах определяли легкогидролизуемый азот по Корнфилду. Полученные результаты

обрабатывали методами описательной статистики и дисперсионного анализа при помощи программы Excel [3].

К соединениям азота, составляющим ближайший резерв для минерализации, относятся его легкогидролизуемые фракции. Исследованиями установлено, что легкогидролизуемого азота в черноземах выщелоченных Красноярской лесостепи содержится немного, 4–5 % от количества общего азота. Содержание легкогидролизуемого азота в черноземе выщелоченном определялось технологией возделывания яровой пшеницы.

Среднесезонное содержание легкогидролизуемого азота в черноземе оценивалось на повышенном уровне и определялось технологией возделывания яровой пшеницы. При этом характер динамики легкогидролизуемого азота мало отличался по вариантам опыта (рис.).

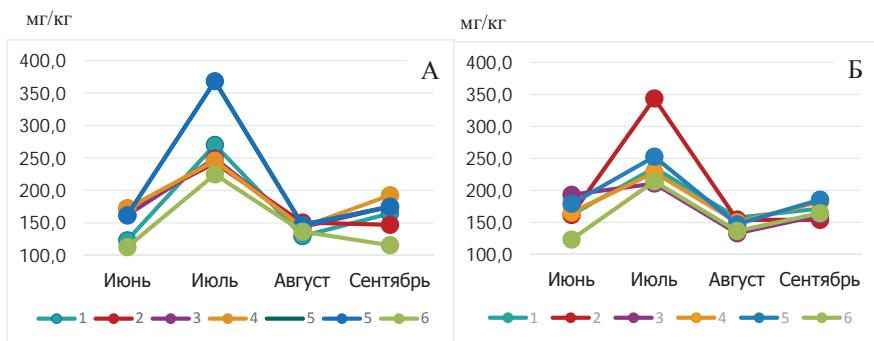


Рис. Динамика содержания легкогидролизуемого азота (мг/кг) в слое 0–20 см (А) и 20–40 см (Б) см чернозема: 1. Контроль (химическая защита); 2. Химическая защита + Лигногуммат АМ; 3. Химическая защита + N<sub>5</sub>P<sub>20</sub>; 4. Химическая защита + N<sub>5</sub>P<sub>20</sub> + Лигногуммат АМ; 5. Химическая защита + N<sub>12</sub>P<sub>50</sub>; 6. Химическая защита + N<sub>12</sub>P<sub>50</sub> + Лигногуммат АМ

Существенное увеличение этой фракции азота приходилось на июльский период (368–210 мг/кг), что свидетельствовало о самой высокой степени минерализации азотных соединений в это время вегетационного сезона ( $Cv = 18\text{--}44\%$ ). Резкий спад содержания легкогидролизуемого азота в августе до 158–130 мг/кг обусловлен ослаблением процессов гидролиза органических соединений. Лучшие условия для накопления легкогидролизуемого азота складывались при поступлении в почву удобрений в дозах N<sub>5</sub>P<sub>20</sub> и N<sub>12</sub>P<sub>50</sub>. Аммофос в дозе N<sub>12</sub>P<sub>50</sub> обусловил высокую обеспеченность почвы легкогидролизуемым азотом в июльский период (368 мг/кг; HCP<sub>05</sub> = 20,3). Использование биологического стимулятора Лигногуммат АМ на этом фоне способствовало снижению концентрации легкогидролизуемого азота до 147 мг/кг, что на 25 мг/кг ниже контрольного варианта. Исследованиями Н. Л. Кураченко с соавторами (2020) ранее установлено, что применение биологического стимулятора Гипергрин в комплексной защите яровой пшеницы усиливала минерализацию азотных соединений в почве и способствовало уменьшению концентрации легкогидролизуемого азота.

Исследованиями установлено, что ход сезонной динамики легкогидролизуемого азота контролировался влажностью почвы и её температурой. В наибольшей степени эта зависимость проявлялась в пахотном слое почвы. Как правило, повышение температуры 0–20 см слоя почвы приводило к росту содержания легкогидролизуемого азота на всех вариантах опыта ( $r = 0,6\text{--}0,9$ ). Уровень влажности почвы оказал достоверное влияние на содержание гидролизуемых форм азота только на тех вариантах опыта, где в технологии возделывания яровой пшеницы использовались минеральные удобрения. Обратная сильная зависимость между изучаемыми параметрами ( $r = -0,6\ldots-0,9$ ) свидетельствовала об усилении минерализационных процессов в почве.

Общей особенностью распределения запаса легкогидролизуемого азота в черноземе выщелоченном всех вариантов опыта являлась его аккумуляция в 0–40 см слое почвы. Максимальные запасы этой фракции азота выявлены на варианте опыта с применением аммофоса в дозе  $N_{12}P_{50}$ . В слое почвы 0–40 см они составили 366–344 кг/га.

Таким образом, на долю легкогидролизуемого азота в черноземе выщелоченном Красноярской лесостепи приходится 4–5 % от общего азота. Содержание и сезонная динамика легкогидролизуемых соединений азота определяется приёмами интенсификации возделывания яровой пшеницы, температурой и влажностью 0–20 см слоя почвы. Применение аммофоса в дозе  $N_{12}P_{50}$  определило максимальные запасы этой фракции азота в 0–40 см слое чернозема (366–344 кг/га).

### Литература

1. Гамзиков Г. П. Агрохимия азота в агроценозах. Новосибирск, 2013. 790 с.
2. Гамзиков Г. П. Азот в земледелии Западной Сибири. М. : Наука, 1981. 267 с.
3. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта. М. : Агропромиздат, 1985. 352 с
4. Кураченко Н. Л., Михайлец М. А., Коваль А. М. Трансформация легкогидролизуемого азота в агрочерноземе при применении биологического стимулятора на пшенице // Научно-практические аспекты развития АПК. Красноярск, 2020. С. 107–109.
5. Минеев В. Г. Агрохимия. М. : Изд-во МГУ : КолосС, 2004. 720 с.

## THE EFFECT OF MINERAL FERTILIZER AND BIOLOGICAL STIMULATOR ON THE CONTENT OF EASILY HYDROLYZED NITROGEN IN THE CULTIVATION OF SPRING WHEAT

M. A. Mikhailets

*Krasnoyarsk State Agrarian University, Krasnoyarsk, Russian Federation  
mikhailets\_ma@mail.ru*

In a field experiment on leached chernozem of the Krasnoyarsk forest-steppe, the dynamics of easily hydrolyzed nitrogen in the cultivation of spring wheat was studied against the background of the use of protective agents, mineral fertilizers and a biological stimulant. It is shown that the content and seasonal dynamics of easily hydrolyzed nitrogen compounds are determined by methods of intensification of spring wheat cultivation, temperature and humidity of 0–20 cm of the soil layer. The best conditions for the accumulation of easily hydrolyzed nitrogen were formed when ammophos was introduced into the soil at a dose of  $N_{12}P_{50}$  (355 kg/ha).

## СОДЕРЖАНИЕ ОБМЕННЫХ КАТИОНОВ В ПОЧВАХ СКЛОНОВОГО АГРОЛАНДШАФТА НА ЮГО-ВОСТОКЕ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

Т. В. Нечаева, О. П. Якутина

*Институт почвоведения и агрохимии СО РАН, Новосибирск, Россия*  
*nechaeva@issa-siberia.ru*

Водная эрозия, разрушая верхний, наиболее плодородный гумусовый слой под влиянием поверхностного стока талых и ливневых водных потоков, приводит к формированию различной степени эродированных (смытых) и намытых почв с ухудшенными водно-физическими, агрохимическими, биологическими свойствами и относится к одному из наиболее масштабных и опасных видов прогрессирующей деградации пахотных почв склонов, как в России, так и в мире. Развитие водной эрозии способствует снижению урожайности и качества выращиваемых культур на смытых почвах, малоэффективному расходованию природных и производственных ресурсов, снижению параметров почвенного плодородия. Вопрос о содержании обменных катионов в почвенном поглощающем комплексе (ППК) смытых почв, обеспеченность которыми является одним из необходимых условий для нормального роста и развития растений, а также отвечает за противоэррозионную устойчивость почв, является до сих пор спорным и недостаточно изученным. Поэтому цель исследования – сравнить содержание обменных катионов ( $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Na}^+$ ) и органического углерода в различной степени смытых и намытой пахотных почвах эрозионно опасного склона.

**Объекты и методы.** Район исследования геоморфологически относится к территории Буготакского мелкосопочника, одного из подрайонов Предсалаярья на юго-востоке Западной Сибири; административно – к Искитимскому району Новосибирской области (НСО). Доля пахотных угодий, подверженных влиянию водной эрозии варьирует в пределах 16–25 % от общей площади в Искитимском районе [7]. Участок исследования расположен на эрозионно опасном пахотном склоне южной экспозиции с уклоном от 0 до 9,5° и представлен следующими почвами: несмытая, слабо-, средне- и сильносмытые, намытая. Несмытая почва занимает приводораздельное пространство в верхней части склона с уклоном до 1°. На транзитной позиции катены в средней части склона с уклоном в 1–2° расположена слабосмытая почва; в нижней части склона, где крутизна превышает 3°, – средне- и сильносмытые почвы. Намытая почва занимает аккумулятивную позицию катены в подножии склона. Тип почвы – чернозем оподзоленный среднесуглинистый по классификации почв СССР [1], что соответствует агрочернозему глинисто-иллювиальному элювиированному [5] или Luvic Greyzem Chernozem [10]. Почвенные образцы отобраны из разрезов через каждые 10 см до полутораметровой глубины.

Наблюдения на данной территории проводятся нами с 2009 г. В работе представлены результаты 2014 г., когда на почвах склона возделывали яровую мягкую пшеницу. С результатами исследований по изучению свойств почв склонового агроландшафта на юго-востоке Западной Сибири можно ознакомиться в следующих публикациях [3; 6; 9 и др.].

Почвы проанализированы на содержание органического углерода ( $C_{опт}$ ) методом мокрого озоления в серно-хромовой смеси по Тюрину; обменных катионов ( $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Na}^+$ ) – в вытяжке с 1 М раствором  $\text{CH}_3\text{COONH}_4$  при соотношении почва : экстрагент равным 1:10 (по Масловой); рН водной суспензии ( $\text{pH}_{вод}$ ) – потенциометрическим методом при соотношении почва : вода равным 1:2,5. Все расчеты приведены на воздушно-сухое вещество. Статистическая обработка данных проведена в пакетах Microsoft Office Excel 2010 и SNEDECOR V.5.80. Анализ различия факторных средних выполнен методом дисперсионного анализа на уровне значимости  $\alpha = 0,05$ .

### Результаты и обсуждение

Наиболее характерными признаками смытых почв являются уменьшение мощности гумусового горизонта (A+AB), приближение к поверхности иллювиального горизонта, а также содержание и запасы гумуса в слое, равном мощности гумусового горизонта несмытой почвы. За эталон несмытых черноземов (оподзоленных и выщелоченных) Западной Сибири, расположенных на водоразделах или в верхних частях склонов следует считать мощность гумусового горизонта равную 47–51 см [7].

В несмытом и намытом оподзоленном черноземе мощность гумусового горизонта составила 55 см, в слабо-, средне- и сильносмытых вариантах – 49, 35 и 20 см соответственно. По содержанию  $C_{опт}$  выявлены статистически значимые различия средних ( $p < 0,01$ ) как с увеличением глубины, так и степени смытости почв (табл.). В полтораметровом слое сильносмытой почвы установлено самое низкое содержание  $C_{опт}$ . В намытой почве наибольшее содержание  $C_{опт}$  отмечено в слое 10–30 см, нижняя граница которого относится к погребенному гумусово-аккумулятивному горизонту. Запасы гумуса в полтораметровом слое несмытой почвы составили 174 т/га, в слабо-, средне и сильносмытых вариантах – 164, 150 и 81 т/га соответственно. Намытая почва по сравнению с несмытой имела более высокие запасы гумуса – 205 т/га. По наблюдениям же за 2009–2010 гг. [6; 9] запасы гумуса в слое 0–50 см чернозема оподзоленного были выше: в несмытом и слабосмытом вариантах варьировали в пределах 265–345 и 200–280 т/га, в среднесмытом и намытом вариантах составили 185 и 335 т/га. Это свидетельствует о снижении параметров потенциального плодородия почв склона из-за интенсивного развития эрозионных процессов, что, на наш взгляд, обусловлено длительным экстенсивным землепользованием (без удобрений в течение последних 20 лет) и выращиванием в основном яровой пшеницы как монокультуры, а также отсутствием комплекса противоэрзионных мероприятий.

Таблица

## Содержание в почвах органического углерода и обменных катионов

Глубина, см	Почвы склонового агроландшафта <sup>1</sup>					Анализ действия факторов, влияние по Снедекору		
	I	II	III	IV	V	Средние А <sup>2</sup>	Выводы	
<b>C<sub>опр</sub>, %</b>								
0–10	2,59	2,99	2,20	1,97	1,92	2,334(Контр)	Различия средних достоверны на уровне 1 %	
10–20	2,62	2,63	2,02	0,95	2,22	2,088		
20–30	1,65	1,70	1,92	0,48	2,27	1,604*		
30–40	0,80	0,68	0,71	0,35	1,89	0,886*		
40–50	0,64	0,59	0,47	0,30	1,47	0,694*		
Средние B <sup>3</sup> , выводы (Контр)	1,660	1,718	1,464	0,810*	1,954	Различия средних достоверны на уровне 1 %		
<b>Кальций, смоль(экв) Ca<sup>2+</sup>/кг</b>								
0–10	17,5	19,8	18,6	18,6	18,6	18,62(Контр)	Различия средних достоверны на уровне 1 %	
10–20	18,0	19,2	18,6	16,3	19,8	18,38		
20–30	15,8	14,2	18,0	15,2	19,2	16,48*		
30–40	13,0	10,2	11,9	14,7	15,2	13,00*		
40–50	13,0	10,2	10,8	14,7	14,7	12,68*		
Средние B, выводы (Контр)	15,46	14,72	15,58	15,90	17,50	Различия средних недостоверны		
<b>Магний, смоль(экв) Mg<sup>2+</sup>/кг</b>								
0–10	2,24	1,91	1,91	1,91	1,91	1,976(Контр)	Различия средних не доказаны на уровне 5 %	
10–20	1,91	1,91	1,91	1,91	1,58	1,844		
20–30	1,91	2,07	1,91	2,07	1,58	1,908		
30–40	1,91	1,42	1,25	2,07	1,42	1,614*		
40–50	1,91	1,42	1,42	1,91	1,91	1,714		
Средние B, выводы (Контр)	1,976	1,746	1,680*	1,974	1,680*	Различия средних не доказаны на уровне 5 %		
<b>Калий, смоль(экв) K<sup>+</sup>/кг</b>								
0–10	0,32	0,40	0,32	0,30	0,32	0,332(Контр)	Различия средних недостоверны	
10–20	0,32	0,32	0,31	0,30	0,28	0,306		
20–30	0,26	0,21	0,26	0,38	0,25	0,272		
30–40	0,28	0,21	0,21	0,39	0,21	0,260*		
40–50	0,32	0,24	0,25	0,36	0,20	0,274		
Средние B, выводы (Контр)	0,300	0,276	0,270	0,346	0,252	Различия средних не доказаны на уровне 5 %		
<b>Натрий, смоль(экв) Na<sup>+</sup>/кг</b>								
0–10	0,06	0,07	0,06	0,09	0,07	0,070(Контр)	Различия средних не доказаны на уровне 5 %	
10–20	0,07	0,07	0,06	0,09	0,06	0,070		
20–30	0,08	0,07	0,06	0,09	0,06	0,072		
30–40	0,09	0,08	0,06	0,11	0,06	0,080		
40–50	0,11	0,08	0,06	0,11	0,06	0,084*		
Средние B, выводы (Контр)	0,082	0,074	0,060*	0,098*	0,062*	Различия средних достоверны на уровне 1 %		

Примечание. 1 – почвы склона: I – несмытая, II, III и IV – слабо, средне- и сильносмытые, V – намытая. 2 – средние по глубине (фактор А) и в качестве Контроля (Контр) взяты из слоя 0–10 см. 3 – средние по смытости (фактор В) и в качестве Контроля (Контр) взята несмытая почва. \* – разница средних превышает НСР<sub>05</sub>.

Почвы склонового агроландшафта характеризовались нейтральной реакцией среды ( $\text{pH}_{\text{вод}} = 6,5\text{--}7,2$ ), что благоприятно для выращивания большинства сельскохозяйственных культур. Основные обменные позиции в ППК заняты преимущественно кальцием (см. табл.), являющимся доминирующим катионом твердой фазы черноземов. Так, доля кальция из общей суммы обменных катионов ( $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Na}^+$ ) в полутораметровом слое почв варьировалась в пределах 85–91 %, магния – 7–13, калия – 1,2–2,3, натрия – 0,3–0,7 %. В целом же обменные катионы выстраиваются в следующий ряд по содержанию в почвах склона:  $\text{Ca}^{2+} > \text{Mg}^{2+} > \text{K}^+ > \text{Na}^+$ .

По содержанию обменного  $\text{Ca}^{2+}$  в полутораметровом слое почв склона выявлены статистически значимые различия средних ( $p<0,01$ ) с увеличением глубины (см. табл.). По содержанию обменных  $\text{Mg}^{2+}$  и  $\text{K}^+$  статистически значимых различий не установлено как с глубиной, так и со степенью смытости почв. По содержанию обменного  $\text{Na}^+$  отмечено снижение в среднесмытой и намытой почвах по сравнению с несмытой, но увеличение в сильносмытой.

В пахотном слое (0–30 см) почв склона содержание обменных  $\text{Ca}^{2+}$  и  $\text{Mg}^{2+}$  варьировало в диапазоне 16,7–19,2 и 1,69–2,02 смоль(экв)/кг, что соответствовало высокой (15,1–20,0 смоль(экв)  $\text{Ca}^{2+}$ /кг) и средней (1,1–2,0 смоль(экв)  $\text{Mg}^{2+}$ /кг) обеспеченности [2]. Содержание калия в пахотном слое составило 13,3–15,4 мг  $\text{K}_2\text{O}/100$  г, что соответствовало низкой обеспеченности с учетом среднесуглинистого гранулометрического состава почв [8].

Сравнение наших результатов по чернозему оподзоленному склонового агроландшафта в Искитимском районе НСО с более ранними исследованиями (2009–2010 гг.) на данной территории показало, что содержание обменных катионов осталось в том же диапазоне значений. Так, в слое 0–30 см среднесмытой почвы содержание  $\text{Ca}^{2+}$  составило 16,9,  $\text{Mg}^{2+}$  – 1,5,  $\text{K}^+$  – 0,4 смоль(экв)/кг [6]. В Тогучинском районе НСО содержание обменных катионов в слое 0–30 см черноземов оподзоленных и выщелоченных тяжелосуглинистых было выше и составило для  $\text{Ca}^{2+}$  20,5 и 16,8 смоль(экв)/кг в верхней и средней частях склона, для  $\text{Mg}^{2+}$  – 4,0 и 2,8, для  $\text{K}^+$  – 0,51 и 0,40 смоль(экв)/кг соответственно [3]. В исследованиях за 1968–2000 гг. [7] содержание обменного  $\text{Ca}^{2+}$  в пахотном слое (0–20 см) черноземов оподзоленных тяжелосуглинистых Предсалаяря было выше и составило в несмытых вариантах в среднем 38,3, в слабо- и среднесмытых – 32,0 и 24,0 смоль(экв)/кг. Сопоставление данных свидетельствует о прогрессирующей деградации и снижении противоэррозионной устойчивости пахотных черноземов сибирского региона. Поэтому необходимо обращать внимание не только на содержание в почвах азота и фосфора, как элементов первого минимума в условиях Сибири, но и обеспеченность выращиваемых культур калием и другими макроэлементами. Стоит также отметить, что внесение небольших доз фосфорных и калийных удобрений на истощенных по фосфору и калию почвах может быть мало или вовсе не эффективным, так как ионы данных элементов будут «заполнять» прежде всего высокоселективные почвенные позиции [4].

Таким образом, несмотря на длительное экстенсивное землепользование и отсутствие комплекса противоэррозионных мероприятий, негативные последствия эрозионных процессов наиболее отчетливо отразились на сильносмытом черноземе оподзоленном. Основные обменные позиции в ППК заняты преиму-

щественно кальцием – от 85 до 91 % из общей суммы катионов ( $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{K}^+$  и  $\text{Na}^+$ ). Сопоставление наших результатов с литературными данными по содержанию обменных катионов в черноземах оподзоленных и выщелоченных за продолжительный период времени свидетельствует о прогрессирующей деградации и снижении противоэррозионной устойчивости почв склонового агроландшафта на юго-востоке Западной Сибири.

### Литература

1. Классификация и диагностика почв СССР / сост.: В. В. Егоров, В. М. Фридланд, Е. Н. Иванова, Н. Н. Розов, В. А. Носин, Т. А. Фриев. М. : Колос, 1977. 224 с.
2. Методические указания по проведению комплексного мониторинга плодородия почв земель сельскохозяйственного назначения. М. : Росинформагротех, 2003. 240 с.
3. Магний в почвах и растениях в условиях склонового агроландшафта на юго-востоке Западной Сибири / Т. В. Нечаева, Н. В. Гопп, О. А. Савенков, Н. В. Смирнова // Почвы и окружающая среда. 2019. Т. 2, № 4. С. e91. <https://doi.org/10.31251/pos.v2i4.91>
4. Нечаева Т. В., Добрянская С. Л. Калийфикссирующая способность и состав обменных катионов постагрогенного чернозема // Плодородие. 2020. № 4 (115). С. 24–28. <https://doi.org/10.25680/S19948603.2020.115.07>
5. Полевой определитель почв России. М. : Почв. ин-т им. В. В. Докучаева, 2008. 182 с.
6. Условия и интенсивность эрозионно-аккумулятивных процессов в лесостепи Предсалаяря / А. А. Танасиенко, А. С. Чумбаев, О. П. Якутина, Г. Ф. Миллер // Почвоведение. 2013. № 11. С. 1397–1408.
7. Хмелев В. А., Танасиенко А. А. Земельные ресурсы Новосибирской области и пути их рационального использования. Новосибирск : Изд-во СО РАН, 2009. 349 с.
8. Якименко В. Н., Нечаева Т. В. Действие и последействие калийных удобрений в Западной Сибири // Питание растений. 2016. № 2. С. 9–13.
9. Якутина О. П., Нечаева Т. В., Смирнова Н. В. Изменение плодородия оподзоленного чернозема в результате водной эрозии на юге Западной Сибири // Плодородие. 2014. № 1(76). С. 21–23.
10. IUSS Working Group WRB. World Reference Base for Soil Resources International soil classification system for naming soils and creating legends for soil maps. World Soil Resources Reports N 106. FAO, Rome, 2014. 181 p.

### CONTENT OF EXCHANGEABLE CATIONS IN SOILS WITHIN EROSION AGROLANDSCAPE IN THE SOUTHERN WEST SIBERIA

T. V. Nechaeva, O. P. Yakutina

Institute of Soil Science and Agrochemistry SB RAS, Novosibirsk, Russian Federation  
[nechaeva@issa-siberia.ru](mailto:nechaeva@issa-siberia.ru)

The aim of the work is to compare the content of exchangeable cations ( $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{K}^+$ , and  $\text{Na}^+$ ) and organic carbon in Luvic Greyzemic Chernozem with different degrees of soil erosion in the southern part of Western Siberia. The study was located on the southern slope, where, according to the slope inclination (from 0 to 9.5°), there were found non-eroded, slightly-, moderately-, strongly and drift soil. Despite the long-term extensive land use and the absence of a complex of anti-erosion measures, the negative consequences of erosion processes were most clearly reflected in the strongly eroded soil. The reserves of humus in the 0–50 cm layer of non-eroded soil accounted 174 t/ha, in the slightly, moderately, strongly and drift soil – 164, 150, 81 and 205 t/ha, correspondingly. The main exchange positions in the soil absorbing complex were occupied mainly by calcium – from 85 to 91 % of the total amount of cations. With increasing depth, the  $\text{Ca}^{2+}$  content decreased. There were no statistically significant differences in the content of  $\text{Mg}^{2+}$  and  $\text{K}^+$  both in depth and in the degree of soil erosion.

## ПАРАМЕТРЫ ПЛОДОРОДИЯ ЗАЛЕЖНЫХ ПОЧВ ЯМАЛЬСКОГО РЕГИОНА

Т. И. Низамутдинов<sup>1</sup>, Е. В. Абакумов<sup>1</sup>, Е. Н. Моргун<sup>2</sup>

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

*timur\_nizam@mail.ru, e\_abakumov@mail.ru*

<sup>2</sup> Научный центр изучения Арктики, Салехард, Россия

*morgun148@gmail.com*

Возросший интерес к многостороннему освоению Арктических регионов влечет за собой необходимость в развитии локального сельского хозяйства в суровых условиях севера. Опыт заполярного земледелия в российской Арктике имеет довольно длительную историю. Начавшееся еще в царский период освоение арктических регионов казаками и пленными переселенцами переросло в концептуальную программу «осеверения» земледелия, которую выдвинул Вавилов в 1931 г. в виде концепции северного земледелия [1]. На территории Ямalo-Ненецкого автономного округа развитие локального сельского хозяйства открытого и закрытого типа шло в высоком темпе вплоть до раз渲а СССР [7]. В кризисные годы, к сожалению, большинство хозяйств пришло в упадок и было заброшено. В настоящее время наблюдается тенденция к восстановлению агропромышленного сектора региона.

В условиях дефицита почвенных ресурсов мелиорация и повторное вовлечение в оборот старопахотных и залежных почв может стать основой для разработки стратегии сельскохозяйственного развития региона и обеспечения его продовольственной безопасности.

Залежные почвы Ямalo-Ненецкого автономного округа представляют особый интерес, поскольку активное ведение сельского хозяйства с последующим его прекращением позволяет оценить степень постагротенной трансформации почв в мерзлотных условиях [7; 8]. В данной работе на примере анализа проб почв, отобранных из нескольких разрезов бывших агроценозов и нетронутых природных почв была оценена степень насыщенности залежных почв элементами питания (фосфором, калием и азотом).

По результатам таксономических исследований было выявлено, что залежные почвы представляют собой преимущественно агродерновые иллювиально-железистые подбуры, в отдельных случаях с признаками оглеения и реже с проявлениями редоксиморфизма. В профилях фоновых почв оглеения выражено гораздо ярче, наблюдаются признаки криотурбации, подстилочный горизонт более мощный, насыщен растительными остатками разной степени разложения. Все почвы подстилаются многолетнемерзлыми породами, для залежных почв глубина залегания достигает 140 см.

Лабораторный анализ содержания элементов питания был выполнен согласно методикам: ГОСТ 26204-91 «Определение подвижных соединений фосфора и калия по методу Чирикова в модификации ЦИНАО», и ГОСТ Р 53219–2008 «Качество почвы. Определение содержания нитратного азота, аммонийно-

го азота и общего азота в воздушно-сухих почвах с помощью хлорида кальция в качестве экстрагирующего вещества» [3; 4].

Содержание элементов питания в пахотном слое (0–30 см) является наиболее важным показателем с точки зрения планирования сельскохозяйственного использования залежных почв [5]. В таблице 1 приведены результаты лабораторного анализа на предмет содержания элементов питания пахотном слое залежных и фоновых почв.

Таблица 1  
Содержание элементов питания в залежных и фоновых почвах ЯНАО

Глубина, см	Район	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , мг/кг	K <sub>2</sub> O, мг/кг	NH <sub>4</sub> -N, мг/кг	NO <sub>3</sub> -N, мг/кг	Район	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , мг/кг	K <sub>2</sub> O, мг/кг	NH <sub>4</sub> -N, мг/кг	NO <sub>3</sub> -N, мг/кг
		Залежные почвы					Фоновые почвы			
0–10	СД	569	140	18	2,84	СА	27	82	55,1	2,06
10–20		579	95	20	2,6		21	37	25,4	2,48
20–30		10	70	9,07	0,54		86	21	26,2	6,18
0–10	ЯТ1	522	284	6,86	16,72	ЯТ3	55	45	16,3	0,3
10–20		935	721	8,02	1,88		75	62	7,02	0,06
20–30		259	865	6,47	0,6		41	78	4,92	0,12
0–10	ЯТ2	53	74	4,42	1,04	Примечание: СД – Приуральский район ЯНАО СА – Ямальский район ЯНАО ЯТ1, ЯТ2 и ЯТ3 – Шурышкарский район ЯНАО				
10–20		106	41	13,9	6,6					
20–30		256	70	16	11,16					

Как можно увидеть из вышеприведенных данных характер обогащенности доступными формами питательных элементов между старопахотными и фоновыми почвами кардинально различается. Залежные почвы в поверхностном слое содержат существенно большее количество доступных форм фосфора и калия. Это явление можно объяснить внесение органических и минеральных удобрений во время сельскохозяйственного использования. Стоит отметить, что некоторые из исследованных почв были заброшены на протяжении более 20 лет, и при этом сохранили высокую обеспеченность фосфором и калием (очень высокая >250 мг/кг) согласно общепринятым градациям по Минееву (2017) [6].

Обеспеченность азотом для поверхностного слоя старопахотных почв ниже, по сравнению с фоновыми. В первую очередь это связано с характером накопления органического вещества в поверхностных слоях почвы. Для фоновых почв накопления органического вещества происходит за счет процессов подстилкообразования, как результата аккумуляции растительного опада. Подстилка, в процессе гумификации обогащает поверхностные горизонты соединениями азота, что хорошо прослеживается в результатах, приведенных в табл. 1. По обеспеченности аммонийным азотом фоновые почвы превосходят залежные. Согласно оценочным шкалам, приведенным Гамзиковым (1981), в фоновых почвах запас аммонийного азота преимущественно оценивается как высокий (>40 мг/кг), в то время как в залежных почвах обеспеченность аммонийным азотом оценивается как низкая (20–10 мг/кг).

Основываясь на проделанной работе можно сделать вывод о том, что почвы в мерзлотных условиях способны сохранять плодородные качества на длительный период времени. Особенности температурного и водного режимов северных почв обеспечивают снижение интенсивности подзолистого процесса, что приводит к аккумуляции элементов питания в поверхностных почвенных горизонтах.

*Работа выполнена при поддержке РFFИ-ЯНАО, грант № 19-416-890002*

### **Литература**

1. Вавилов Н. И. Проблема северного земледелия. Материалы Ленинградской чрезвычайной сессии Академии наук СССР 25–30 ноября 1931 г. Л. : Изд-во АН СССР, 1931. 15 с.
2. Гамзиков Г. П. Азот в земледелии Западной Сибири. 1981.
3. ГОСТ 26204-91. Почвы. Определение подвижных соединений фосфора и калия по методу Чирикова в модификации ЦИНАО. Введ. 01.07.1993. М. : Изд-во стандартов, 1992. 5 с
4. ГОСТ Р 53219-2008. Качество почвы. Определение содержания нитратного азота, аммонийного азота и общего азота в воздушно-сухих почвах с помощью хлорида кальция в качестве экстрагирующего вещества. Издание официальное. М. : Стандартинформ, 2009. 15 с
5. Киришин В. И., Иванов А. Л. Методическое руководство, по агроэкологической оценке, земель, проектированию адаптивно-ландшафтных систем земледелия и агротехнологий. М. : ГРАУ-МСХА, 2005.
6. Агрохимия / В. Г. Минеев [и др.]. М., 2017.
7. Моргун Е. Н., Абакумов Е. В. Исследования в области сельского хозяйства и урожайность сельскохозяйственных культур в ЯНАО: ретроспективный анализ (1932–2019 гг.) // Научный вестник Ямало-Ненецкого автономного округа. 2019. № . 3. С. 4–9.
8. Abakumov E. et al. Abandoned agricultural soils from the central part of the Yamal region of Russia: morphology, diversity, and chemical properties // Open Agriculture. 2020. Vol. 5, N 1. P. 94–106.

### **FERTILE QUALITIES OF ABANDONED SOILS OF YAMAL REGION**

**T. I. Nizamutdinov<sup>1</sup>, E. V. Abakumov<sup>1</sup>, E. N. Morgun<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> St. Petersburg State University, St. Petersburg, Russian Federation  
timur\_nizam@mail.ru, e\_abakumov@mail.ru

<sup>2</sup> Arctic Research Center of the Yamal-Nenets Autonomous District,  
Salekhard, , Russian Federation, morgun148@gmail.com

The investigation of abandoned soils of the Arctic regions is especially relevant in the framework of modern agricultural re-development of the northern territories. The work presents the results of studies on the content of the major nutrients (available forms of phosphorus, potassium and nitrogen) in abandoned agricultural soils and some background soils of Yamal region. On the basis of the work done, we can conclude that soils in permafrost conditions are able to save their fertile qualities, even after a 20-year period of abandonment.

## ФОНОВЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПОЧВ ТЕРРИТОРИИ МИНЕРАЛЬНО-СЫРЬЕВОЙ БАЗЫ В ПРЕДЕЛАХ ТУНДРОВОЙ ЗОНЫ (ПОЛУОСТРОВ ТАЙМЫР)

С. В. Овсянникова<sup>1</sup>, В. П. Середина<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Кузбасский государственный технический университет им. Т. Ф. Горбачева  
Кемерово, Россия, sv\_ovsyannikova@mail.ru

<sup>2</sup>Национальный исследовательский Томский государственный университет  
Томск, Россия, seredina\_v@mail.ru

**Актуальность.** Природные ресурсы крайнего Севера (полуостров Таймыр) являются уникальными образованиями в плане минерально-сырьевой базы. На данной территории разведаны месторождения каменного угля, нефти и газа, свинцово-цинковой руды, золота, графита, молибдена, меди, титана, полиметаллов, сурьмы, бора, ртути, фосфоритов, железа. Кроме того, территория полуострова Таймыр богата уникальными природными комплексами биологических и почвенных ресурсов. В связи с освоением северных территорий при добыче полезных ископаемых неизбежно будет оказываться антропогенное и техногенное влияние на почвенный покров. Так как данный ресурс является медленно восстанавливаемым, он должен подлежать особой охране при разработке и добыче полезных ископаемых. Для контроля над состоянием и сохранением почвенных ресурсов тундры и оценки деградации почвенного покрова при воздействии на него антропогенных и техногенных факторов необходимы исследования почв и выявление их современного исходного состояния [1].

**Цель работы.** Характеристика преобладающих типов тундровых почв в пределах участка мониторинговых исследований (полуостров Таймыр) и оценка фоновых показателей их физико-химического и агрохимического состояния в естественном, не нарушенном состоянии.

**Методы и материалы.** По физико-географическому районированию исследуемая территория относится к провинции Бырранга зоны тундры Средней Сибири. Административно территория исследований расположена в Таймырском Долгано-Ненецком районе Красноярского края. Согласно почвенно-географическому районированию [4], территория проведения мониторинговых изысканий относится к Северо-Сибирской провинции арктоундровых, тундровых глеевых, болотно-тундровых и болотных мерзлотных почв Евроазиатской полярной почвенно-биоклиматической области полярного пояса. В растительном покрове хорошо выражены подзоны тундры. В спектре растительности наибольшее распространение имеют кустарничково-травяно-лишайниково-моховые арктические тундры, разнотравно-иvkовые мохово-лишайниковые тундры [6].

Почвенные исследования проведены в рамках мониторинговых изысканий. На этапе полевых работ выполнено рекогносцировочное обследование территории, почвенная съемка, сопровождающаяся заложением почвенных разрезов, полуям и прикопок по типам природных комплексов. Отбор проб произ-

веден согласно ГОСТ [3], по генетическим горизонтам с учетом неоднородности почвенного покрова и ландшафтно-геохимических условий территории. Все лабораторные испытания образцов (гранулометрический состав, химические, физико-химические и агрохимические анализы) почв выполнены в аккредитованных лабораториях.

**Полученные результаты.** В ходе полевых исследований установлено, что на территории изысканий преобладают тундровые глеевые почвы в комплексе с почвами пятен на территории пятнистой трещинно-полигональной тундры, тундровые глеевые почвы, в том числе на элементах пучинисто-буторковатого нанорельефа, а также комплексы каменистых тундровых слабо оглеенных почв и почв пятен каменисто-пятнистых тундр. Почвы сформированы в условиях сурового полярного климата, с близким залеганием к поверхности многолетнемерзлотных мощных пород, расположенных на территории повсеместно. Основными процессами, в той или иной степени проявляющимися как в особенностях морфологии, так и в формировании химических и физико-химических свойств, являются подстилкообразование, оглеение, криотурбация и криогенное оструктуривание [2; 5]. Наиболее распространен на исследованной территории тундрово-глеевый тип почвообразования, проявляющийся на глинистых и суглинистых породах под сомкнутой растительностью и представленный тундровыми глеевыми почвами (рис. 1).

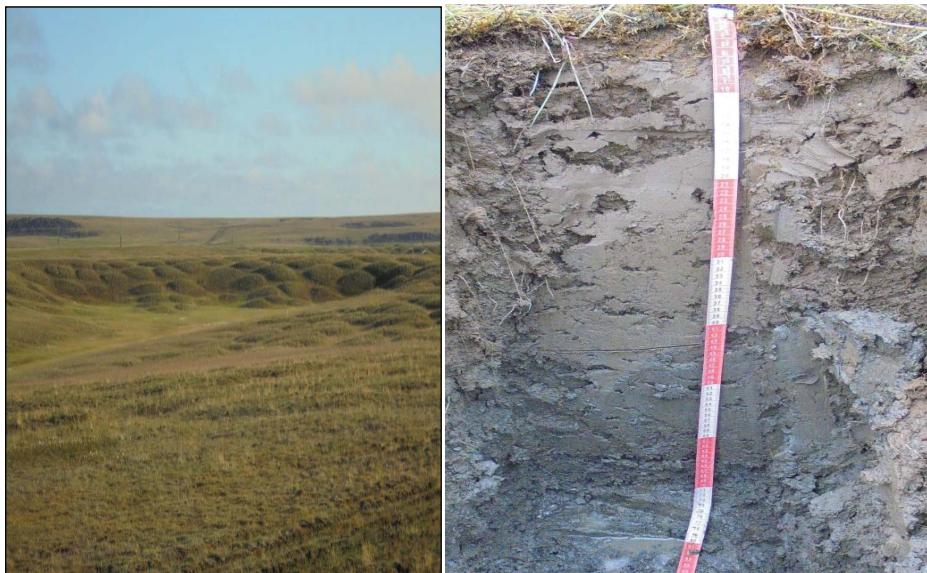


Рис. 1. Пучинисто-буторковатый нанорельеф с тундровыми глеевыми почвами (фото С. В. Овсянниковой)

Наряду с тундровыми глеевыми почвами, широкое распространение получили также комплексы каменистых тундровых слабо оглеенных почв и почв пятен каменисто-пятнистых тундр (рис. 2).



Рис. 2. Каменисто-пятнистая тундра с комплексами каменистых тундровых слабо оглеенных почв и почвами пятен (фото С. В. Овсянниковой)

На склонах увалов и в понижениях рельефа, т. е. на переувлажненных территориях, распространены бугорковато-кочкарные тундры с пушицево-осоковыми растительными ассоциациями, под которыми формируются гидроморфные тундрово-болотные почвы (рис. 3).



Рис. 3. Типичная пучинно-буторковатая тундра с тундрово-болотными почвами (фото С. В. Овсянниковой)

Профиль тундровых глеевых почв состоит из горизонта подстилки (О или ОА), гумусового или перегнойного горизонта (А или ОА/А), оглеенного переходного горизонта Вг и глеевого горизонта Г. По гранулометрическому составу почвы участка мониторинговых исследований относятся, в основном, к легкоглинистым и реже тяжелосуглинистым разновидностям. В гранулометрическом составе почв, за исключением горизонта Г тундровой глеевой почвы, фракция физической глины (47,52–73,23 %) преобладает над фракцией физического песка (26,77–52,48 %). Среди всех фракций гранулометрического состава большую долю составляет фракция средней пыли, что, вероятно, связано с процессом агрегации глинистых частиц и с наличием в илистой фракции смешаннослоистых минералов и монтмориллонита, обусловленных спецификой почвообразования на морских темноцветных суглинках. Для типа тундровых глеевых почв характерна слабая дифференцированность почв по распределению ила. Факторами, которые ограничивают дифференциацию профиля, являются мерзлотный массо-и влагообмен в профиле (перемешивание и постоянное обновление), наличие трудно проницаемых, глеевых тиксотропных горизонтов, затрудненность бокового оттока элементов из-за неравномерного оттаивания мерзлоты на различных элементахnano и – микрорельефа.

Биомасса тундровых растительных сообществ невысока, что обуславливает ежегодное поступление в почву с опадом небольших количеств органического вещества, сосредоточенных на поверхности почвы, в связи с чем содержание гумуса в верхнем горизонте исследованных почв невелико и варьирует в пределах от 1,91 до 2,71 %. Подвижность гумуса приводит к пропитанности профиля тундровых глеевых почв бесцветным органическим веществом. При наличии многолетнего водоупорного горизонта гумусовые соединения механически задерживаются над мерзлотой и накапливаются в над мерзлотном горизонте профиля.

Реакция тундровых почв колеблется от кислой до слабокислой, почти нейтральной. Наиболее кислыми являются тундрово-болотные почвы. Весьма существенное влияние на величину pH почв оказывает характер почвообразующих пород. Так, почвы на морских суглинистых отложениях, являющихся распространенными на территории полуострова Таймыр, имеют слабокислую, почти нейтральную реакцию среды. В непосредственной близости от морских побережий на реакцию почв оказывает влияние принос солей с моря. Емкость катионного обмена в минеральных горизонтах достаточно высокая, что связано с их тяжелым гранулометрическим составом и преобладанием в илистой фракции глинистых минералов (монтмориллонита и смешаннослоистых образований), характеризующихся высокой сорбционной способностью. Величина суммы обменных катионов ( $\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$ ) колеблется в Вг горизонтах в пределах от 24,0 до 37,3 мг-экв/100 г почвы. Гидролитическая кислотность почв, при этом, характеризуется сильным варьированием значений от низких (1,78) до высоких (17,30) мг-экв/100 г, что свидетельствует о различном соотношении в составе почвенного поглощающего комплекса катионов ( $\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$ ), с одной стороны, и обменных катионов  $\text{H}^+$ , другой, что и определяет, следовательно, пределы

значений степени насыщенности почв основаниями (56–95 %). Высокой ненасыщенностью основаниями отличаются тундрово-болотные почвы.

Тундровые глеевые почвы, сформированные под влиянием криогенного почвообразования, характеризуются низким уровнем почвенного плодородия. Содержание общего азота колеблется в пределах от 0,06 до 0,09 %, фосфора валового от 0,09 до 0,17 %, калия от 1,03 до 1,36 %. Обеспеченность тундровых глеевых почв подвижным фосфором варьирует от очень низкой до средней, обменным калием от средней до очень высокой, содержание нитратного азота низкое.

Особенности биологического круговорота (застойный, низкозольный, очень малопродуктивный, азотного типа химизма) и своеобразие почвообразования в тундровой зоне, обусловленные во многом криогенезом, определяют крайне низкое потенциальное и эффективное плодородие почв. В таких условиях перемещение и поступление элементов питания ограничено коротким периодом вегетации, очень замедлено и затруднено. Сельскохозяйственному освоению тундровых почв препятствует их низкая температура, бедность питательными веществами, слабая микробиологическая активность. Полученные данные могут быть использованы как фоновые показатели при проведении мониторинговых исследований экологического состояния почвенного покрова в ходе техногенных воздействий.

### Литература

1. Arctic pollution issues: a state of Arctic environmental report. Oslo, 1997. 171 p.
2. Васильевская В. Д., Иванов В. В., Богатырев Л. Г. Почвы севера Западной Сибири. М. : Изд-во Моск. ун-та, 1986. 211 с.
3. ГОСТ 17.4.3.01-83. Охрана природы. Почвы. Общие требования к отбору проб.
4. Добровольский Г. В., Урусевская И. С. География почв. М. : Изд-во МГУ : КолосС, 2004. 460 с.
5. Igamberdiev V. M. Present-day understanding of terrestrial ecosystems of impact areas of the Russian Arctic // Abstracts of the AMAP international symposium on environmental pollution of the Arctic. Tromse (Norway), 1997. Vol. 1. P. 261.
6. Постепова Е. Б. К флоре сосудистых растений Центрального и Восточного Таймыра. Исследование природы Таймыра. Вып. 3. Красноярск, 2002. 75 с.

## BACKGROUND CHARACTERISTICS OF SOILS OF MINERAL-RAW MATERIAL BASE WITHIN TUNDRA ZONE (TIMYR PENINSULA)

S. V. Ovsyannikova, V. P. Seredina

Kuzbass National Technical University, Kemerovo, Russian Federation

sv\_ovsyannikova@mail.ru

National Research Tomsk State University, Tomsk, Russian Federation

seredina\_y@mail.ru

The article analyzes the monitoring studies of the territory located in the Taimyr Dolgan-Nenets district of the Krasnoyarsk Territory, the Taimyr Peninsula. The main prevailing soil types of the study area are determined. Their physicochemical, agrochemical state is considered. Conclusions are made about the state of the soil cover of the research area, its qualitative characteristics, and the level of fertility; recommendations.

## ОЦЕНКА СТЕПЕНИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ РЕК ВСЕВОЛОЖСКОГО РАЙОНА

И. И. Подлипский, К. В. Осипов

Российский государственный педагогический университет им. А. И. Герцена  
Санкт-Петербург, Россия, rere.osipov@gmail.com

Исток реки Сестра находится в болотах Лемболовской возвышенности и протекает по Всеволожскому району, впадает с севера в Сестрорецкий Разлив. [4;5] Наиболее загрязненными участками реки являются зоны вдоль автомагистралей и населенных пунктов, в 2017 г. были проведены масштабные работы по оценке источников загрязнения реки под контролем ФГБУ Государственно-го гидрологического института. В ходе исследования были выявлены основные объекты, сбрасывающие сточные воды: пос. Черная Речка, Октябрьской железной дороги, КЖБИ (г. Сертолово), а также поступление диффузного загрязнения от многочисленных коттеджных поселков и садоводств. По 15 обязательным показателям вода р. Сестры оценивалась как «грязная» (класс качества 4 «а») [1]. Характерными загрязняющими веществами являлись органические вещества (по ХПК), фенолы, нефтепродукты, железо, медь и марганец. Характерная загрязненность высокого уровня отмечалась по марганцу, среднего – по ХПК и железу[3]. Решение проблемы может стать строительство локальных канализационных сооружений или попытки создать централизованную систему очистки вод, а также организовать контроль над сбросами сточных вод.

Авлога вытекает из системы озёр – южного Сюяярви (Глубокое) и северного – Мадалаярви (Мелкое), расположенных около деревни Хитолово Всеволожского района Ленинградской области. Раньше река являлась место нереста таких рыб как: судак, щука, окунь. В устье Авлоги находится рыболовная база Ржевского полигона. Определенные участки реки закрыты кордонами, по словам очевидцев, река засорена сетями и замусорена. Отмечается характерное загрязнение по марганцу, железу и нефтепродуктам.

Охта течет во Всеволожском районе Ленинградской области и Санкт-Петербурге, верхний участок, до впадения левого притока – реки Оккервиль, также еще называют Большой Охтой [4; 3]. В советский период по берегам реки были расположены производства и какого-либо контроля над сбросами в воду не производилось. Постепенно та часть Охты, что протекает по городской территории, стала зоной сброса бытовых отходов не только для предприятий, но и для местного населения. Во Всеволожском районе ситуация немного лучше, в силу того, что застройка вдоль реки не такая плотная. В 2011 г. Охта была признана наиболее загрязнённым водным объектом в Балтийском гидрографическом районе; вода в реке была классифицирована как «грязная» (4-й класс загрязнения). Основными загрязняющими веществами в реке Охте являются цинк, медь, железо, марганец, нитритный азот, отмечается превышение ПДК по данным элементам в 1,5 раза [2]. В 2020 г. планируется окончание постройки

нового очистительного коллектора на Охте, который, по словам экспертов, позволит решить основные проблемы реки.

Река Черная берет начало на Карельском перешейке во Всеволожском районе Ленинградской области. На реке построено несколько плотин и водохранилищ, так же на протяжении реки находится несколько крупных посёлков[3]. Интенсивным источником загрязнения является склад нефтепродуктов Северного завода, так же отмечается незарегистрированные сбросы сточных вод рядом с населенными пунктами. Вода р. Черной была оценена как «грязная» (класс качества 4 «б»). К характерным загрязняющим веществам относились еще и легкоокисляемые органические вещества (по БПК<sub>5</sub>). [1] Загрязненность высокого уровня отмечалась по марганцу, среднего – по четырем показателям (ХПК, нефтепродукты, железо общее, медь). В донных отложениях так же отмечается превышение ПДК по железу, меди и нефтепродуктам[2]. Водоохранная зона реки замусорена, вследствие чего, сложно проводить оценку нагрузки и поступления загрязняющих веществ[1]. Требуется провести отчистку и создать автоматизированные гидрологические посты.

Вьюн река во Всеволожском и Приозерском районах Ленинградской области. Длина реки – 44 км, площадь водосборного бассейна – 544 км<sup>2</sup>. [3] Берёт своё начало из озера Лемболовское у деревни Васкелово. В реку сбрасываются сточные воды местных производств, из-за которых имеется превышение ПДК донных отложений по железу и марганцу. Вода в реке мутная и грязная, относится к 4 классу качества (грязная).

Волчья– река протекает по Приозерскому и Всеволожскому районам Карельского перешейка Ленинградской области. Волчья является правым притоком реки Вуоксы, общая протяжённость реки Волчьей 50 километров. [3] Одна из самых чистых рек Всеволожского района, что доказывает её популярность у рыболовов и водных туристов. Из видов рыб в реке обитают форель, плотва, сиг, рапушка, нерка, корюшка, синец, красноперка, лещ, сом, судак, окунь. Воды реки классифицируются как умеренно загрязненная (класс качества 2).

Лепсари протекает во Всеволожском районе Ленинградской области. Длина реки составляет 21 км. Река начинается в болотах на Ржевском ариллерийском полигоне, к западу от посёлка Рахья и к северу от посёлка Корнево. [3] Экологи заявляют, что вода отравляется гигантской свалкой в деревне Лепсари Всеволожского района Ленобласти. Ее стоки попадают в Ладожское озеро через реки Морье и Лепсари, а ситуацию уже признают угрожающей не только экологи, но и «Водоканал» Петербурга. Лепсари была стабильно 3-го класса, теперь уже стремится к 4-му классу загрязнения. На реке находится множество источников загрязнения один из примеров – это территория бывшего недостроенного свиноводческого совхоза, а теперь ОАО «Спутник», расположенного рядом с деревней Лепсари во Всеволожском районе. Отток отправленной воды со свалки происходит по мелиоративным каналам «Спутника», в результате чего вода попадает в реки Лепсари и Морье, а затем – в Ладожское озеро.

Морье река во Всеволожском районе Ленинградской области. Площадь бассейна – 478 км [3]. Вытекает из озера Хепоярви, протекает по безлюдной территории Ржевского полигона. Впадает в бухту Морье Ладожского озера у

деревни Морье, в 5 км севернее станции Ладожское озеро. Именно в устье реки Морье отмечают сейчас наивысшую степень загрязненности, причем не только органическими инфекциями, но и растворенными в воде тяжелыми металлами – а их отфильтровать при подаче в систему городского водопровода практически невозможно. Постепенно воды реки приближаются к катастрофическому 5-му классу загрязнения.

### **Литература**

1. Макарова С. В. Экологическое состояние водохранилища Сестрорецкий разлив: прошлое и настоящее // Вода и экология: проблемы и решения. 2018. № 4 (76). С. 61–69.
2. Подлипский И. И. Учет локальных флуктуаций фоновых концентраций поллютантов в эколого-геохимических исследованиях // Инженерные изыскания. 2015. № 5–6. С. 80–88.
3. Научно-методическое и информационное обеспечение проведения работ по созданию автоматизированной информационной системы «Государственный водный реестр». URL: <http://www.acconcept.ru>
4. Портал «Официальный сайт Ленинградской области». URL: <http://lenobl.ru>
5. Доклад об экологической ситуации в Ленинградской области в 2018 году: Администрация Ленинградской области, Комитет по природным ресурсам Ленинградской области, 2019 год
6. Состояние окружающей среды Ленинградской области: Комитет по природным ресурсам Ленинградской области, 2019 год.

## **ASSESSMENT OF THE DEGREE OF POLLUTION OF THE RIVERS OF THE VSEVOLOGA REGION**

**I. I. Podlipsky, K. V. Osipov**

*Russian State Pedagogical University named after A. I. Herzen  
St. Petersburg, Russian Federation, rere.osipov@gmail.com*

The article examines the features of pollution of the rivers of the Vsevolozhsk district of the Leningrad region. The main causes of pollution, sources of emissions and the degree of pollution of water bodies are considered.

## ОКИСЛИТЕЛЬНОЕ УВЕЛИЧЕНИЕ ЁМКОСТИ ПОГЛОЩЕНИЯ ГУМИНОВЫХ КИСЛОТ ПО ОТНОШЕНИЮ К ТЯЖЕЛЫМ МЕТАЛЛАМ

Л. В. Переломов<sup>1</sup>, Ю. М. Атрощенко<sup>1</sup>, Д. Л. Пинский<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Тульский государственный педагогический университет им. Л. Н. Толстого  
Тула, Россия, perelomov@rambler.ru

<sup>2</sup> Институт физико-химических и биологических проблем почвоведения РАН  
Пущино, Россия

Иммобилизация токсичных соединений в почве, их перевод в малоподвижные и неподвижные формы является одним из подходов для выращивания сельскохозяйственной продукции, отвечающей гигиеническим требованиям, на загрязненных территориях. Природные гумусовые вещества и препараты на их основе могут стать эффективными сорбентами тяжелых металлов, обладающими повышенной ёмкостью поглощения, требующейся селективностью и экологичностью.

Реакционная способность гумусовых кислот зависит от содержания ароматических коньюгатов и степени конденсации, а также в значительной степени – от количества различных функциональных групп. Целенаправленная химическая модификация гумусовых кислот может изменить состав и увеличить содержание необходимых структурных фрагментов и тем самым улучшить их сорбционные свойства. К числу возможных способов модификации органических веществ гумуса относится их окисление (окислительная деградация, окисление фенольных групп, окислительная полимеризация и др.).

Наиболее широко используемые методы деградационного окисления гумусовых веществ включают реакции с перманганат-ионом, гипохлоритом, оксидами металлов, нитробензолом, перекисью водорода, перуксусной кислотой и азотной кислотой. Данные методы приводят к значительному разрушению структуры гумусовых кислот с возможностью протекания вторичных реакций, ускоряемых присутствием кислорода. Для более мягкого, неразрушающего окисления в качестве окислителя был предложен персульфат калия [4]. Использование данного реагента для окисления ароматических фенолов носит название реакции Эльбса, а ароматических аминов – реакции Бойланда-Симса [2]. Продукты реакций представляют собой ароматические сульфаты, где сульфогруппа занимает пара положение относительно фенольной группы при окислении по реакции Эльбса и орто положение при окислении по реакции Бойленда-Симса. Эти соединения могут быть гидролизованы в кислоте до двухатомных фенолов или аминофенолов [2]. Перминовой соавторами [5] классическими титриметрическими методами установлено увеличение содержания карбоксильных групп в модифицированных гуминовых кислотах по сравнению с исходными при окислении по реакции Эльбса. При этом наблюдалось снижение содержания фенольных гидроксилов [5].

Нами было проведено сравнительное изучение поглощения ряда тяжелых металлов (ТМ) природными гуминовыми кислотами (ГК) и гуминовыми кислотами, окисленными персульфатом калия. Для экстракции гумусовых веществ использовали низинный торф одного из болот Тульской области. Выделение гуминовых кислот из торфа проводили согласно [3]. Окисление ГК проводили по методу, предложенному для фенолов [7]. Распределение углерода ГК по структурным фрагментам, определяли методом спектроскопии ЯМР 13С. Работы выполнены в Ресурсном центре «Магнитно-резонансные методы исследования» Санкт-Петербургского государственного университета на приборе Bruker Avance 400 WB со стандартным двухканальным датчиком с системой вращения под магическим углом. Для изучения поглощения катионов Pb, Zn, Cu и Ni исходными и окисленными гуминовыми кислотами использовали растворы солей Pb(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>, ZnCl<sub>2</sub>, CuSO<sub>4</sub>, NiSO<sub>4</sub> в среде, содержащей 20мM KNO<sub>3</sub> при pH 5. Поглощение указанных тяжелых металлов исходными гуминовыми кислотами было изучено при их концентрациях в растворе 0,4 мМ/л, 0,8 мМ/л, 2 мМ/л и 4 мМ/л при соотношении ГК:раствор равном 1:125. Поглощение тяжелых металлов окисленными ГК изучали при максимальной концентрации металлов – 4 мМ/л. Количество металлов в равновесном растворе определяли методом атомно-абсорбционной спектрометрии.

Анализ полученных результатов из спектров ЯМР 13С свидетельствует, что наиболее существенными изменениями в структуре ГК в результате их окисления персульфатом является возрастание количества карбоксильных групп, а также значительное увеличение содержания кетонных и хиноидных фрагментов. Содержание атомов С карбоксильных групп в исходном образце составляло 7,38 %, а в модифицированных ГК возросло до 9,39 %. Содержание атомов углерода кетонных и хиноидных групп в модифицированных ГК значительно больше, чем в исходных ГК – 4,67 и 0,2 % соответственно.

Адсорбция четырех изученных тяжелых металлов (Pb, Zn, Cu, Ni) на ГК торфа удовлетворительно описывается уравнением Ленгмюра. Параметры уравнения представлены в таблице.

Таблица  
Параметры уравнения Ленгмюра для адсорбции катионов ТМ природными торфяными гуминовыми кислотами

Катионы	K <sub>L</sub> , л/М	Q <sub>max</sub> , мМ/кг	R	R <sup>2</sup>
Cu	4,51±1,93	286,47±32,67	0,982	0,853
Pb	7,35±2,71	318,2±22,88	0,992	0,984
Zn	0,60±0,33	224,96±58,50	0,981	0,962
Ni	3,20±0,45	136,77±5,36	0,997	0,994

Из представленных данных видно, что значения K<sub>L</sub> уменьшаются в ряду: Pb<sup>2+</sup> > Cu<sup>2+</sup> > Ni<sup>2+</sup> >> Zn<sup>2+</sup>, а значения Q<sub>max</sub> в ряду: Pb<sup>2+</sup> ≥ Cu<sup>2+</sup> > Zn<sup>2+</sup> > Ni<sup>2+</sup>. Следовательно, наибольшей прочностью связи обладают ионы Pb<sup>2+</sup> и Cu<sup>2+</sup>. Катионы Zn<sup>2+</sup> удерживаются природными ГК торфа значительно слабее а, значит, обладают большей подвижностью в свободном состоянии. Наибольше поглотитель-

ной способностью природные ГК торфа также обладают по отношению к катионам Pb и Cu, наименьшей – по отношению к катионам Ni.

Наиболее прочно сорбируются катионы ТМ в плотной части двойного электрического слоя за счет донорно-акцепторных или координационных связей. При этом образуются внутрисферные поверхностные комплексные соединения. Это вид адсорбции называется специфической и обладает высокой избирательностью адсорбента к адсорбирующемуся катиону. Показано, что поглощенные катионы  $Cu^{2+}$  в таком случае образуют с ГК октаэдрические внутрисферные координационные комплексы хелатного типа, тогда как катионы  $Zn^{2+}$  более склонны к взаимодействию такими компонентами почв, как силикаты, карбонаты и (гидро)оксидами Fe и Mn [1]. Возможно также образование тройных комплексов, в которых центральную позицию занимает ион меди, связанный с органическими и минеральными компонентами [6]. Возможно также образование малорастворимых солей тяжелых металлов с ГК. Однако эти процессы изучены слабо и в данной системе маловероятны.

Поглощение четырех тяжелых металлов (Zn, Pb, Cu, Ni) при их концентрации в растворе 4 mM/l (500 мг/кг сорбента) исходными и окисленными гуминовыми кислотами показано на рисунке.

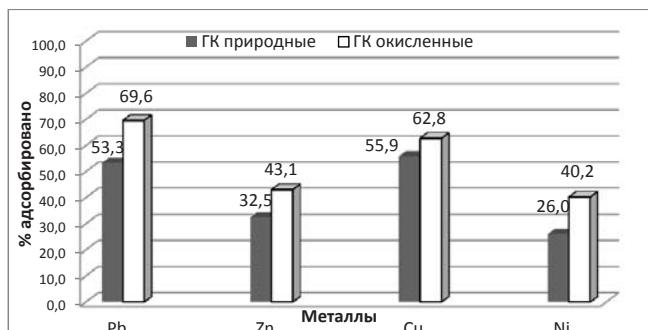


Рис. Поглощение тяжелых металлов природными и окисленными ГК при pH 5 и концентрации элементов в растворе 4 mM/l

Наш эксперимент наглядно демонстрирует, что окисление торфяных ГК персульфатом калия ведет к увеличению поглощения ими всех изученных металлов. Это увеличение для различных металлов выражено в разной степени. Так, поглощение свинца увеличивается на 16,3 %, никеля – на 14,2 %, цинка – на 10,6 %, меди – на 6,9 %. Таким образом, окисление ГК черноольхового низинного торфа персульфатом калия приводит к росту поглощения ими тяжелых металлов, что возможно обусловлено ростом содержания в структуре ГК карбоксильных групп (с 7,38 до 9,39 %) и кетонных и хиноидных групп (с 0,2 до 4,67 %).

На основании результатов выполненной работы можно сделать вывод о том, что гуминовые кислоты низинного торфа являются эффективными адсорбентами тяжелых металлов. Окисление природных гуминовых кислот персуль-

фатом калия приводит к возрастанию количества карбоксильных групп, а также значительному увеличение содержания кетонных и хиноидных фрагментов. Окисленные гуминовые кислоты поглощают большее количество тяжелых металлов по сравнению с исходными природными веществами. Данная химическая модификация гуминовых кислот может быть использована для получения препаратов, обладающих повышенной ёмкостью поглощения по отношению тяжелым металлам, с целью иммобилизации этих поллютантов в загрязненных почвах и грунтах.

### Литература

1. Новые подходы в изучении соединений тяжелых металлов в почвах с применением рентгеноспектрального анализа и экстракционного фракционирования / Т. М. Минкина, А. В. Солдатов, Д. Г. Невидомская, Г. В. Мотузова, Ю. С. Подковырина, С. С. Манджиева // Геохимия. 2016. № 2. С. 212–219.
2. Behrman E. J. The Elbs and Boyland-Sims peroxydisulfate oxidations // Beilstein Journal of Organic Chemistry. 2006. Vol. 2, N 46. P. 22.
3. Lowe L. E. Studies on the nature of sulphur in peat humic acids from the Fraser river delta, British Columbia // Sci. Total Environ. 1992. Vol. 113. P. 133–145.
4. Martín F., Sáiz-Jiménez C. and González-Vila F. J. The persulfate oxidation of a soil humic acid // Soil Science. 1982. Vol. 132, N 3. P. 200–203.
5. Design of Quinonoid-Enriched Humic Materials with Enhanced Redox Properties / I. V. Perminova, A. N. Kovalenko, Ph. Schmitt-Kopplin, K. Hatfield, N. Hertkorn, E. Y. Belyaeva, V. S. Petrosyan // Environ. Sci. Technol. 2005. Vol. 39, N 21. P. 8518–8524.
6. Copper adsorption by chernozem soils and parent rocks in Southern Russia / D. L. Pinskii, T. M. Minkina, T. V. Bauer, D. G. Nevidomskaya, S. S. Mandzhieva, M. V. Burachevskaya // Geochemistry International. 2018. Vol. 56, N 3. P. 266–275.
7. Sethna S. M. The Elbs persulfate oxidation // Chem. Rev. 1951. Vol. 49, N 1. P. 91–101.

### OXIDATIVE INCREASING OF THE ADSORPTION CAPACITY OF HUMIC ACIDS WITH RESPECT TO HEAVY METALS

L. V. Perelomov<sup>1</sup>, Y. M. Atroschenko<sup>1</sup>, D. L. Pinsky<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Tula Lev Tolstoy State Pedagogical University, Tula, Russian Federation  
perelomov@rambler.ru

<sup>2</sup>Institute of Physico-Chemical and Biological Problems of Soil Science RAS  
Pushchino, Russian Federation

The absorption of Pb, Zn, Cu, and Ni by natural and oxidized by potassium persulfate humic acids isolated from peat has been studied. The adsorption of the studied heavy metals is satisfactorily described by the Langmuir equation with maximum adsorption values of 318.2 mmol/kg, 286.5 mmol/kg, 225.0 mmol/kg and 136.8 mmol/kg for lead, copper, zinc and nickel, respectively. Oxidation of natural humic acids with potassium persulfate leads to an increase in the number of carboxyl groups, as well as an increase in the content of ketone and quinoid fragments in their composition. Oxidized humic acids absorb a haiger amount of heavy metals compared to the natural organic substances.

## ОЦЕНКА ПЛОДОРОДИЯ ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ СВЯЗНОСУПЕСЧАННОЙ ПОЧВЫ ПРИ ПРИМЕНЕНИИ КУРИНОГО ПОМЁТА

Т. Ф. Персикова, М. В. Царёва

Белорусская государственная сельскохозяйственная академия  
Горки, Республика Беларусь, persikova52@rambler.ru

В сельскохозяйственном производстве Республики Беларусь птицеводческая отрасль является одной из важнейших. В структуре производства мяса в республике свыше 36 % приходится на мясо птицы; из них 93 % составляет производство мяса бройлеров[1]. Наращивание мощностей в птицеводстве и увеличение объемов производства неизбежно влекут за собой и увеличение объемов образования многотоннажных производственных отходов, в частности птичьего помета [2]. Птичий помет является ценным органическим удобрением с высоким содержанием основных элементов питания (азота, фосфора и калия) и микроэлементов, причем питательные вещества находятся в легкодоступных для питания растений соединениях. По содержанию питательных веществ он превосходит любое органическое удобрение, а по доступности – не уступает минеральным удобрениям. Ценность 1 т бройлерного помета приравнивается к 180 кг полного минерального удобрения [3].

Исследования по оценке плодородия дерново-подзолистой связносупесчанной почвы при использовании куриного помета проводились в 2016–2018 гг. в ОАО «Витебская бройлерная птицефабрика» и на кафедре почвоведения УО БГСХА. ОАО «Витебская бройлерная птицефабрика» одно из крупнейших в Республике Беларусь предприятие по производству мяса птицы на промышленной основе. Выход птичьего помета в год составляет более 120000 т.

Почва опытного участка дерново-подзолистая, среднеокультуренная, связно-супесчная развивающаяся на водно-ледниковых супесях, подстилаемых с глубины 0,4 м моренным суглинком. Перед посевом и уборкой культур (овесная пшеница, яровой рапс) ежегодно в годы исследований были отобраны почвенные образцы для определения агрохимических показателей. Агрохимические показатели почвы определяли по общепринятым методикам: содержания гумуса по методу Тюрина, подвижные формы фосфора и калия по методу Кирсанова, микроэлементы по методикам: ГОСТ 26207-91, ГОСТ 26487-85, ГОСТ 26490-85, ГОСТ 26483-85, ГОСТ 26107-84

Схема опыта с озимой пшеницей:

1. Контроль б/у; 2. 40т/га куриный помёт на соломенной подстилке

Ежегодно перед закладкой опытов проводили химический анализ куриного помета по общепринятым методикам. Анализ трехлетних исследований показал, что содержание общего азота колебалось в подстилочном курином помете от 6,2 (2016 г.) до 18,6 (2017 г.); Р<sub>2</sub>O<sub>5</sub> от 7 (2016 г.) до 14,3; K<sub>2</sub>O от 5,8 (2016 г.) до 19,6 (2017 г.); CaO от 5,79 (2016 г.) до 10,7 (2018 г.); MgO от 5,2

(2016 г.) до 12,60 (2017 г.) кг/т; Zn от 129,4 (2016 г.) до 569,4 (2017 г.); Cu от 43,3 (2016 г.) до 99,1 (2017 г.); Mn от 109,7 (2018 г.) до 434,6 (2017 г.); Pb от 4,2 (2016 г.) до 19,7 (2017 г.); Cd от 0,0 (2016 г.) до 0,14 (2017 г.).

Эти данные говорят о том, что химический состав подстилочного куриного помета изменялся в годы исследований и зависел от состава, количества и качества корма, вида и возраста птицы и содержание элементов питания колебалось от низкого до высокого, отмечается избыточное содержание меди, цинка, содержание свинца от фонового до повышенного.

Перед закладкой опытов в годы исследований с озимой пшеницей в почве было повышенное и высокое содержание фосфора (186–311 мг/кг), среднее и повышенное содержание калия (144–223 мг/кг), низкое содержание меди (0,54–1,28 мг/кг) низкое и среднее содержание цинка (2,39–4,66 мг/кг), высокого содержание марганца (171–197 мг/кг), фоновое содержание Pb (3,22–5,00 мг/кг), от фонового до повышенного содержание Cd (0,022–0,170 мг/кг).

Применение 40 т/га куриного помёта под озимую пшеницу на дерново-подзолистой средне-окультуренной, связно-супесчаной почве оказало влияние на её плодородие. Согласно расчётом [4] установлено, что среднее содержание подвижного фосфора в почве остаётся высоким (261 мг/кг) с широким диапазоном его абсолютных значений (186–320 мг/кг). Индикатором однородности выборки наблюдений является коэффициенте вариации, который составил 22,71 %, что подтверждает однородность выборки наблюдений. Отмечается среднее содержание подвижного калия (182 мг/кг) и цинка (3,96 мг/кг), низкое содержание подвижной меди (1,34 мг/кг), высокое содержание подвижного марганца (209 мг/кг), фоновое содержание свинца (3,71 мг/кг) и кадмия (0,07 мг/кг). Каждый из элементов питания имеет широкий диапазон абсолютных значений при коэффициенте вариации, характеризующем абсолютно однородную выборку наблюдений как у марганца – 16,55 % и большой колеблемости выборки у кадмия – 95,81 % (табл. 1).

Таблица 1  
Агрохимические характеристика дерново-подзолистой средне-окультуренной, связносупесчаной почвы при внесении куриного помёта под озимую пшеницу

	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	Cu	Zn	Mn	Pb	Cd
M+m	261+–59,2	182+–50,1,	1,34+–0,50	3,96+–1,61	209+–34,6	3,71+–1,16	0,07+–0,06
Lim	186–320	123–256	0,54–1,90	2,39–6,73	171–265	2,17–5,19	0,02–0,17
V %	22,71	27,62	37,07	40,68	16,55	31,14	95,81

С целью выравнивания плодородия дерново-подзолистой среднеокультуренной, связносупесчаной почвы после озимой пшеницы были заложены опыты с яровым рапсом (на семена). Схема опыта предусматривала контрольный вариант и в основное внесение минеральные удобрения N<sub>80</sub>P<sub>70</sub>K<sub>120</sub>, а также азот N<sub>70</sub> в подкормку. Во все годы исследований перед посевом ярового рапса отмечалось высокое содержание подвижного фосфора (266–391 мг/кг) и калия (346–412 мг/кг), среднее и высокое содержание меди (1,57–3,15 мг/кг), среднее и избыточное содержание цинка (4,23–17,5 мг/кг), высокое и избыточное содержание

ние марганца (257–423 мг/кг), фоновое и повышенное содержание свинца и кадмия.

Перед уборкой рапса в дерново-подзолистой средне-окультуренной, связно-супесчаной почве отмечается снижение макро- и микроэлементов: содержание подвижного фосфора на 49,7 мг/кг почвы в 2016 г., 6,7 мг/кг в 2017 г., и на 19,4 мг/кг. в 2018 г.; содержание калия на 169 мг/кг в 2016 г., 94 мг/кг в 2017 г., 187,5 мг/кг в 2018 г., содержание подвижной меди на 0,92 мг/кг в 2016 г., 0,33 мг/кг в 2017 г. и на 0,16 мг/кг в 2018 г., содержание подвижного цинка на 7,26 мг/кг в 2016 г., на 1,53 мг/кг в 2017 г. и на 1,30 мг/кг в 2018 г., содержание подвижного марганца на 52,68 мг/кг в 2016 г., на 44,6 мг/кг. в 2017 г., и на 135,46 мг/кг в 2018 г., содержание свинца на 0,93 мг/кг в 2016 г., на 0,90 мг/кг в 2017 г. и на 1,74 мг/кг в 2018 г., содержание кадмия уменьшилось на 0,034 мг/кг в 2016 г. на 0,061 мг/кг. 2017 г. и на 0,092 мг/кг в 2018 г. (табл. 2).

Таблица 2  
Агрохимические показатели дерново-подзолистой средне-окультуренной, связно-супесчаной почвы перед посевом и уборкой ярового рапса

	ПДК мг/кг	Перед посевом			Перед уборкой		
		2016	2017	2018	2016	2017	2018
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>		391,0	266,0	299,0	341,30	259,30	279,60
K <sub>2</sub> O		346,0	412,0	359,0	177,00	317,90	171,50
Cu	3,0	3,15	1,57	1,60	2,23	1,240	1,44
Zn	23,0	17,5	4,72	4,23	10,24	3,19	2,93
Mn	80,0	298,0	257,0	423	245,32	212,40	287,54
Pb	6,0	5,70	3,18	6,30	4,77	2,28	4,56
Cd	0,50	0,164	0,178	0,193	0,130	0,117-	0,101

Расчёты показали, что после уборки ярового рапса содержание подвижного фосфора в почве остаётся высоким (306 мг/кг), повышенное содержание подвижного калия (297 мг/кг), среднее содержание меди (1,87 мг/кг) высокое (287 мг/кг) содержание марганца, фоновое свинца и кадмия, высокое содержанием цинка (7,14 мг/кг), причём для его характерен очень широкий диапазон абсолютных значений (2,93–17,51 мг/кг) при коэффициенте вариации 80,41 % (табл. 3). Следует предположить, что большая колеблемость выборки свидетельствует о техногенном загрязнении цинком почвы, т. е. в данном случае при внесении куриного помёта под предшествующую культуру.

Таблица 3  
Агрохимическая характеристика дерново-подзолистой средне-окультуренной, связно-супесчаной почвы при возделывании ярового рапса

	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	Cu	Zn	Mn	Pb	Cd
M+-m	306+-51	297+-100	1,87+-0,71	7,14+-5,74	287,21+-73,24	4,47+-1,51	0,15+-0,04
Lim	259–391	172–412	1,24–3,15	2,93–17,51	212–423	2,28–6,30	0,10–0,19
V %	16,66	33,66	37,88	80,41	28,58	33,85	24,82

Таким образом, трехлетние исследования показали, что яровой рапс при минеральной системе удобрения хорошо очищает почву, так как в почве с высоким и избыточным содержанием макро- и микроэлементов перед посевом к уборке культуры значительно снижается их содержание в почве. Хотя, судя по агрохимическим показателям остается ещё высоким содержанием подвижного фосфора и цинка, но содержание их не превышает ПДК [5]. Содержание марганца высокое (287 мг/кг) и значительно выше ПДК (80 мг/кг).

### Литература

- Головатый С. Е., Барановский В. С., Савченко С. В. Эколого-геохимическая оценка земель в зоне воздействия птицеводческих комплексов // Экологический вестник. 2015. № 4(34). С. 90–95
- Использование птичьего помета в земледелии : науч.-метод. рук. / под общ. ред. В. И. Фисина, В. Г. Сычева. М. : НИПКЦ Восход-А, 2013. 272 с.
- Лысенко В. П. Птичий помет – отход или побочная продукция // Птицеводство. 2015. № 6. С. 55.
- Базака Л. Н. Статистическая обработка данных в среде пакетов Statistica, EViews и MS Excel: методические указания по выполнению лабораторных работ / Л. Н. Базака, А. И. Разинков. Минск : ПолесГУ, 2015. 138 с.
- Перечень предельно допустимых концентраций (ПДК) и ориентировочно допустимых концентраций (ОДК) химических веществ в почве. ГН 2.1.7.12-1-2004 (ГН 2.1.7.12-1-2004). Постановление Главного государственного санитарного врача Республики Беларусь № 28 от 25.02.2004.

### THE FINAL FERTILITY DERNOV-PODOLSATION CORYCONSALS OF THE WORLD WHEN THE APPLICATION OF THE CURIC POMENS OF

T. F. Peaches, M. V. Tsareva

*Belarusian State Agricultural Academy, persikova52@rambler.ru*

When applying 40 t/ha of chicken litter under winter wheat on the turf-sub-salt medium-cultural, The soil before it is harvested in the soil remains high in the content of mobile phosphorus (261 mg/kg), the average content of movable potassium (182 mg/kg), and zinc (3.96 mg/kg), low movable copper content (1.34 mg/kg), high movable manganese (209 mg/kg), background lead (3.71 mg/kg) and cadmium (0.07 mg/kg).

Spring rape, after winter wheat, with a mineral system of fertilizer well cleans the soil; the content of mobile phosphorus is reduced by 6.7 and 49.7mg/kg, potassium content by 94 and 187.5 mg/kg., the content of mobile copper. 0.16 and 0.92 mg/kg, 1.30 and 7.26 mg/kg movable manganese content at 44.6 and 135.46 mg/kg, lead content at 0.90 and 1.74mg/kg, cadmium content at 0.034 and 0.092 mg/kg. It remains high in mobile phosphorus and zinc but their content does not exceed MAC. Manganese content is high (287 mg/kg) and significantly higher than MAC (80 mg/kg).

**ИСТОРИЯ ФОРМИРОВАНИЯ КОЛЛЕКЦИИ ПОЧВ  
ДАЛЬНЕВОСТОЧНОГО РЕГИОНА  
В ЦЕНТРАЛЬНОМ МУЗЕЕ ПОЧВОВЕДЕНИЯ  
ИМ. В. В. ДОКУЧАЕВА**

**Е. А. Русакова**

*Центральный музей почвоведения им. В. В. Докучаева –  
филиал ФИЦ «Почвенный институт им. В. В. Докучаева»  
Санкт-Петербург, Россия, el.rus@mail.ru*

Центральный музей почвоведения им. В. В. Докучаева (ЦМП им. В. В. Докучаева) был официально открыт 19 ноября (по новому стилю) 1904 г., при открытии он назывался Педологическим музеем Императорского вольного экономического общества. Идея создания Музея, его задачи и программа были выдвинуты выдающимся естествоиспытателем, основателем генетического почвоведения В. В. Докучаевым. В задачи Музея входило: сосредоточие всех материалов почвенных исследований в России, популяризация знаний о почвах, сбор почвенных образцов и сведений о почвах.

Вот уже более 115 лет Музей собирает и хранит богатейшую коллекцию почв различных природных зон, для того, чтобы документировать знания о почве как самостоятельном природном теле и важнейшем компоненте природных ресурсов. Кроме хранения и сбора природных артефактов перед Музеем стоит ряд задач, таких как: сохранение мемориального наследия; иллюстрация достижений науки о природной среде; поляризация почвоведения. Сегодня основу коллекции составляют почвы, отобранные в результате проведения многолетних почвенных и комплексных экспедиций, привезенные из полевых экскурсий, проходящих в рамках различных почвенных Съездов и Конгрессов, а также подаренные коллегами из научных учреждений России и других стран. Кроме естественнонаучного интереса, связанного с почвой, сведения о всевозможных экспедициях, в которых принимали участие почвоведы, имеют и исторический интерес. Они позволяют проследить этапы изучения территории и освоения природных ресурсов страны.

Коллекция почв в Музее представлена в виде почвенных монолитов. В современном Музее почвенные монолиты представлены в двух видах: пленочные и объемные. Объемный почвенный монолит представляет собой единый образец почвы с ненарушенным строением, в своем большинстве стандартного размера 1000×20×10 см (для криогенных зон монолиты имеют размер 50x20x5 см, монолиты начала XX в. имеют произвольный размер). Для удобства демонстрации, объемные почвенные монолиты по уникальной технологии, разработанной в ЦМП им. В. В. Докучаева, передельвают в пленочные. В результате этого процесса из одного объемного монолита получается два аналогичных пленочных, как правило, закрепленных и имеющих толщину 1–5 см. Пленоч-

ные закрепленные монолиты предназначены для экспонирования и в научном отношении не представляют собой особую ценность.

В Азиатской России систематическое изучение почв началось в 1908 г. по инициативе Переселенческого управления и частью Отдела земельных улучшений. До начала экспедиций Переселенческого управления эти обширные территории представляли собой практически не изученные в почвенном отношении области. Первые результаты исследований почв Азиатской России доводились до общественности не только в периодических изданиях. Из материалов, привезенных Переселенческими экспедициями в 1912 г., было создано Азиатское отделение Докучаевского музея [1; 2]. В настоящее время в фондах Центрального музея почвоведения им. В. В. Докучаева сохранилось 27 почвенных монолитов (11 объемных и 16 пленочных), привезенные участниками Переселенческих экспедиций с Дальнего Востока. Эти монолиты, как наиболее старые экспонаты, отобранные классиками почвоведения, являются особо ценными в собрании монолитов Музея.

Коллекция почв Дальнего Востока представлена в Музее типичными почвы со всех субъектов федерации Дальневосточного федерального округа – это: Амурская область; Чукотский автономный округ; Республика Саха (Якутия); Камчатский край; Магаданская область; Хабаровский край; Приморский край; Еврейская автономная область; Сахалинская область.

Значительная часть монолитов отобрана известными учеными из труднодоступных и удаленных мест – А. А. Красюком, Г. Н. Огневым, В. В. Пономаревой, В. Г. Зольниковым в начале и середине XX в. В ходе научной работы удалось уточнить обстоятельства отбора монолитов, выяснить в результате каких экспедиций проводились исследования, направленные на решение научных и хозяйственных задач страны. Кроме целинных естественных почв, имеющих наибольшую ценность, в качестве природных памятников, коллекция дальневосточных почв содержит серии монолитов, показывающих разную степень изменения почв в результате деятельности человека.

Несмотря на слабую изученность почв региона, по сравнению с Европейской частью России; удаленность и труднодоступность территории; сложность отбора и транспортировки монолитов, к 2000 г. большая часть почвенного разнообразия территории Дальневосточного региона была представлена в коллекции Центрального музея почвоведения им. В. В. Докучаева. В Музее хранится 186 монолитов почв с Дальнего Востока, из них 76 объемных. Формирование коллекции началось с монолитов, привезенных из экспедиций Переселенческого управления в 1908–1911 гг., и продолжается до наших дней (табл.). В 2018 г. сотрудники Музея привезли монолиты с п-ва Камчатка, в 2019 г. пополнили коллекцию амурских почв монолитами Зейского государственного природного заповедника.

Таблица

## Сведения о коллекции монолитов Дальневосточного региона ЦМП им. В. В. Докучаева

Субъект Федерации	Год	Автор	Экспедиция. Район исследования	Кол-во монолитов
Амурская область	1908	Н. И. Прохоров	Амурская экспедиция. Территории междуречья Тэну и Деп	16
	1909	Н. И. Прохоров	Амурская экспедиция. Водораздел Деп-Верхняя Зея, станция Бомнак	4
	1911	Н. И. Прохоров	Токская экспедиция. Верховья р. Зеи плоскогорно-водораздельная часть Яблонового хребта	6
	1985	В. С. Столбовой	Экспедиция Почвенного института им. В. В. Докучаева по изучению земельных ресурсов БАМА. Юг Зейского района	2
	2019	Е. Ю. Сухачева, Б. Ф. Апарин, Е. А. Шевчук	Экспедиции ЦМП им. В. В. Докучаева. Зейский государственный природный заповедник	7
Приморский край	1926	Н. И. Прохоров, Е. П. Таланова, В. Сытанац	Экспедиция отдела переселения НКЗ. Малый Хинган и Ханкайская долина	5
	1947–1948	О. В. Бутузова	Комплексная экспедиция СОПС АН СССР. Ханкайская равнина, район Владивостока	10
	1972	Г. И. Иванов	Ханкайская равнина	9
Хабаровский край	1989	В. Б. Петрова, Н. Е. Орловой, М. Б. Лабутова	По заказу Городского краеведческого музея Комсомольска-на-Амуре. Экспедиция ЦМП им. В. В. Докучаева. Приамурье	5
Еврейская А. О.	1993	Б. Б. Каррыев	По заказу Областного краеведческого музея Еврейской автономной области. Экспедиция ЦМП им. В. В. Докучаева	10
Сахалинская область	1926–1927	А. А. Красюк	Сахалинская переселенческая экспедиция НКЗ. Бассейн р. Поронай, среднее и верхнее течение р. Тымь, р. Ныш	7
	1952- 1969	В. В. Пономарева	Экспедиция ЦМП им. В. В. Докучаева.	2
	?	Б. Ф. Пшеничников	Дар ДВГУ	1
Республика Саха. Якутия	1925–1926	А. А. Красюк, Г. Н. Огнев, С. И. Попов	Якутская комплексная экспедиция АН СССР. Лено-Амгинское междуречье	11
	1960	Е. М. Наумов	Дар Почвенного института и. В. В. Докучаева. Северная Якутия	5
	1969	В. Г. Зольников	Экспедиции ЦМП им. В. В. Докучаева. Юго-восточная часть Лено-Вилойского плато	23

Окончание табл.

Субъект Федерации	Год	Автор	Экспедиция. Район исследования	Кол-во монолитов
Чукотский А. О.	1937–1939	?	Чукотская комплексная экспедиции НКЗ. Район Чаунской губы	1
	1971	Е. М. Наумов	Дар Почвенного института и. В. В. Докучаева.	9
	1980–1982	Г. М. Быстрыков	Полярной экспедиции Ботанического института им. В. Л. Комарова АН СССР. Бассейн р. Палляваам и р. Пинейвеем,	24
	1984	Г. М. Быстрыков	Полярной экспедиции Ботанического института им. В. Л. Комарова АН СССР. о. Врангель	15
Камчатский край	1989	В. Б. Петров, Н. Е. Орлова, Е. Г. Богданов, Г. М. Быстрыков, М. Б. Лабутов	Экспедиции ЦМП им. В. В. Докучаева. Центральная часть п-ва Камчатка	9
	2018	Е. Ю. Сухачева, Б. Ф. Апарин	Экспедиции ЦМП им. В. В. Докучаева. Восточная часть п-ва Камчатка	5
Магаданский край	1989	В. Б. Петров, Н. Е. Орлова, Е. Г. Богданов, Г. М. Быстрыков, М. Б. Лабутов	Экспедиции ЦМП им. В. В. Докучаева. Юг Магаданской области	9

**THE HISTORY OF THE FORMATION OF THE COLLECTION OF SOILS  
OF THE FAR EASTERN REGION IN THE CENTRAL SOIL MUSEUM  
BY V. V. DOKUCHAEV**

**E. A. Rusakova**

*Central Soil Museum by V. V. Dokuchaev – Branch of the Federal Research Centre  
“V. V. Dokuchaev Soil Science Institute”, Saint Petersburg, Russian Federation  
el.rus@mail.ru*

The article contains information about the formation of a collection of soil monoliths of the Far Eastern region in the collection of the Central Soil Museum by V. V. Dokuchaev. It contains data on authors and sources of soil samples for the period almost 115 years.

## БИОЛОГИЧЕСКАЯ ПРОДУКТИВНОСТЬ АГРОПОЧВ ТУВЫ

А. Д. Самбуу<sup>1</sup>, М. К. Наажык<sup>2</sup>, В. А. Новожаков<sup>2</sup>, С. С. Дундуп-оол<sup>2</sup>,  
А. В. Иондан<sup>2</sup>, Ш. М. Ондар<sup>2</sup>, С. Ю. Сарлык-Деге<sup>2</sup>, Х. О. Сат<sup>2</sup>

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

Кызыл, Россия, sambuu@mail.ru

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

Общая площадь Республики Тыва составляет 168,6 тыс. км<sup>2</sup>. Как и в других районах гор Южной Сибири, на территории Тувы почвенно-растительный покров подчиняется закономерностям высотной поясности с хорошо выраженным высокогорным, горнолесным и степным поясами [1].

Тува относится к старым сельскохозяйственным районам, поскольку еще в глубокой древности (с III в. до н. э.) ее территорию населяли скотоводческие племена, концентрирующиеся преимущественно в межгорных степных котловинах, наиболее благоприятных для развития, как скотоводства, так и земледелия [2]. На протяжении тысячелетий хозяйственное воздействие на растительный покров постепенно возрастало по двум основным направлениям: уничтожение коренной растительности путем изменения травостоя под воздействием выпаса и распашки. Интенсивность использования растительности в настоящее время несколько раз выше, чем в начальный период освоения территории.

Общая площадь земель сельскохозяйственного назначения в республике составляет 3363,9 тыс. га, или 19,9 % от общей площади республики. Площадь сельскохозяйственных угодий составляет 2653,6 тыс. га, или 78,9 % от общей площади земель данной категории, из них пашни 135,5 тыс. га. С 1980 по 2020 г. доля используемых под агроценозы земель уменьшается до 30 %.

Агроценозы характеризуются двумя величинами запасов растительного вещества: до уборки и после уборки урожая. Запасы углерода растительного вещества ( $C_{РВ}$ ) зерновых агроценозов в значительной степени зависят от того, остается ли солома на поле или вывозится. Если до уборки урожая пшеницы в степной зоне при удобрении запас углерода составляет 495 г/м<sup>2</sup>, то после отчуждения основной и побочной продукции он снижается до 334 г/м<sup>2</sup>. Основная его часть – около 60–70 % сосредоточена в растительных остатках прошлых лет (в мортмассе). При урожаях пшеницы 9–22 ц/га количество растительного органического вещества (РОВ) до уборки урожая составляет 270–500 г/м<sup>2</sup>, ячменя (при урожае 8–30 ц/га) – 240–600 г/м<sup>2</sup>, овса (при урожае 13–25 ц/га) – 260–550 г/м<sup>2</sup>. Запасы  $C_{РВ}$  в агроценозах пшеницы и овса при похожей урожайности близки, максимальны запасы  $C_{РВ}$  в полях ячменя при удобрении. Вынос зерна приводит к снижению  $C_{РОВ}$ . При выносе основной продукции в агроценозах ячменя и овса остается 210–470 г/м<sup>2</sup>  $C_{РВ}$ ; величина  $C_{РВ}$  ниже в пшеничных агроценозах – при удобрении она не превышает 400 г/м<sup>2</sup>. При отчуждении зерна и соломы количество  $C_{РВ}$  максимально на полях пшеницы – 220–310 г/м<sup>2</sup>. Удобрения повышают урожай пшеницы в среднем по Туве на 25–30 % [3]. Запас углерода в пожнивных и корневых остатках под влиянием удобрений увеличивается

на 5–8 %. Среднестатистические урожаи зерновых культур по всей территории республики составляют 7–8 т/га, поступление растительных остатков в почву низкие – до 180 г С/м<sup>2</sup>, а при вывозе соломы с полей до 75 г С/м<sup>2</sup> в год. Таким образом, запас растительного вещества в зерновых агроценозах с учетом морт-массы прошлых лет после уборки основного урожая составляет в среднем 750 г С/м<sup>2</sup>, а ежегодное поступление С<sub>PB</sub> в почву лежит в пределах 110–180 г/м<sup>2</sup> в год. Если же с поля вывозится не только зерно, но и солома, то поступление С<sub>PB</sub> в почву снижается до 50–70 г/м<sup>2</sup> в год. Замещение травяных экосистем агроценозами приводит к падению фонда С<sub>PB</sub> в два раза.

Пул гумуса в пахотном слое почвы составляет 0–20 см 20–35 т/га, концентрация С<sub>PB</sub> в слое почвы 0–20 см на каштановых супесчаных почвах составляет 388 мг/100 г, светло-каштановых супесчаных – 142 мг/100 г.

Почвы Тувы, по сравнению с почвами других регионов имеют пониженное содержание и запасы гумуса, малую мощность гумусового горизонта, где основная часть запасов гумуса концентрируется в каштановых почвах (64 % запасов в почвах пашни). Основной пул углерода в агроценозах сосредоточен в почве. По сравнению с Хакасией и Красноярским краем в степной зоне низкая урожайность полевых культур обуславливает невысокие запасы углерода в продукции.

*Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 19-29-05208/19 мк/*

### **Литература**

1. Социально-экономическое развитие РТ в 2006 г. Госкомстат РТ. Кызыл, 2007.
2. История Тувы. Т. 2. М. : Наука, М., 1964.
3. Жуланова В. Н. Гумусное состояние почв и продуктивность агроценозов Тувы : автореф. дис. ... канд. биол. наук. Красноярск. КрасГАУ. 2005. 18 с.

### **BIOLOGICAL PRODUCTIVITY OF AGRICULTURAL SOILS OF TUVA**

**A. D. Sambuu, M. K. Naazhyk, V. A. Novozhakov, S. S. Dundup-ool, A. V. Iondan  
Sh. M. Ondar, S. Yu. Sarlyk-Dege, H. O. Sat**

*Tuvian Institute for the exploration of natural resources SB RAS*

*Kyzyl, Russian Federation, sambuu@mail.ru*

*Tuvan State University, Kyzyl, Russian Federation*

The soils of Tuva, in comparison with the soils of other regions, have a reduced content and reserves of humus, a small thickness of the humus horizon, where the main part of the humus reserves is concentrated in chestnut soils (64 % of the reserves in arable soils). The main carbon pool in agroecosystems is concentrated in the soil. In comparison with Khakassia and the Krasnoyarsk Territory in the steppe zone, the low yield of field crops causes low carbon reserves in the products.

## СТОИМОСТНАЯ ОЦЕНКА ЭКОСИСТЕМНЫХ УСЛУГ УРБОЛАНДШАФТОВ

О. В. Семенюк, Г. В. Стома, К. С. Бодров

Московский государственный университет им. М. В. Ломоносова  
Москва, Россия, [olgatour@rambler.ru](mailto:olgatour@rambler.ru)

Реализация идеи устойчивого развития общества и биосфера предполагает регулирование деятельности человека с помощью экономических механизмов, одним из которых является стоимостная оценка природных ресурсов и экосистемных услуг. Экосистемные услуги (сервисы) (ЭУ) – это экономические выгоды для потребителей, базирующиеся на обеспечении природой различного рода функций [1; 5; 8].

Оценке ЭУ, оказываемых почвой, как важнейшим компонентом ландшафта, не уделяется должного внимания. Обусловлено это тем, что в ряде классификаций ЭУ почвообразование и круговорот элементов рассматриваются как поддерживающие услуги и непосредственно не оцениваются. Вместе с тем интерес именно к почвенным услугам значителен, поскольку изменение качества ЭУ часто связано с непосредственным воздействием человека на почвы [3; 9].

Преобразования почв сказываются на их функционировании и выполнении ими экологических функций, что должно проявляться и в осуществлении ЭУ ландшафтами, в том числе и городскими. На урбанизированной территории антропогенная деятельность формирует элементарные городские ландшафты (ЭГЛ), которые выделяются по критериям принадлежности к функциональной зоне, уровню техногенного воздействия и трансформации биологического круговорота веществ: парково-рекреационный, селитебный, селитебно-транспортный, промышленный, агротехногенный [10]. Несмотря на накопленный значительный объем сведений по городским почвам, оценке экосистемных сервисов почвенной составляющей не уделяется достаточного внимания. Формирование искусственной среды и потеря естественных экосистем в результате градостроительства определяет актуальность работ по количественной оценке утраты способности выполнения экосистемных функций и ЭУ городскими ландшафтами.

Цель исследования – оценка экосистемных услуг элементарных городских ландшафтов с учетом экологических функций, свойств почв и показателей древесной растительности.

Объектами исследования послужили ЭГЛ ЮЗАО округа г. Москвы: парково-рекреационные (ПРЛ), селитебно-транспортные (СТЛ) и селитебные (СЕЛ). ПРЛ – условно ненарушенные или слабонарушенные территории природно-исторического парка «Битцевский лес», селитебные включают пространство у жилых домов, а селитебно-транспортные – участки, расположенные в пределах 5 метров от транспортных магистралей. Озелененность СЕЛ и СТЛ составляет 35 и 45 %. Диагностирован широкий спектр почв: в лесопарке домини-

нируют естественные дерново-подзолистые почвы, в СЕЛ и СТЛ – урбанизмы, урбостратоземы и урбоквазиземы.

Для оценки экосистемных услуг использован методический подход, основанный на выявлении особенностей функционального назначения ЭГЛ, соотнесении экологических функций, экосистемных услуг и показателей состояния некоторых компонентов ландшафта, а также подборе экономических методов оценки. Предложенная ранее авторами методика экономической оценки ЭУ, разработанная на основе исследований, проведенных в «Битцевском» лесопарке [6], была модифицирована в целях применения для других ЭГЛ. Основное внимание в данном исследовании уделено таким компонентам ландшафта как растительность и почвы.

Для выявления экологических функций ЭГЛ использована классификация функций почв по Г. В. Добровольскому и Е. Д. Никитину [2; 4]. Выбор экосистемных услуг проведен с использованием классификации Европейского агентства по окружающей среде – CICES [11]. В данном исследовании ЭУ представлены тремя категориями: 1) обеспечивающие (материальные продукты, получаемые от экосистем: пища, топливо, генетические ресурсы и т. д.); 2) регулирующие (выгоды от регулирования экосистемных процессов: состояние климата, атмосферы и т. д.); 3) социально-культурные (нематериальные выгоды: эстетические, образовательные, культурное наследие и т. д.). Использование этой классификации обусловлено тем, что ее иерархическая структура позволяет адаптировать ее для объектов локального и регионального масштабов, а также наличием значительного кластера ЭУ, связанных с почвой. Из 23 классов ЭУ, включенных в CICES, выбрано десять, что значительно больше, чем представлено в других исследованиях.

Почвенные свойства (рНвод, ЕС, содержание Сорг, плотность сложения, базальное дыхание, численность, биомасса и групповой состав почвенных беспозвоночных) определяли по общепринятым методикам. Для характеристики растительных ресурсов определяли запасы надземной фитомассы древесных насаждений и количество пыли, поглощаемое ими с учетом показателей озелененности территории [10]. Дегонирование углерода оценивали с использованием калькулятора EX-ACT и с учетом площади ландшафта, занятой зелеными насаждениями. Экологическое состояние почв осуществляли по методике М. Н. Строгановой с соавт. [7].

Для монетизации ЭУ, ассоциируемых с экологическими функциями, использовали следующие методы: рыночных цен, затратный и определения стоимости предотвращения ущерба [1]. Оценку блока культурных услуг проводили путем опроса населения (более 100 респондентов).

Экономическую оценку экосистемных услуг определяли с использованием комплексного подхода, предложенного Д. Пирсом [12], а удельную ценность каждого ЭГЛ – по сумме предоставляемых ЭУ на единицу площади. Расчет стоимости обеспечивающих и регулирующих услуг проводили по следующей, предлагаемой авторами формуле:

$$УЦЭУ = \sum (X_{i1} \times BiKi1/BiKimax),$$

где УЦЭУ – удельная (на 1 га) ценность экосистемных услуг ЭГЛ;  $X_{i1}$  – удельная экономическая ценность отдельной  $i$  услуги; BiKi $_1$  – экологическая оценка параметра ландшафтного компонента;

BiKimax – экологическая оценка оптимального состояния параметра ландшафтного компонента.

На условно-природных территориях «Битцевского леса» при высоких значениях частных показателей BiKi (5–7, 5) экологическое состояние почв оценивается как благоприятное. В СЕЛ и СТЛ антропогенное воздействие в наибольшей мере влияет на численность, разнообразие почвенной биоты, биологическую активность почв, сохранность почвенного профиля (BiKi снижаются с 7–7,5 до 1–2,5 баллов). Отмечается ухудшение таких почвенных параметров как запасы органического углерода, мощность органогенной толщи (на 2,5–4,5 балла). Преобразование остальных свойств (за исключением содержания тяжелых металлов) незначительно. В максимальной степени трансформация почвенных свойств отмечается в СЕЛ ЭГЛ.

Монетизация ЭУ разных городских ландшафтов свидетельствует о сопоставимости удельной стоимости ПРЛ и СЕЛ (12,5 и 14,7 млн руб), а СТЛ – она в 2 раза меньше (6 млн руб). Наибольшая средняя доля ЭУ приходится на регулирующие (62 %), минимальная – обеспечивающие (13 %), а на культурные – 25 %. Соотношение обеспечивающих, регулирующих и культурных ЭУ в разных ЭГЛ представляет следующий ряд: ПРЛ-19:62:19, СЕЛ-5:41:54 и СТЛ-16:83:1.

Максимальная стоимость обеспечивающих и регулирующих услуг, ассоциируемых с природными компонентами ландшафтов, характерна для «Битцевского парка», а для СЕЛ и СТЛ на 30–40 % ниже. Показано, что в разных ЭГЛ почва по сравнению растительностью вносит более существенный (в 20–30 раз) вклад в стоимость ЭУ (5766–9573 и 200–517 тыс. руб./га соответственно). Обусловлено это высокой стоимостью ЭУ (900–6000 тыс. руб./га в зависимости от конкретной услуги), обеспечиваемых почвой: «генетический материал почвенной биоты», «фильтрация и аккумуляция химических элементов», «запасы углерода». Сервисы почв отличаются высокой ценой, поскольку интеллектуальные и технические затраты человека на компенсацию их природных функций очень значительны. Удельная стоимость ЭУ, оказываемой древесной растительностью («величина запасов биомассы основных растительных ресурсов», «поглощение пыли», «депонирование углерода углекислого газа»), в разных ЭГЛ невелика, варьируя от 47 до 189 тыс. руб./га. Связано это с возможностью восстановления данного ресурса в относительно небольшие сроки. Необходимо отметить наличие проблемы корректной экономической оценки некоторых регулирующих услуг, а их невысокую стоимость следует воспринимать как недооценность, поскольку утрата такой услуги невосполнима искусственным способом.

Неожиданным оказалась соотношение стоимости культурных услуг в разных ЭГЛ. В «Битцевском» лесопарке респондентами они оценивается достаточно низко (2381 тыс. руб./га), что в значительно мере определяется слабым развитием рекреационных объектов на этой территории. В СЕЛ данная категория услуг имеет наибольшую стоимость (8007 тыс. руб./га). Высокая ценность в

селитебном ландшафте связана с его расположением в месте потребления данных услуг, т. е. в непосредственной близости от населения жилых домов, торговых, развлекательных центров и т. д. Минимально ценны культурные сервисы для населения в СТЛ: лишь 42 тыс. руб./га; однако они явно недооцениваются, так как эстетическое восприятие данных территорий является частью эстетики городской среды

Полученные результаты позволили ранжировать городские ландшафты по снижению выгод выполнения ими ЭУ следующим образом: СЕЛ → ПРЛ → СТЛ. Максимальная ценность дворовых территорий связана с их активным участием в реализации культурных услуг, а также успешным выполнением экологических. Стоимость ЭУ лесопарка несколько ниже (при высокой цене природного блока и невысокой культурного), а СТЛ существенно (в два раза) меньше в основном за счет культурных услуг. При оценке экосистемных сервисов, выполняемых ЭГЛ, установлены две главные особенности: 1) значительное участие культурных ЭУ (до 50 %), 2) недооценка экологических функций, услуг и, соответственно, экологического значения ландшафтов.

Несомненно, стоимостная оценка ЭУ ЭГЛ имеет важное прикладное значение в рамках градостроительства и должна быть использована в качестве инструмента организации городской среды, регулирующего строительные работы и экологическое состояние урбанизированных территорий. Наиболее ценным по обеспечивающим и регулирующим услугам является лесопарк «Битцевский лес», сохранность которого должна быть приоритетной задачей при организации городского пространства. Для селитебных ландшафтов, характеризующихся минимальной стоимостью ЭУ экологического блока, необходимо разработать подходы и мероприятия по оптимизации, прежде всего, почвенных свойств и условий функционирования почвенного покрова, что должно найти отражение в нормативах по формированию почв и мероприятиях по благоустройству города. Цена восстановления ЭУ, осуществляемых почвой, очень высока и определяет необходимость максимального сохранения почвенного покрова при проектировании и организации ЭГЛ в условиях градостроительства и регулирования площади запечатанных территорий на законодательной основе. Для оценки стоимости ЭГЛ необходимо, в первую очередь, учитывать стоимость ЭУ, реализуемых почвой, поскольку их цена сопоставима или на порядок выше цены ЭУ зеленых насаждений, а некоторые почвенные ЭУ являются бесценными в связи со сложностью возобновления данного природного ресурса и невозможностью полностью компенсировать их экологические функции.

### Литература

1. Бобылев С. Н., Захаров В. М. Экосистемные услуги и экономика. М. : Типография ЛЕВКО, Институт устойчивого развития / Центр экологической политики России, 2009. 72 с.
2. Добропольский Г. В., Никитин Е. Д. Экологические функции почв. М. : Изд-во МГУ, 1986. 136 с.
3. Конюшков Д. Е. Формирование и развитие концепции экосистемных услуг: обзор зарубежных публикаций // Бюллетень Почвенного института им. В. В. Докучаева. 2015. № 80. С 26–49.

4. Никитин Е. Д. Основа жизни на Земле: почва-Россия-цивилизация. М. : МАКС Пресс, 2010. 220 с.
5. Перелет Р. А. О некоторых актуальных аспектах оценки экосистемных товаров и услуг в России // TEEB процессы и экосистемные оценки в Германии, России и в некоторых других странах Северной Европы. Бонн : Федеральное ведомство по охране природы, 2014. С. 83–93.
6. Оценка стоимости экосистемных услуг природного парка “Битцевский лес” / О. В. Семенюк, К. С. Бодров, Г. В. Стому, А. С. Яковлев // Вестник Московского университета. Серия: Почвоведение. 2019. № 3. С. 23–30.
7. Экологическое состояние городских почв и стоимостная оценка земель / М. Н. Строганова [и др.] // Почвоведение. 2003. № 7 С. 867–875.
8. Тишков А. А. Экосистемные услуги ландшафтов как один из главных стратегических ресурсов России. Стратегические ресурсы и условия устойчивого развития Российской Федерации и ее регионов // Краткие итоги реализации Программы фундаментальных исследований Отделения наук о Земле РАН № 13 в 2012–2014 гг. / под ред. В. М. Котлякова, А. А. Тишкова М: Институт географии РАН, 2014. С. 70–88.
9. Оценка экосистемных услуг земель историко-культурного назначения (на примере музея-усадьбы Л. Н. Толстого «Ясная Поляна») / Е. В. Цветнов, О. А. Макаров, К. Л. Григорян, В. С. Красильникова // Вестник Московского университета. Серия: Почвоведение. 2018. № 4 С. 47–53.
10. Экология города / под ред. Курбатовой А. С., Башкина В. Н., Касимова Н. С. М. : Научный мир, 2004. 624 с.
11. Common International Classification of Ecosystem Services (CICES). 2013. URL: <https://cices.eu> (дата обращения: 19.10.2018).
12. Muller F., Burkhard B. An ecosystem based framework to link landscape structures, functions and services // Multifunctional Land Use. Meeting Future Demands for Landscape Goods and Services / ed. By U. Mander, H. Wiggering, K. Helming. Berlin; Heidelberg, N. Y., 2007. P. 37–64.

## COST EVALUATION OF ECOSYSTEM SERVICES OF URBAN LANDSCAPES

**O. V. Semenyuk, G. V. Stoma, K. S. Bodrov**

*Moscow State University named after M. V. Lomonosov, Moscow, Russian Federation  
olgatour@rambler.ru*

The methodological approach developed by the authors allowed to estimate the unit cost of elementary urban landscapes of Moscow and rank their value: residential → park and recreational → residential and transport. The benefits provided by the natural block of landscapes (providing and regulating services) are comparable or more valuable than cultural ones. The contribution of soil to the value of ecosystem services in urban landscapes was estimated, which is 20–30 times higher than that of green spaces. Some soil services (for example, preservation of the natural soil profile) can be considered invaluable due to the difficulty of renewing this natural resource.

# ФАКТОРЫ ДИФФЕРЕНЦИАЦИИ ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА В ТЕХНОГЕННЫХ ЛАНДШАФТАХ ОТВАЛОВ АНТРАЦИТОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

Н. А. Соколова

*Институт почвоведения и агрохимии СО РАН, Новосибирск, Россия*  
*nsokolova@issa-siberia.ru*

Хозяйственная деятельность человека, в особенности горнодобывающая, значительно изменяет облик природы. В результате разработки антрацитовых месторождений открытым способом на поверхности оказываются горные породы, не соответствующие существующим окружающим естественным условиям. Такие техногенные экосистемы являются крайне неустойчивыми и динамичными [1]. На поверхности отвалов развитие почвенного покрова, как и всей экосистемы, начинается с нуля. При этом сингенетическими факторами эволюции почвенного покрова выступают и почвообразующие породы, и растительность, и микрорельеф поверхности [2]. Однако в связи с хаотичностью неселективной отсыпки отвалов и различными способами формирования техногенного неорельефа, степень их влияния может быть разной. Целью данного исследования является выявление ведущих факторов дифференциации почвенного покрова в зависимости от способов формирования поверхности отвала.

## Объекты и методы

В качестве объектов исследования выбраны техногенные ландшафты, типичные для разных технологий формирования поверхности, расположенные в пределах Горловского антрацитового месторождения в лесостепной зоне Новосибирской области. В качестве ключевых рассмотрены плакорные участки отсыпки техногенного элювия плотных пород (с проведением выравнивания поверхности и без), участки отсыпки рыхлыми породами (глины).

Все рассматриваемые типы техногенных ландшафтов формируются в одних климатических условиях (лесостепь Присалайрской дренированной равнины) и заселяются сходной растительностью из окружающих естественных экосистем, но отличаются составом почвообразующих пород, степенью выраженности рельефа и возрастом.

Профили почв техногенных ландшафтов развиваются под влиянием тех же экзогенных процессов, что и почвы естественных ландшафтов, но отличаются малой мощностью, а горизонты слабо выражены и «прижаты» к поверхности [3]. Основные микробиологические процессы преобразования субстрата приурочены к толще 0–5 см, а физическое выветривание охватывает толщу до 20 см, реже до 40 см [4]. Поэтому для лабораторных исследований образцы из профилей молодых почв отбирались в толще 0–10 см и 10–20 см.

Свойства молодых почв – эмбриоземов – изучали стандартными для почвоведения методами: каменистость – ситовым методом; плотность сложения – с помощью пенетрометра с верификацией весовым методом; содержание грану-

лометрических фракций – по методу Качинского; pH – потенциометрически; Сорг – окислением бихроматом калия по Тюрину; ёмкость катионного обмена – методом Бобко-Аскинази в модификации ЦИНАО [5–8].

### Результаты и обсуждение

На участках отсыпки техногенным элювием плотных пород (смесь аргиллитов, алевролитов, песчаников) с проведением планировки (выравнивания) поверхности выделены ареалы эмбриоземов инициальных, органоаккумулятивных и дерновых [9]. Данные типы почв представляют собой последовательный эволюционный ряд, связанный с основным почвообразовательным процессом, характерным для зоны лесостепи – аккумуляцией органического вещества в верхней части профиля. Соответственно, типодиагностическим признаком для инициальных эмбриоземов является фактическое отсутствие выраженного органогенного горизонта; органо-аккумулятивных – присутствие горизонта подстилки (ветоши); дерновых – формирование горизонта дернины. Пространственное расположение ареалов почв связано, во-первых, с особенностями формирования субстрата (неселективная отсыпка обломками плотных пород разного размера), во-вторых, с разной скоростью разрушения пород разного состава [10]. Исходная неоднородность субстрата закрепляется проведением выравнивания поверхности, что исключает горизонтальное перемещение дериватов различных пород. Развитие микробоценозов и поселение высшей растительности происходит также неравномерно в связи с различной пригодностью для этого продуктов выветривания пород (водно-физические свойства, плотность и т. д.), в первую очередь на местообитаниях с высоким содержанием мелкозема. После отмирания биомассы образуются « пятна» ветоши, под которыми развиваются органо-аккумулятивные эмбриоземы. Постепенноrudеральная растительность сменяется бобово-разнотравно-злаковыми фитоценозами, характерными для лесостепи, развивается горизонт дернины. Соотношение типов молодых почв на ярусах разного возраста варьирует, смещаясь в сторону дерновых эмбриоземов на старых участках. Таким образом, на спланированных участках развиваются мозаики разных типов эмбриоземов на продуктах выветривания разных пород (рис., а).



Рис. Мозаика инициальных и органо-аккумулятивных эмбриоземов на участке отсыпки техногенного элювия с планировкой (а); сочетание-мозаика инициальных и органо-аккумулятивных эмбриоземов на участке отсыпки техногенного элювия без планировки (б); эмбриоземы дерновые на участках отсыпки рыхлыми породами (в)

Дезинтеграция обломков пород происходит с поверхности, что подтверждается разницей в содержании мелкозема в слоях 0–10 и 10–20 см, а также плотностью сложения. В то же время гранулометрический состав мелкозема показывает, что в отсутствие латеральных потоков вещества миграция тонких частиц (физической глины и ила) происходит с нисходящими потоками (табл. 1).

Таблица 1  
Основные свойства почв, сформированных на спланированных участках

Тип почв	Глубина образца, см	Содержание фракций, %					Плотность сложения, г/см <sup>3</sup>	Содержание Сорг, %	рН вод.	ЕКО, мг-экв. / 100 г
		> 3 мм	1 – 3 мм	< 1 мм	< 0,01 мм	< 0,001 мм				
ЭИ	0–10	79,8	12,8	7,7	23,8	12,4	2,2	2,24	8,0	5
	10–20	86,7	8,1	5,2	28,6	15,9	2,5	1,51	8,3	12
ЭОА	0–10	59,7	15,5	24,8	30,4	16,7	1,7	1,94	7,3	14
	10–20	74,1	10,2	15,7	32,6	18,2	2,3	2,36	7,8	16
ЭД	0–10	53,0	22,3	24,7	38,3	23,4	1,7	2,53	7,1	25
	10–20	62,7	18,9	18,3	45,8	29,7	2,3	1,56	7,6	33

Примечания: ЭИ – эмбриозем инициальный; ЭОА – эмбриозем органо-аккумулятивный; ЭД – эмбриозем дерновый.

Физико-химические свойства почв показывают (табл. 1), что содержание углерода, окисляемого мокрым сжиганием, существенно не изменяется, хотя и имеется слабая тенденция к его увеличению. Это связано с тем, что происходит постепенное преобразование органических веществ угля в педогенную организацию [11]. При этом с течением эволюционного процесса ёмкость катионного обмена увеличивается, как за счет увеличения содержания тонких минеральных частиц, так и за счет формирования системы педогенных органических веществ.

На участках отсыпки техногенным элювием плотных пород (смесь аргиллитов, алевролитов, песчаников) без проведения планировки отмечены только эмбриоземы инициальные и органо-аккумулятивные. При этом, в отличие от участков с планировкой, пространственное их расположение представляет собой регулярное чередование эмбриоземов инициальных на микроповышениях и органо-аккумулятивных – в микропонижениях. Это связано с наличием латерального переноса мелкозема с влагой и ветром, а также развитием растительности преимущественно в понижениях микрорельефа (рис., б). Примечательно, что, в отличие от участков с проведением планировки, бугристые участки заселяются древесной растительностью наряду с рудеральными видами. Впоследствии древесные виды становятся эдификаторами, затеняя поверхность, поэтому дерновинно-образующие злаки выпадают, и складывается типичный лесной бобово-разнотравный травянистый покров. Соотношение молодых почв на яру сах разного возраста также меняется, смещаясь в сторону органо-аккумулятивных эмбриоземов на старых участках.

Результаты ситового анализа подтверждают накопление мелкозема в верхнем горизонте органо-аккумулятивных эмбриоземов, однако гранулометрический состав показывает прогрессирующее вертикальное перераспределение

ние тонких фракций (физической глины и ила) по профилю, связанное с накоплением влаги в микропонижениях. При этом плотность сложения в этих почвах существенно ниже, чем на выровненных участках и связана, прежде всего, с каменистостью (табл. 2).

Таблица 2  
Основные свойства почв, сформированных на неспланированных участках

Тип почв	Глубина образца, см	Содержание фракций, %					Плотность сложения, г/см <sup>3</sup>	Содержание Сорг, %	рН вод.	ЕКО, мг-экв./100 г
		> 3 мм	1–3 мм	< 1 мм	< 0,01 мм	< 0,001 мм				
ЭИ	0–10	55,2	20,8	24,0	25,4	15,0	1,7	1,63	4,48	8
	10–20	67,8	11,0	21,2	29,0	12,3	2,3	2,19	3,4	10
ЭОА	0–10	48,1	22,2	29,8	21,5	10,6	1,4	16,34	6,57	11
	10–20	82,2	6,5	11,3	31,4	17,9	1,6	6,84	7,03	10

Примечания: ЭИ – эмбриозем инициальный; ЭОА – эмбриозем органо-аккумулятивный; ЭД – эмбриозем дерновый.

Физико-химические свойства отражают накопление органического углерода в верхней части профиля, но при этом ёмкость катионного обмена не повышается существенно, что связано, вероятно, с латеральным перераспределением тонких минеральных частиц (табл. 2).

На участках отсыпки рыхлыми породами (глинами) уже в первый год после формирования поверхности поселяется высшая растительность, а в течение 15 лет формируется сплошной травянистый и почвенный покров; последний представлен дерновыми эмбриоземами (рис., в). Сукцессионная смена фитоценозов идет быстро, и первичные рудеральные группировки через 5–7 лет сменяются бобово-злаковыми с преобладанием дерновинных злаков. Несмотря на присутствие единичных деревьев (сосны), подроста древесных видов фактически нет. Такие участки не спланированы, но поскольку рыхлые породы подвержены размыву, поверхность нивелируется под действием осадков. В связи с тем, что вся толща почвообразующей породы представлена мелкоземом, ограничением освоения ее растительностью служит только низкое содержание азота, входящего в состав педогенного органического вещества (табл. 3).

Таблица 3  
Физико-химические свойства почв, сформированных на участках отсыпки глин

Тип почв	Глубина образца, см	Содержание фракций, %		Плотность сложения, г/см <sup>3</sup>	Содержание Сорг, %	рН		ЕКО, мг-экв./100 г
		< 0,01 мм	< 0,001 мм			водн.	сол.	
ЭД	0–10	59,6	36,2	1,2	0,60	7,5	6,4	44
	10–20	61,0	38,3	1,3	0,24	8,2	6,9	40

Примечания: ЭД – эмбриозем дерновый.

Таким образом, в формировании пространственной неоднородности почвенного покрова на разных участках техногенных ландшафтов антрацитовых месторождений ведущую роль играют различные факторы: на выровненных участках отсыпки плотных пород – исходная литологическая неоднородность; на невыровненных бугристых участках – степень выраженности микрорельефа и экзо-

генные процессы перераспределения мелкозема и тонких частиц; на участках отсыпки рыхлыми породами – неравномерное заселение растительностью.

### Литература

1. Андроханов В. А., Курачев В. М. Почвенно-экологическое состояние техногенных ландшафтов: динамика и оценка. Новосибирск : Изд-во СО РАН, 2010.
2. Фридланд В. М. Проблемы географии, генезиса и классификации почв. М. : Наука, 1986. 244 с.
3. Накаряков А. В., Трофимов С. С. О молодых почвах, формирующихся на отвалах отработанных россыпей в подзоне Южной тайги среднего Урала // Почвообразование в техногенных ландшафтах. Новосибирск: Наука, 1979. С. 58–106.
4. О первичном почвообразовании на естественно зарастающих отвалах Байдиевского угольного разреза / С. А. Таранов, И. Л. Клевенская, В. И. Щербатенко, Л. П. Баранник, К. В. Юдина // Проблемы рекультивации земель в СССР. Новосибирск : Наука, 1974. С. 195–205.
5. Качинский Н. А. Механический и микроагрегатный состав почвы, методы его изучения. М. : Изд-во Ак. наук. СССР, 1958. 192 с.
6. Теории и методы физики почв / под ред. Е. В. Шеина, Л. О. Карпачевского. М. : Гриф и К, 2007. 616 с.
7. Аринушкина Е. В. Руководство по химическому анализу почв. М. : Изд-во МГУ, 1970. 488 с.
8. Агрохимические методы исследования почв / отв. ред. А. В. Соколов, Д. Л. Аскина-зи. М., 1965. 436 с.
9. Курачев В. М., Андроханов В. А. Классификация почв техногенных ландшафтов // Сибирский экологический журнал. 2002. Т. 9, № 3. С. 255–261.
10. Рагим-Заде Ф. К. Почвообразующие породы техногенных ландшафтов // Экология и рекультивация техногенных ландшафтов. Новосибирск : Наука, 1992. С. 15–45.
11. Соколов Д. А., Кулижский С. П. Сингенетичность формирования растительного покрова и окислительно-восстановительных систем в почвах отвалов каменноугольных разрезов // Вестник ТГУ. Биология. 2013. № 1 (21). С. 22–29.

### FACTORS OF SOIL COVER DIFFERENTIATION IN MAN-CAUSED LANDSCAPES OF ANTHRACITE-MINE DUMPS

N. A. Sokolova

*Institute of Soil Science and Agrochemistry SB RAS, Novosibirsk, Russian Federation  
nsokolova@issa-siberia.ru*

As a result of the development of anthracite deposits, rocks that do not correspond to the natural environment are brought to the open surface. Such man-caused ecosystems are very dynamic and are subject to primary syngenetic successions from the moment of the end of the dump filling. At the same time, the nature of the formation of soil and vegetation cover depends on various factors. The composition of the soil cover and the ratio of different types of young soils in the areas of filling of dense and loose rocks, flattened and bumpy areas differ. The leading factors of soil cover differentiation are the initial lithological heterogeneity of overburden and host rocks forming the dump; the degree of expression of the microrelief associated with the method of surface formation, and exogenous processes of redistribution of fine-grained soil, as well as the irregular settlement of the substrate by higher vegetation.

## ДИНАМИКА ПЛОДОРОДИЯ ПОЧВ ПАШНИ И ЗАЛЕЖИ РЕСПУБЛИКИ ТЫВА

О. А. Сорокина, Д. С. Ондар

*Красноярский государственный аграрный университет  
Красноярск, Россия, geos0412@mail.ru*

Обобщены материалы двух последних циклов агрохимического обследования почв залежи и пашни наиболее развитых в сельскохозяйственном отношении объектов: ОПХ «Сосновское» и Тандинского кожууна в сравнении с материалами обследования в целом по Республике Тыва. Установлено существенное снижение площадей залежи к последнему циклу обследования за счет их повторного освоения в пашню. По агрохимическим показателям зафиксировано, что исходно в залежь были выведены низко плодородные деградированные пахотные земли. За период пребывания в залежи содержание гумуса увеличилось в почвах ОПХ «Сосновское» и Тандинского кожууна за счет внедрения почвозащитных технологий. Не произошло существенного повышения содержания гумуса в почвах залежи республики Тыва, которые не успели за это время восстановить плодородие. Между циклами обследования отмечено снижение обеспеченности подвижным фосфором в почвах всех объектов, за счет острого дефицита фосфорных удобрений, и повышение обеспеченности обменным калием, особенно в почвах пашни при их «выпахивании».

Основными задачами федеральной целевой программы «Сохранение и восстановление плодородия почв сельскохозяйственного назначения», утвержденной Постановлением Правительства Российской Федерации от 20 февраля 2006 г. № 90, является комплекс мер по сохранению, восстановлению, рациональному использованию земель, повышению их плодородия, соблюдению и выполнению комплекса агрохимических мероприятий [3].

В Республике Тыва за последние 20 лет произошли существенные изменения в структуре земельного фонда. Значительные площади пахотных земель были заброшены в залежь. Эрозия, опустынивание земель, привели к деградации почв, понизился индекс агрохимических показателей почвенного плодородия. Выходят из строя и списываются мелиоративные системы, резко уменьшились площади орошаемых земель [1]. Довольно низкая культура земледелия, малые дозы или отсутствие органических и минеральных удобрений, привели к резкому снижению основных показателей плодородия, существенно влияющих на формирование урожая сельскохозяйственных культур.

Мониторинг агрохимического и эколого-токсикологического состояния земель сельскохозяйственного назначения позволяет дать адекватную оценку основным показателям плодородия почв, особенно в современных условиях антропогенной динамики использования земельных ресурсов [4].

В связи с большим объемом работ и недостатком финансирования Агрохимическая служба не всегда успевает анализировать и обобщать материалы по

трансформации плодородия почв конкретных территорий. Отсюда важнейшее значение имеет обработка и анализ результатов агрохимического обследования силами заинтересованных научных учреждений.

Была поставлена цель, сопоставить материалы двух последних циклов агрохимического обследования, проведенного ФГБУ «ГЦАС Тувинская» в 2007 г. (VII цикл) и 2014 г. (VIII цикл). Проанализировали материалы обследования почв пашни и залежи наиболее развитых в сельскохозяйственном отношении и активно осваиваемых объектов: ОПХ «Сосновское», расположенного в центральной части Тандинского кожууна, сам Тандинский кожуун и в целом Республика Тыва. Такой методический подход «ступенчатого» мониторинга позволяет наметить общие закономерности динамики плодородия почв по основным агрохимическим показателям.

Почвенный покров сельскохозяйственных угодий объектов представлен черноземами южными, черноземами обыкновенными, темно-каштановыми, лугово-черноземными почвами легкосуглинистого, супесчаного гранулометрического состава. Почвы характеризуются пониженным потенциальным и эффективным плодородием, отличаются слабой экологической устойчивостью к антропогенным воздействиям, являются эрозионно-опасными [2].

Результаты периодического агрохимического обследования почв ОПХ «Сосновское» представлены в табл. 1. Между циклами резко увеличилась обследуемая площадь пашни за счет введения в сельскохозяйственный оборот залежей и припаивания новых ранее не освоенных земель, следовательно, уменьшилась площадь залежей за счет не только повторного вовлечения в пашню, но и отведения их в кормовые угодья.

Агрохимические показатели свидетельствуют, что до VII цикла обследования в залежь были выведены менее плодородные деградированные почвы, что вполне логично.

Таблица 1  
Агрохимическая характеристика почв пашни и залежи ОПХ «Сосновское»  
Тандинского кожууна Республики Тыва

Цикл обследования	Вид угодий	Площадь, га	рН водн	Гумус, %	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
					мг/кг почвы	
VII	Пашня	3960	7,4	4,82	37	197
	Залежь	3321	7,5	4,21	28	187
VIII	Пашня	8920	7,4	4,94	19	208
	Залежь	317	7,5	6,60	14	171

К VIII циклу произошла трансформация почв хозяйства по содержанию гумуса в сторону существенного увеличения его в почвах залежи. Это связано с продуктивностью травостоя, который даже в экстремальных условиях часто повторяющихся засух, способствовал активизации баланса органического вещества за период пребывания почв хозяйства в состоянии залежи. В условиях достаточно высокой культуры земледелия ОПХ «Сосновское», соблюдения противоэрозионных мероприятий, но, в то же время, внесения низких доз органических и минеральных удобрений степень гумусированности почв пашни по-

высилась незначительно. Установлено снижение содержания подвижного фосфора как в почвах пашни, так и залежи, а также уменьшение содержания обменного калия в почвах залежи.

Земли сельскохозяйственного назначения в Тандинском кожууне на 2019 г. составляли 104 627 га, половина из которых не использовалась в пашне. 77 046 га были отведены под пастбищные угодья. Почвы сельскохозяйственных угодий этого кожууна республики Тыва характеризуются довольно низким естественным плодородием, отличаются выпаханностью и подверженностью эрозионным процессам. В то же время уровень применения удобрений в районе несколько возрос к восьмому циклу обследования по сравнению с седьмым, когда часть низкоплодородных почв была выведена в залежь, что привело к повышению содержания гумуса в пахотных почвах.

Таблица 2  
Агрохимическая характеристика почв пашни и залежи Тандинского кожууна  
Республики Тыва

Цикл обследования	Вид угодий	Площадь, га	Гумус, %	$P_2O_5$	$K_2O$
				МГ/КГ почвы	МГ/КГ почвы
VII	Пашня	12622	3,98	29	190
	Залежь	32321	3,27	31	197
VIII	Пашня	24550	4,69	19	208
	Залежь	467	6,34	18	228

Из табл. 2 следует, что от цикла к циклу обследования в Тандинском кожууне также резко снизилась площадь залежей. По результатам 7 цикла обследования содержание гумуса в почвах залежи было ниже, чем в почвах пашни за счет вывода низкоплодородных земель, не успевших восстановить плодородие за этот период. К 8 циклу обследования содержание гумуса возросло как в почвах пашни за счет возврата «отдохнувших» земель, так и в почвах залежи. В то же время существенно снизилось содержание подвижного фосфора и незначительно увеличилось содержание обменного калия. В большинстве случаев реакция почвы повторно не определяется, так как по периодам обследования она не изменяется, стablyно находясь в пределах слаботщелочного интервала.

Таким образом, сопоставление результатов VII и VIII циклов обследования Тандинского кожууна свидетельствует об уменьшении площади пашни с низким и средним содержанием гумуса и некоторым увеличением пахотных площадей с высоким содержанием. Зафиксировано уменьшение площади пашни со средним и высоким содержанием подвижного фосфора в сторону снижения обеспеченности этим элементом питания за счет выноса растениеводческой продукцией и практическим отсутствием применения фосфорных удобрений.

По результатам VII цикла обследования почв в целом по республике Тыва площадь залежи намного превышали площадь обрабатываемой пашни, так как из сельскохозяйственного оборота выведены эродированные земли с низким плодородием почвы и продуктивностью культур.

Таблица 3

Агрохимическая характеристика почв пашни и залежи Республики Тыва

Цикл обследования	Вид угодий	Площадь, га	Гумус, %	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
				мг/кг почвы	
VII	Пашня	4197	3,22	21	191
	Залежь	20 868	3,15	23	205
VIII	Пашня	11 870	3,59	19	212
	Залежь	4271	3,80	18	186

Данные VII цикла обследования свидетельствуют, что в почвах обрабатываемой пашни по сравнению с деградированными землями, выведенными в залежь, несколько выше содержание гумуса. К VIII циклу обследования значительно большую долю общей площади занимали пашни, чем залежи (табл. 3). При сопоставлении результатов разных циклов агрохимического обследования установлено, что содержание гумуса незначительно возросло в почвах пашни и составило 3,59 %. В почвах залежи повышение содержания гумуса между циклами обследования более существенное. Однако все обследованные почвы остались в группе с низкой степенью гумусированности.

К последнему циклу обследования установлено снижение степени обеспеченности подвижным фосфором почв республики как на пашне так и на залежи. Так по результатам VIII цикла дозы внесения минеральных удобрений составили всего 0,75 кг д. в./га, а органических 1,4 т/га. При таком остройшем дефиците минеральных и органических удобрений, отсутствии одинарных фосфорных удобрений нельзя ожидать сохранения, а тем более, воспроизводства потенциального и эффективного плодородия почв республики. Обеспеченность обменным калием незначительно повысилась за счет доли почв более тяжелого гранулометрического состава, оставленных в пашне, а также процессов механической обработки почв, приводящей к разрушению минералов и высвобождению калия из их кристаллической решетки, так называемого «выпахивания».

Между циклами обследования были ограничены процессы эрозии почв вследствие внедрения и применения почвозащитных технологий обработки. В то же время при низких уровнях урожайности и незначительном выносе питательных веществ культурами основной причиной дестабилизации плодородия почв пашни республики может являться продолжающаяся дефляция. За счет низкой продуктивности травостоя на залежах в условиях постоянно повторяющейся атмосферной засухи, характерно нарушение поступления органического вещества в почву, что также не способствует восстановлению её плодородия.

### Литература

- Едимеичев Ю. Ф. Состояния и пути решения проблем земледелия юга Красноярского края // Роль науки в развитии сельского хозяйства Приенисейской Сибири. Красноярск, 2008. С. 58–65.
- Жуланова В. Н., Чупрова В. В. Агропочвы Тывы: свойства и особенности функционирования. Красноярск : Изд-во Краснояр. гос. аграр. ун-та, 2010. 153 с.
- Иванов Д. А., Ковалев Н. Г. Почвенно-агроэкологическое исследование процессов трансформации агрокосистем при различном использовании //Агроэкологическое состояние

и перспективы использования земель России, выбывших из активного сельскохозяйственно-го оборота : материалы Всерос. науч. конф. М., 2008. С. 299–303.

4. Шпедт А. А. Мониторинг плодородия почв и охрана земель : учеб. пособие / Крас-нояр. гос аграр. ун-т. Красноярск, 2010. 128 с.

## **DYNAMICS OF FERTILITY OF SOILS IN AROUND AND LANDS OF THE REPUBLIC OF TYVA**

**O. A. Sorokina, D. S. Ondar**

*Krasnoyarsk State Agrarian University, Krasnoyarsk, Russian Federation*  
*geos0412@mail.ru*

The materials of the last two cycles of agrochemical survey of fallow and arable soils of the most agriculturally developed objects: the “Sosnovskoe” and Tandinsky kozhuun, are generalized in comparison with the materials of the survey as a whole in the Republic of Tyva. A significant decrease in the areas of the deposit by the last cycle of the survey was established due to their repeated development into arable land. According to agrochemical indicators, it was recorded that initially low-fertile degraded arable land was removed into the fallow. During the period of stay in the fallow, the content of humus significantly increased in the soils of the Sosnovskoe and Tandinsky kozhuun. There was no significant increase in the humus content in the soils of the Tyva republic, which did not have time to restore fertility during this time. Between the survey cycles, a decrease in the supply of mobile phosphorus in the soils of all objects was noted, due to an acute shortage of phosphorus fertilizers, and an increase in the supply of exchangeable potassium, especially in arable soils due to “plowing”.

## ВОЗМОЖНЫЙ БИОХИМИЧЕСКИЙ МЕХАНИЗМ АДАПТАЦИИ ПОЧВЕННЫХ МИКРОМИЦЕТОВ К ХИМИЧЕСКОМУ ЗАГРЯЗНЕНИЮ

Е. В. Федосеева<sup>1</sup>, В. М. Терёшина<sup>2</sup>, О. А. Данилова<sup>2</sup>  
Е. А. Янукевич<sup>2</sup>, В. А. Терехова<sup>3,4</sup>

<sup>1</sup>Российский национальный исследовательский медицинский университет  
им. Н. И. Пирогова, Москва, Россия [elenfedoseeva@gmail.com](mailto:elenfedoseeva@gmail.com)

<sup>2</sup>Институт микробиологии им. С. Н. Виноградского, ФИЦ «Фундаментальные  
основы биотехнологии» РАН, Москва, Россия

<sup>3</sup>Институт проблем экологии и эволюции им. А. Н. Северцова РАН, Москва, Россия

<sup>4</sup>Московский государственный университет им. М. В. Ломоносова, Москва, Россия

Активным компонентом почвенных микробиомов являются грибы, внутри которых выделяют три доминирующие группы: сапротрофы, мутуалисты и грибы-патогены или паразиты [1]. Сапротрофные грибы широко распространены в почвах естественных и близких к естественным экосистемам; в агроценозах и урбоценозах обилие сапротрофов снижается [1]. Разнообразие грибов, особенно сапротрофов, является важным условием для выполнения ими полночьего спектра функций, на которых базируется устойчивое функционирование почв.

Почвенная микробиота формируется под влиянием естественных и антропогенных факторов. Загрязнение органическими (например, полициклическими ароматическими углеводородами) и неорганическими (например, тяжелыми металлами – ТМ) веществами является одной из важных антропогенных угроз для протекающих в почве биологических процессов. Так присутствие в почве ряда загрязняющих веществ приводит к появлению в структуре грибных сообществ видов, толерантных к ТМ. В загрязненной почве изменяется структура грибных комплексов, а именно увеличивается обилие и частота встречаемости условно-патогенных грибов (оппортунистов), среди которых нередки меланин-продуцирующие формы [2; 3].

Один из подходов к пониманию механизмов адаптации живых систем к меняющимся условиям среды связан с липидным и углеводным профилями. Особенно интересны возможные механизмы адаптаций к неблагоприятным воздействиям меланизированных форм микромицетов, в составе углеводов и липидов которых есть характерные особенности. Меланин-продуцирующие виды содержат более высокий процент эргостерина в составе мембранных липидов по сравнению с апигментными видами [4]. Выявлена взаимосвязь меланинообразования и вирулентности грибов с углеводным составом клетки, в том числе маннитом и трегалозой [5; 6].

В рамках данной работы мы анализировали состав растворимых углеводов цитозоля и липидов в динамике роста почвенного меланин-продуцирующего фитопатогенного гриба *Alternaria alternata* (Fr.) Keissl. (1912) (штамм получен из коллекции кафедры биологии почв факультета почвоведе-

ния МГУ). В динамике роста *A. alternata* наблюдалось повышение долей трегалозы и глюкозы на фоне снижения маннита. Наибольшее количество трегалозы совпадало с началом синтеза меланина. Характерной особенностью гриба на всех стадиях роста было преобладание фосфатидных кислот (ФК) в составе мембранных липидов. В процессе роста наблюдалось повышение долей фосфатидилсерина (ФС), фосфатидилэтаноламина (ФЭ), стеринов (Ст) и сфинголипидов (СЛ) на фоне снижения ФК. Таким образом, образование меланина в стадии поздней трофофазы сопровождалось увеличением количества трегалозы в составе растворимых углеводов цитозоля, а также снижением доли ФК и увеличением стеринов в составе мембранных липидов.

В целом регулирование углеводного и липидного профилей может быть важным адаптационным механизмом грибов к токсичности загрязняющих веществ, способствуя выживанию грибов в неблагоприятных условиях. Фосфолипиды (ФЛ) и Ст составляют основу мембраны и отвечают за целостность ее структуры. Грибы, мембранных которых насыщены Ст, могут быть более адаптированы к воздействию загрязняющих веществ. Наиболее универсальными откликами микромицетов, способствующими их устойчивости к загрязнению, являются увеличение содержания ФХ и насыщенных жирных кислот в составе ФЛ, активация биосинтеза ФК [7]. Таким образом, можно предположить, что эти биохимические процессы обеспечивают более высокий по сравнению с другими грибами адаптационный потенциал фитопатогенного *A. alternata* к воздействию загрязняющих веществ. Результаты анализа радиальной скорости роста и накопления биомассы исследованного штамма альтернарии в питательной среде, содержащей тяжелые металлы, подтверждают сделанное заключение.

*Работа по анализу механизмов адаптации живых систем к химическому загрязнению среды проводится при частичной поддержке РФФИ (грант 18-44-920007p\_a). Микробиологическая часть исследования выполнена в рамках Программы развития Междисциплинарной научно-образовательной школы Московского государственного университета имени М. В. Ломоносова «Будущее планеты и глобальные изменения окружающей среды».*

### Литература

1. The hidden potential of saprotrophic fungi in arable soil: Patterns of shortterm stimulation by organic amendments / A. Clocchiatti, S. E. Hannula, M. van den Berg, G. Korthals, W. de Boer // Applied Soil Ecology. 2020. N 147. 103434.
2. Марфенина О. Е. Антропогенная экология почвенных грибов. М. : Медицина для всех, 2005. 195 с.
3. Korneykova M. V., Lebedeva E. V. Opportunistic fungi in the polluted soils of Kola Peninsula // Geography, Environment, Sustainability. 2018. Vol. 11, N 2, P. 125–137
4. Mantil E., Crippina T., Avis T. J. Supported lipid bilayers using extracted microbial lipids: domain redistribution in the presence of fengycin // Colloids and Surfaces B: Biointerfaces. 2019. Vol. 178. P. 94–102.
5. Following fungal melanin biosynthesis with solid-state NMR: biopolymer molecular structures and possible connections to cell-wall polysaccharides / J. Zhong, S. Frases, H. Wang, A. Casadevall, R. E. Stark // Biochemistry. 2008. Vol. 47. P. 4701–4710.
6. Role of trehalose biosynthesis in *Aspergillus fumigatus* development, stress response, and virulence / N. Al-Bader [et al.] // Infection and Immunity. 2010. July. P. 3007–3018.

## POSSIBLE BIOCHEMICAL MECHANISM OF ADAPTATION OF SOIL MICROMYCETES TO CHEMICAL POLLUTION

**E. V. Fedoseeva, V. M. Tereshina, O. A. Danilova, E. A. Ianutsevich, V. A. Terekhova**

*Pirogov Russian National Research Medical University, Moscow, Russian Federation  
Federal State Institution “Federal Research Centre “Fundamentals of Biotechnology” RAS  
Moscow, Russian Federation*

*Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russian Federation  
elenfedoseeva@gmail.com*

In contaminated soil, the structure of fungal complexes changes: the abundance and frequency of occurrence of opportunists, including melanin-producing forms, increases. One of the approaches to understanding the adaptation mechanisms of melanin-producing fungi to soil pollution is associated with lipid and carbohydrate profiles. The composition of soluble carbohydrates of the cytosol and lipids in the growth dynamics of the soil melanin-producing phytopathogenic fungus *Alternaria alternata* was analyzed. The amount of sterols, phosphatidic acids and other characteristics suggest a higher adaptive potential of phytopathogenic *A. alternata* to pollutants. General adaptations of melanin-producing fungi are discussed.

# РЕТРОСПЕКТИВНЫЙ АНАЛИЗ И КАРТОГРАФИРОВАНИЕ ЭРОДИРОВАННОСТИ ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА (НА ПРИМЕРЕ КЛЮЧЕВОГО УЧАСТКА В МОСКОВСКОЙ ОБЛАСТИ)

Д. В. Фомичева, А. П. Жидкин

Почвенный институт имени В. В. Докучаева, Москва, Россия  
*daria\_fomicheva@bk.ru*

Эрозия почв – один из главных процессов деградации почвенного покрова агроландшафтов. Многие зарубежные работы посвящены влиянию изменений климата на эрозию почв [10]. Некоторые работы посвящены влиянию исторических трансформаций структуры землепользования на интенсивность эрозионно-аккумулятивных процессов [5; 9]. Однако ещё меньше исследований посвящены влиянию исторических изменений интенсивности эрозионно-аккумулятивных процессов (ЭАП) на степень эродированности почвенного покрова.

Широко известно, что ведущими факторами развития ЭАП являются: площадь пашни, состав сельскохозяйственных культур, рельеф, климат и свойства почв. Каждый из факторов в разной степени изменчив во времени. В частности, наиболее консервативным является топографический фактор. Также слабо изменяется во времени противоэрозионная устойчивость почв, в значительной степени изменчив климат. Изменчивость площади пашни и состава севооборотов зависит от региона исследования [2]. Отследить изменения каждого фактора при количественной оценке интенсивности ЭАП представляется сложной задачей. Однако на сегодняшний день методы цифрового моделирования позволяют проводить такого рода оценки за любой промежуток времени, на который имеются данные.

Цель данной работы заключалась в оценке изменений темпов эрозии почв под воздействием различных природных и антропогенных факторов за последние 250 лет и картографировании степени эродированности почвенного покрова на ключевом участке в Московской области.

Участок «Ельдигино» располагается в Пушкинском районе Московской области, в 40 км к северу от города Москва. Общая площадь участка исследования составляет около 100 км<sup>2</sup>. Участок исследования располагается в подзоне южной тайги. Климат для района исследований характерен умеренно континентальный. Почвенный покров представлен пятнистостями и сочетаниями дерновово-подзолистых почв разной степени оподзоленности и оглеенности [8].

На данную территорию было отобрано восемь исторических карт за 1797, 1861, 1871, 1931, 1954, 1985, 2000 и 2018 гг. Анализ исторических изменений и характера освоения территории позволил интерполировать данные карт на следующие периоды: 1780–1830, 1830–1881, 1881–1927, 1927–1947, 1947–1964, 1964–1991, 1991–2003, 2003–2019 гг.

Для моделирования темпов ливневого смыва была выбрана модель WaTEM/SEDEM v.2004 [12; 13]. Моделирование темпов талого смыва проводилось по модели ГГИ в модификации Ларионова, Краснова [4].

По данным о севооборотах [6; 7], характерных для территории участка исследования, для каждого периода был рассчитан коэффициент землепользования. Агроэрзационный потенциал осадков был рассчитан на основе гидрометеорологических данных [1]. Коэффициент эрозионной устойчивости почвы рассчитывался на основе полевых данных о содержании в почвах органического углерода, гранулометрического состава и структуры почв по уравнению [11]. При расчете топографического фактора использовалась высокоточная цифровая модель рельефа с размером ячейки 20×20 м. На территории исследования не проводятся противоэрзационные мероприятия, поэтому коэффициент почвозащитной эффективности противоэрзационных мер не учитывался.

При расчете талого стока значения эрозионного потенциала талого стока брались из методических указаний Ларионова, Краснова [4]. Значения коэффициента эрозионной устойчивости почв были рассчитаны на основе аналитических данных о свойствах почв. Коэффициент землепользования и топографический фактор использовались те же, что при расчете ливневого смыва.

Картографирование степени эродированности почвенного покрова проводилось по методике, описанной в работе [3] с небольшими модификациями. Вместо темпов эрозии почв в данном исследовании в расчёт брались суммарные эрозионные потери, рассчитанные для каждого элемента регулярной сетки (пикселя, 400м<sup>2</sup>) за все 250 лет сельскохозяйственного освоения.

Для территории исследования имеется база данных полевых определений степени эродированности почв Н. П. Сорокиной и соавторов, насчитывающая более 1500 точек почвенного опробования. Данный массив почвенных описаний таксонов почв разной степени эродированности был ранжирован по долевому участию почв каждой степени эродированности в дискретных градациях интенсивности расчетных объёмов эрозионных потерь, объединённых в градации по 10 тонн с элемента регулярной сетки (400м<sup>2</sup>) за 250 лет: 0–10, 10–20, 20–30 и т. д.

Результатом стали графики зависимости долевого участия почв разной степени эродированности от суммарных эрозионных потерь. На основе данных графиков были получены эмпирические функции. По данным функциям и расчёты объемам эрозионных потерь для каждого элемента регулярной сетки были рассчитаны значения вероятностного долевого участия категорий почв разной степени эродированности. Группа смыто-намытых почв была выделена по расчетным данным об объемах аккумуляции. Результат был визуализирован в виде карты группы почв по степени эродированности (рис. 1Б).

Проведенный исторический анализ изменения факторов ЭАП показал, что агроэрзационный потенциал осадков и коэффициент эрозионной устойчивости почв слабо вариируют во времени. В большей степени временными флуктуациями подвержен коэффициент землепользования. Однако наиболее динамичным во времени фактором оказалась площадь пашни.

Общая площадь когда-либо распахиваемой территории составила около 7000 га (около 70 % от исследуемой территории). Однако ввиду постоянной смены границ пашни средний возраст распашки более половины пашни не превышает 80 лет. 36 % пахотных угодий обрабатывалось менее 50 лет, и 27 % от 50 до 100 лет. 20 % распахиваемых площадей возделывались от 100 до 150 лет. От 150 до 200 лет распашки подвергалось только 13 % всей освоенной территории, и больше 200 лет обрабатывалось только 4 % пахотных угодий (рис., А).

Высокий эрозионный потенциал почв был компенсирован низким эрозионным потенциалом рельефа. Под распашкой находились в основном склоны крутизной до 4°. В результате чего на территории участка исследования не сформировалось сильноэродированных групп почв.

На всей когда-либо распахиваемой территории преобладают эрозионно-зональные (54 % от территории) и зональные (30 %) группы почв. По склонам овражно-балочной сети, осложненным слабоэродированными (3 %) группами почв, прослеживается дендривидный рисунок почвенного покрова. Крутые склоны с наибольшей длительностью распашки осложнены среднеэродированными (1 %) группами почв (рис., Б).

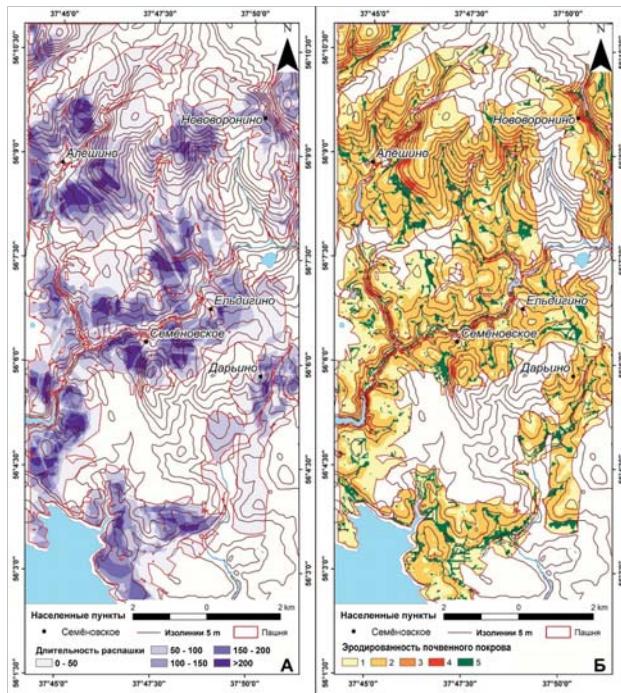


Рис. А – Карта длительности распашки; Б – Карта эродированности почвенного покрова в пределах всей, когда-либо распахиваемой территории участка исследования:

- 1 – зональные, 2 – эрозионно-зональные, 3 – слабоэродированные,
- 4 – среднеэродированные, 5 – смыто-намытые

За счет особенностей рельефа на территории участка исследования сформировались ареалы смыто-намытых почв (12 %). Однако постоянные смены границ пашни привели к увеличению этих зон и частичному изменению их формы. Ареалы смыто-намытых групп почв, образованных исключительно при изменении границ пашни, носят высокую фрагментарность и представлены отдельными пятнами по всему участку исследования.

Почвенный покров полей, длительность распашки которых не превышает 50 лет, образован преимущественно зональными группами почв (54 %), на эрозионно-зональные приходятся 35 % и 11 % на смыто-намытые группы почв. Слабо- и среднеэродированные группы почв не выявлены.

При длительности распашки от 50 до 100 лет площади под зональными группами почв сократились в два раза. Доля эрозионно-зональных групп почв, напротив, возросла до 60 %. Суммарная доля слабо- и среднеэродированных групп почв составляет 3 %.

При дальнейшем увеличении длительности распашки доли эрозионно-зональных, слабо- и среднеэродированных групп почв продолжают расти. При длительности распашки от 150 до 200 лет, в почвенном покрове доля слабоэродированных групп почв возрастает до 9 % и продолжает увеличиваться до 11 % при максимальной длительности распашки. Доля среднеэродированных групп почв также возрастает с увеличением длительности распашки, на полях, находящихся в обработке более 200 лет, достигает максимального значения в 3 %.

Площади под смыто-намытыми группами почв варьируют в пределах процента при увеличении длительности распашки. Только при длительности распашки более 200 лет площади смыто-намытых почв сокращаются на 4 %.

*Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проект № 18-35-20011) и в рамках темы госзадания № 0591-2019-0029.*

### **Литература**

1. Всероссийский научно-исследовательский институт гидрометеорологической информации – мировой центр данных. URL: <http://meteo.ru> (дата обращения: 15.03.2020)
2. Голосов В. Н., Ермолаев О. П. Пространственно-временные закономерности развития современных процессов природно-антропогенной эрозии на Русской равнине. Казань : Издательство Академии наук Республики Татарстан, 2019. 372 с.
3. Козлов Д. Н., Жидкин А. П., Лозбенев Н. И. Цифровое картографирование эрозионных структур почвенного покрова на основе имитационной модели смыва (северная лесостепь Среднерусской возвышенности) // Бюллетень Почвенного института им. В. В. Докучаева. 2019. № 100. С. 5–29.
4. Ларионов Г. А., Краснов С. Ф., Добровольская Н. Г. Адаптация модели от стока тальных вод, разработанной ГГИ для проектирования противоэрзионных мер // Геоморфология. 1999. № 4. С. 83–92.
5. География динамики земледельческой эрозии почв на европейской территории России / Л. Ф. Литвин, З. П. Кирюхина, С. Ф. Краснов, Н. Г. Добровольская // Почтоведение. 2017. № 11. С. 1390–1400.
6. Милов Л. В. Великорусский пахарь и особенности российского исторического процесса. М. : РОССПЭН, 2001. 572 с.
7. Сельхозпортал. URL: [www.selkhozportal.ru](http://www.selkhozportal.ru) (дата обращения: 11.10.2019)

8. Сорокина Н. П., Козлов Д. Н., Кузнецова И. В. Оценка постагротехнической трансформации дерново-подзолистых почв: картографическое и аналитическое обоснование // Почвоведение. 2013. № 10. С. 1193–1205.
9. Effects of historical land use and land pattern changes on soil erosion – Case studies from Lower Austria and Central Bohemia / J. Devaty, T. Dostala, R. Höslb, J. Krasaa, P. Straussb // Land Use Policy. 2019. Vol. 82. P. 674–685.
10. Li Z., Fang H. Impacts of climate change on water erosion: A review // Earth-Science Reviews. 2016. Vol. 163. P. 94–117.
11. Predicting soil erosion by water: a guide to conservation planning with the Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE) / K. G. Renard, G. R. Foster, G. A. Weesies, D. K. McCool, D. C. Yoder // Agriculture Handbook. 1997. N 703. 384 p.
12. Van Oost K., Govers G., Desmet P. Evaluating the effects of changes in landscape structure on soil erosion by water and tillage // Landscape Ecology. 2000. Vol. 15. P. 577–589.
13. Modelling mean annual sediment yield using a distributed approach / A. Van Rompay, G. Verstraeten, K. Van Oost, G. Govers, J. Poesen // Earth Surface Processes and Landforms. 2001. Vol. 26, N 11. P. 1221–1236.

**MAPPING OF ERODIFICITY OF SOIL COVER BASED ON HISTORICAL ANALYSIS  
OF CHANGES IN THE INTENSITY OF SOIL EROSION THROUGH TIME  
(CASE STUDY OF ELDIGINO, MOSCOW REGION)**

**D. V. Fomicheva, A. P. Zhidkin**

*Dokuchaev Soil Science Institute, Moscow, Russian Federation*  
*daria\_fomicheva@bk.ru*

Mapping was carried out of the degree of soil erosion, altered by the impact of historical fluctuations in factors and rates of soil erosion at a key site in the Moscow region. The conducted historical analysis of the change in factors indicates that the most dynamic of them turned out to be the arable land area. The study showed that the high erosion potential of the soils was compensated for by the low erosion potential of the relief, as a result of which strongly eroded soil groups did not form on the study area.

## ЗАСОЛЕННЫЕ ПОЧВЫ СЕВЕРО-ВОСТОЧНОГО ПОБЕРЕЖЬЯ ОЗ. БАРУН-ТОРЕЙ ЗАПОВЕДНИКА «ДАУРСКИЙ»

Е. Р. Хадеева<sup>1,2</sup>, О. Г. Лопатовская<sup>2</sup>, Т. Е. Ткачук<sup>3,4</sup>, Л. И. Сараева<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Институт географии им. В. Б. Сочавы СО РАН, Иркутск, Россия, war\_ker@mail.ru

<sup>2</sup>Иркутский государственный университет, Иркутск, Россия, lopatovs@gmail.com

<sup>3</sup>Забайкальский государственный университет, Чита, Россия, teitkachuk@yandex.ru

<sup>4</sup>Государственный природный биосферный заповедник «Даурский»

с. Нижний Цасучей, Россия, bagul72@mail.ru

Засоленные почвы – это почвы, имеющие в своем составе легкорастворимые соли, в количестве, угнетающем рост и развитие растений [3; 10]. На территории государственного природного биосферного заповедника «Даурский» около оз. Барун-Торей формируются засоленные почвы, представленные в основном солончаками [1; 12]. Немногочисленные сведения об этих почвах [13; 14; 17], влияние криоаридного климата, гидрохимический режим озер, определили цель работы – изучить происхождение и распространение засоленных почв около Борун-Торея. Рельеф характеризуется слабой расчлененностью, небольшими относительными высотами (100–150 м над уровнем озера) и выровненными поверхностями. О тектонических нарушениях свидетельствуют линейно вытянутые и одинаково ориентированные формы рельефа вдоль северного борта котловины оз. Барун-Торей [2; 5; 18]. Увлажнение территории подчинено ярко выраженным окологридцатилетним циклам; они же обусловливают и периодичность высыхания и наполнения степных озер [9; 12; 15]. По геоботаническому районированию территория относится к степной области Евразии, Центрально-азиатской (Дауро-Монгольской) подобласти, Монгольской степной провинции, Восточно-монгольской подпровинции и генетически связана со степными ландшафтами Монголии [6; 16]. Район исследования относится к сухостепной зоне темно-каштановых и каштановых почв Забайкальской равнинной провинции, Торейскому равнинному округу [1].

Исследования проводились в 2013 г. в засушливую фазу климатического цикла, когда озеро на протяжении четырех лет оставалось полностью сухим. Исследуемые засоленные почвы формируются около оз. Барун-Торей на северо-восточном побережье (мыс Мырген) методом трансект-катен. Катена включала в себя четыре разреза, заложенные от уреза воды озера до приозерной террасы.

Морфологический анализ почв позволил детально изучить и диагностировать почвенные профили [19].

Разрез мМ-1 заложен на высохшем дне. Во флористическом составе преобладает съеда рожконосная.

S(g),f,ca 0–10 серый с оливковым оттенком, свежий, уплотнен, структура слабокомковато-порошистая, легкосуглинистый, включений нет, карбонатная пропитка, бурно вскипает от 10 % HCl, переход заметный по цвету, граница перехода неровная – волнистая.

SS<sub>g,f,ca</sub> 10–20 от сероватого с оливковым оттенком до буроватого с рыжими и охристыми пятнами, свежий, уплотнен, структура комковато-порошистая, грансостав среднесуглинистый, включения: растительные остатки, новообразования: карбонатная пропитка, бурно вскипает от 10 % HCl.

Разрез mM-2 заложен в 100 м от разреза mM-1 в восточном направлении. Преобладают съеда рожконосная, ячмень.

S(g),ca 0–20 – светло-серый с желтоватым оттенком и бурыми полосами, свежий, уплотнен, структура слабокомковато-порошистая, легкосуглинистый, единичные корни растений, карбонатная пропитка, бурно вскипает от 10 % HCl, кремнистая присыпка, переход заметный по цвету, граница перехода неровная – волнистая.

SS(g,f),ca 20–40 – от сероватого с оливковым оттенком до буроватого, встречаются темно-бурые пятна, свежий, уплотнен, структура комковато-порошистая, среднесуглинистый, растительные остатки, карбонатная пропитка, бурно вскипает от 10 % HCl.

Разрез mM-3 заложен на первом береговом вале оз. Барун-Торей. Нами выявлены злаки: чай блестящий, ячмень; разнотравье: съеда рожконосная, турнефорция, лебеда дикая.

Sca 0–10 – светло-серый с желтоватым оттенком и сизоватыми пятнами, свежий, рыхлый, структура слабокомковато-порошистая, легкосуглинистый, единичные корни растений, карбонатная пропитка, бурно вскипает от 10 % HCl, кремнистая присыпка, переход заметный по цвету, граница перехода неровная – волнистая.

SSca 10–20 – серый с бурыми полосами в верхней части горизонта, свежий, более плотный, чем вышележащий, структура комковатая, среднесуглинистый, включения: единичные корни растений, карбонатная пропитка, вскипает от 10 % HCl, переход заметный по цвету и плотности, граница неровная – волнистая.

SS[AJ]ca 20 и ниже – цвет бурый, также встречаются темно-бурые пятна, свежий, уплотнен, структура комковато-порошистая, среднесуглинистый, растительные остатки, карбонатная пропитка, бурно вскипает от 10 % HCl.

Разрез mM-4 заложен на первой террасе оз. Барун-Торей. Среди злаков преобладают чай блестящий, ячмень; в разнотравье: съеда рожконосная, турнефорция, лебеда дикая.

Sca 0–4 – светло-серый с желтоватым оттенком, свежий, рыхлый, структура комковато-порошистая, легкосуглинистый, обильно пронизан корнями растений: карбонатная пропитка, бурно вскипает от 10 % HCl, переход незаметный по цвету, заметный по обилию корней, граница перехода неровная – волнистая.

[AJ]s,ca 4–22 – серый, свежий, более плотный, структура комковато-порошистая, среднесуглинистый, корни растений, карбонатная пропитка, бурно вскипает от 10 % HCl, переход заметный по цвету и плотности, граница неровная – мелковолнистая.

[BMK]ca 22–28 – темно-бурый, свежий, уплотнен, структура комковато-порошистая, среднесуглинистый, единичные корни растений, карбонатная про-

питка, бурно вскипает от 10 % HCl, граница постепенная по цвету, переход неровный – карманный.

С 28–46 – желтый, свежий, уплотнен, структура комковато-порошистая, среднесуглинистый, единичные корни растений, карбонатная пропитка, бурно вскипает от 10 % HCl.

Химические и физико-химические свойства почв изучались общепринятыми методами в почвоведении: реакция среды – потенциометрическим методом, гранулометрический состав методом Н. А. Качинского, содержание карбонатов по Ф. И. Козловскому, содержание гумуса методом И. В. Тюрина, содержание легкорастворимых солей методом водной вытяжки 1:5 [4; 11].

По результатам исследований выявлено, что гранулометрический состав в двух разрезах (мM-1 и мM-2) имеет сходный характер, преобладает фракция ила. В разрезах мM-3 и мM-4 отмечено увеличение фракций среднего и мелкого песка в средней части профиля (рис.).

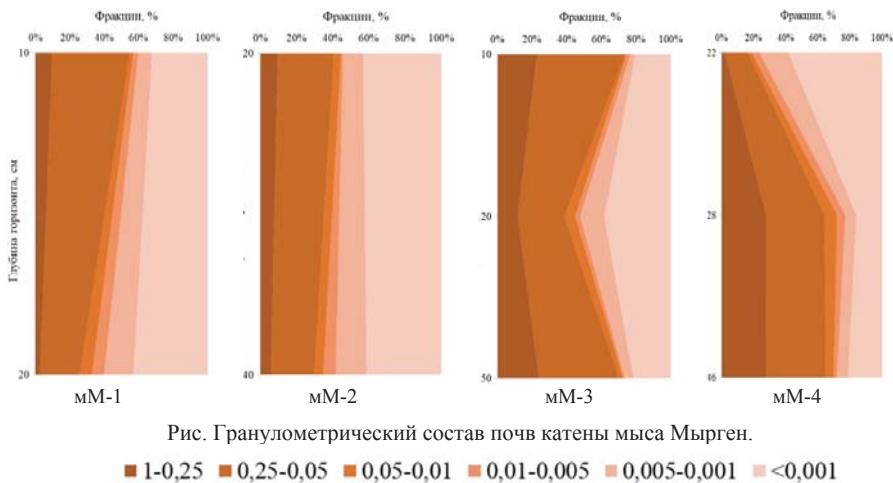


Рис. Гранулометрический состав почв катены мыса Мырген.

■ 1-0,25 ■ 0,25-0,05 ■ 0,05-0,01 ■ 0,01-0,005 ■ 0,005-0,001 ■ <0,001

В разрезе mM-1 легкорастворимые соли по профилю распространяются довольно равномерно. Среди ионов водной вытяжки преобладают – катионы  $\text{Na}^+$ , среди анионов –  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{HCO}_3^-$ . Реакция среды сильнощелочная, содержание гумуса очень низкое, почва карбонатная (табл. 1). Тип почвы диагностирован как Солончаки сульфидные (соровые); подтип: Типичный:  $S(g)f, ca-SSg,f,ca-Gs,ca$ .

Легкорастворимые соли в разрезе mM-2 по профилю также распространяются равномерно, незначительная их аккумуляция в нижней части профиля. Преобладающим катионом остается ион  $\text{Na}^+$ , а среди анионов –  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{HCO}_3^-$ . Реакция среды сильнощелочная, содержание гумуса возрастает сверху вниз по профилю. Тип почвы определен как Солончак сульфидный (соровый); подтип: Типичный:  $S(g),ca-SS(g,f)ca-GSc,ca$ .

Таблица

Некоторые физико-химические свойства засоленных почв мыса Мырген

Индекс горизонта	Глубина, см	рН <sub>водн.</sub>	CaCO <sub>3</sub> , %	Гумус, %	CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>
					ммоль/100 г почвы							
<b>Разрез mM-1. Солончак сульфидный (соровый)</b>												
S(g),f,ca	0–10	9,54	5,81	0,6	1,0	6,28	8,09	6,37	0,14	0,1	21,4	0,13
SSg,f,ca	10–20	8,98	6,92	1,3	0,4	5,5	9,7	4,03	0,14	0,07	19,3	0,09
<b>Разрез mM-2 Солончак сульфидный (соровый)</b>												
S(g),ca	0–20	8,77	8,89	0,4	0,1	5,36	0,7	3,49	0,88	2,99	5,1	0,64
SS(g,f),ca	20–40	9,18	7,83	0,6	0,4	6,6	0,38	4,35	1,42	2,95	6,4	0,95
<b>Разрез mM-3. Солончак сульфидный (соровый)</b>												
Sca	0–10	9,48	3,89	0,9	1,0	6,98	5,9	7,54	0,45	0,26	20,6	0,1
SSca	10–20	7,94	0,18	1,2	0,0	1,02	0,32	0,03	0,19	0,18	1,0	0,05
Gs[AJ]ca	20–50	9,43	3,61	1,6	0,84	6,24	3,32	4,8	0,31	0,5	14,2	0,15
<b>Разрез mM-4. Солончак вторичный</b>												
Sca	0–4	9,71	8,71	1,1	-	-	-	-	-	-	-	-
[AJ]s,ca	4–22	8,84	9,12	1,2	2,9	12,3	7,08	8,0	0,32	0,31	29,5	0,17
[BMK]ca	22–28	8,93	3,25	2,8	0,08	6,4	3,16	4,77	3,54	1,13	9,2	0,57

Примечание: «-» – не определялось.

В разрезе mM-3 выявлена аккумуляция солей в верхней части профиля с резким уменьшением внизу. Доминирующие ионы: Na<sup>+</sup>, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>, Cl<sup>-</sup>. Тип почвы определен как Солончак сульфидный (соровый); подтип: Типичный: Sca-SSca-Gs[AJ]ca.

В верхнем горизонте разреза mM-4 аккумуляция солей в верхних горизонтах с резким уменьшением внизу. Преобладают ионы Na<sup>+</sup>, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>, Cl<sup>-</sup>. Тип почвы диагностирован как: Солончак вторичный; подтип: Типичные: Sca-[AJ]s,ca-[BMK]ca-Cca.

Таким образом, засоленные почвы, формирующиеся на мысе Мырген, имеют сильнощелочную реакцию среды, высокое содержание карбонатов, очень низкое содержание гумуса. Гранулометрический состав почв изменяется от среднесуглинистого до легкосуглинистого. Солончаки сульфидные (соровые) типичные занимают дно и берег высохшего озера, а Солончаки вторичные типичные – основание приозерной террасы.

### Литература

- Атлас Читинской области и Агинского Бурятского округа / ред. В. С. Кулаков. М. : Роскартография, 1997. 48 с.
- Реконструкция эоловых процессов в степях Даурии в аридные фазы рельефообразования / О. И. Баженова, Д. В. Кобылкин, С. А. Макаров, Н. Н. Рогалёва, А. В. Силаев, А. А. Черкашина // География и природные ресурсы. 2015. № 3. С. 126–137.
- Базилевич Н. И., Панкова Е. И. Опыт классификации почв по засолению // Почвоведение. 1968. № 11. С. 3–15.
- Воробьева Л. А. Теория и практика химического анализа почв. М. : ГЕОС, 2006. 400 с.
- Воскресенский С. С. Геоморфология Сибири. М. : МГУ, 1962. 352 с.
- Восточное Забайкалье (Перспективы развития производительных сил Читинской области). Иркутск : Вост. -Сиб. Кн. Изд-во, 1968. 186с.

9. Дубынина С. С. Климатические флуктуации и изменение запасов зеленой массы степей Юго-Восточного Забайкалья // Успехи современного естествознания. 2017. № 5. С. 95–100.
10. Засоленные почвы России / отв. ред. Л. Л. Шишов, Е. И. Панкова. М. : Академкнига, 2006. 854 с.
11. Качинский Н. А. Механический и микроагрегатный состав почвы, методы его изучения. М. : Изд-во АН СССР, 1958. 93 с.
12. Биосферный заповедник «Даурский» / О. К. Кирилюк, В. Е. Кирилюк, О. А. Горошко, Л. И. Сараева, С. М. Синица, Т. И. Бородина, Е. Э. Ткаченко, В. А. Бриних. Чита : Экспресс-издательство, 2009. 104 с.
13. Засоленные почвы государственного биосферного заповедника «Даурский» / О. Г. Лопатовская, Т. Е. Ткачук, Л. И. Сараева, О. А. Подымахина, К. К. Минаков, Д. Г. Чаусов // Социально-экономические и экологические проблемы и перспективы международного сотрудничества России-Китая-Монголии : сб. тр. конф. Чита : ЗГГПУим. Н. Г. Чернышевского, 2012. С. 26–31.
14. Ногина Н. А. Почвы Забайкалья. М. : Наука, 1964. 315 с.
15. Обязов В. А., Жулдыбина Т. В. Зависимость изменений химического состава воды рек Забайкальского края от величины речного стока // Вестник Забайкальского государственного университета. 2011. № 8. С. 97–103.
16. Ткачук Т. Е., Жукова О. В. Динамика растительности Даурского заповедника // Ученые записки ЗабГГПУ. 2013. № 1. С. 46–57.
17. Черноусенко Г. И., Ямнова И. А. Засоленные почвы островных криоаридных степей Забайкалья // Степи Северной Евразии. Эталонные степные ландшафты: проблемы охраны, экологической реставрации и использования. Оренбург, 2003. С. 557–559.
18. Шамсутдинов В. Х. Кайнозойская история юго-восточного Забайкалья (на примере Торейской и Восточно-Торейской депрессий) // Бюллетень комиссии по изучению четвертичного периода. 1975. № 44. С. 89–96.
19. Классификация и диагностика почв России / Л. Л. Шишов, В. Д. Тонконогов, И. И. Лебедева, М. И. Герасимова. Смоленск : Ойкумена, 2004. 342 с.

## SALINE SOILS OF THE NORTH-EASTERN COAST THE LAKE BARUN-TOREY THE DAURSKY RESERVE (CAPE MYRGEN)

E. R. Khadeeva<sup>1,2</sup>, Lopatovskaya O. G.<sup>2</sup>, Tkachuk T. E.<sup>3,4</sup>, L. I. Saraeva<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Sochava Institute of Geography SB RAS, Irkutsk, , Russian Federation, war\_ker@mail.ru

<sup>2</sup> Irkutsk State University, Irkutsk, Russian Federation, lopatovs@gmail.com

<sup>3</sup>Zabaikalsky State University (ZabSU), Chita, Russian Federation, tetskachuk@yandex.ru

<sup>4</sup>State Natural Biosphere Reserve Daurskii, Nizhnii Tsasuchei, Russian Federation  
bagul72@mail.ru

On the territory of the Daursky Biosphere Reserve in the Trans-Baikal Territory near the lake Barun-Torey forms saline soils. Natural factors of soil formation are as follows: poorly dissected relief; cryarid climate; steppe vegetation with a predominance of halophytes; carbonate and salinity of the parent rocks contribute to the formation of saline soils. In the study area, the types of soils were determined according to the modern classification: Saline sulfide (sor) typical and Saline secondary typical. Saline soils are confined to low landforms, shorelines, and lake bottoms, where easily soluble salts accumulate. Saline soils have a heavy granulometric composition, a highly alkaline reaction of the medium, a very low content of humus and a high content of readily soluble salts. The physical and chemical properties of soils reflect their genesis and the current state of these soils.

## ХИМИЧЕСКОЕ ЗАГРЯЗНЕНИЕ ПОЧВ ГОРНОРУДНЫХ ТЕРРИТОРИЙ ЮЖНОГО УРАЛА

Р. Ф. Хасанова, М. Б. Суюндукова, Г. Р. Ильбулова, Г. Т. Исанбаева

Институт стратегических исследований Республики Башкортостан  
Сибайский филиал, Сибай, Россия, rezeda78@mail.ru

Южный Урал расположен на стыке границ Республики Башкортостан, Оренбургской и Челябинской областей. Площадь территории более 35,0 млн га. По физико-географическим особенностям территорию Южного Урала делят на три природные зоны: Предуралье, Горный Урал и Зауралье [1; 2]. Формирование среды происходило под влиянием специфичных природных процессов, в результате которой сложилась сложная геологическая структура материнских пород с наличием геохимических провинций с разным составом. Все это привело к формированию в Зауральской зоне горнорудных провинций, характеризующихся сосредоточением месторождений различных руд и залежей драгоценных металлов [3].

Деятельность горнодобывающих предприятий в течении длительного периода является основным источником ухудшения экологического состояния природной среды Башкирского Зауралья. В результате образовалось множество очагов с различной концентрацией и комбинацией химических элементов, что привело к формированию уникального региона по многим показателям. В почве, воде, произрастающей растительности и других объектах природной среды региона отмечаются высокие концентрации тяжелых металлов (ТМ) [4–6], оказывающих воздействие на живые системы и отражающихся на их функциональных особенностях, многие из них носят адаптивный характер.

В данном исследовании было проведено сравнительное изучение содержания тяжелых металлов в почвах территорий административных районов и городов Зауралья Республики Башкортостан.

Образцы почв были отобраны с пробных площадок площадью 1 кв. м методом конверта из десятисантиметрового слоя почвы в трех повторностях. Определение содержания ТМ проводили методом атомной абсорбции в центральной лаборатории СФ ОАО «УГОК» г. Сибай (№ РОСС RU.000155358). В качестве экстрагента применяли 5M азотную кислоту. Подвижные формы соединений ТМ в почвах извлекались ацетатно-аммонийным буферным раствором с pH = 4,8 (ААБ).

Для экотоксикологической оценки почв использовали предельно-допустимые концентрации (ПДК) ТМ для их валовых и подвижных форм. Для обобщенной оценки степени загрязнения почв ТМ использован известный показатель Zc (суммарный показатель загрязнения). Критические значения, характеризующие суммарное загрязнение Zc по степени опасности, таковы: при  $Zc < 16$  загрязнение считается допустимым; при  $16 < Zc < 32$  умеренно опасным; при  $32 < Zc < 128$  – высоко опасным.

Было проведено сравнительное изучение валового содержания тяжелых металлов в почвах условно «чистых» районов (Абзелиловский, Бурзянский, Зилаирский, Зианчуринский), в которых отсутствует горнорудное производство, и условно «загрязненных» (Баймакский, Хайбуллинский и Учалинский районы), где расположены действующие и отработанные горнорудные объекты.

Анализ почв по содержанию меди показал высокие значения в Зилаирском, Баймакском и Учалинском районах. Следует отметить, что повышенные (выше ПДК) показатели меди в Зилаирском районе выявлены в пробных площадках, заложенных в п. Кананикольское, где более 100 лет назад функционировал медеплавильный завод.

Сравнительный анализ содержания цинка в почвах районов Зауралья показал, что наибольшее содержание валового цинка выявлено в Баймакском, Хайбуллинском и Учалинском районах.

Железа много в почвах Баймакского района, наиболее высокие значения выявлены для п. Тубинск ( $Fe_{вал} = 411250$  мг/кг) и с Ишмурзино ( $Fe_{вал} = 144531$  мг/кг). В Хайбуллинском и Учалинском районах оно также выше значения кларка (25000 мг/кг).

Содержание марганца в почвах варьирует в пределах от 1326 до 13444 мг/кг. При этом высокие концентрации элемента выявлены в почвах условно «чистых» районов, где отсутствует горнорудное производство. Вероятно, это объясняется естественно высоким геохимическим фоном, о чем свидетельствуют наличие месторождений марганцевых руд в Абзелиловском и Бурзянском районах.

Анализ почв на содержание свинца выявил низкие значения, не превышающие допустимые концентрации, в пределах 5–15 мг/кг.

Концентрация кадмия в почве превышает ПДК от 1,3 до 2 раз во всех районах исследования. Наиболее высокие значения обнаружены в Баймакском, Хайбуллинском и Учалинских районах.

В почвенном покрове городов региона (гг. Сибай, Учалы и Баймак) преобладают урбанизёмы (до 60–70 % территории). Для исследования почвы были отобраны в промышленных, рекреационных и селитебных зонах городов, а также в коллективных садах, расположенных в пригородных зонах. Почвенный покров промышленных зон имеет в основном насыпной характер (техногенные поверхности образования), хотя на периферических частях промышленной зоны сохранились химически трансформированные естественные почвы различной степени нарушенности.

В почвах гг. Учалы и Сибай выявлено значительное превышение ПДК по содержанию Cu (3,9–27,8 ПДК), Zn (2,1–36,3 ПДК). Содержание Cd практически во всех, а Co – в большинстве исследованных образцов почв, превышало РГФ. Расчеты суммарного показателя Zc показали, что почвы промзон и селитебных зон гг. Учалы и Сибай по валовому содержанию и по подвижным формам относятся к умеренно опасной категории загрязнения, остальные исследуемые почвы имели допустимую категорию загрязнения.

В почвах г. Баймак валовое содержание Cu, Zn, Cd составило 6,7; 12,3 и 2,1 ПДК в промзоне, 7,1; 7,0 и 2,4 ПДК в рекреационной зоне, расположенной

практически рядом со шлаковыми отвалами, 2,0; 7,7 и 2,3 ПДК – в селитебной зоне и 6,4; 6,1 и 1,7 ПДК – коллективных садах. Во всех изученных почвенных образцах был выявлен повышенный уровень по подвижным формам Cu, Zn, Mn, Cd. Наиболее высокое содержание подвижного Cd (18,9 ПДК) отмечено в селитебной зоне. Расчеты суммарного показателя Zc позволили отнести почвы селитебной зоны г. Баймак по содержанию подвижных форм к умеренно опасной категории загрязнения, остальные исследуемые почвы имели допустимую категорию загрязнения.

Согласно данным, представленным в ежегодных отчетах Территориальных комитетов Минэкологии РБ, основной вклад в загрязнение городской среды вносит автотранспорт и предприятия горнорудной промышленности, определяющие поступление тяжелых металлов в среду обитания. Приоритетными загрязняющими веществами почв гг. Сибай, Баймак и Учалы являются Zn, Cu и Cd, в ряде случаев Mn, уровень аккумуляции, подвижность и контрастность площадного распределения которых определяется функциональным использованием территории. Сравнительный анализ загрязнения почвенного покрова внутригородских районов показал, что наиболее загрязненные почвы находятся в центре и старых районах городов, расположенных в непосредственной близости от промышленных предприятий. Относительно чистыми являются почвы рекреационных зон г. Учалы.

Таким образом, почвы Башкирского Зауралья в разной степени загрязнены тяжелыми металлами. Несмотря на то, что по валовому содержанию этих химических элементов большинство исследованных почв отнесены к допустимой категории загрязнения, по отдельным металлам наблюдается значительное превышение ПДК и кларка. Это относится, в первую очередь, к почвам районов и городов в зоне воздействия действующих и отработанных предприятий горнорудного производства (г. Баймак и Баймакского района, Хайбулинского района и гг. Сибай и Учалы). В связи с этим администрациям городов и районов при планировании землепользования, при размещении детских образовательных, спортивных и лечебных учреждений, следует учитывать сведения по загрязненности территорий тяжелыми металлами.

### Литература

1. Почвы Башкирии. Т. 1. Генезис, классификация, география, физические и химические свойства. Уфа : БФАН СССР, 1973. 459 с.
2. Почвы Башкирии. Т. 2. Научные основы и приемы рационального использования. Уфа : БФАН СССР, 1975. 350 с
3. Государственный доклад о состоянии природных ресурсов и окружающей среды Республики Башкортостан в 2019 году. Уфа : Сампрау, 2020. 286 с.
4. Эндемичные экологические ниши Южного (Башкирского) Зауралья: многомерность и флюктуирующие режимы / И. Ю. Усманов, И. Н. Семенова, А. В. Щербаков, Я. Т. Суюндуков // Вестник БГАУ. 2014. № 1. С16–22.
5. Экологическая опасность загрязнения почв урбанизированных территорий горнорудного региона / Р. Ф. Хасanova, Я. Т. Суюндуков, И. Н. Семенова, Ю. С. Рафикова, Ю. Ю. Серегина // Гигиена и санитария. 2019. Т. 98, № 12. С. 1370–1375.

8. Особенности урбопочв горнорудного региона и их физическая деградация / Я. Т. Суюндуков, М. Б. Суюндукова, Р. Ф. Хасанова, И. Н. Семёнова, Г. Р. Ильбулова, Ю. С. Рафикова // Геополитика и экогеодинамика регионов. 2020. Т. 6, № 4. С. 203–213.

**CHEMICAL CONTAMINATION OF SOILS IN THE MINING AREAS  
OF THE SOUTHERN URALS**

**R. F. Khasanova, M. B. Suyundukova, G. R. Ilbulova, G. T. Isanbayeva**

*Institute for Strategic Studies of the Republic of Bashkortostan, Sibay Branch  
Sibay, Russian Federation, rezeda78@mail.ru*

## ЗАГРЯЗНЕНИЕ ПОЧВ ТЯЖЁЛЫМИ МЕТАЛЛАМИ ВДОЛЬ АВТОДОРОГ В ВОЛОГОДСКОЙ ОБЛАСТИ

С. М. Хамитова<sup>1,2,3</sup>, Е. И. Федченко<sup>3</sup>, М. А. Иванова<sup>2,3</sup>, А. С. Пестовский<sup>1</sup>  
С. П. Базюк<sup>1,2</sup>, М. В. Тимофеев<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Всероссийский научно-исследовательский институт фитопатологии

Москва, Россия, хамитова.sveta@yandex.ru

<sup>2</sup>Северный (Арктический) федеральный университет, Архангельск, Россия

ivanovatm1@vogu35.ru

<sup>3</sup>Вологодский государственный университет, Вологда, Россия, ellenn08@yandex.ru

<sup>4</sup>Колхоз «Правда», д. Анисимово, Россия

Проблема загрязнения почв тяжелыми металлами является актуальной. Наиболее подвержены загрязнению почвы вдоль дорог, так как выхлопные газы от автотранспорта из воздуха оседают и проникают в почву. Загрязнение почв тяжелыми металлами в придорожной полосе зависит от интенсивности движения и продолжительности эксплуатации дорог.

Цель исследования – анализ загрязненности почв тяжелыми металлами вдоль дороги от трассы М8 до аэропорта Вологда.

Задачи: определить валовое содержание тяжелых металлов в почвах и провести сравнительный анализ загрязненности почв.

Объектом исследования являются почвы, отобранные вдоль дороги от трассы М8 до аэропорта Вологда.

Аэропорт Вологда находится в 10 км севернее центра города Вологда по Архангельскому шоссе и имеет статус аэропорта федерального значения.

Для проведения данного исследования мы отобрали 11 образцов почвы (рис. 1).



Рис. 1. Места отбора проб почв

Определение валового содержания тяжелых металлов в почвах вдоль дороги от трассы М8 до аэропорта Вологда проводилось в Центре агрохимической службы «Вологодский» село Молочное. Для определения концентраций

меди, цинка, свинца, кадмия, никеля и хрома применялась ФР.1.31.2018.31189 «Методика измерений массовых долей токсичных металлов в пробах почв атомно-абсорбционным методом» [6]. Измерения проводились на атомно-абсорбционном спектрофотометре «С-115 М1». Для определения мышьяка использовались «Методические указания по определению мышьяка в почвах фотометрическим методом», Москва 1993 г. [3]. Для определения концентрации ртути применялась ПНД Ф 16.1.1-96 «Методика выполнения измерений массовой концентрации ртути в пробах почв методом беспламенной атомной абсорбции с термическим разложением проб» [4].

Сравнение полученных показателей по почвам исследуемой территории было проведено на основании гигиенических нормативов ГН 2.1.7.2041-06 «Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в почве» [1] и ГН 2.1.7.2511-09 «Ориентировочно допустимые концентрации (ОДК) химических веществ в почве» [2].

В Вологодском районе, в основном, преобладает дерново-подзолистый, суглинистый типы почвы с кислотностью более 5,5. На изучаемых территориях почвы от слабокислых до щелочных, кислотность варьируется от 6,7 до 8,1. Поэтому за ОДК мы берем верхнюю границу данного показателя.

В почвах всех изучаемых территорий содержание меди не превышает ОДК (132,0 мг/кг). Наибольшее содержание меди обнаружено в почвенных образцах с территорий 10 и 9 – 32,3 мг/кг и 27,1 мг/кг соответственно, что составляет 0,24–0,21 ОДК. Наименьшее содержание меди в почве обнаружено в образцах 1, 2 и 3 – 7,55 мг/кг, 10,8 мг/кг и 12,4 мг/кг соответственно.

Содержание цинка в почвах также не превышает верхней границы ОДК (220 мг/кг). Наибольшее содержание цинка обнаружено в образце 9 – 133,6 мг/кг, что составляет 0,61 ОДК. Наименьшее – в образцах почвы 1,2 и 6 – от 24,0 мг/кг, до 24,9 мг/кг.

Содержание кадмия находится в пределах ОДК (2,0 мг/кг). Наибольшее содержание кадмия отмечается в образцах почвы 7 и 4 – 0,72 мг/кг и 0,69 мг/кг – 0,36 и 0,35 ОДК соответственно. Наименьшее содержание кадмия отмечается в образце почвы 1 – 0,36 мг/кг.

Содержание никеля в почвах парков не превышает верхней границы ОДК (80,0 мг/кг). Наибольшее содержание никеля отмечается в образцах 7 и 8 – 25,7 и 22,7 мг/кг – 0,32 и 0,28 ОДК соответственно. Наименьшее содержание никеля – в образцах почв 3 и 2 (10,7 и 11,6 мг/кг).

Для валового содержания хрома в почве не определены ПДК и ОДК. Наибольшее содержание хрома отмечается в образце 6 (19,4 мг/кг), наименьшее – в образцах 2 и 1 (5,4 и 7,1 мг/кг соответственно).

Для свинца, мышьяка и ртути определены ПДК.

ПДК свинца в почве составляет 32,0 мг/кг. В почвах большинства исследуемых территорий этот показатель не превышен. Превышение ПДК свинца отмечается в образцах почв 11 (47,4 мг/кг) и 9 (36,3 мг/кг). В образцах 10, 5 и 2 этот показатель находится на границах ПДК: 27,0 – 29,5 мг/кг. Наименьшее содержание свинца отмечается в образце 1 (8,6 мг/кг).

Зафиксировано превышение ПДК (2,0 мг/кг) по содержанию мышьяка в образцах почв 7, 8 и 10 (3,3, 2,34 и 2,12 мг/кг соответственно). Высокое содержание мышьяка также отмечается в образце почвы 4 (1,84 мг/кг). Наименьшее содержание мышьяка в почве отмечается в образце 1 (0,67 мг/кг).

Превышения ПДК по содержанию ртути (2,1 мг/кг) в почве не зафиксировано. Наибольшее содержание ртути в почве отмечено в образце 4 – 0,051 мг/кг, наименьшее – в образцах 5 и 6 (0,004 мг/кг).

Используя данные регионального фонового содержания тяжелых металлов в дерново-подзолистых почвах [5] рассчитали суммарный показатель загрязнения  $Z_c$ . Рассчитанная величина суммарного показателя для исследуемых территорий составила от – 0,99 до 6,66 единиц, что по градации оценочной шкалы относится к допустимой категории загрязнения почв. Однако можно проследить закономерность: наименьшие значения суммарного показателя от - 0,99 до 1,08 относятся к территориям 1 и 2; наибольшие значения (более 5) – относятся к территориям 7, 9, 10 и 11.

Таким образом, можно сделать вывод, что наиболее загрязненные тяжелыми металлами почвы отмечаются в образцах, отобранных вблизи автотрассы М8. Наименее загрязненными являются образцы, отобранные на территории сквера у здания аэропорта Вологда.

### Литература

1. ГН 2.1.7.2041-06. Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в почве.
2. ГН 2.1.7.2511-09. Ориентировочно допустимые концентрации (ОДК) химических веществ в почве.
3. Методические указания по определению мышьяка в почвах фотометрическим методом. М., 1993.
4. ПНД Ф 16.1.1-96. Методика выполнения измерений массовой концентрации ртути в пробах почв методом беспламенной атомной абсорбции с термическим разложением проб.
5. СП 11-102-97. Инженерно-экологические изыскания для строительства.
6. ФР.1.31.2018.31189. Методика измерений массовых долей токсичных металлов в пробах почв атомно-абсорбционным методом.

## HEAVY METAL SOIL CONTAMINATION ALONG ROADS IN VOLOGDA

S. M. Khamitova, E. I. Fedchenko, M. A. Ivanova, A. S. Pestovsky  
S. P. Bazyuk, M. V. Timofeev

Vologda State University, Vologda, Russian Federation, xamitowa.sveta@yandex.ru  
Northern (Arctic) Federal University, Arkhangelsk, Russian Federation, ivanovama1@vogu35.ru  
All-Russian Research Institute of Phytopathology, Moscow, Russian Federation  
aspestovski@mail.ru

Kolkhoz «Pravda», Anisimovo, Russian Federation

The problem of soil contamination with heavy metals is urgent. The most susceptible to soil contamination along the roads, as exhaust gases from vehicles from the air settle and penetrate into the soil. The aim of the study was to analyze the contamination of soils with heavy metals along the road from the M8 highway to Vologda Airport. For this study, 11 soil samples were selected.

According to the results of the analysis, it can be concluded that in most samples, the total content of copper, zinc, cadmium, and nickel does not exceed the UEC, and the mercury content does not exceed the MPC. The maximum permissible concentration of lead is exceeded in soil samples 11 and 9, and the maximum permissible concentration of arsenic is exceeded in soil samples 7, 8 and 10.

Using the data of the regional background content of heavy metals in sod-podzolic soils, the total indicator of Zc pollution is calculated. The calculated value of the total indicator for the studied territories ranged from -0.99 to 6.66 units, which, according to the gradation of the assessment scale, belongs to the permissible category of soil pollution. The lowest values of the total indicator from -0.99 to 1.08 refer to territories 1 and 2; the highest values (more than 5) refer to territories 7, 9, 10 and 11.

Thus, it can be concluded that the most polluted soils with heavy metals are found in samples taken near the M8 motorway. The least polluted samples are those taken in the park near the Vologda Airport building.

## ЗНАЧЕНИЕ ПОЧВЕННЫХ РЕСУРСОВ ДЛЯ АПК РОССИИ

Д. М. Хомяков

*Московский государственный университет им. М. В. Ломоносова,  
Москва, Россия, khom@soil/msu.ru*

За прошедшие 50 лет в АПК России произошло несколько кардинальных изменений хозяйственного механизма. Это химизация и механизация сельского хозяйства РСФСР в 70-х гг. прошлого века, затем интенсификация, техническое перевооружение, мелиорация и Продовольственная программа – в 80-х. После 1992 г. страна изменила экономический уклад, отказалась от плановой экономики и провела земельную реформу. Трудности переходного периода привели к падению производства и невозможности обеспечить собственное население продуктами питания. Практически страна утратила продовольственную независимость.

Следующий важный период стартовал с начала 2000-х гг. в связи с изменением внутренней экономической ситуации и внешними благоприятными факторами. Сбалансированный государственный бюджет и девальвация рубля, обеспечили быстрый выход из кризиса 1999 г. Открытая экономика способствовала трансформации агротехнологий, внедрению инноваций, адаптации мирового научного опыта.

Очередной этап выделяется после 2014 г., когда Россия оказалась в новой политico-экономической реальности. Однако потенциал созданных для агропроизводства исключительных возможностей, связанных с закрытием внутреннего рынка, политикой контрсанкций, очередным падением курса национальной валюты и мерами государственной поддержки отрасли был практически исчерпан к моменту, когда наступил новый длительный этап трансформации мировой и российской экономики – «ковидная революция». В условиях стагфляции, как мировой, так и отечественной экономики, продовольственная инфляция демонстрирует опережающий стремительный рост без обязательной корреляции с ценами на энергоносители.

В 1970 году доля аграрного сектора в валовом внутреннем продукте в текущих ценах составляла по РСФСР 17,0 %, в 1991 – 15,6 %, при этом страна закупала продовольствие, детское питание и базовые промышленные товары. В РФ в 1992 доля АПК – 14,2 %, в 2000 – 10,2 %, а с середины 2000-х по настоящее время колеблется в районе 5–6 %. Это самый высокий показатель среди стран «большой восьмерки». В XXI веке Россия успела пройти непростой путь от продовольственной зависимости к самостоятельности и возможности стать значимым участником глобального рынка этих товаров и сельскохозяйственного сырья. Каждая восьмая тонна зерна на мировом рынке, и каждая пятая тонна пшеницы – российские. Несмотря на очевидные достижения, не все старые проблемы аграрного сектора были решены, зато появились новые, отразившиеся на всех аспектах жизни людей в сельской местности.

В последние 20 лет численное значение индекса производства продукции многоукладного сельского хозяйства страны (по всем категориям хозяйств в сопоставимых ценах в процентах к предыдущему году) отражает очень неравномерную динамику развития отрасли. Оно колебалось от плюс 22,3 % в 2011 г. после предшествующего провала, до минус 12,1 % в 2010 г. во время засухи. В кризисный 2020 г. индекс достиг плюс 2,0 %. После самого высокого валового сбора зерна за всю историю РФ в 2017 г. – плюс 2,9 %, в благополучном 2018 г. он пал до минус 0,2 % [5]. Проблемы устойчивого развития аграрной отрасли очевидны. Большое влияние на него оказывают нерыночные факторы.

Значение почвенных ресурсов во всем мире растёт в связи с глобальными процессами их деградации и утраты, а также невозможности осуществления почвенным покровом биосферных функций в прежнем объеме. Россия имеет максимальную его площадь по сравнению с другими странами – примерно 14,5 млн км<sup>2</sup>.

Почвы – основа получения первичной продукции АПК и функционирования продовольственных систем. Общая площадь сельскохозяйственных угодий в составе земель сельскохозяйственного назначения, по данным Росреестра на 01.01.2019 – 197,7 млн га, в том числе: общая площадь пашни – 116,24 млн га, сенокосов – 18,72 млн га, пастбищ – 57,20 млн га, залежи – 4,31 млн га, многолетних насаждений – 1,23 млн га [2].

Площадь пашни по данным Росстата [6] – 115,8 млн га, сельскохозяйственных угодий – 220,0 млн га. Как используются сейчас 24 млн га пашни остается вне проводимого опросным путем с мест учета. На сегодня площадь посевов – около 80,0 млн га, а паров – до 12,0 млн га. Сравнение данных разных источников свидетельствует об отсутствии в них точной и исчерпывающей информации по этим важнейшим вопросам обеспечения национальной и продовольственной безопасности.

Рациональное природопользование в сельском хозяйстве начинается с организации территории по типам местности: леса, пашни, лугопастбищные угодья, поверхностные воды, густота овражно-балочной и долинной сети, склоны, селитебные зоны и т. д. Последствия нарушения экологического равновесия в лесо-аграрных ландшафтах начал изучать в 1892 г. В. В. Докучаев после засухи, недорода и голода в степях и лесостепях России. Трагические события и их последствия были обусловлены экстенсивным ведением земледелия и вырубкой лесов.

Уже в 80–90-е гг. прошлого века доказана необходимость использования зональных ландшафтно-адаптивных систем земледелия с контурно-мелиоративной организацией территории (землеустройством). Без соблюдения этих правил нельзя рассчитывать на устойчивые и высокоурожайные посевы, обеспечение экологической безопасности. Снижение урожаев требует введение в оборот новых площадей. Разомкнуть этот порочный круг весьма трудно, и к 1990 г. в Центральном Черноземье было распахано 63 % общей площади региона, что существенно превышало критические уровни. Масштабное и повсеместное использование научных разработок было и остается невозможно из-за

комплекса нормативных, правовых, организационных, экономических и технологических причин.

С 1992 г. новые социально-экономические и погодно-климатические условия в совокупности с проведенной земельной реформой, легализовавшей рынок и частную собственность на земельные участки, позволили определить наиболее приемлемые территории для ведения эффективного и рентабельного земледелия с учетом свойств и характеристик пахотных почв. В первые пять лет 2000-х годов появились признаки стабилизации ситуации. Из оборота постепенно выводились изначально мало плодородные почвы, расположенные в Нечерноземной зоне страны с низким биоклиматическим потенциалом. Они имеют повышенную кислотность, нуждаются в проведении весьма капиталоемких мероприятий – коренном улучшении и комплексной мелиорации. В основных зернопроизводящих южных черноземных регионах России площади были сохранены, а резервы пашни в настоящее время – отсутствуют.

ЮНЕП выдвинула концепцию «безопасного рабочего пространства» (БРП). Предлагается к 2030 г. использовать для нужд потребления не более 0,2 га пахотных почв на человека. Превышение данного показателя вызовет риск неприемлемого уровня: приведет к необратимому ущербу в виде сокращения биоразнообразия, высвобождения двуокиси углерода, нарушения круговорота воды и питательных веществ, вовлечения в сельскохозяйственный оборот новых участков и сокращения площадей почв в естественных биогеоценозах [8].

В ЕС сейчас в среднем индекс БРП составляет 0,35 га/чел. с колебанием по странам: от 0,06 – в Нидерландах и Бельгии, 0,15 – в Австрии и Германии до 0,44 – в Венгрии и Болгарии. В США – 0,45. В России с населением – 146,5 млн человек реальный индекс БРП – 0,63 га/чел. «Статистический» – 0,79 (расчет по [6]).

Интегральным показателем состояния земледелия и растениеводства являются валовые сборы основных сельскохозяйственных культур. Рассмотрение пяти основных начиная с 1990-го по 2020 г. выявило разнонаправленную динамику [1; 6].

Для зерновых и зернобобовых, сахарной свеклы и семян подсолнечника это нисходящий тренд до 1998, 1999 гг. Здесь отразились трудности переходного периода, снижение площади посевов и засушливые условия этих лет в основных аграрных регионах России. Начиная с 2000 г. можно выделить восходящий тренд с колебаниями по годам обусловленными рыночной конъюнктурой и агрометеорологическими условиями. В этот период площади посевов в основном стабилизировались. За прошедшие 30 лет в общей структуре посевов доля пшеницы выросла с 20 до 37 %, а в посевах зерновых и зернобобовых – с 37 до 60 %. До 2021 г. зерновой комплекс был ориентирован на свободный экспорт продукции, что позволяло поддерживать рентабельность отрасли.

По овощам открытого и закрытого грунта можно говорить об устойчивом восходящем тренде, с явными провалами в экстремально засушливые 1999 и 2010 гг.

Производство картофеля – «второго хлеба» России – выросло к 1995 г. до 40,0 млн т за счет активности ЛПХ и агробизнеса, затем устойчиво снижалось вплоть до 2020 г., когда во всех категориях хозяйств было собрано всего 19,6 млн т. Существенные отклонения от тренда отмечены так же в упомянутые выше неблагоприятные по гидротермическим условиям годы.

С точки зрения фундаментальных положений почвоведения, агрохимии и экологии ясно, что материальной основой роста урожаев, стали ранее сформировавшиеся и накопленные ресурсы плодородия почв. К ним мы отнесли – запас органического вещества (гумуса), макро- и микроэлементов минерального питания растений, комплекс режимов и параметров (физических, химических, физико-химических и биологических), позволяющий осуществлять продукционный процесс и формировать урожай возделываемых сельскохозяйственных культур (товарную продукцию), реализуя возросший биоклиматический потенциал. Баланс всех элементов минерального питания в земледелии и кормопроизводстве России последние 30 лет отрицательный. Идут процессы декарбонизации (дегумификации), асидизации, растет доля кислых почв, нуждающихся в первоочередном известковании, а также почв с недостаточным запасом и содержанием подвижных и доступных сельскохозяйственным культурам форм макро- и микроэлементов минерального питания растений. Высокая интенсивность деградационных процессов отражается в увеличение площадей таких почв по результатам агрохимических обследований [2; 3; 7 и др.].

В парадигме «зеленой» экономики выстраиваются «углеродные» границы. Будет взиматься «углеродный налог» и прослеживаться «углеродный след» продукции. Для аграрного сектора возникает вопрос о новых технологиях получения сырья, изделий, товаров и/или необходимости компенсировать экологические последствия их производства, что определит конкурентное преимущество. Без оценки состояния почв и управления использованием почвенных ресурсов в «климатически нейтральном» сельском хозяйстве и «зеленой агрохимии» этого сделать невозможно [7]. В России нет явных ресурсов для расширения и восстановления прежних объемов пашни, близких к уровню 1990 г. Текущий уровень 90–92 млн га является предельным, с учетом, что парующие площади должны составлять не выше 10 % от общей пашни, а не 14 %, как сейчас. Пока пределы роста продукции земледелия и растениеводства, а, следовательно, и всего АПК, обусловлены ежегодно уменьшающимся потенциалом плодородия российских пахотных почв.

### Литература

1. Валовые сборы сельскохозяйственных культур по Российской Федерации (хозяйства всех категорий) // Росстат : офиц. сайт. URL: <https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/N4OmyxGP/2-1.1.xls> (дата обращения: 15.05.2021).
2. Государственный (национальный) доклад о состоянии и использовании земель в Российской Федерации в 2019 году. М. : Росреестр, 2020. 206 с.
3. Доклад о состоянии и использовании земель сельскохозяйственного назначения Российской Федерации в 2018 году. М. : Росинформагротех, 2020. 340 с
4. Доклад Председателя Комитета Государственной Думы по аграрным вопросам, академика РАН В. И. Кашина на Парламентских слушаниях на тему «Законодательное обес-

печение эффективного развития АПК и производства улучшенной и органической сельскохозяйственной продукции». Государственная Дума, Малый зал, 20 апреля 2021 г. // Официальный сайт Комитета Государственной Думы по аграрным вопросам. URL: <http://www.komitet2-20.km.duma.gov.ru/Novosti-Komiteta/item/25906379> (дата обращения: 15.05.2021).

5. Индексы производства продукции сельского хозяйства по категориям хозяйств по Российской Федерации (в сопоставимых ценах; в процентах к предыдущему году) // Росстат : офиц. сайт. URL: [https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/BiQIK2E6/ind\\_sx\\_rf.xls](https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/BiQIK2E6/ind_sx_rf.xls) (дата обращения: 15.05.2021).

6. Российский статистический ежегодник. 2020: Статистический сборник. М. : Росстат, 2020. 700 с.

7. Хомяков Д. М., Азиков Д. А. Эколого-почвенные аспекты земледелия России // Экология и промышленность России. 2021. Т. 25, № 4. С. 50–55

8. UNEP (2014) Assessing Global Land Use: Balancing Consumption with Sustainable Supply. A Report of the Working Group on Land and Soils of the International Resource Panel // Bringezu S., Schütz H., Pengue W., O'Brien M., Garcia F., Sims R., Howarth R., Kauppi L., Swilling M., and Herrick J. Nairobi, Kenya: United Nations Environment Programme, 2014. 132 p.

## THE IMPORTANCE OF SOIL RESOURCES FOR THE AGRO-INDUSTRIAL COMPLEX OF RUSSIA

D. M. Kholmiakov

*Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russian Federation  
khom@soil/msu.ru*

The collection, generalization and system analysis of statistical data describing the ecological and economic aspects of agriculture and crop production in Russia and the agro-industrial complex as a whole is carried out. The problems of sustainable development of the agricultural sector are obvious. It is strongly influenced by non-market factors.

Since 1992, new socio-economic and weather-climatic conditions, combined with the land reform that legalized the market and private ownership of land, have made it possible to determine the most suitable territories for conducting effective and cost-effective agriculture, taking into account the properties and characteristics of arable soils.

The state of arable soils and the balance of elements of mineral nutrition of plants in agroecosystems are evaluated. It is proved that the material basis for the growth of crops, were previously formed and accumulated resources of soil fertility.

In Russia, there are no obvious resources to expand and restore the former volumes of arable land, close to the level of 1990. The current level of 90–92 million hectares is the limit, taking into account that the fallow area should not exceed 10 % of the total arable land, and not 14 %, as it is now. So far, the limits of the growth of agricultural and crop production, and, consequently, of the entire agro-industrial complex, are due to the annually decreasing fertility potential of Russian arable soils.

For the agricultural sector, the question arises about new technologies for obtaining raw materials, products, goods and/or the need to compensate for the environmental consequences of their production, which will determine the competitive advantage. It is impossible to do this without assessing the state of the soil and managing the use of soil resources in “climate-neutral” agriculture and “green agrochemistry”.

## ПОЧВЕННО-ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ЗЕМЕЛЬ ПОСТПИРОГЕННЫХ ТЕРРИТОРИЙ

Е. Ю. Чебыкина, Е. В. Абакумов

Санкт-Петербургский государственный университет  
Санкт-Петербург, Россия, doublemax@yandex.ru

Природные пожары – это наиболее опасное экзогенное нарушение в естественных экосистемах России. Лесные пожары приносят значительный экологический и экономический ущерб. Величина прямого ущерба от пожаров [3] оценивается сотнями миллионов рублей, не включает возможную прибыль от экосистемных услуг, которые предоставляются лесными экосистемами и связанных с утратой ряда полезных функций леса, а также потери от уничтожения продуктов побочного пользования.

Пирогенные изменения в почве являются следствием непосредственного воздействия огня, а также косвенных послепожарных изменений в биогеоценозе, причем последние имеют значительно большее распространение. Уничтожение древесного и травяного ярусов лесных экосистем приводит к повышению освещенности в горельниках, увеличивает проникновение осадков в почву, изменяет температурный режим. Органическое вещество и процессы его трансформации играют определяющую роль в формировании почвы, ее основных свойств и признаков, а влияние пожара на физико-химические свойства оказывается на дальнейшем росте различных типов растительности, и это вызывает глубокий интерес исследователей к изучению органического вещества почвы до и после пожара.

Сокращение количества мертвого органического вещества в почве – это главный фактор снижения почвенного плодородия. Восстановление органического вещества в почве лесных насаждений в дальнейшем происходит медленно при образовании новой подстилки, интенсивность формирования которой зависит от лесорастительных условий и лесоводственно-таксационной характеристики древостоев [2; 4; 7]. Плодородие почвы относится к таким ее свойствам, которые можно легко ухудшить и разрушить, но трудно (а нередко и практически невозможно) в полном объеме или хотя бы в значительной мере восстановить. Поэтому целью данной работы было проведение почвенно-экологической оценки постпирогенных почв на основе оценки уровня обогащенности почв, формирующихся под воздействием лесных пожаров, основными элементами питания.

Авторами в период с 2010 по 2019 г. проводились мониторинговые исследования постпирогенных почв в лесостепной зоне на примере островного бора г. Тольятти, подвергшиеся воздействию катастрофических лесных пожаров в июле 2010 г. Были изучены морфологическая организация профиля постпирогенных серогумусовых почв, их макро-, мезо- и микроморфологические особенности, исследовано влияние верхового и низового пожаров на ос-

новные химические, физические, физико-химические и биологические свойства почв и оценена пространственно-временная динамика изменения свойств после пожаров, выявлены постпирогенные изменения системы органического вещества почв, а также составлен долгосрочный прогноз динамики запасов органического вещества сухих сосновых лесов под влиянием низовых пожаров с помощью вычислительных экспериментов.

Для изучения пирогенного почвообразования были выбраны степные островные сосновые боры в районе г. Тольятти, подвергшиеся воздействию катастрофических лесных пожаров в июле 2010 г. Островные сосновые боры сформированы на песчаных и супесчаных отложениях эолового или аллювиального происхождения в суб boreальном климате. Это территория Ставропольского соснового бора ( $53^{\circ}29'43.80''$  N,  $49^{\circ}20'56.44''$  E, 179 м над у. м.) (рис. 1).

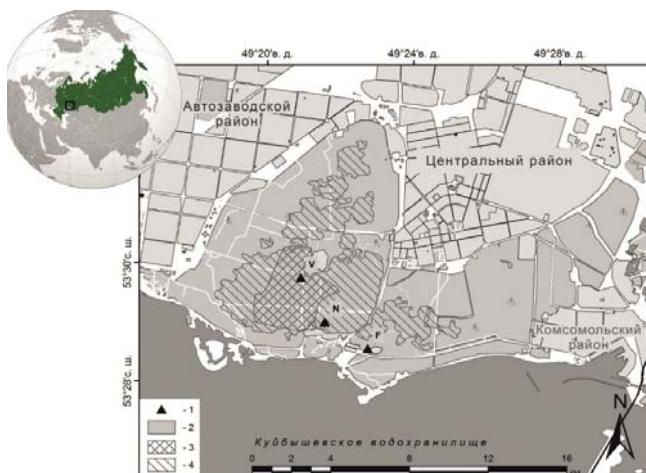


Рис. 1. Участки Ставропольского бора, поврежденные и уничтоженные лесными пожарами в 2010 г. Условные обозначения:

- ▲ – участки размещения почвенных разрезов (V – участок верхового пожара, N – участок низового пожара, F – участок на незатронутой пожаром территории);
- 2 – залесенные территории (до пожара 2010 г.);
- 3 – территории, пострадавшие от верхового пожара;
- 4 – территории, пострадавшие от низового пожара.

Для относительного количественного выражения уровня плодородия и проведения почвенно-экологической оценки существует большое число различных методических подходов и составленных на их основе шкал бонитировки почв.

В отличие от других методик почвенно-экологической оценки почв, бонитировка, разработанная И. И. Кармановым [8], дает возможность получать по определенным формулам сопоставимые оценочные баллы качества почв для всей территории России. В оценочные параметры этой бонитировки включены климатические факторы соответствующего масштаба осреднения. Согласно ме-

тодологии И. И. Карманова, каждая почва, формирующаяся в конкретных экологических условиях, соответствует определенному почвенно-экологическому индексу (ПЭи), величина которого определяет уровень плодородия почвы и её бонитет. Почвенно-экологическая оценка производится на основании свойств почв, климатических показателей и некоторых других особенностей территорий.

Для расчета ПЭи использовали данные по почвенным и агрохимическим параметрам для изученных постпирогенных почв. В качестве информационной основы использовали почвенную карту, а также климатические карты сумм активных температур и количества осадков и другую справочную информацию по Самарской области. Все коэффициенты были взяты из справочных таблиц в приложении к книге [8].

### **Результаты исследования**

Влияние лесных пожаров проявляется в накоплении основных элементов питания (что особенно выражено в случае низового пожара) – фосфора, калия, аммонийного и нитратного азота. Непосредственно сразу после пожаров отмечены высокие содержания элементов питания, которые существенно превосходят их содержание в фоновой почве, а также по сравнению с последующими стадиями пирогенной сукцессии.

Полученные в результате исследований данные показали, что пожары приводят к увеличению содержания биофильных элементов в зольном горизонте – фосфора и калия, причем при низовом пожаре это увеличение более заметно, видимо, за счет того, что при этом происходит полное сгорание поверхности почвы. В 2012 г. содержание фосфора и калия ненамного, но уменьшилось в результате выноса с атмосферными осадками, что отражено также в исследованиях R. Pereira et al. [9]. Таким образом, зола, поступающая на поверхность почвы, при горении верхних горизонтов обогащает ее элементами питания. Источником этих соединений являются не только сгоревшие подстилка и надземные органы растений, но также подземные органы погибших растений и минеральные и органо-минеральные частицы почвы (например, полевые шпаты). Можно сказать, что горение сопровождается увеличением именно подвижных форм калия и фосфора. Подвижная форма не может возникнуть от калиевых полевых шпатов, поскольку они стоят в ряду наиболее стойких к выветриванию минералов. Следовательно, она возникает только от продуктов сгорания растительных компонентов.

Кроме того, как утверждал G. Certini [8], содержание аммонийного и нитратного азота также повышается в почвах после лесных пожаров, однако не столь существенно, как в случае  $P_2O_5$  и  $K_2O$ . Многие исследования показывают послепожарное увеличение содержания валового азота на свежих гарях и постепенное снижение доли гидролизуемых соединений азота в последующем [5]. Пирогенное изменение активности минерализационных процессов обусловлено изменением динамики поступления растительных остатков на поверхность почв, трансформацией гидротермических условий и активностью почвенной биоты [1].

Результаты расчетов ПЭи для постпирогенных изученных почв представлены на рис. 2.

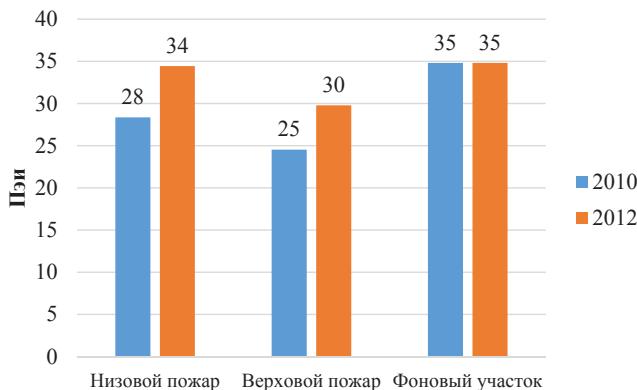


Рис. 2

Полученные данные свидетельствуют о том, что почвы непосредственно сразу после пожаров теряют сразу несколько баллов в бонитете и переходят в разряд низкоплодородных по сравнению со среднеплодородными почвами фонового участка. Спустя пару лет некоторые почвенные показатели достигают контрольных, тем самым увеличивая бонитет до среднеплодородных почв.

Таким образом, проведенная почвенно-экологическая оценка постпирогенных почв показала существенное снижение уровня плодородия почв после пожаров, однако со временем все изменения характеристик почвы, которые имели место, постепенно нивелируются, чему способствует постепенное восстановление биоты и её средорегулирующих функций, и почвенное состояние и плодородие приближается к фоновому. После низового пожара главным движущим фактором, влияющим на почвенную восстановительную сукцессию, является свежий растительный опад, поступающий на поверхность, при верховом – поверхностная водная эрозия.

*Работа выполнена при поддержке РНФ, проект 17-16-01030.*

#### Литература

1. Азотный фонд песчаных подзолов после контролируемых выжиганий сосняков Средней Сибири / И. Н. Безкоровайная, П. А. Тарасов, Г. А. Иванова, А. В. Богородская, Е. Н. Краснощекова // Почтоведение. 2007. № 6. С. 775–783.
2. Богородская А. В., Иванова Г. А., Тарасов П. А. Послепожарная трансформация микробных комплексов почв лиственничков Нижнего Приангарья // Почтоведение. 2011. № 1. С. 56–63.
3. Главацкий Г. Д., Груманс В. М. Особенности организации тушения крупных лесных пожаров в многолесных районах Сибири // Лесной вестник. 2001. № 2. С. 45–55.
4. Коган Р. М., Панина О. Ю. Исследования влияния лесных пожаров на почвы широколиственных лесов (на примере Еврейской автономной области) // Региональные проблемы. 2010. № 1. С. 67–70.
5. Краснощеков Ю. Н., Евдокименко М. Д., Доржсурэн Ч. Влияние пожаров на экосистемы подтаежных лиственничных лесов Восточного Хэнтэя в Монголии // Сибирский лесной журнал. 2014. № 3. С. 53–63.

6. Усеня В. В., Каткова Е. Н., Ульдинович С. В. Лесная пирология : учеб. пособие для студентов высш. учеб. заведений по специальности «Лесное хозяйство» / М-во образования РБ, Гомел. гос. ун-т им. Ф. Скорины ; Ин-т леса НАН Беларуси. Гомель : ГГУ им. Ф. Скорины, 2011. 264 с.

7. Шишов Л. Л., Дурманов Д. Н., Карманов И. И., Ефремов В. В. Теоретические основы и пути регулирования плодородия почв. М. : Агропромиздат, 1991, 305 с.

8. Certini G. Effects of fire on properties of forest soils: a review // Oecologia. 2005. Vol. 143. P. 1–10.

9. Pereira P., Cerdà A., Úbeda X., Mataix-Solera J., Martin D., Jordà A., Burguet M. Spatial models for monitoring the spatiotemporal evolution of ashes after fire – a case study of a burnt grassland in Lithuania // Solid Earth. 2013. N 4. P. 153–165.

## SOIL-ENVIRONMENTAL ASSESSMENT OF POSTPYROGENIC SOILS

E. Yu. Chebykina, E. V. Abakumov

Saint-Petersburg State University, Saint Petersburg, Russian Federation

doublemax@yandex.ru

New data about a role of forest fires in soil fertility indexes and nutrients regimes formation (phosphorus, potassium, ammonium and nitrate forms of nitrogen) was obtained as part of the study.

## ИЗМЕНЕНИЕ КАТАЛАЗНОЙ АКТИВНОСТИ ОПОДЗОЛЕННОГО ЧЕРНОЗЕМА, ЗАГРЯЗНЕННОГО ПОЛЮТОНАТАМИ, ПРИ ЕГО ДЕТОКСИКАЦИИ

О. В. Черникова<sup>1</sup>, Ю. А. Мажайский<sup>1</sup>, Л. Е. Амплеева<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Академия права и управления Федеральной службы исполнения наказаний

Рязань, Россия, chernikova\_olga@inbox.ru, director@mntc.pro

<sup>2</sup>Рязанский государственный агротехнологический университет  
им. П. А. Костычева, Рязань, Россия, venelona@gmail.com

Тяжелые металлы, попадающие в окружающую среду в результате производственной деятельности человека (промышленность, транспорт и т. д.), являются одним из самых опасных загрязнителей атмосферы. Эти металлы имеют тенденцию закрепляться в отдельных звеньях биологического круговорота, акумулироваться в биомассе микроорганизмов и растений и по трофическим цепям попадать в организм животных и человека, отрицательно воздействуя на их жизнедеятельность [3].

Почва – природное образование, уникальное по сложности вещественного состава и является таким компонентом экосистем, где наиболее интенсивно протекает взаимодействие живой и неживой материи, где формируются биологические и биогеохимические круговороты веществ.

Из многочисленных показателей биологической активности почвы большое значение имеют почвенные ферменты. Их разнообразие и богатство делают возможным осуществление последовательных биохимических превращений поступающих в почву органических остатков.

По ферментному разнообразию и ферментативному пулу почва является самой разнообразной системой. Богатство и разнообразие ферментов в почве позволяет осуществляться последовательным биохимическим превращениям различных поступающих в нее органических остатков. Почвенные ферменты значительную роль играют в процессах гумусообразования. Превращение животных и растительных остатков в гумусовые вещества является сложным биохимическим процессом, который протекает с участием иммобилизованных почвой внеклеточных ферментов, а также различных групп микроорганизмов. Показана прямая связь между ферментативной активностью и интенсивностью гумификации [4].

На ферментативную активность оказывает влияние ряд естественных факторов – химический и физический состав почвы, влажность, кислотность (pH), температурный режим и т. д. Однако в последнее время в связи с ростом антропогенной нагрузки на почвы, все более интенсивное воздействие на ферментативную активность оказывают антропогенные факторы [2].

Ферменты, относящиеся к классу оксидоредуктаз, катализируют окислиительно-восстановительные реакции, играющие ведущую роль в биохимических процессах в клетках живых организмов, а также в почве. Одним из наиболее

распространенных ферментов в почвах такие оксидоредуктазы, как каталаза, активность которой является важным показателем генезиса почв.

Исследованиями различных авторов установлено, что активность почвенных ферментов может служить дополнительным диагностическим показателем почвенного плодородия и его изменения в результате антропогенного воздействия. Применению ферментативной активности в качестве диагностического показателя способствуют низкая ошибка опытов и высокая устойчивость ферментов при хранении образцов.

Цель данного исследования заключалась в исследовании влияния комплексного загрязнения тяжелыми металлами на каталазную активность оподзоленного чернозема в условиях его санации.

Разрабатывая агрохимические приемы детоксикации загрязненных почв, в стационарном лизиметрическом опыте, проведен предварительный этап, в котором изучено валовое содержание Zn, Cu, Pb, Cd в оподзоленном черноземе, его гидролитическая кислотность ( $H_r$ ) в каждом лизиметре и выполнена нейтрализация кислотности.

Согласно региональной градации уровней загрязненности почв, составленной на основании геохимического фона, содержание в почве Cu – 90 мг/кг, Zn – 110 мг/кг, Pb – 40 мг/кг, Cd – 0,6 мг/кг представляют повышенное загрязнение.

Моделирование повышенного комплексного уровня загрязнения почвы было выполнено с помощью довнесения в почву. При этом использовались химически чистые соли:  $Zn(CH_3COO)_2 \times 2H_2O$ ;  $CuSO_4 \times 5H_2O$ ;  $Pb(CH_3COO)_2$ ;  $CdSO_4$ .

Для этого из лизиметра выбирался слой почвы глубиной 20 см. Расчетная доза солей Cu, Zn, Pb и Cd тщательно перемешивалась с этой почвой и укладывалась в тот же лизиметр.

Было изучено влияние следующих систем удобрений: органическая (навоз КРС), органо-минеральная и минеральная, где суперфосфат двойной использовался периодически и ежегодно повышенными дозами. Для чернозема оподзоленного тяжелосуглинистого принята норма навоза 100 т/га (табл.). Нормы минеральных удобрений в зависимости от культуры, приняты согласно рекомендациям для нашей зоны.

Таблица  
Шкала для оценки степени обогащенности почв каталазой по Д. Г. Звягинцеву [1]

Степень обогащенности почв	Каталаза, $O_2 \text{ см}^3/\text{г за 1 мин}$
Очень бедная	< 1
Бедная	1–3
Средняя	3–10
Богатая	10–30
Очень богатая	>30

Рассчитанные нормы удобрений равномерно распределялись вручную по поверхности лизиметра, а далее почву копали на глубину 12–15 см. Поверхность почвы выравнивали граблями. В качестве уравнительной культуры была

посеяна смесь трав (овсяница, тимофеевка, клевер). В опыте использовали мочевину ( $N - 46\%$ ), суперфосфат двойной ( $P_2O_5 - 44\%$ ), калий сернокислый ( $K_2O - 48\%$ ).

Сбор и анализ почвенных образцов на активность ферментов осуществляли общепринятыми в энзимологии и почвоведении методами. Контролем служила незагрязненная почва без применения удобрительных средств. Активность каталазы определяли газометрическим методом по объему выделившегося кислорода, основанным на измерении скорости разложения перекиси водорода при ее взаимодействии с почвой. Статистическую обработку полученных результатов осуществляли общепринятыми методами с помощью Microsoft Excel.

Каталаза играет важную роль в процессах нейтрализации токсичной для почвенных живых организмов перекиси водорода, которая поступает в почву в результате их высокой физиологической активности в период неблагоприятных условий жизнедеятельности. Исследователями отмечена чувствительность этого фермента к содержанию тяжелых металлов.

Загрязнение почвы комплексом тяжелых металлов привело к снижению каталазной активности в 2 раза по сравнению с контрольным вариантом опыта и составило  $1,8, O_2 \text{ см}^3/\text{г}$  за 1 мин (рис. 1), что характеризует ее как бедную по степени обогащенности данным ферментом (см. табл.).

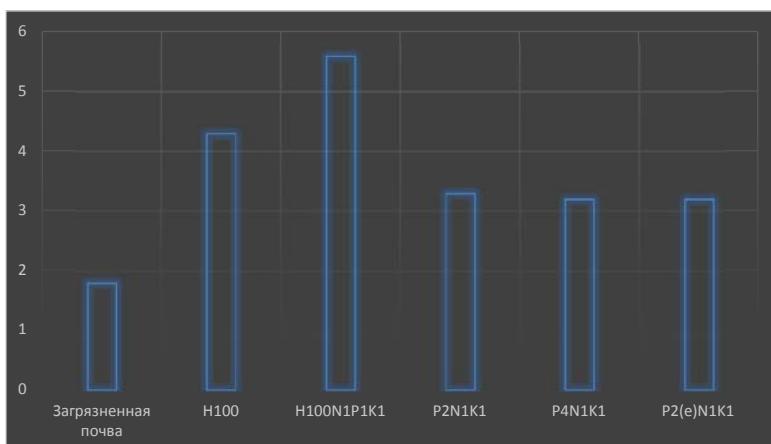


Рис. 1. Активность каталазы в  $O_2 \text{ см}^3/\text{г}$  за 1 мин

Применение минеральных удобрений способствовало активизации каталазы, однако, полностью не компенсировало их отрицательное воздействие и по сравнению с контрольным вариантом было на 8,33–11,11 % ниже. Применение H100N1P1K1 привело к повышению каталазной активности на 55,56 % и составило  $5,6, O_2 \text{ см}^3/\text{г}$  за 1 мин, что относит почву к среднеобеспеченным данным ферментом (табл. 1).

Внесение различных удобрений способствовало восстановлению ферментативной активности. Однако следует отметить, что наиболее эффективным способом, согласно нашим исследованиям, является органо-минеральный комплекс удобрений, внесение которого позволило не только купировать отрицательное воздействие тяжёлых металлов, но и повысить каталазную активность почвы в 1,60 раза.

### Литература

1. Звягинцев Д. Г. Биологическая активность почв и шкалы для оценки некоторых ее показателей // Почвоведение. 1978. № 6. С. 48–54.
2. Мажайский Ю. А., Черникова О. В. Микробиологическая активность оподзоленного ченозема, загрязненного тяжелыми металлами, при агрохимической санации // Мелиорация земель – неотъемлемая часть восстановления и развития АПК Нечерноземной зоны Российской Федерации : материалы Междунар. науч.-практ. конф. 2019. С. 229–232.
3. Черникова О. В. Экологическое обоснование комплексных приемов реабилитации черноземов, загрязненных тяжелыми металлами (на примере Рязанской области) : дис. ... канд. биол. наук / Рос. гос. аграр. ун-т. Рязань, 2010. 178 с.
4. Effect of Heavy Metals on the Enzymatic Activity of Haplic Chernozem under Model Experimental Conditions / N. Gromakova, S. Mandzhieva, T. Minkina, O. Birukova, S. Kolesnikov, G. Motuzova, V. Chaplygin, N. Barsova, I. Zamulina, S. Sushkova // OnLine Journal of Biological Sciences. 2017. N 17. C. 143–150. <https://doi.org/10.3844/ojbsci.2017.143.150>.

## CHANGES IN THE CATALASE ACTIVITY OF PODZOLIZED CHERNOZEM CONTAMINATED WITH POLLUTANTS, WHEN IT IS DETOXIFIED

O. V. Chernikova<sup>1</sup>, Yu. A. Mazhayskiy<sup>1</sup>, L. E. Ampleeva<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Academy of law management of the federal penal service of Russia, Ryazan  
chernikova\_olga@inbox.ru, director@mntc.pro

<sup>2</sup>Ryazan State Agrotechnological University named after P. A. Kostychev, Ryazan  
venelona@gmail.com

The soil is an indicator of the general technogenic situation. In terms of the scale of pollution, as well as the impact on biological objects, heavy metals occupy a special place among pollutants. One of the priority pollutants are Pb, Cd, Zn, Cu. In assessing the ecological state of the environment, the study of the soil cover plays an important role. The most informative integral characteristics of the biological activity of the soil are the activity of soil enzymes. In a lysimetric experiment with podzolized chernozem, we studied the change in the biological activity of soil in terms of invertase enzymatic activity under the complex influence of heavy metals under conditions of the use of detoxification agents. The best sanitizing effect is obtained when using an organo-mineral fertilizer system. Changes in the of invertase enzymatic activity can be used to diagnose the effectiveness of the use of various fertilizer systems on soil contaminated by heavy metals.

## К ВОПРОСУ ЗАСОЛЕНИЯ ПОЧВ НА ТЕРРИТОРИИ АЛМАЗОДОБЫЧИ (ЗАПАДНАЯ ЯКУТИЯ)

О. В. Шадринова

*Институт геологии алмаза и благородных металлов СО РАН  
Якутск, Россия, ovshadrinova@gmail.com*

Алмазодобыча предполагает существенное комплексное воздействие на окружающую среду и колоссальную нагрузку здесь испытывает почвенный покров: механическое разрушение, снос верхнего органогенного слоя, перемешивание генетических горизонтов, погребение природных почв пустыми отвалами. Помимо этого неизбежны и косвенные нагрузки в виде химического выветривания. Но возможности почв как природного геохимического барьера не безграничны, о чем и свидетельствует формирование засоления почвенного покрова [1].

На территории РС(Я) площадь засоленных и засоленно-солонцовых почв равно 9,25 тыс. км<sup>2</sup> [10], при этом, анализируя состояние проблемы по оценке и учету засоленных почв на территории России на начало XXI в., можно констатировать следующее: сведения об оценке свойств и распространении засоленных почв, приведенные в публикациях последних лет, опираются в основном на материалы середины и конца XX в. [9] К тому же стоит отметить, что учет засоленных земель, находящихся в труднодоступной и отдаленной местности не ведется.

Площадь исследования находится в Западной Якутии на территории Айхальского горно-обогатительного комбината АК «АЛРОСА» и характеризуется сплошным распространением многолетнемерзлых пород, в зоне северной тайги, где вследствие расчлененного рельефа и неглубокого залегания коренных пород наблюдается очень слабая заболоченность. Западная Якутия относится к области резко континентального климата, с характерным для нее колебаниями суточных и годовых температур, продолжительной суворой зимой, коротким, относительно теплым летом и малым количеством атмосферных осадков.

Исследования включали морфологическое описание и физико-химический анализ свойств почв. Образцы отбирались по генетическим горизонтам. Диагностика почв проводилась согласно классификации почв России (2004).

Оценка степени засоления почв проведена по общепринятым в почтоведении и агрохимии методикам. Расчет токсичных солей выполнен по результатам анализов водных вытяжек почв. Всего проанализировано 113 проб почв и грунтов.

Общеизвестно, что засоление почв – одна из главных причин деградации земель. А природно-климатические условия Республики Саха (Якутия), зоны сплошного и островного распространения вечной мерзлоты, определяют повышенную экологическую чувствительность природной среды к техногенным воздействиям [4–7, 11]. Целью наших исследований является изучение процессов и стадий природного и техногенного засоления почвенного покрова территории алмазодобывающей промышленности.

Территория исследования характеризуется повсеместным распространением криоземов О-CR-C – мелкопрофильных, сильнощебнистых почв тяжелого гранулометрического состава, подчиненными типами являются карбо-литоземы Н-(С)-Мса и глееземы О-G-CG. На промышленной площадке техногенно-поверхностные образования представлены грунтами отвалов пустых пород и хвостохранилищ. Почвы территории исследования характеризуются слабокислой реакцией среды с поверхности и нейтральной или слабощелочной в минеральной части почвенного профиля. В грунтах pH слабощелочная или щелочная по всему профилю. В незасоленных почвах водорастворимый комплекс представлен следующим образом:  $\text{SO}_4^{2-} > \text{K}^+ + \text{Na}^+ > \text{HCO}_3^- > \text{Ca}^{2+} > \text{Cl}^- > \text{Mg}^{2+}$ . В водорастворимом комплексе сильно засоленных почв и грунтов на первую позицию выходят ионы  $\text{K}^+$ ,  $\text{Na}^+$  и  $\text{Cl}^-$ .

В ходе работ установлено, что на территории Айхальского ГОКа 91 % всех образцов засолены [12]. Большая часть исследованных почв и грунтов представлена слабым типом засоления (рис.). Засоленные почвы пространственно приурочены к объектам на промышленной площадке, сильно засоленные почвы отмечаются в местах прямого воздействия на ландшафт, например, в результате разлива пульпвода или под отвалами пустых пород.

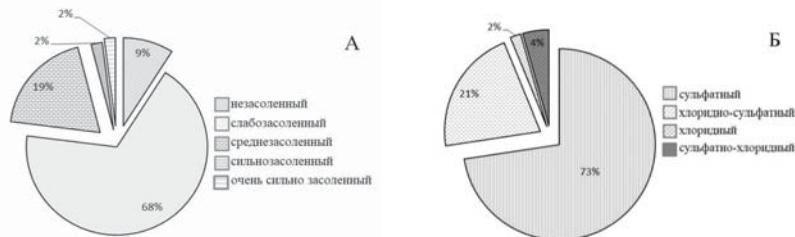


Рис. 1. Степень (А) и химизм (Б) засоления почв и грунтов территории Айхальского ГОКа

В результате выветривания с отвалов пустых пород происходит изменение состава солей в почвах (табл.).

Засоление почв вызывает гибель растительности в результате нарушения процесса осмоса в корнеобитаемом слое, что, в свою очередь, влечет за собой нарушение теплового баланса и неизбежно приводит к эрозии. Площадка Айхальского ГОКа не является единственной территорией алмазодобывающей промышленности Якутской алмазоносной провинции, где отмечаются процессы засоления, хоть климатические и природные условия не предполагают их развития [2; 3; 8]. Таким образом, это позволяет говорить о том, что процессы засоления на территории Западной Якутии в местах алмазодобычи имеет площадной характер.

Таблица

## Состав солей в почвах на территории Айхальского ГОКа

Шифр пробы	Глубина, см	Анионы			Катионы			
		HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Cl <sup>-</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup> +Na <sup>+</sup>	
<i>ммоль(экв)/100г ± относительная погрешность</i>								
<i>Почвы природных ландшафтов</i>								
P-4	0–20(25)	0,88	1,07	0,3	0,98	0,46	0,21	
	20(25)–60	0,36	0,17	0,24	0,32	0,12	0,05	
<i>Почвы промышленной площадки</i>								
A-61/1	0–1	0,9	1,28	0,3	1,0	0,5	0,98	
	1–3(4)	0,9	1,23	0,4	1,0	0,5	1,03	
	3(4)–4(15)	1,0	1,38	0,3	1,0	0,5	1,18	
	14(15)–24	1,05	1,87	0,6	1,25	0,75	1,52	
	24–30	1,1	3,01	0,5	1,75	1,0	1,86	
	30–33(34)	1,0	4,24	1,55	3,25	1,0	2,54	

*Работа выполнена при поддержке гос. задания Министерство образования и науки РФ FUEM-2019-0003 «Эволюция земной коры Северо-Азиатского кратона, базит-ультра-базитовый и кимберлитовый магматизм, алмазоносность Якутской кимберлитовой провинции».*

## Литература

1. Артамонова В. С. Техногенное засоление почв и проблемы их биогенности // Антропогенная трансформация природной среды. 2010. № 1. С. 34–40.
2. Данилов П. П., Легостаева Я. Б., Саввинов Г. Н. Техногенные ландшафты и их влияние на естественный почвенный покров Западной Якутии // Вестник Якутского государственного университета. 2005. Т. 2, № 3. С. 70–75.
3. Биологическая характеристика почвогрунтов многолетних отвалов алмазодобывающей промышленности Якутии / А. А. Данилова, Г. Н. Саввинов, П. П. Данилов, А. А. Петров // Сибирский экологический журнал. 2012. Т. 19, № 5. С. 75–84.
4. Дягилева А. Г., Легостаева Я. Б. Влияние техногенеза на экологическое состояние мерзлотных почв (на примере Нюорбинского ГОКа) // Вестник Северо-Восточного федерального университета им. М. К. Аммосова. 2013. Т. 10, № 2. С. 79–84.
5. Груздков Д. Ю., Ширкин Л. А., Трифонова Т. А. Оценка миграции тяжелых металлов в почвах // Вестник Московского университета. Серия 17, Почвоведение. 2009. № 4. С. 40–44.
6. Поведение тяжелых металлов в подзолах под сосновыми лесами в условиях атмосферного загрязнения на Кольском полуострове / Г. Н. Копчик, Н. В. Лукшина, С. В. Копчик, С. Ю. Ливанцова, Т. А. Щербенко, С. А. Ерасова, Н. В. Удачин // Вестник Московского университета. Серия 17, Почвоведение. 2004. № 4. С. 42–55.
7. Эколо-геохимическая характеристика территории газоконденсатных промыслов в пределах северо-таежных ландшафтов Якутии / Я. Б. Легостаева, Л. А. Томская, М. И. Ксенофонтова, Н. Е. Сивцева, А. Г. Дягилева // Наука и образование. 2011. № 2. С. 64–69.
8. Эколо-геохимическая и биоиндикационная оценка трансформации экосистем при разработках коренных месторождений алмазов в Якутии / Я. Б. Легостаева, Е. Г. Шадрина, В. Ю. Солдатова, А. Г. Дягилева // Современные проблемы науки и образования. 2011. № 6. С. 253.
9. Панкова Е. И., М. В. Конюшкова, И. Н. Горохова. О проблеме оценки засоленности почв и методике крупномасштабного цифрового картографирования засоленных почв // Экосистемы: экология и динамика. 2017. Т. 1, № 1. С. 26–54.

10. Панкова Е. И., Горохова И. Н. Анализ сведений о площади засоленных почв России на конец XX и начало XXI веков // Бюллетень Почвенного института В. В. Докучаева. 2020. № 103. С. 5–33.
11. Содержание и распределение тяжелых металлов в почвах техногенных ландшафтов / Л. Н. Серебренникова, А. И. Обухова, С. И. Решетников, В. С. Горбатов // Почвоведение. 1982. № 12. С. 71–76.
12. Шадринова О. В. Засоление почв при разработке коренных месторождений алмазов в криолитозоне // Почва в условиях глобального изменения климата : материалы Междунар. науч. конф. «XXIII Докучаевские молодежные чтения». Санкт-Петербург, 1–4 марта 2020 г. : СПб., 2020. С. 69–70.

## SALINIZATION OF SOILS IN THE TERRITORY OF DIAMOND MINING (WESTERN YAKUTIA)

O. V. Shadrinova

*Diamond and Precious Metal Geology Institute SB RAS, Yakutsk, Russian Federation*  
*ovshadrinova@gmail.com*

In this paper, the processes of natural and man-made salinization of soils and subsoils in the territory of the diamond mining industry in the Western Yakutia are studied. The degree and chemistry of salinization were determined according to the methods generally accepted in soil science. Cryosols is the dominant soil type. As a result of direct impact on the soil cover within the industrial location, the salt composition changes in the soil. It was found that more than 90 % of the samples from the total sample are salinized, the degree of their salinity is from slight to very saline. In general, there is a trend of increasing the area of saline soils of the territory.

## ПОДХОДЫ К ОЦЕНКЕ ЭКОСИСТЕМНЫХ ФУНКЦИЙ ДРЕВЕСНЫХ РАСТЕНИЙ И ПОЧВ ГОРОДСКИХ ЛЕСОВ

О. В. Шергина, Т. А. Михайлова, А. С. Миронова, В. В. Бадрянова

*Сибирский институт физиологии и биохимии растений СО РАН*

*Иркутск, Россия, sherolga80@mail.ru*

Городские леса располагаются на землях городских поселений и входят в состав лесного фонда РФ. Существующая нормативная база отводит определяющее значение в создании и сохранении благоприятной экологической обстановки в городах именно этой категории лесов [1]. Поэтому необходимым и важным направлением городской экологии должно быть обеспечение сохранности почвенного и растительного покрова этих лесных экосистем, повышение их природозащитного потенциала с целью оптимального выполнения ими экосистемных функций и услуг [2; 3]. Важнейшие экосистемные функции/услуги почв и растений лесных экосистем, в том числе городских, включают поддерживающие (круговорот питательных веществ, производство первичной продукции, почвообразование), которые необходимы для производства всех других экосистемных услуг, например, регулирующих (регулирование климата, очистка воздушной среды и др.) [4].

В ходе выполнения исследований проведено изучение городских лесов на урбанизированных территориях Приангарья (в городах Иркутске, Ангарске, Усолье-Сибирском) в условиях разного уровня воздействия негативных факторов окружающей среды – рекреационной нагрузки и атмосферного загрязнения, приводящих к экологическому нарушению природных процессов. Полевой этап работ выполнен в июле – августе 2020 г.

Полученные данные позволили получить информацию о взаимообусловленных системных изменениях в фито- и педоценозах, подвергающихся негативному синергическому воздействию факторов городской среды и оценить регулирующие услуги древесных растений и почв в городских экосистемах. Обследование лесов проводилось путем закладки пробных площадей (ПП) в городских сосновых и сосново-березовых лесах, расположенных в черте городских застроек и на окраинах городов. На каждой ПП нами с помощью детектора качества атмосферного воздуха (Air Master 2 AM7) был определен индекс качества воздуха (ИКВ или AQI) по концентрации частиц PM1, PM2. 5, PM10 и расчитан суммарный индекс загрязнения атмосферы (ИЗА) по пяти наиболее распространенным вредным веществам (пыли, диоксиду серы, оксиду углерода, диоксиду азота и формальдегиду). ПП закладывались по принятым в лесном хозяйстве РФ методикам, использовались также рекомендации международного руководства ICP Forests и методы почвенно-химического мониторинга почв. Всего было заложено 27 ПП в городских лесах на естественных серых лесных почвах (все разновидности относятся к единому генетическому типу почв), распространенных в границах одного почвенного округа Иркутско-Черемховской равнины.

Проведенные исследования показали, что аэротехногенное загрязнение и рекреационная нагрузка оказывают значительное повреждающее воздействие на древесные растения и почвенный покров городских лесов Приангарья. В условиях городской среды наблюдается выраженное изменение физико-химических свойств почв, нарушение процессов аккумуляции и миграции биогенных элементов, элементов-загрязнителей. В сложившихся условиях регулирующие услуги почв и древесных растений – основных средообразующих компонентов городской среды, выражаются в способности поддержания и сохранения природных процессов. Регулирующие функции (услуги) почв направлены на формирование оптимальных кислотно-щелочных условий среды, стабилизацию катионообменной способности ППК, накопление и деструкцию органических веществ, сохранение структуры, водо- и воздухообмена почвенных горизонтов, поддержание пула биогенных питательных элементов и детоксикацию аэротехногенных поллютантов и их соединений. Жизненное состояние древесных растений напрямую зависит от регулирующих услуг почв. Воздействие педохимических факторов оказывает значительное влияние на морфоструктурные показатели и химический состав растений. В свою очередь, очищение воздушной среды городов от аэротехногенного загрязнения является одной из наиболее значимых регулирующих функций/услуг древесных растений городских лесов. Согласно проведенным исследованиям, установленные взаимосвязи между морфоструктурными, физико-химическими и токсикологическими показателями отражены в наглядной схеме (рис.). Все биогеохимические показатели почв и растений включены в определенные блоки схемы и служат определяющими звенями для оценки конечной цели – регулирующих экосистемных услуг городского леса. Например, такие морфоструктурные показатели почв, как плотность сложения, пористость, аэрация отражают рекреационную нагрузку на почвенный покров, а кислотно-щелочной баланс и состав ППК определяют биогеохимическую миграцию элементов и их соединений. Аэротехногенное загрязнение воздушной среды оценивалось по индексам качества воздуха AQI – международный индекс, ИЗА – индекс, используемый в России. Концентрации накопления токсикантов в почвах и ассимиляционных органах растений описывались по общепринятым методическим указаниям (МУ 2.1.7.730-99).

Коэффициенты концентрации загрязняющих веществ (Кс) и суммарные показатели загрязнения (Zс) рассчитывались относительно фоновых значений. Для объединения всех блоков разработанной схемы и последующего определения степени проявления регулирующей функции (услуги) городских лесов в отношении очищения воздушной среды и сохранение фито-педоценозов была разработана специальная шкала (табл.).

В соответствии с количественными данными аэротехногенного загрязнения, рекреационной нагрузки и биогеохимических процессов были выделены три уровня регулирующего влияния экосистемных услуг почв и древесных насаждений городских лесов – оптимальный, возможный и недостаточный.

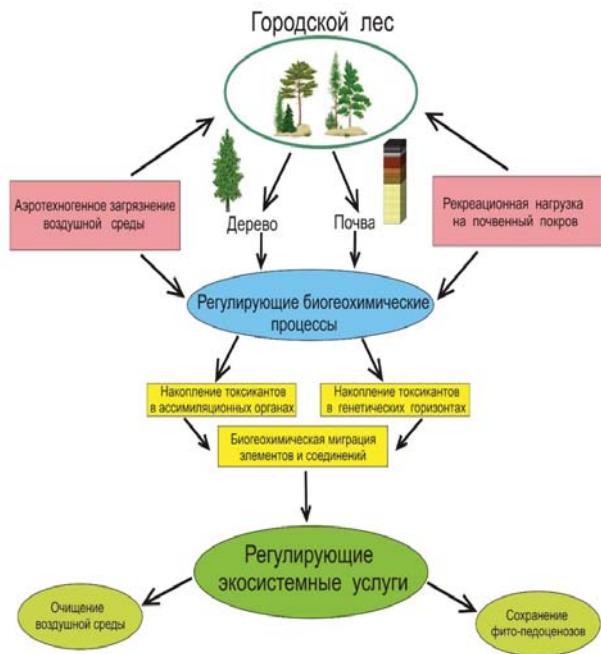


Рис. Опорная схема для выполнения исследований по оценке регулирующих экосистемных услуг городских лесов

Таблица  
Шкала для оценки регулирующих экосистемных услуг городских лесов

Параметр	Уровень регулирующего воздействия экосистемных услуг		
	Оптимальный	Возможный	Недостаточный
<b>Аэротехногенное загрязнение воздушной среды</b>			
AQI, ед.	1–25	26–50	51–100
ИЗА, ед.	1–6	7–13	14–20
<b>Рекреационная нарушенность почв</b>			
Мощность гумусовых горизонтов, см	35–25	24–10	9–5
Плотность сложения, г/см <sup>3</sup>	0,7–1,0	1,1–1,2	1,3–1,4
Пористость, %	65–55	54–45	44–30
Аэрация, %	45–35	34–25	24–10
<b>Биогеохимическая миграция элементов в почвах и растениях</b>			
pH <sub>H2O</sub> почв, ед.	4,5–6,5	6,6–7,5	7,6–9,5
pH <sub>H2O</sub> хвои, листьев, ед.	3,8–4,2	4,3–5,0	5,1–6,0
$\Sigma K, Na, Ca, Mg$ , мг/кг $\times 10^2$	35–50	51–150	151–300
<b>Накопление токсикантов в почвах и растениях</b>			
Zc (Pb, Cd, Zn, Cu) почв	5–15	16–25	25–70
Zc (Pb, Cd, Zn, Cu) растений	2–10	11–15	16–50

Шкала была разработана с учетом параметров лесной подстилки и верхних гумусово-аккумулятивных горизонтов (основного диагностического звена системы почвенного профиля), а также параметров ассимиляционных органов деревьев (хвоя сосны и лиственницы, листья березы). Обнаружено, что оптимальным уровнем регулирующих экосистемных услуг характеризуются городские леса, расположенные на окраинах городов в значительном удалении от крупных автомагистралей и не подпадающие под перенос промышленных эмиссий. Для лесных почв этих территорий зарегистрированы наименьшие коэффициенты концентраций ТМ и высокие значения доли устойчивых гуминовых кислот, способных удерживать питательные элементы в почвенном растворе и осуществлять аккумуляцию (детоксикацию) по отношению к ТМ. Самые устойчивые древостои произрастают именно на этих серых лесных почвах с достаточным содержанием органического вещества, мощной лесной подстилкой, благоприятными кислотно-щелочными условиями и оптимальным составом ППК почвенного раствора. На этих почвах древостои, как правило, 50–70 лет, достаточно однородные, максимальная высота 18–25 м, процент зеленой хвои в кроне до 60–70 %. Возможный уровень регулирующего воздействия экосистемных услуг установлен для большинства городских лесов, расположенных в небольших жилых кварталах. На этих территориях воздействие негативных факторов (атмосферного загрязнения и рекреационной нагрузки) оказывает выраженное влияние на формирование химического состава древесных растений, как за счет фолиарного и почвенного поглощения тех элементов, которые входят в состав аэровыбросов, так и изменения морфоструктурных и физико-химических свойств почв. Средние значения Кс ТМ в почвенных горизонтах и ассимиляционных органах значительно выше (Кс = 5–15 и более). В почвах обнаруживается замедление процесса минерализации органического вещества, что проявляется в снижении количества гумуса и возрастании доли илистых компонентов почв на 20–30 % в сравнении с фоном. Древостои городских лесов, как правило, возраста 40–50 лет, их высота 16–20 м, процент зеленой хвои в кроне 45–60 %. Недостаточный уровень регулирующего воздействия экосистемных услуг обнаружен в городских лесах, расположенных в глубине жилых застроек (чаще всего это территории на небольшом расстоянии от центра города). В почвах этих лесов наблюдается выраженная деструкция гумусового вещества, что вызывает значительное падение содержания органических кислот и повышение щелочности почв до  $pH_{H2O}$  8,5 и выше. Питательные свойства этих почв зависят от физико-механической адсорбции и хемосорбции иллювиальных горизонтов и выражаются в иммобилизации ТМ в составе комплексных соединений с низкой скоростью миграции. Для почв характерно интенсивное развитие процесса техногенного солонцевания по глубине всего почвенного профиля. Древесные растения этих городских лесов значительно ослаблены. Они не могут в полной мере выполнять санитарно-защитные функции, так как их жизнеспособность значительно снижена из-за техногенного загрязнения листьев и хвои, а также почвы, на которой они произрастают. Уменьшение количества листьев и хвои в кроне деревьев может достигать до 60–70 %, соответственно, снижается выделение кислорода, причем его снижение может быть еще боль-

ше, поскольку оставшаяся листовая масса не может функционировать в полной мере из-за накапливающихся в ней загрязняющих веществ.

В целом полученные научные результаты дают информацию о проявлении регулирующих экосистемных услуг/функций почвы и древесных растений, рассматриваемых как основные средообразующие и средозащитные компоненты городской среды. В дальнейшем этот подход позволит оценить поддерживающие экосистемные услуги городских лесов и отобразить полученные данные методами картографирования. Результаты исследований существенно расширят представление об экологических механизмах адаптации растений и почв к нагрузкам городской среды и роли экосистемных услуг этих компонентов в поддержании экологического равновесия на урбанизированной территории. В практическом плане применение полученных результатов возможно в целях оптимизации урбанизированной среды посредством разработки научно обоснованных методов озеленения и восстановления почвенного покрова.

*Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ и Правительства Иркутской области, проект № 20-44-380016.*

#### **Литература**

1. Лесной кодекс Российской Федерации от 04. 12. 2006 N 200-ФЗ, ред. от 09. 03. 2021.
2. Рожков А. Л. Оценка устойчивости и состояния лесов // Лесоведение. 2003. № 1. С. 66–73.
3. Устойчивое развитие Вызовы Рио. Доклад о развитии человеческого потенциала в Российской Федерации. М. : ПРООН, 2013. 116 с.
4. Пузаченко Ю. Г. Общие основания концепции устойчивого развития и экосистемных услуг // Известия РАН. Серия географическая. 2012. № 3. С. 22–39.

#### **APPROACHES TO ASSESSMENT OF ECOSYSTEM FUNCTIONS OF TREES AND SOILS IN URBAN FORESTS**

**O. V. Shergina, T. A. Mikhailova, A. S. Mironova, V. V. Badryanova**

*Siberian Institute of Plant Physiology and Biochemistry SB RAS, Irkutsk, Russian Federation  
sherolga80@mail.ru*

Forests in the cities on the Priangaria (Irkutsk, Angarsk, Usolie-Sibirskoye) exposed to atmospheric industrial pollution and recreational loads of varying intensity were examined. Scientific results have led to the development of a methodological approach for assessing the regulatory ecosystem services in urban forests.

# ОСОБЕННОСТИ ФИЗИЧЕСКИХ И ВОДНО-ФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ТЕМНО-ГУМУСОВЫХ ПОЧВ, СФОРМИРОВАННЫХ НА ЭЛЮВИИ ТРИАСОВЫХ ОТЛОЖЕНИЙ

А. П. Шваров, А. В. Иванов, З. Тюгай

Московский государственный университет им. М. В. Ломоносова  
Москва, , Россия, ashvarov@mail.ru

## Введение

В ландшафтах южно-таежной зоны европейской территории России широко распространены гидроморфные почвы. Вопросы их генезиса, мелиорации и экологии в настоящее время не утратили своего значения. Генезис гидроморфных почв во многом определяется геоморфологией и типом почвообразующих пород. В этом смысле определенный теоретический интерес представляют гидроморфные почвы склонов Северных Увалов. Геоморфология Северных Увалов подразумевает их естественную дренированность. Однако в северо-восточной части Костромской области на поверхность Увалов выходят глинистые породы триасового возраста. В результате формируются гидроморфные тяжелые по гранулометрическому составу почвы. Именно физические и водно-физические свойства этих почв определяют их гидроморфизм. В данной работе рассмотрены физические и водно-физические свойства оглеенных почв, сформированных на элювии триасовых отложений, которые доминируют в почвенном покрове Северо-востока Костромской области.

## Объект и методы исследования

Объектом исследования послужили остаточно-гидроморфные почвы склонов Северных Увалов, сформированные на глинистых отложениях триаса: темно-гумусовая почва под лесом и агроземы. Гранулометрический состав определяли методом пипетки Качинского-Робинсона-Кёхля [5]. Основную гидрофизическую характеристику (ОГХ) в сорбционной области – методом сорбционного равновесия, в капиллярной области капиллярометрическим методом [5]. Среднюю часть ОГХ- расчетно-экспериментальным методом [1]. Гидрологические константы определяли по ОГХ методом секущих линий по Воронину [2].

Морфология этих почв указывает на явные признаки глеевого процесса.

## Результаты исследования и их обсуждение

Общим свойством для данного ряда почв является их тяжелый гранулометрический состав. Он унаследован от почвообразующей породы – элювия триасовых глин. При этом темно-гумусовая остаточно-гидроморфная почва отличается от двух других разновидностей более тяжелым составом. В этой разновидности почв отмечается рост содержания физической глины вниз по профилю от 50,14 % в верхнем, гумусовом слое до 67,42 % в оглеенной почвообразующей породе. В старопахотной серо-гумусовой почве более тяжелым составом отличается оглеенный слой на глубине 70–90 см, где содержание физической глины достигает 65,33 %. Из рассматриваемого ряда почв наиболее легким

по составу является агрозем светлый, в котором содержание физической глины не превышает 55,62 %. (табл. 1).

Гранулометрический состав почв

Таблица 1

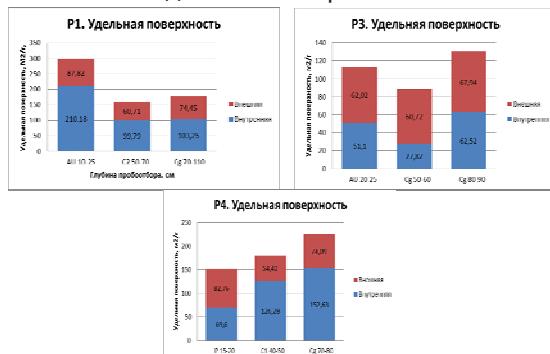
Горизонт, Глубина, см	Размер частиц (в мм) и их содержание (в %)						
	1–0,25	0,25–0,05	0,05–0,01	0,01–0,005	0,005–0,001	<0,001	>0,01
<b>Разрез 1. Темногумусовая остаточно- гидроморфная глееватая тяжелосуглинистая</b>							
AU 10–20	0,82	12,38	36,67	17,06	28,01	5,07	50,14
C 50–60	3,13	6,81	29,29	18,57	34,31	7,89	60,77
Cg 70–80	0,53	3,15	23,36	20,51	43,88	8,57	72,96
<b>Разрез 3. Агрозем темный глееватый тяжелосуглинистый</b>							
PY 10–20	9,92	9,42	31,31	15,7	27,84	5,81	49,35
C 40–50	11,36	18,57	21,62	14,15	27,82	6,48	48,45
Cg 80–90	0	5,98	28,69	20,36	38,8	6,17	65,33
<b>Разрез 4 Агрозем светлый глееватый тяжелосуглинистый</b>							
PY 0–10	11,36	12,34	28,48	14,58	27,47	5,77	47,82
C 40–50	7,55	10,36	26,47	16,76	32,31	6,55	55,62
Cg 80–90	1,25	6,66	32,41	17,96	35,58	6,14	59,68

Данные гранулометрического состава исследуемых почв свидетельствуют об определенном влиянии глеевого процесса в трансформации твердой фазы почв. В глеевых горизонтах трех разновидностей почв содержание физической глины максимально. Причины таких изменений в профиле гидроморфных почв обусловлены деструкцией агрегатов и микроагрегатов, выносом кальция и железа. В результате распада микроагрегатов при оглеении существенно меняется гранулометрический состав. Утяжеление оглеенных горизонтов почв идет в основном за счет роста содержания фракции мелкой пыли. При этом отмечается закономерное снижение содержания фракции мелкого песка (0,25–0,05 мм). Трансформация твердой фазы почв свидетельствует о застойном водном режиме этих почв. Подобные закономерности изменения твердой фазы почвы под влиянием глеевого процесса отмечена в работах Ф. Р. Зайдельмана [3; 4].

Другим показателем дисперсности почвы является величина удельной поверхности. Исследуемые почвы в значительной степени дифференцированы по этому показателю. С одной стороны, это объясняется их почвообразующей породой тяжелого состава, а также наложение почвообразовательных процессов, связанных как с гумусообразованием, так и выраженной процессами оглеения, т. е. степенью их гидроморфизма. Абсолютным максимумом по величине полной удельной поверхности отличается верхний органогенный горизонт темно-гумусовой почвы. Здесь этот показатель достигает величины 298 м<sup>2</sup>/г. В чисто минеральных горизонтах исследуемых почв величина полной удельной поверхности варьирует от 89 до 227 м<sup>2</sup>/г., причем наибольшие значения отмечены в оглеенных горизонтах (рис.).

Генетические особенности исследуемых почв отразились и на показателе качества поверхности – на величинах краевого угла смачивания. Краевой угол смачивания определяли расчетным методом [6]

## Удельная поверхность



25

Рис. Удельная поверхность темно-гумусовых почв сформированных на эловии триасовых отложений

Исследованные нами темно-гумусовые остаточно гидроморфные почвы характеризуются высокими значениями величин угла смачивания: он колеблется от 73 до 65° и максимальны в верхнем гумусово-аккумулятивном горизонте, а вниз по профилю плавно уменьшаются. В агроземах величины углов смачивания колеблются от 52 до 71° и минимальные в верхнем гумусовом горизонте, а вниз по профилю плавно увеличиваются.

С агроэкологической и мелиоративной точки зрения наибольший интерес представляет водно-физические свойства и, в частности почвенно-гидрологические константы. Влажности почв, соответствующие основным гидрологическим константам в поверхностных слоях варьируют в широких пределах. Выделяется горизонт AU разреза 1. Высокие значения констант определяются значительным содержанием органического вещества. Величина максимальной гигроскопической влажности достигает величины 23,0 %, а капиллярной влагоемкости 82,0 %. Отличительной особенностью водоудерживающей способности почв оглеенных горизонтов в капиллярной области является незначительный рост по сравнению с неогленной породой. Вероятно, более высокая дисперсность почвенной матрицы при оглеении определяет повышенную влагоемкость.

Таблица 2

Гидрологические константы гидромофных почв

Разрез	Горизонт, глубина, см	Константа, %			
		МГ	ВРК	НВ	КВ
Темногумусовая остаточно- гидроморфная глееватая тяжелосуглинистая	AU 10-20	23,0	45,0	70,0	82,0
	C 50-60	12,2	25,1	30,1	33,5
	Cg 70-80	12,7	27,5	32,5	35,0
Агрозем темный глееватый тяжелосуглинистый	PY 10-20	10,2	35,0	45,0	50,0
	C 40-50	9,9	19,0	25,0	28,0
	Cg 80-90	11,3	21,0	27,5	30,0
Агрозем светлый глееватый тяжелосуглинистый	PY 10-20	9,4	25,0	28,0	30,5
	C 40-50	10,4	26,5	30,0	32,5
	Cg 80-90	13,6	28,0	32,0	35,0

## **Заключение**

Присутствие признаков гидроморфизма у почв на склонах Северных Увалов имеет остаточный характер, что определяется медленным поднятием этой территории за период голоцена. В связи с этим данные почвы являются уникальным природным объектом по изучению эволюции почв, выходящего за региональные рамки. Установлено влияние глеевого процесса на изменение дисперсности твердой фазы и контактных углов смачивания. Обнаруженный факт увеличения влагоемкости оглеенных горизонтов почв подразумевает снижение водоотдачи почв, что необходимо учитывать для обоснования мелиоративных решений при осушении гидроморфных почв. Полученные результаты позволяют с учетом установленных водно-физических свойств почв обосновать их отнесение к отделу глеевых по классификации почв России на уровне дополнительного типа остаточно глеевых.

## **Литература**

1. Воронин А. Д. Новый подход к оценке зависимости капиллярно-сорбционного потенциала от влажности почвы // Почвоведение. 1980. № 10. С. 45–53.
2. Воронин А. Д. Структурно-энергетическая концепция гидрофизических свойств почв и ее практическое применение // Почвоведение. 1980. № 12. С. 33–45.
3. Зайдельман Ф. Р., Нарокова Р. П. Глеообразование при застойном и промывном режимах в условиях лабораторного моделирования // Почвоведение. 1978. № 3. С. 37–45.
4. Зайдельма Ф. Р. Процесс глеообразования и его роль в формировании почв. М.: Изд-во МГУ, 1998. 300 с.
5. Теория и методы физики почв / под ред. Е. В. Шеина и Л. О. Карпачевского. М.: Гриф и К, 2007. С. 61–70, 209–217.
6. Estimation of surface properties of Kostroma region soils formed on the Triassic clay deposits / A. P. Shvarov, Z. N. Tyugai, A. V. Ivanov, G. S. Bykova, A. V. Dembovetskiy, I. E. Lebedev // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, IOP Publishing ([Bristol, UK], England), 2019. Vol. 368, N 368. P. 2–5.

## **SOME FEATURES OF PHYSICAL AND WATER-PHYSICAL PROPERTIES OF UMBRISOLS FORMED ON THE TRIASSIC CLAYS SEDIMENTS**

**A. P. Shvarov, A. V. Ivanov, Z. Tyugai**

*Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russian Federation*  
*ashvarov@mail.ru*

Some properties of soils confined to the landscape of the Northern Uvaly, formed on the eluvium of Triassic clays, have been investigated. In field conditions, their hydromorphism and the presence of the gleying process were revealed. On the basis of the Schwertman criterion, a quantitative assessment of the degree of soil hydromorphism is given. Analysis of the granulometric composition of these soils showed a tendency for an increase in the dispersion of the solid phase of the soil against the background of gleying. The data on categories of specific soil surface and contact angle of wetting are given. Based on the analysis of the main hydrophysical characteristics of soils (WRC), the main soil-hydrological constants were calculated: maximum hygroscopic moisture content (MG); moisture capillary bond rupture (VRK); the smallest moisture capacity (HB); capillary moisture capacity (KV)

## МИГРАЦИЯ И АККУМУЛЯЦИЯ УРАНА И ТОРИЯ В ЛЕСНЫХ ЭКОСИСТЕМАХ ЮГО-ЗАПАДНОГО ПРИБАЙКАЛЬЯ

С. Г. Швецов, В. И. Воронин

*Сибирский институт физиологии и биохимии растений СО РАН  
Иркутск, Россия*

Уран и торий играют значительную роль в биосфере как источники естественной радиоактивности. Это литосферные элементы и в биологический круговорот они попадают, через гидро- и педосферу [1; 12]. Особенно масштабно этот процесс происходит в лесных экосистемах, где в древесине может накапливаться значительное количество урана и тория [9; 11; 14]. Уран и торий имеют подобные физические и некоторые химические свойства, что позволяет использовать одни и те же методические подходы к их определению. Среднее содержание урана и тория в почвах Прибайкалья составляет: для U – 2,16 мг/кг (от <1 до 4,92 г/т), а для Th – 8,32 г/т (от 4,18 до 14,3 г/т) [8]. Содержание урана в золе наземных частей растений находится в пределах  $n \cdot 10^{-8}$  –  $n \cdot 10^{-6}$  г/г, тория –  $n \cdot 10^{-7}$  –  $n \cdot 10^{-5}$  г/г [12; 14].

Объектом настоящего исследования были лесные экосистемы юго-западного Прибайкалья, расположенные в меридиональном южном направлении в 20–50 км от г. Иркутска. На этом, довольно коротком, расстоянии наблюдается заметное изменение подстилающих горных пород: юрские отложения вблизи Иркутска сменяются осадочными породами нижнего кембрия, за которыми следуют гранитоиды протерозойского и архейского возраста. Одновременно, со сменой горных пород, увеличивается общая высота местности примерно с 500 м до 1000 м. Климат становится холоднее, сокращается период активной вегетации растений [2]. Почвенный покров и растительность закономерно изменяются в связи с этими географическими факторами. Так, с увеличением расстояния от Иркутска в сосновых лесах увеличивается доля лиственницы, пихты и кедра [3], а серые почвы последовательно заменяются на дерново-подзолистые, буроватые, подзолистые почвы, подбуры [13].

Основная цель исследования – определить содержание и особенности распределения урана и тория в растениях и почвах, сформированных на разных почвообразующих породах в условиях лесных экосистем Прибайкалья. Для этого проводилось определение типа почв по морфологическим признакам [4], определение основных почвенных физико-химических показателей; определение содержания урана и тория в почве и древесине сосны по опубликованной ранее методике [14]. Полученные данные представлены в таблицах в виде средних значений.

На исследуемой территории были идентифицированы следующие почвы: буроват типичный (БТ), буроват типичный среднекарбонатный (БК), подзолистая языковатая бескарбонатная (П), дерново-подбур иллювиально-железистый

(ПЖ) дерново-подзолистая типичная (ДП) и дерново-элюзовозем глеевый (ДГ). Эти почвы сформировались на продуктах выветривания протерозойских гранитоидов (П, ПЖ, ДГ), кембрийских доломитизированных известняков (БК), юрских песчаников (БТ и ДП). Некоторые свойства почв представлены в табл. 1.

Таблица 1

Некоторые свойства подзолистой языковатой бескарбонатной почвы (П), дерново-подбура иллювиально-железистого (ПЖ), дерново-элюзовозема глеевого (ДГ), дерново-подзолистой типичной почвы (ДП), буровозема типичного средне карбонатного (БК), буровозема типичного (БТ) почв и мелкозема соответствующих почвообразующих пород (в скобках)

Показатель	П	ПЖ	ДГ	ДП	БК	БТ
Мощность почвы, см	28	28	25	43	40	42
pH	4,2(5,8)	5,2(5,8)	5,7(5,5)	6,2(6,4)	6,8(7,5)	6,3(6,5)
Гумус, %	1,5(0,5)	5,1(0,3)	2,3(0,2)	4,5(0,4)	4,5(0,2)	4,3(0,1)
ЕКО, мг-экв/100 г почвы	18(20)	32(18)	30(17)	38(15)	40 (32)	38(18)
Глинистая фракция <0,001 мм, %	12(15)	15(12)	12(14)	18(16)	20(18)	17(15)

Примечание: \* – 1 М HCl экстракт из почвы (1:10)

Почвы, расположенные ближе к равнинной территории и связанные с юрскими и кембрийскими породами (ДП, БК и БТ) имели более мощный профиль, по сравнению с почвами, расположенными на более высоких отметках и связанными с продуктами выветривания протерозойских и архейских пород (П, ПЖ, ДГ). Последние имели более кислую реакцию почвенной среды, пониженное содержание гумуса и глинистых частиц и более низкую емкость катионного обмена, по сравнению с почвами первой группы.

Почвы и растения на исследуемой территории существенно различались по содержанию в них урана и тория, что, в наибольшей степени, определялось содержанием этих элементов в почвообразующих породах. Почвы, сформировавшиеся с участием магматических горных пород, и выросшие на них растения содержали больше урана и тория по сравнению с почвами, образовавшимися на осадочных карбонатных породах. Вычисление отношений содержания урана и тория в почвообразующих породах, почвах и растениях позволило лучше понять закономерности миграции и распределения исследуемых радионуклидов в экосистемах. Установлено, что среднее содержание урана в исследуемых почвах составляло 3,2 мг/кг, тория – 8,7 мг/кг; Th/U отношение при этом равно 2,6. Эти значения вполне сопоставимы с данными других авторов [5; 6], согласно которым, среднее содержание урана в почвах Прибайкалье составляет для U 2,01 мг/кг, для Th – 6,26 мг/кг, соответственно Th/U отношение равно 3,1. Относительное распределение урана и тория в профиле исследуемых почв было неравномерным. В почвах П, ПЖ Th/U отношение в почвообразующей породе было выше, чем в самой почве. в ДГ, ДП и БК Th/U отношение в почвенном горизонте было выше, чем в почвообразующей породе. Торий-урановое отношение в почвенном слое исследуемых экосистем изменялось от 3,5 (ДГ) 1,5 (ДК), со средним значением 2,5, а в почвообразующей породе – от 3,7 (П) до 1,1 (ДК), со средним значением 2,7, что отражает небольшое обогащение ураном почвенного слоя, относительно тория. Среднее значение Th/U в

кислотной вытяжке из почвы было заметно ниже (1,6), что сопоставимо с таким же показателем в золе растений (1,9), хотя и при низкой степени корреляции ( $r = 0,20$ ). Подобная ситуация наблюдалась в почвах северного Алтая, где Th/U в дерновых горизонтах составляло в среднем 3,1, а в нижних горизонтах – 4,1 [10]. Изменение величин Th/U в профиле почв и в древесине показывает, что относительная скорость миграции урана в направлении почвообразующая порода→почва→деревья на участках с П и ПЖ превосходит скорость миграции тория в том же направлении, т. е. при этом налицоается относительное обогащение вышележащих компонентов (в том числе и древесины) ураном. В ДГ и ДП происходило относительное обогащение почвенного горизонта торием, которое было связано, возможно, с процессами внутрипочвенного элюирования урана и перемещения его в почвообразующую породу. На участках с П, ПЖ, ДГ, ДП поступление урана в древесину происходило более интенсивно относительно тория, а на участках БК и БТ преимущество было на стороне тория. Торий-урановое отношение в почвообразующей породе, почве и в древесине показало, что на исследуемых участках наблюдается, в основном, относительное обогащение растений и почвы ураном, по сравнению с торием.

Таблица 2  
Содержание урана в пробах почвы, почвообразующей породы и древесины сосны (мг/кг) на участках с подзолистой языковатой бескарбонатной почвой (П), дерново-подбуром иллювиально-железистом (ПЖ), дерново-элюзовоземом глеевом (ДГ), дерново-подзолистой типичной почвой (ДП), буроземом типичном среднекарбонатном (БК), буроземом типичном (БТ)

Показатель	П	ПЖ	ДГ	ДП	БК	БТ
Валовой уран в почве	5,23	5,14	3,84	1,94	1,13	1,97
Подвижный* уран в почве	0,135	0,156	0,102	0,072	0,068	0,082
Валовой уран в почвообразующей породе	4,70	3,30	3,80	1,82	1,31	1,13
Подвижный* уран в почвообразующей породе	0,136	0,111	0,115	0,068	0,058	0,055
Уран в золе деревьев	0,126	0,210	0,120	0,124	0,082	0,124

Примечание: \* – 1 М НС1 экстракт из почвы (1:10).

Таблица 3  
Содержание тория в пробах почвы, почвообразующей породы и древесины сосны (мг/кг) на участках с подзолистой языковатой бескарбонатной почвой (П), дерново-подбуром иллювиально-железистом (ПЖ), дерново-элюзовоземом глеевом (ДГ), дерново-подзолистой типичной почвой (ДП), буроземом типичном среднекарбонатном (БК), буроземом типичном (БТ)

Показатель	П	ПЖ	ДГ	ДП	БК	БТ
Валовой торий в почве	14,98	14,64	10,68	4,69	2,20	4,95
Подвижный* торий в почве	0,207	0,334	0,213	0,117	0,085	0,097
Валовой торий в почвообразующей породе	17,3	11,8	9,80	4,09	1,48	3,03
Подвижный* торий в почвообразующей породе	0,260	0,230	0,220	0,082	0,091	0,107
Торий в золе деревьев	0,261	0,425	0,255	0,245	0,131	0,222

Примечание: \* – 1 М НС1 экстракт из почвы (1:10).

## Литература

1. Арбузов С. И., Рихванов Л. П. Геохимия радиоактивных элементов : учеб. пособие / Томский политехнический университет. 3-е изд., испр. и доп. Томск : Изд-во Томского политехнического университета, 2011. 304 с.
2. Атлас. Иркутская область: экологические условия развития. М. ; Иркутск, 2004. 90 с.
3. Белов А. В. Карта растительности юга Восточной Сибири. Принципы и методы составления // Геоботаническое картографирование. Л., 1973. С. 16–30.
4. Почвоведение: типология почв и их диагностика : учеб.-метод. пособие / Г. А. Воробьева [и др.]. Иркутск : Изд-во ИГУ, 2017. 237 с.
5. Распределение радиоактивных элементов в окружающей среде Прибайкалья (Сообщение 1. Уран) / В. И. Гребенщикова, Н. А. Китаев, Э. Е. Лустенберг, А. И. Медведев, И. С. Ломоносов, А. Н. Карчевский // Сибирский экологический журнал. 2009. № 1. С. 17–28.
6. Распределение радиоактивных элементов в окружающей среде Прибайкалья (Сообщение 2. Торий и цезий-137) / В. И. Гребенщикова, Н. А. Китаев, Э. Е. Лустенберг, А. И. Медведев, И. С. Ломоносов, А. Н. Карчевский // Сибирский экологический журнал. 2010. № 3. С. 493–503.
7. Классификация и диагностика почв России / Л. Л. Шишов, В. Д. Тонконогов, И. И. Лебедева, М. И. Герасимова. Смоленск : Ойкумена, 2004. 324 с.
8. Кузнецov П. В., Гребенщикова В. И. Распределение урана и тория в некоторых почвах Иркутской области // Радиоактивность и радиоактивные элементы в среде обитания человека : материалы III Междунар. конф. Томск, 23–27 июня 2009 г. Томск, 2009. С. 302–306.
9. Носкова, Л. М., Шуктомова И. И., Симакова Ю. С. Моделирование процессов биологического поглощения урана и радия в условиях техногенного загрязнения // Экология. 2010. № 5. С. 365–371.
10. Пузанов А. В., Ельчинникова О. А. Рождественская Т. Д. Радионуклиды в почвах Северного и Центрального Алтая // Геохимия биосферы. М. ; Смоленск. 2006. С. 299–301.
11. Титаева Н. А., Таскаев А. И. Миграция тяжелых естественных радионуклидов в условиях гумидной зоны / отв. ред. В. И. Павловская. Л. : Наука, 1983. 232 с.
12. Тяжелые естественные радионуклиды в биосфере: Миграция и биологическое действие на популяции и биогеоценозы / Р. М. Алексахин [и др.]. М. : Наука, 1990. 368 с.
13. Швецов С. Г., Мартынова Н. А. Типология почв лесных экосистем юго-западного Прибайкалья // Фундаментальные основы развития науки и образования / под общ. ред. Г. Ю. Гуляева. Пенза, 2018. С. 216–226.
14. Швецов С. Г., Воронин В. И. Распределение урана и тория в почве и растениях Восточной Сибири (Иркутская область) // Журнал СФУ. Серия Биология. 2019. Т. 12, № 1. С. 86–100.

## MIGRATION AND ACCUMULATION OF URANIUM AND THORIUM IN THE FOREST ECOSYSTEMS OF SOUTHWESTERN PRIBAIKALYE

S. G. Shvetsov, V. I. Voronin

*Siberian Institute of Plant Physiology and Biochemistry SB RAS  
Irkutsk, Russian Federation*

The content of uranium and thorium in the soils and wood of the forest ecosystems of the south-western Pribaikalye was determined. Soils genetically associated with magmatic rocks contained more uranium (5.2 mg/kg) and thorium (15.0 mg/kg) compared to sedimentary rocks (1.1 and 2.2 mg/kg, respectively). The content of these elements in pine ash was also higher in phytocoenosis formed on the products of weathering magmatic rocks – 0.21 mg/kg (uranium) and 0.43 mg/kg (thorium). On sedimentary rocks, these figures were significantly lower – 0.082 and 0.141 mg/kg, respectively. The biological absorption rate for gross uranium was highest (0.073) in burozem typical medium carbonate soil and lowest (0.024) in podzolic noncarbonate soil. The biological absorption rate of thorium was the highest (0.070) on the burozem typical soil, and the lowest (0.017) – on the sod-podzolic typical soil. The average size of thorium-uranium ratio (Th/U) was 3.3 for soil-forming rocks, 2.9 for soils and 2.1 for ash. The change of Th/U in the direction the soil-forming rock→soil→trees showed the relative enrichment of the soil and wood by uranium, compared to the thorium.

# АГРОГЕННАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ ГУМУСНОГО СОСТОЯНИЯ ПОЧВ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ УГОДИЙ АСТРАХАНСКОЙ ОБЛАСТИ

Л. В. Яковлева, А. А. Уталиев, А. В. Федотова, А. Х. Хасанова

Астраханский государственный университет, Астрахань, Россия  
*yakovleva\_lyudm@mail.ru*

Астраханская область (АО) находится на юго-западе России, занимает Волго-Ахтубинскую пойму, дельту р. Волги и прилегающие к ним полупустыни и пустыни. Основная территория области расположена ниже уровня океана и представлена равниной, которая простирается с северо-запада на юго-восток на 400 км [2].

В Астраханской области снижения плодородия земель происходит не только естественным, но и искусственным путём. Сложные природно-климатические условия на территории области, сильное антропогенное воздействие изменили естественное направление процессов в природе и привели к деградации почвенного и растительного покрова на больших площадях [3].

Почвы земель сельскохозяйственных угодий (71,05 % площади) представлены в северных районах области – зональными светло-каштановыми (13,5 %), в более южных районах – бурыми полупустынными (36 %), в Волго-Ахтубинской пойме, дельте Волги и подстепных ильменях – пойменными аллювиальными и луговыми (32 %). Значительная площадь почвенного покрова АО (18,5 %) занята песками полупустынными слабогумусированными.

Исследования по изучению изменения агрохимических свойств почв и влияния агрогенных факторов на трансформацию органического вещества в системе «пашня-залежь» проводились в 2018–2019 гг. на территории сельскохозяйственных угодий экспериментального хозяйства «Наука» Всероссийского научно-исследовательского института орошаемого овощеводства и бахчеводства в Камызякском районе Астраханской области

Район проведения исследований находится на западе повышенной центральной части дельты, которая омывается реками Крутобережная и Кигач. Рельеф равнинны плоский, который осложнен остатками бугров Бэра, равномерно распределенными по всей площади. Агроклиматические условия района исследований благоприятны для выращивания многих сельскохозяйственных культур.

Изучение гумусного состояния проводилось в аллювиально-луговых среднесуглинистых почвах, сформированных на озерно-аллювиальных отложениях тяжелого гранулометрического состава. Были заложены стационарные площадки размером 100×100 м. Привязка осуществлялась по вершинам четырехугольника. В центре каждого четырехугольника и по его вершинам были заложены почвенные прикопки глубиной 40 см. Отбор образцов осуществляли с глубины 0–20 см и 20–40 см. В лабораторных условиях pH водной вытяжки из почвы потенциометрически; содержание углерода органических веществ определяли по методу Тюрина [4].

Водная вытяжка из отобранных образцов почв имеет реакцию близкую к нейтральной или слабощелочной, гидрокарбонатно-кальциевого состава.

По содержанию гумуса пашня и залежные земли относятся к почвам с низким его содержанием [1]. В верхнем слое почвы на пашни содержание гумуса находится в пределах 1,94–2,29 %. В залежных почвах количество гумуса колеблется от 1,82 до 2,36 %, и максимум отмечен в горизонте 0–20 см однолетней залежи (2,36 %). Среднее значение гумуса в пахотном слое пашни составляет 2,13 %, что соответствует содержанию гумуса пахотного слоя пятилетней залежи.

В табл. 1 показана динамика содержания гумуса в аллювиально-луговых почвах на пашне и многолетней залежи.

Таблица 1

Динамика содержания гумуса в почве на пашне и залежи, %

Почвенная прикопка	Глубина, см	Пашня				Глубина, см	Залежь			
		Гумус, %		Гумус, %			Гумус, %			
		2018 г.	2019 г.	май	сентябрь		1 год	5 лет	10 лет	
П1	0–20	2,02	2,00	1,94	1,94	0–20	2,36	2,13	1,91	
	20–40	1,50	1,41	1,37	1,35		20–40	2,19	2,01	
	40–60	0,56	0,54	0,56	0,56				1,82	
П2	0–20	2,29	2,28	2,28	2,26					
	20–40	1,62	1,59	1,59	1,58					
	40–60	0,46	0,45	0,46	0,43					
П3	0–20	2,09	2,05	2,06	2,03					
	20–40	0,91	0,88	0,89	0,89					
	40–60	0,37	0,38	0,38	0,39					

Механическая обработка почв снижает содержание органических веществ в пахотном слое, что соответствует нашим исследованием, и залежные земли содержат больше гумуса, чем пахотные. На пашне, в горизонте 0–40 см содержание гумуса снизилось на 1,3–4 % за период вегетации (табл. 1).

В залежных почвах вниз по профилю в пахотном горизонте гумус уменьшился с 2,36 до 2,19 % в однолетней залежи, с 2,13 до 2,01 % – в пятилетней и с 1,91 до 1,82 % – в десятилетней. В почвах пашни содержание гумуса резко снижается вниз по профилю. В слое 0–40 см содержание гумуса снижается в среднем на 30–56 %. В пахотных почвах постоянные обработки почвы повышают аэрацию гумусовых горизонтов и приводят к усилению минерализации гумусовых веществ, и потере гумуса. В залежных почвах, гумус снижается лишь на 6 %, что связано с низким процессом гумусообразования.

Количество гумуса в верхнем горизонте залежи снизилось за 5 лет на 9,75 % и за 10 лет – на 19,07 %, и соответственно в слое 0–20 см – на 8,22 % и на 16,89 %. В течение 10 лет содержание гумуса снижалось равномерно.

В табл. 2 представлены общие запасы гумуса изучаемых почв.

Таблица 2

Запасы гумуса в пахотном слое (0–40 см) на пашне и залежи, (т/га)

Горизонт, см	Пашня				Залежь		
	2018 г		2019 г		1 год	5 лет	10 лет
	май	сентябрь	май	сентябрь			
0–20 см	46,9	46,8	44,6	45,0	56,2	52,4	48,5
20–40 см	36,3	35,0	33,4	33,5	56,1	52,7	49,5
0–40 см	83,1	81,8	78,1	78,5	112,2	105,1	98,0

Как показывают данные табл. 2 в залежных почвах общие запасы гумуса заметно выше. Запасы гумуса в верхнем горизонте залежи колеблются в пределах 52,4–53,4 т/га, а в пашне – 48,5–56,2 т/га. Среднее значение запасов гумуса верхнего горизонта пашни (0–20 см) составляет 52,8 т/га и соответствует по запасам гумуса пятилетней залежи (52,4 т/га). В горизонте 20–40 см среднее количество запасов гумуса на пашне составляет 39,2 т/га, которое на 21 % меньше запасов десятилетней залежи (49,5 т/га).

Общие запасы гумуса 40 – сантиметрового слоя пашни составили 92 т/га, однолетней залежи 112,2 т/га, пятилетней – 105,1 т/га и десятилетней 98,0 т/га.

В почвах пашни вниз по профилю в слое 0–40 см запасы гумуса резко снижаются на 26 %. В залежных почвах снижение запасов гумуса составило в однолетней залежи 0,2 %, в пятилетней 0,5 % и десятилетней 2 %.

Содержание общих запасов гумуса считается низким, и требуются приемы регулирования и воспроизводства органического вещества при использовании почв. Для этого следует использовать систему севооборотов, травосеяние, внесение органических удобрений, сидерация с учетом конкретных свойств и режимов почв в соответствии с требованиями выращиваемых культур и технологий возделывания.

Результаты исследований гумусного состояния аллювиально-луговых почв в системе «пашня-залежь» показали, что при нарастании степени агрогенной трансформации в направлении залежь-пашня отмечаются следующие процессы: аллювиально-луговая среднесуглинистая почва на пашне и залежи относится к почвам с низким содержанием гумуса в пахотном горизонте (1,94–2,36 %); содержания общих запасов гумуса в 40 см пахотном слое на 6–18 % меньше, чем в залежи; среднее значение гумуса в пахотном слое пашни составляет 2,13 %, что соответствует содержанию гумуса в пятилетней залежи.

### Литература

- Гришина Л. А. Гумусообразование и гумусное состояние почв. М. : МГУ 1986. 245 с.
- Мелиорация и использование орошаемых земель в Астраханской области / под ред. Н. В. Челобанова. Астрахань : Факел : Астраханьгазпром, 2002. 557 с.
- Салина, Ю. Б., Яковлева, Л. В. Комплексная оценка залежных земель Астраханской области // Агрохимический вестник. 2016. № 6. С. 10–13.
- Теория и практика химического анализа почв / под ред. Л. А. Воробьевой М. : ГЕОС, 2006.

## **AGROGENIC TRANSFORMATION OF THE HUMUS CONDITION OF SOILS OF AGRICULTURAL LANDS IN THE ASTRAKHAN REGION**

**L. V. Yakovleva, A. A. Utaliev, A. V. Fedotova, A. Kh. Khasanova**

*Astrakhan State University, Astrakhan, Russian Federation*

*yakovleva\_lyudmi@mail.ru*

Identified features of the humus state of alluvial-meadow medium-loamy soils of agricultural lands in the Astrakhan region, formed on lake-alluvial sediments. It has been stated that humus content in the studied soils on arable land and fallow land belongs to soils with low humus content (1.82–2.19 %). Humus stocks in the upper horizon of the fallow soils varies in the range 52.4–53.4 t/ha, in the arable – 48.5–56.2 t/ha that corresponds to low values. In the arable soils down the profile humus reserves decrease sharply by 26 %. Decrease in humus stocks was from 0.2 % (one-year fallow) to 2 % (ten-year fallow) in fallow soils. Mechanical processing of soils and rapid mineralization of organic matter in the arable layer cause intensive reduction of humus level.

*Научное издание*

# ПОЧВА КАК СВЯЗУЮЩЕЕ ЗВЕНО ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ПРИРОДНЫХ И АНТРОПОГЕННО-ПРЕОБРАЗОВАННЫХ ЭКОСИСТЕМ

Материалы

V Международной научно-практической конференции,  
посвященной 90-летию кафедры почвоведения и оценки  
земельных ресурсов ИГУ и Дню Байкала

Материалы публикуются в авторской редакции  
Дизайн обложки: П. О. Ершов

Темплан 2021 г. Поз. 66  
Уч.-изд. л. 35,6

ИЗДАТЕЛЬСТВО ИГУ  
664072, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 124