

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Пермский государственный аграрно-технологический университет
имени академика Д.Н. Прянишникова»

II НИКИТИНСКИЕ ЧТЕНИЯ
«АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ПОЧВОВЕДЕНИЯ, АГРОХИМИИ И ЭКОЛОГИИ
В ПРИРОДНЫХ И АНТРОПОГЕННЫХ ЛАНДШАФТАХ»

МАТЕРИАЛЫ

Международной научной конференции,
посвященной первому профессору почвоведения на Урале, заведующему
кафедрой почвоведения (1924-1932) Василию Васильевичу Никитину,
100-летию первой кафедры почвоведения на Урале,
140-летию науки почвоведения
(Пермь, 14-17 ноября 2023 года)

II NIKITINSKIYE READINGS
«TOPICAL ISSUES OF SOIL SCIENCE, AGRO-CHEMISTRY, AND ECOLOGY IN
NATURAL AND ANTHROPOGENIC LANDSCAPES»

Proceedings of international scientific conference

The Conference is dedicated to Vasily Vasilyevich Nikitin, the first professor of Soil
Science in the Urals and the Head of the Soil Science Department (1924-1932),
the 100th anniversary of the first Soil Science Department in the Urals,
and the 140th anniversary of Soil Science
(Perm, 14 – 17 November 2023)

Пермь
2023

УДК 631.4
ББК 40.3
В 872

Редакционная коллегия:

И.А. Самофалова (отв. редактор), Е.С. Лобанова (отв. секретарь),
А.А. Васильев, А.Н. Чашин, Н.В. Кылосова

В 872 II Никитинские чтения «Актуальные проблемы почвоведения, агрохимии и экологии в природных и антропогенных ландшафтах», Международная научная конференция (14-17; 2023; Пермь). Материалы Международной научной конференции II Никитинские чтения «Актуальные проблемы почвоведения, агрохимии и экологии в природных и антропогенных ландшафтах» [посвящ. Первому проф. почвовед. на Урале, зав. каф. почвоведения (1924-1932) В. В. Никитину, а также 100-летию первой кафедры почвоведения на Урале, 140-летию науки почвоведения], 14-17 ноября 2023 г. – Пермь : Издательство «ОТ и ДО», 2023. – 632 с. ; 29 см. – В надзаг.: М-во науки и высшего образования РФ, федеральное гос. бюджетное образов. учреждение высшего образов. «Пермский гос. аграрно-технологич. ун-т им. акад. Д. Н. Прянишникова». – Библиогр. в конце ст. – 60 экз. – ISBN 978-5-4367-0277-3.– Текст : непосредственный.

Представлены доклады Международной научной конференции II НИКИТИНСКИЕ ЧТЕНИЯ, посвященной актуальным проблемам почвоведения, агрохимии и экологии. В работе конференции принимали участие ученые, преподаватели, аспиранты и студенты российских и зарубежных вузов, сотрудники научно-исследовательских учреждений, особо охраняемых природных территорий и производственных предприятий. Рассмотрены вопросы генезиса, диагностики, классификации и эволюции почв естественных, агрогенных, городских и техногенных ландшафтов, пространственной неоднородности почв и мультидисциплинарные аспекты почвоведения. Особое внимание уделено проблеме создания Красной книги почв, природоохранной деятельности, охране почв, оценке земель, управлению земельными ресурсами в различных регионах России и зарубежных стран. Рассмотрены вопросы воспроизводства плодородия почв сельскохозяйственных угодий, трансформации и деградации почвенного покрова городов, определения индикаторов химического загрязнения почв, почвообразования в техногенных ландшафтах. На конференции обсуждалось применение современных цифровых технологий и математического моделирования в почвоведении, агрохимии, экологии, а также вопросы истории, социологии почвоведения и международного сотрудничества.

Материалы докладов представляют интерес для ученых, преподавателей, аспирантов, студентов вузов, сотрудников научно-исследовательских организаций, производственных предприятий, а также для специалистов сельского хозяйства и природоохранных организаций и учреждений.

УДК 631.4
ББК 40.3
ISBN 978-5-4367-0277-3

© Издательство «ОТ и ДО», 2023

Уважаемые коллеги!

Пермский государственный аграрно-технологический университет имени академика Д.Н. Прянишникова уже более 100 лет воспитывает, обучает и выпускает в жизнь специалистов по всем основным специальностям аграрного производства. Агронимический факультет был создан в составе Пермского университета в 1918 году. В марте 1923 года на агрономическом факультете Пермского университета был организован кабинет почвоведения. В 1924 году заведующим кафедрой почвоведения был назначен Василий Васильевич Никитин, обладавший огромным опытом практической работы (1912-1917 гг.) по организации и проведению почвенных обследований на территории Туркестана в составе Российской империи.



В.В. Никитин (1886-1932 г.) – выпускник 1911 г. Московского сельскохозяйственного института (ныне РГАУ-МСХА), дипломник В.Р. Вильямса, ученик и соратник известных почвоведов Н.А. Димо и И.А. Шульги. В.В. Никитин – крупный почвовед-картограф, профессор, ученый, член Почвенного Комитета Московского Общества Сельского Хозяйства, педагог, основатель почвенного музея, заведующий кафедрой почвоведения ПГУ (Уральского СХИ), один из организаторов высшей Агронимической Школы на Урале (в Перми) и опытного поля на Липовой горе.

Под руководством В.В. Никитина было обследовано до 12 млн. га, дана общая характеристика почв, выявлена пахотнoспoсoбнoсть и кaчeствo зeмeль пo мaссивaм пoд зeрнoсoвхoзы, выявлены условия лесовозобновления и лесопроизрастания. В.В. Никитин был репрессирован, и в связи с этим, малоизвестны его труды, многие работы и отчеты его экспедиций не издавались. Имя ученого на долгие годы было предано забвению.

Г.В. Захарьина (2005) опубликовала список жертв репрессий из числа почвоведов, агрохимиков. В этом списке есть В.В. Никитин с очень-очень краткой информацией – профессор, заведующий кафедрой почвоведения Пермского ГУ, подвергался репрессиям в 1930-х гг., дальнейшая судьба неизвестна. Профессор В.В. Никитин сформировал высококвалифицированный коллектив специалистов в области картографии и географии почв из выпускников кафедры почвоведения, которые в последующем стали известными учеными: Г.А. Маландин (Пермский СХИ), А.И. Оборин (Пермский ГУ), П.В. Лысенин (Челябинск), Н.Д. Градобоев (Омский СХИ), Н.А. Ногина и И.Г. Важенин (Почвенный институт имени В.В. Докучаева), Н.И. Макеев (Курган). Учеником В.В. Никитина и участником экспедиций был Н.Я. Коротаяев, заведующий кафедрой почвоведения с 1936 по 1973 г. и научный руководитель почти всех сотрудников кафедры почвоведения до 1973 г. Первый профессор почвоведения на Урале – Василий Васильевич Никитин – более 90 лет назад положил начало почвенно-географическим исследованиям в бывшей Уральской области (ныне территории Пермского края, Курганской, Челябинской, Свердловской, Тюменской областей). Научно-исследовательский вклад Василия Васильевича Никитина распространяется на все регионы современной России, государств Центральной Азии, на территории которых Василий Васильевич проводил исследования почвенного покрова.

**СЕКЦИЯ 1. ГЕНЕЗИС, КЛАССИФИКАЦИЯ, ЭВОЛЮЦИЯ ПОЧВ.
МУЛЬТИДИСЦИПЛИНАРНЫЕ АСПЕКТЫ ПОЧВОВЕДЕНИЯ**

**SECTION 1. GENESIS, CLASSIFICATION, EVOLUTION OF SOILS.
MULTIDISCIPLINARY ASPECTS OF SOIL SCIENCE**

УДК 631.45

**МЕТОДИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ОЦЕНКИ УЩЕРБА ОТ ДЕГРАДАЦИИ
ОРГАНОГЕННЫХ ПОЧВ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ**

Т.Н. Азаренок

РУП «Институт почвоведения и агрохимии», Минск, Беларусь

e-mail: tanik63@mail.ru, soil@tut.by

Аннотация. Рассмотрены методические аспекты оценки ущерба от деградации торфяных почв. Получен поправочный коэффициент на деградированность и апробирован расчет средневзвешенного стоимостного показателя недобора урожая на дегроторфяных почвах для оценки ущерба.

Ключевые слова: эволюция почв, дегроторфяные почвы, органическое вещество, недобор урожая, оценка ущерба.

Беларусь является уникальным регионом на постсоветском пространстве с высоким удельным весом органогенных почв (11,3 %) в составе сельскохозяйственных земель. Осушительная мелиорация как ведущий антропогенный фактор, выступает причиной наблюдаемой эволюции торфяных почв в рамках средневременных изменений ($n \cdot 10^{1-2}$ лет) вследствие прерывания накопления органического вещества (ОВ) и его количественного уменьшения. На месте осушенных маломощных торфяных почв в результате частичной сработки торфа и минерализации ОВ, сформировались новые почвенные таксоны, относящиеся к классу антропогенно-преобразованных почв. Все важнейшие свойства дегроторфяных почв – агрофизические, физико-химические и агрохимические определяются количественным и качественным составом ОВ ($r=0,76-0,98$) [1, 2]. Уменьшение содержания ОВ неизбежно отражается на показателях их производительной способности. Поэтому исследования по усовершенствованию аспектов оценки плодородия почв, подвергающихся антропогенным воздействиям деградационной направленности, с последующим выделением в самостоятельный вид оценки с учетом показателей эколого-производственных функций почв для последующего определения размера ущерба сельскохозяйственному производству от происходящих процессов деградации, являются актуальными для практической реализации принципов ресурсосберегающего землепользования.

Объектом исследований явились дегроторфяные торфяно-минеральные почвы (с содержанием ОВ 50,0–20,1 %) и минеральные остаточно-торфяные почвы

(с содержанием ОВ 20,0–5,1 %), подстилаемые/сменяемые рыхлыми песками сельскохозяйственных земель ОАО «Краснослободское» Октябрьского района Гомельской области. Используются данные полевых исследований 2019–2022 гг., корректировки почвенно-картографических материалов осушенных территорий землепользования, литературных и фондовых источников с применением сравнительно-аналитических, статистических методов и метода экспертных оценок.

В настоящий момент при оценке ущерба от деградации в республике отсутствует методическая часть, регламентирующая этапы проведения данного вида работ и учитывающая специфику трансформации органогенных почв. При разработке методических аспектов эколого-экономической оценки от деградации осушенных органогенных почв различной степени антропогенной трансформации нами была составлена структурно-логическая схема проведения этой оценки, которая состоит из следующих этапов: подготовительного, сбора первичных данных, обработки и анализа научных данных, разработки экспертного заключения и мер по минимизации эколого-экономического ущерба. Важнейшей составной частью алгоритма оценки ущерба является подготовка экспертного заключения, включающего научное обоснование факта деградации органогенных почв, в рамках которого осуществляется расчет ущерба от деградации торфяных почв [3].

Применительно к деградированным почвам, изменения функций почвы, как элемента агроэкосистемы, с учетом связи ОВ с физико-химическими и агрохимическими свойствами и их производительной способностью, экономический ущерб может быть выражен через систему натуральных (урожайность, ц/га) и стоимостных (стоимость недополученного урожая, \$) показателей. На основании средневзвешенных данных отклонений фактической урожайности озимой ржи (по данным полевых учетов) и нормативной, впервые был проведен расчет поправочного коэффициента на деградированность (K_d) к баллам бонитета почв рабочих участков и землепользования в целом, отражающего региональные аспекты изменения производительной способности почв вследствие деградации органогенных почв.

Установлено, что средневзвешенная фактическая урожайность для деградированных торфяно-минеральных почв составила 33,3 ц/га, а на деградированных минеральных остаточно-торфяных – 24,3 ц/га. Поправочный коэффициент на деградированность (K_d) к баллу бонитета почв для возделывания озимой ржи для деградированных торфяно-минеральных почв – 0,056, а для деградированных минеральных остаточно-торфяных почв составил 0,080, что составляет общее снижение балла бонитета соответственно на 2,4 и 3,2 балла к исходному баллу бонитета почв. Предварительно поправочный коэффициент на деградированность (K_d) к баллу бонитета почв для исследуемого землепользования в целом, при возделывании озимой ржи, составил 0,064 (снижение 2,6 балла).

Был проведен и расчет средневзвешенного стоимостного показателя недобора урожая озимой ржи на деградированных почвах. Средневзвешенный недобор урожая озимой ржи на деградированных торфяно-минеральных почвах

составил 2,0 ц/га, а для дегроторфяных минеральных остаточно-торфяных – 2,4 ц/га. Установлено, что стоимость недобора урожая на дегроторфяных торфяно-минеральных почвах составила 204 \$/га, на дегроторфяных минеральных остаточно-торфяных – 235 \$/га. Расчет стоимостного показателя недобора урожая, как составной части характеристики экономического ущерба от деградации органогенных почв, возможно проводить и для других сельскохозяйственных культур.

Разработанные методические аспекты оценки ущерба почв от проявляющихся негативных процессов деградации на органогенных почвах, учитывающих специфику трансформации органогенных почв, как компонента агроэкосистемы, являются составной частью «Методики оценки эколого-экономического ущерба от деградации осушенных органогенных почв сельскохозяйственных земель республики» для контроля агроэкологического состояния дегроторфяных почв.

Литература

1. Азаренок Т.Н., Шульгина С.В. Агроэкологические особенности антропогенной трансформации состава и свойств осушенных агроторфяных почв Беларуси / Земледелие и защита растений. 2016. № 5(108). С. 3-6.
2. Методические указания по диагностике и полевому исследованию антропогенно-преобразованных почв сельскохозяйственных земель республики / Т. Н. Азарёнок [и др.]. Минск: Ин-т почвоведения и агрохимии, 2021. 72 с.
3. Азаренок Т.Н., Шульгина С.В., Шибут Л.И., Матыченкова О.В., Матыченков Д.В. О направленности трансформации органогенных почв Беларуси // Приемы повышения плодородия почв и эффективности удобрения: мат-лы Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. памяти ученых: А. И. Горбылевой, Ю. П. Сиротина и В. И. Тюльпанова, Горки, 18-20 дек. 2018 г. / редкол.: Т. Ф. Персикова (отв. ред.) [и др.]. Горки: БГСХА, 2019. Ч. 1. С. 12-14.
4. Азарёнок Т.Н., Матыченкова О.В., Дыдышко С.В., Матыченков Д.В. Методика оценки эколого-экономического ущерба от деградации осушенных органогенных почв различной степени антропогенной трансформации // Актуальные проблемы почвоведения, экологии и земледелия. Сборник докладов XVIII Международной научно-практической конференции Курского отделения МОО «Общество почвоведов имени В.В. Докучаева». / г. Курск, 26-28 апреля 2023 г. Курск: ФГБНУ «Курский ФАНЦ», 2023. С. 5-9.

METHODOLOGICAL ASPECTS OF ASSESSING DAMAGE FROM DEGRADATION OF ORGANIC SOILS ON AGRICULTURAL LAND

T.N. Azarenok

RUE "Institute of Soil Science and Agrochemistry", Minsk, Belarus

Abstract. The methodological aspects of assessing the damage from the degradation of peat soils are considered. A correction factor for degradation has been obtained and the calculation of the weighted average cost indicator of crop shortage on degro-peat soils has been tested to characterize the economic damage.

Keywords: soil evolution, degropeat soils, organic matter, crop shortage, economic evaluation.

References

1. Azarenok T.N., Shulgina S.V. Agroecological features of anthropogenic transformation of the composition and properties of drained agropeat soils of Belarus / Agriculture and plant protection. 2016. No. 5(108). P. 3-6.

2. Guidelines for the diagnosis and field study of anthropogenically transformed soils of agricultural lands of the republic / T. N. Azarenok [et al.]. Minsk: Institute of Soil Science and Agrochemistry, 2021. 72 p.
3. Azarenok T.N., Shulgina S.V., Shibut L.I., Matychenkova O.V., Matychenkov D.V. On the direction of transformation of organogenic soils in Belarus // Techniques for improving soil fertility and fertilizer efficiency: materials of the Intern. scientific-practical. conf., dedicated in memory of scientists: A. I. Gorbyleva, Yu. P. Sirotin and V. I. Tyulpanov, Gorki, December 18-20. 2018 / editorial board: T. F. Persikova (editor-in-chief) [and others]. Gorki: BSHA, 2019. Part 1. P. 12-14.
4. Azarenok T.N., Matychenkova O.V., Dydysenko S.V., Matychenkov D.V. Methodology for assessing the ecological and economic damage from the degradation of drained organogenic soils of various degrees of anthropogenic transformation // Actual problems of soil science, ecology and agriculture. Collection of reports of the XVIII International Scientific and Practical Conference of the Kursk branch of the International Public Organization "Society of Soil Scientists named after V.V. Dokuchaev". / Kursk, April 26-28, 2023. Kursk: Federal State Budgetary Scientific Institution "Kursk FANTS", 2023. P. 5-9.

УДК 631.423.5

НЕКОТОРЫЕ СВОЙСТВА И СОСТАВ ВОДНОЙ ВЫТЯЖКИ ПОЧВ ОЗЕРА ЧАНЫ

Д.А. Дорошенко¹, А.Н. Никифоров^{1,2}, А.А. Гербер^{1,2}

¹ФГАУ ВО Национальный исследовательский Томский государственный университет, Томск, Россия

²ФГБУН Институт мониторинга климатических и экологических систем СО РАН, Томск, Россия

e-mail: davad29070277@gmail.com

Аннотация. В работе приводится сравнительный анализ катионно-анионного состава почвенных образцов, почвенно-грунтовых (верховодки) и поверхностных вод озера Чаны, представляющего большое экологическое и рыбохозяйственное значение.

Ключевые слова: водная вытяжка, катионно-анионный состав, общая минерализация.

На территории Обь-Иртышского междуречья простирается бессточная Барабинская равнина. В ее пределах расположено более 2500 озер. Самое большое из них – непроточное солоноватое озеро Чаны. Некогда крупнейший внутриматериковый гидрологический объект, в конце XVIII в. имел общую площадь около 12 тыс. км² [1]. В настоящее время озеро Чаны разделено на четыре плеса: Ярковский, Тагано-Казанцевский, Чинязинский и Юдинский.

В 1971г., после отделения Юдинского плеса от основной части озера и его дальнейшего пересыхания, начались прогрессивные исследования озера Чаны. Территория каждого плеса находится на определенном этапе своей эволюции. Научных трудов, описывающих современное состояние почвообразования других плесов недостаточно для понимания общей картины эволюции ландшафта.

Целью исследования послужила оценка и взаимосвязь катионно-анионного состава почв, почвенно-грунтовых и поверхностных вод озера Чаны.

Объектом исследования выбран почвенный профиль, заложенный вблизи Ярковского плеса (54.907829, 78.062773 в 10 м от уреза воды). Из почвенного

разреза отобраны образцы сплошной колонкой в пределах выделенных генетических горизонтов, для последующего проведения аналитических исследований. Кроме образцов грунта из почвенного разреза и водоёма отобраны образцы воды для проведения сравнительного анализа солевого состава. Для оценки физических, физико-химических свойств и катионно-анионного состава исследованных объектов проводились анализы общепринятыми методами [2, 3].

Озеру Чаны свойственны своеобразные черты водного режима, своего рода гидрологические пульсации. Тип питания преимущественно бессточный, однако каждые 30-35 лет в его водном режиме происходит трансгрессии за счет увеличения стока питающих рек.

Исследованная территория представляет собой очагово заросший остепненный участок в границах субаквального ландшафта. Свойство грунта (высокая подвижность песков) препятствует формированию в верхней части почвенного профиля хорошо оформленного дернового горизонта, обуславливающего снижение подвижности песка. В напочвенном покрове участка преобладает солерос, встречается ковыль, широко распространенный на сопредельных территориях.

Почвенный профиль осложнен многократным полициклическим озерно-аллювиальным и эоловым осадконакоплением, в связи с чем четкое определение принадлежности к генетическому типу почв весьма затруднено. Цикличность переотложения минерального материала подтверждается (рис. 1А) неоднородностью распределения гранулометрических фракций и соотношением совокупных фракций физического песка и физической глины. Полученные данные свидетельствуют, что в верхней 60-сантиметровой толще проявляются процессы эолового переотложения песчаного материала, обусловленного, по всей видимости, сменой субаквальной стадии на супераквальную. Толща ниже 60 см характеризуется более тяжелым гранулометрическим составом, с существенным преобладанием доли илистых частиц, что связано с прохождением субаквальной стадией осадконакопления. На глубине 110-120 см наблюдается изменение фракционного состава минеральной части, что, по-видимому, связано с регрессией вод озера на более ранних стадиях эволюции ландшафта.

М.В. Савкин с соавторами [4], проводя ретроспективный анализ общей солености вод озера Чаны, по состоянию на 2002г. отмечает, что степень минерализации довольно вариабельна (0,7-5,6 мг/л). Однако, полученные нами данные существенно отличаются от проведенных, указанными авторами, исследований и свидетельствуют (табл.), что степень минерализации за последние 20 лет возросла более чем в 5 раз. При этом, повышение степени минерализации вод Ярковского плеса существенно не повлияло на экологическое состояние подчиненных биогеоценозов. Не смотря на увеличение засоленности вод гидрологического объекта их минерализация, согласно классификации [5] крайне мала, а сами воды можно отнести к ультрапресным.

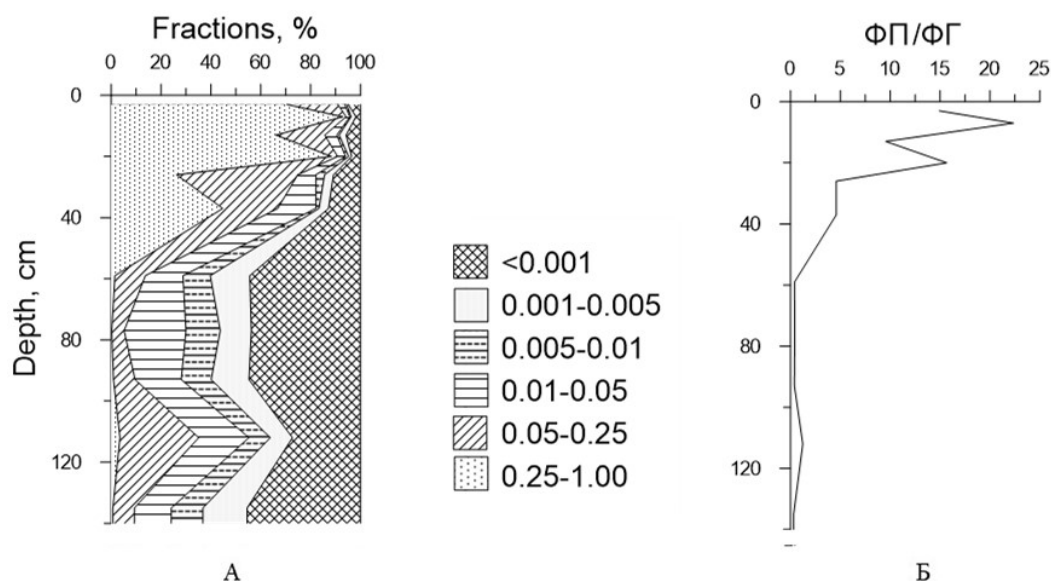


Рисунок 1. Профильное распределение гранулометрической фракций исследованного почвенного разреза (А) и соотношения совокупных фракций физического песка и физической глины (Б)

Таблица

Значения показателя рН и катионно-анионного состава вод и почвенных образцов

Глубина	рН	CO_3^{2-}	HCO_3^-	Cl	SO_4^{2-}	Ca^{2+}	Mg^{2+}	Na^+
Поверхностные воды Ярковского плёса*								
-	8,6	0,8	0,1	13,4	0,1	0,1	0,1	14,2
Почвенно-грунтовые воды*								
-	8,6	0,2	следы	8,1	1,6	0,1	0,6	9,2
Почвенный профиль**								
0-5	8,9	следы	0,3	5,3	0,4	0,1	0,1	5,9
5-10	9,3	следы	0,3	3,6	0,3	0,1	0,1	4,0
10-16	8,3	следы	0,4	15,7	2,5	0,3	0,3	18,0
16-21	8,8	следы	0,4	7,0	0,9	0,1	0,1	8,1
21-30	8,4	следы	0,3	8,5	2,2	0,3	0,2	10,5
32-42	8,3	следы	0,3	3,1	1,1	0,3	0,1	4,1
54-64	8,5	0,1	0,4	3,1	0,8	0,1	0,1	4,2
74-81	8,4	следы	0,6	2,9	0,8	0,1	0,1	4,1
86-96	8,2	следы	0,4	2,5	0,7	0,1	0,1	3,4
107-117	8,5	0,1	0,9	2,5	0,7	0,1	0,1	4,0
120-130	8,6	следы	0,4	2,7	0,6	0,1	следы	3,6

*значения катионно-анионного состава указаны в мг/л

** значения катионно-анионного состава указаны в мг/кг

В целом в солевом балансе вод исследованного объекта преобладают анионы хлора и катионы натрия, что определяет тенденцию формирования класса хлоридных и группы натриевых вод. Следует отметить, что общая минерализация почвенно-грунтовых вод заметно ниже, чем в воде Ярковского плёса. Это связано, вероятно, с частичным внутрпочвенным удержанием растворенных солей минеральными, в особенности тонкодисперсными, частицами.

В почвенном профиле, как и в исследованных водах сохраняется тенденция хлоридно-натриевого соленакопления. Облегченный гранулометрический состав способствовал выносу наиболее мобильных анионов (гидрокарбонатов и

карбонатов). В целом почва характеризуется относительным трендом формирования типа солевого баланса - засоление, на что указывает некоторая аккумуляция солей в верхней части профиля.

Почвенные горизонты характеризуются небольшим содержанием солей, которое в отдельных горизонтах не превышает 40 мг/кг. Содержание соды крайне мало, однако ее содержание вниз по профилю несколько возрастает, не оказывая при этом токсического эффекта для растений.

На глубине 10-16см наблюдается заметное (табл.) увеличение доли участия натрия, относительно выше и ниже лежащих горизонтов почвенного профиля. Такие значения могут быть связаны с резким уменьшением доли участия грубодисперсных минеральных частиц и сжатием соотношения (рис. 1Б) содержания физического песка к физической глине. Для всего почвенного профиля характерны следующие соотношения катионов: $Na > Ca$, $Na > Mg$, $Ca < 20\% \sum \text{катионов}$, $Mg < 20\% \sum \text{катионов}$. Такие значения указывают на солонцеватость почвы.

Таким образом, вода Ярковского плеса и почвенно-грунтовые воды характеризуются как ультрапресные. В их составе и в составе водных вытяжек минеральных образцов имеется сходство, связанное с тенденцией формирования хлоридного класса и натриевой группы. Общая минерализация вод и водных вытяжек не несет токсического эффекта и существенно не влияет на экологическое состояние гидробионтов и подчиненные элементы (компоненты) супераквальных ландшафтов.

Литература

1. Якутин М.В., Анопченко Л.Ю. Картографический метод в изучении динамики обсыхания Юдинского плеса озера Чаны // Известия высших учебных заведений. Геодезия и аэрофотосъемка. 2015. №6. С. 63-65.
2. Аринушкина Е.В. Руководство по химическому анализу почв / Отв. ред. А.И. Бусев. М.: Московский университет. 1970. 487 с.
3. Таубе П.Р., Баранова А.Г. Практикум по химии вод. М.: Высшая школа. 1971. 128 с.
4. Савкин В.М., Кондаков О.В., Двуреченская С.Я., Марусин К.В. Водно-экологическое состояние озера Чаны (ретроспектива и современность) // Озера Евразии: проблемы и пути их решения: Материалы II международной конференции. Казань, 2019. Ч.1. С. 162-166.
5. Перельман А.И. Геохимия природных вод. М.: Наука. 1982. 154 с.

SOME PROPERTIES AND COMPOSITION OF WATER EXTRACT OF SOILS OF LAKE CHANY

D.A. Doroshenko¹, A.N. Nikiforov^{1,2}, A.A. Gerber^{1,2}

¹National Research Tomsk State University, Tomsk, Russia

²Institute for Monitoring Climatic and Ecological Systems SB RAS, Tomsk, Russia

Abstract. The paper presents a comparative analysis of the cation-anion composition of soil samples, soil-ground and surface waters of Lake Chany, which is of great ecological and fishery importance.

Keywords: water extract, cation-anion composition, total mineralization.

References

1. Yakutin M.V., Anopchenko L.Yu. Cartographic method in studying the dynamics of drying of the Yudinsky reach of Lake Chany. Geodesy and aerial photography. 2015. №6. P. 63-65.

2. Arinushkina E.V. Guidelines for the chemical analysis of soils / Resp. ed. A.I. Busev. Moscow: Moscow University. 1970. 487 p.
3. Taube P.R., Baranova A.G. Workshop on the chemistry of water. M.: Higher school. 1971. 128 p.
4. Savkin V.M., Kondakov O.V., Dvurechenskaya S.Ya., Marusin K.V. Water-ecological state of Lake Chany (retrospective and present) // Lakes of Eurasia: problems and ways to solve them: Proceedings of the II International Conference. Kazan, 2019. Part 1. P. 162-166.
5. Perelman A.I. Geochemistry of natural waters. M.: Science. 1982. 154 p.

УДК 631.472.6

ХАРАКТЕРИСТИКА ПОЧВ ВДОЛЬ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ТРОПЫ «К ВЕРШИНЕ СЕВЕРНОГО БАСЕГА»

В.Д. Дурыманова, И.А. Самофалова
ФГБОУ ВО Пермский ГАТУ, Пермь, Россия
e-mail: durimanowalera@yandex.ru

Аннотация. В работе представлено почвенное разнообразие заповедной территории на примере почв вдоль экологической тропы «К вершине северного Басега». Тропа проходит через различные высотно-растительные пояса. Диагностированы почвы различного генезиса: литоземы серогумусовые, литоземы грубогумусовые, подбур иллювиально-гумусово-железистый, буроземы элювиированные, петроземы гумусовые, серогумусовые элювиированные и аллювиальные гумусовые почвы.

Ключевые слова: горные почвы, высотно-растительные пояса, заповедник, экологическая тропа, почвенный профиль

Введение. Экологическая тропа на территории ООПТ – это специально оборудованная трасса, в задачах которой является ознакомление с естественным природным ландшафтом, с минимальным уроном окружающей среде. Создание экологических маршрутов позволяет посетителям получить информацию о природных компонентах ООПТ [1, 8]. В заповедных территориях очень ограничен проход для туристов. Для территориальной экосистемы создают туристические «коридоры», по которым туристы могут проходить, принося минимум вреда окружающей среде [1]. Почвенный покров заповедных территорий считается одним из эталонных почв, что говорит об уникальности и значимости в мире [6]. Несмотря на то, что почвенный покров ООПТ является одним из компонентов охраняемого ландшафта, почвы, в отличие от растительного и животного мира, изучены слабо [4].

Цель исследования – изучить почвы вдоль экологической тропы хребта Басеги.

Объекты и методы. Исследования проходили в государственном природном заповеднике Пермского края «Басеги». На территории заповедника расположен экологический маршрут «К вершине Северного Басега». Экологическая тропа проходит через несколько высотных поясов, а именно:

луговые поляны и парковый лес (623-644 м), луговые поляны (644-699 м), луговые поляны и криволесье (699-759 м), тундра (759-814 м). В ходе экспедиции заложены разрезы вдоль экологической тропы.

Классификационное положение почв определяли по «Полевому определителю почв» [2]. Определение скелетности почв по методике [3].

Результаты исследования. Ранее было установлено, что территория заповедника представлена большим разнообразием почв [4-6, 8]. В пределах экологической тропы по мере подъема к вершине наблюдается смена почв в пространстве. Так, по основным диагностическим горизонтам были диагностированы почвы отделов: литоземы, органо-аккумулятивные, структурно-метаморфические, аллювиальные. Выделено 8 типов почв. В почвах морфологически выделяются генетические признаки глееватости, ожелезнения, элювиирования, иллювиирования. Почвы различаются строением профиля (табл.).

Таблица

Характеристика почв вдоль экологической тропы

№ разреза	Почва	Высота, м н.у.м.	O, см	AY, см	Альфегумусовый горизонт, см	E	Мощность профиля, см
8-20	Литозем грубогумусовый перегнойно-торфяной	814	O, OA (17)	AY (17)		-	28
7-20	Подбур иллювиально-гумусово-железистый	804	O (5)	-	BH, BF (23)	-	>28
6-20	Серогумусовая	759	O (2)	AY, AYC (31)	-	-	33
203	Петрозём гумусовый	728	O (3)	-	-	E	3-5
5-20	Литозем серогумусовый грубогумусированный	703	O (4)	AY, AYC (17)	-	-	>21
4-20	Бурозем элювиированный	699	O (4)	AY, AY _с (21)	BM (11)	-	36
202	Литозем серогумусовый	699	O (10)	AY ₁ , AY (15)	-	-	25
3-20	Литозем серогумусовый	644	O (2)	ay, AY, AYC (12)	-	-	>21
2-20	Литозем серогумусовый	641	O (6)	AY, AYg (23)	-	-	>29
201	Серогумусовая элювиированная	623	O (12)	AY, AY ₁ (28)	-	-	>40
1-20	Аллювиальная гумусовая элювиированная ожелезненно-оруденелая	392	Ao (2)	AYel,f, AYf, AY, AYg (41)	-	-	100

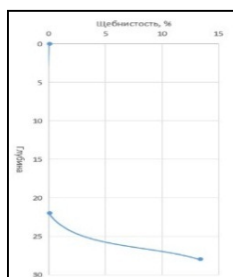
Мощность почв разнообразна в пределах экологической тропы: чем больше высота местности, тем меньше мощность почвенного профиля. Мощность профилей почв варьирует от менее 20 до 100 см. Горным почвам присуща укороченность профиля и его генетических горизонтов.

Наличие органогенного горизонта свойственно всем типам почв, но различной мощности. Мощность поверхностного органогенного горизонта

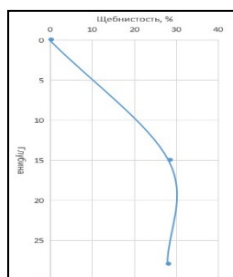
варьирует от 2 до 17 см и представлены дерновым, подстильно-торфяным, грубогумусовым горизонтами.

Почвы имеют гумусовый горизонт (АУ) в пределах мощности 15-30 см с различными генетическими признаками (грубогумусированность, глееватость, железненность, элювиированность).

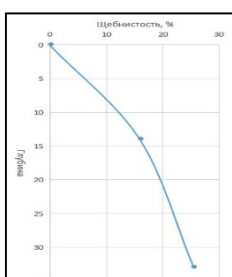
Отличительным признаком горных почв является их скелетность [7]. В почвах заповедника определена каменность по профилю. По содержанию щебня почвы являются слабо, средне и сильнокаменными (рис.).



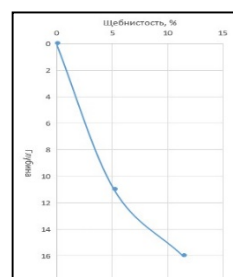
А) литозем грубогумусовый, 814 м



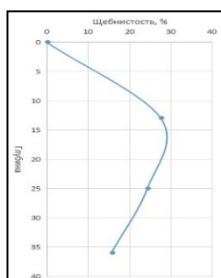
Б) подбур иллювиально-гумусово-железистый, 804 м



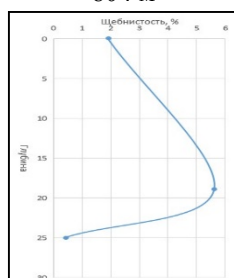
В) подзол иллювиально-гумусовый, 759 м



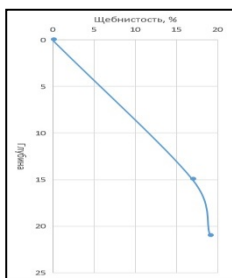
Г) литозем темногумусовый гумусово-стратифицированный, 703 м



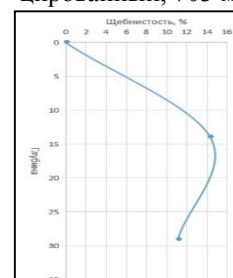
Д) дерново-подбур иллювиально-гумусово-железистый, 699 м



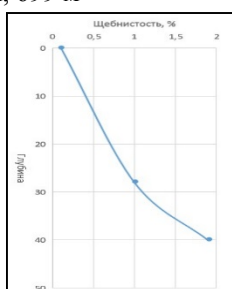
Е) литозем серогумусовый, 699 м



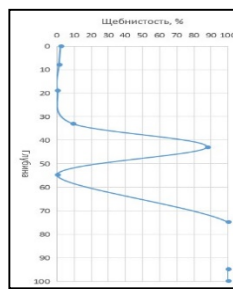
Ж) литозем серогумусовый, 644 м



З) литозем серогумусовый глееватый, 641 м



И) серогумусовая элювиированная, 623 м



К) аллювиальная гумусовая элювиированная железненно-оруденелая, 392 м

Рисунок. Распределение щебня по профилю почв

В почвах, формирующихся на высоте более 700 м н.у.м., отмечается постепенное увеличение содержания щебня с глубиной профиля. Это характерно для литоземов, подбуров и подзолов в криволесье и горной тундре. Почвы, формирующихся ниже 700 м, характеризуются дифференцированным содержанием щебня по профилю.

В аллювиальной гумусовой элювиированной ожелезненно-оруденелой верхняя часть профиля характеризуется как слабокаменистая. С глубины 60 см горизонты являются очень сильнокаменистыми. В почвах вдоль экологической тропы, сформировавшихся выше 700 м отмечается элювиальный тип распределения щебнистости. Почвы, формирующиеся на высоте ниже 700 м характеризуются элювиально-иллювиальным и аккумулятивно-элювиально-иллювиальными типами распределения.

Выводы. Вдоль экологической тропы «К вершине Северного Басега» диагностированы почвы различного генезиса: литоземы серогумусовые, литоземы грубогумусовые, подбур иллювиально-гумусово-железистый, буроземы элювиированные, петроземы гумусовые, серогумусовые элювиированные и аллювиальные гумусовые почвы. В пределах экологической тропы мощность профилей почв увеличивается от 20-30 см в горной тундре и до 80-100 см в горной тайге. Таким образом, в пределах тропы представлены основные типы почв, характерные для конкретных высотно-растительных условий.

Литература

1. Захаров С.Г., Кулик И.В. Тропа и рекреационная нагрузка: новый метод определения уплотнения почв на тропях // Географический вестник. 2017. № 2 (41). С. 109-117.
2. Полевой определитель почв. М.: Почвенный ин-т им. В.В. Докучаева, 2008. 182 с.
3. Практикум по почвоведению. Учебники и учеб. пособия для высш. с.-х. учеб. заведений. // Под ред. И.С. Кауричева. 3-е изд., перераб. и доп. М.: Колос, 1980. 272 с.
4. Самофалова И.А., Лузянина О.А. Почвы заповедника "Басеги" и их классификация // Пермский аграрный вестник. 2014. № 1 (5). С. 50-60.
5. Самофалова И.А., Лузянина О.А., Соколова Н.В. Морфолого-генетические особенности в субальпийском поясе // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. 2014. № 1-1. С. 24-28.
6. Самофалова И.А. Разнообразие почв низкогорных ландшафтов и особенности их формирования на западном макросклоне среднего Урала (заповедник «Басеги») // Пермский аграрный вестник. 2017. № 3 (19). С. 10-17.
7. Самофалова И. А. Анализ распределения щебня в профиле и генезис буроземов (Средний Урал, хребет Басеги): сборник / Почвы в биосфере. Сборник материалов Всероссийской научной конференции с международным участием, посвященной 50-летию Института почвоведения и агрохимии СО РАН. Ответственный редактор А.И. Сысо. 2018. С. 100–104.
8. Самофалова И.А. Почвы подгольгового пояса (Средний Урал, хребет Басеги) // Сборник научных трудов Международной научной конференции, посвященной 90-летию со дня рождения Бурлаковой Лидии Макаровны. Барнаул, 2022. С. 75-79.
9. Ненашева Г.И., Козырева Ю.В., Карташова Д.А., Полешкина Е.С. Экологическая тропа в ООПТ (на примере создания экологической тропы «Заповедные озёра» в Катунском биосферном заповеднике) // Актуальные проблемы математики и естественных наук. Материалы X Международной научно-практической конференции, посвященной 75-летию доцента Р.А. Акбердина. Сургут, 2022. С. 180-182.

SOIL CHARACTERISTICS ALONG THE ECOLOGICAL TRAIL "TO THE TOP OF THE NORTHERN BASEG"

V.D. Durymanova, I.A. Samofalova
Perm State Technical University, Perm, Russia

Abstract. The paper presents the soil diversity of the protected area on the example of soils along the ecological trail "To the top of the northern Baseg". The trail passes through various vegetation belts, namely: Meadow clearings and park forest (623-644 m), Meadow clearings (644-699 m), Meadow clearings and krivolesye (699-759 m), Tundra (759-814 m) thereby causing a change in soil cover.

Keywords: ecological trail, Basegi Nature reserve, mountain soils, vegetation belts, gravel

References

1. Zakharov S.G., Kulik I.V. Trail and recreational load: a new method for determining soil compaction on trails // geographical bulletin. 2017. № 2 (41). P. 109-117.
2. Field soil determinant. M.: Soil Institute named after V.V. Dokuchaev, 2008. P. 182.
3. Workshop on soil science. Textbooks and studies. manuals for higher educational institutions. establishments. // Edited by I.S. Kaurichev. 3rd ed., reprint. and additional M.: Kolos, 1980. 272 p.
4. Samofalova I.A., Luzyanina O.A. Soils of the Basegi Reserve and their classification // Perm Agrarian Bulletin. 2014. No. 1 (5). P. 50-60.
5. Samofalova I.A., Luzyanina O.A., Sokolova N.V. Morphological and genetic features in the subalpine belt // Actual problems of humanities and natural sciences. 2014. No. 1-1. P. 24-28.
6. Samofalova I.A. Diversity of soils of low-mountain landscapes and features of their formation on the western macroscline of the Middle Urals (Basegi Reserve) // Perm Agrarian Bulletin. 2017. No. 3 (19). P. 10-17.
7. Samofalova I.A. Analysis of the distribution of crushed stone in the profile and the genesis of brown soils (Middle Urals, Basega ridge): collection / Soils in the biosphere. Collection of materials of the All-Russian scientific conference with international participation dedicated to the 50th anniversary of the Institute of Soil Science and Agrochemistry SB RAS. Responsible editor A.I. Syso. 2018. P. 100-104.
8. Samofalova I.A. Soils of the podgolgovy belt (Middle Urals, Basegi ridge) // Collection of scientific papers of the International scientific Conference dedicated to the 90th anniversary of the birth of Burlakova Lidiya Makarovna. Barnaul, 2022. P. 75-79.
9. Nenasheva I.G., Kozyreva Y.V., D. Kartashova A.D., Poleshkina E.S. Ecological path in protected areas (on the example of the creation of the ecological trail "Reserved lakes " in the Katun Biosphere Reserve) // Actual problems of mathematics and natural sciences. Materials of the X International Scientific and Practical Conference dedicated to the 75th anniversary of Associate Professor R.A. Akberdin. Surgut, 2022. P. 180-182.

УДК 631.417.2

ОСОБЕННОСТИ ГУМУСОВЫХ ПРОФИЛЕЙ СТЕПНЫХ ПОЧВ СЕВЕРО-ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ ПРИОБСКОГО ПЛАТО

Е.Г. Захарова

ФГБУН Институт почвоведения и агрохимии СО РАН, Новосибирск, Россия

e-mail: zakharova@issa-siberia.ru

Аннотация. Результаты изучения особенностей гумусовых профилей степных почв со сложной историей развития на северо-востоке Приобского плато, показали, что они кроме современного содержат в своей структуре еще один-три горизонта накопления гумуса с неоднозначным составом, представляющие собой разные палеогоризонты древних почв.

Ключевые слова: гумусовый профиль, степные почвы, палеопочвы, Приобское плато.

В почвоведении одной из важных проблем остается объяснение происхождения почв со сложным строением гумусового профиля, включающего как современные, так и горизонты древних почв. В данной работе под гумусовым профилем почв понимается «совокупность химически и генетически сопряженных однородных зон (слоев) почвы, каждая из которых имеет специфическое сочетание и степень проявления элементарных гумусообразовательных процессов, определяющихся сменой биоклиматических условий в период формирования почвы» [1]. Гумусовые профили способны отражать и фиксировать этапы развития почвообразовательного процесса и его реакцию на изменение климата [2]. Изучение их характеристик способствует восстановлению истории формирования почвы и обоснованию прогнозных оценок развития ландшафтов и климата.

Для оценки особенностей гумусовых профилей степных почв на территории северо-восточной части Приобского плато был выделен участок, где в качестве почвообразующей породы, на которой идет почвообразование современных почв, выступают разные горизонты среднеплейстоценовых палеопочв (рис. 1).

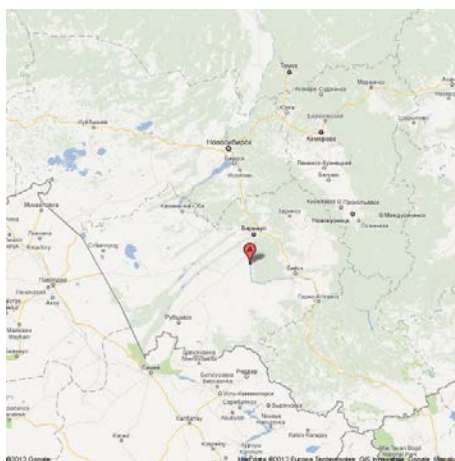


Рисунок 1. Схема расположения разрезов на карте Алтайского края

Эти почвы находятся на склоне, который характеризуется наличием выровненных уступов в месте выхода гумусовых горизонтов древних почв на поверхность, образовавшихся в результате эрозионных процессов (рис. 2). Растительность на этом участке представлена типчаково-полынным сообществом. Здесь было заложено три разреза, в которых морфологически выделяются другие, кроме современного, горизонты повышенного гумусонакопления. Они имеют темную окраску, но не идентичны.

Облик всех почв (разрезы 3, 4, 5), в целом, на фоне типичных признаков степных почв имеет ряд отклонений, которые не соответствуют современным условиям почвообразования.

Так, в них различается внутригоризонтная изменчивость окраски или ее оттенков, структура, плотность, формы карбонатов, глубина и интенсивность вскипания от 10% HCl, а также наличие в профилях еще одного-двух

гумусированных горизонтов на разной глубине [3]. Разнообразные морфологические свойства почв на этом участке нельзя охарактеризовать общей формулой профилей, так как они имеют сложную и существенно различающуюся совокупность горизонтов.

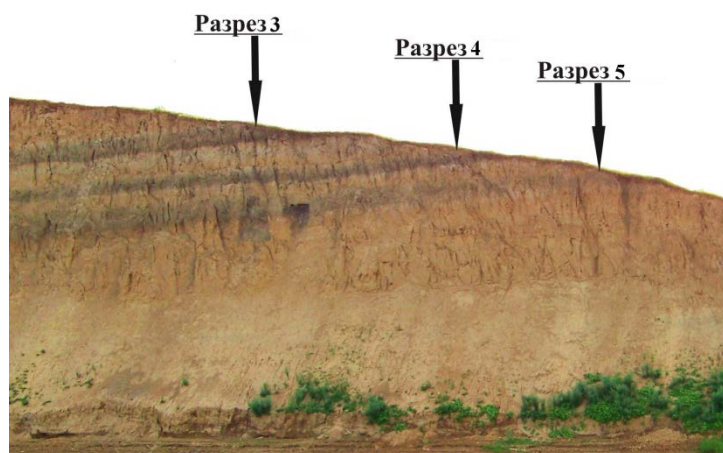


Рисунок 2. Схема расположения разрезов на склоне

Варьирование свойств почвенных профилей особенно четко проявляется при сравнении их на уровне гумусовых профилей.

Данные, полученные при исследовании группового и фракционного состава гумуса по методу И.В. Тюрина в модификации В.В. Пономаревой и Т.А. Плотниковой [4], показали, что они отличаются колеблющимися характеристиками состава гумуса, что связано с наличием гумусовых горизонтов древних почв в изучаемых профилях (рис. 3).

В распределении содержания общего органического углерода общей чертой для этих почв является резкое сокращение его количества с глубиной, которое во всех разрезах лежит в диапазоне 3,7–0,16% (рис. 3, а).

В профилях этих почв часто обнаруживается еще один максимум относительного накопления органического углерода, который отражает наличие гумусового горизонта палеопочвы, как, например, в разрезах 3 и 4.

Содержание гуминовых и фульвокислот в изученных разрезах существенно колеблется по профилю (рис. 3, и). В верхней части профиля преобладают гуминовые кислоты, отношение углерода гуминовых кислот к углероду фульвокислот ($C_{гк}:C_{фк}$) больше 1. Вниз по профилю это отношение резко снижается, затем оно вновь возрастает и вновь падает, в целом не превышая 1,9. В разрезе 5 колебание $C_{гк}:C_{фк}$ носит наиболее сложный характер, по профилю почвы наблюдается несколько максимумов. В нижней части профиля в горизонте максимального накопления органического углерода величина этого соотношения может достигать 3,3 (рис. 3, и). Гуминовые кислоты в этих почвах содержатся в количестве от 2,2 до 38,3% от общего органического углерода (рис. 3, б), фульвокислоты – от 10,7 до 54% (рис. 3, в).

Распределение остальных гумусовых групп и фракций по профилю также носит колеблющийся характер. Максимальное содержание гуминовых кислот,

связанных с глинистыми минералами, не превышает 12,4% (рис. 3, ж). Подвижные формы гумусовых веществ составляют также незначительную долю в составе гумуса (рис. 3, д) и обнаруживаются только в самой верхней части профиля.

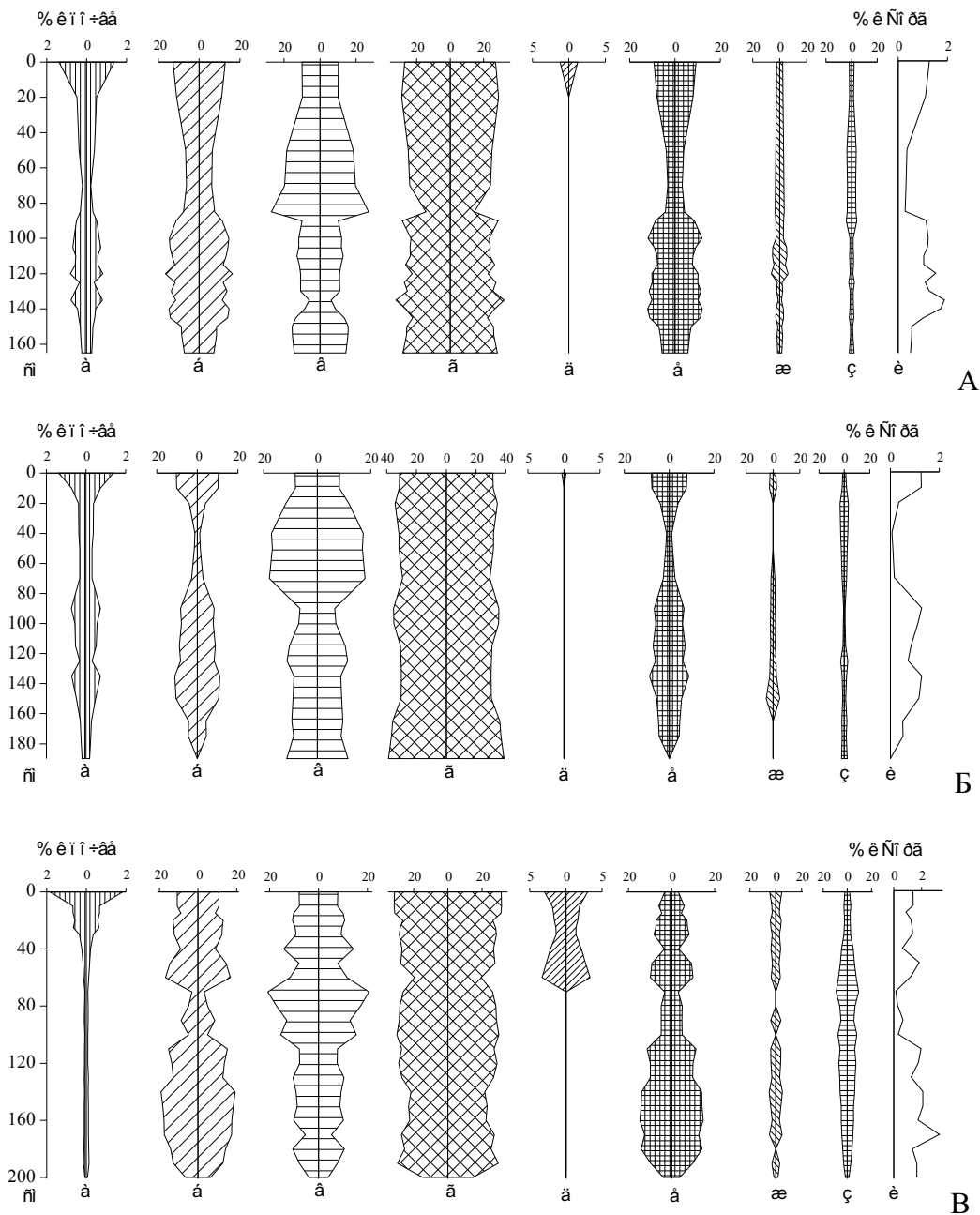


Рисунок 3. Условные обозначения: А – р.3; Б – р.4; В – р.5; а – содержание органического углерода, % к почве; содержание групп и фракций гумусовых веществ, % к общему углероду: б – гуминовые кислоты (ГК), в – фульвокислоты (ФК), г – негидролизуемые формы гумуса, д – ГК фракции 1, е – ГК фракции 2, ж – ГК фракции 3, з – ФК фракции 1а, и – $C_{ГК}:C_{ФК}$

Таким образом, палеопочвы исследуемой территории отличаются неоднородностью состава гумуса по профилю, наличием нескольких горизонтов с повышенной гуматностью гумуса, что подтверждается, в том числе, и

морфологическим обликом почв. В этих разрезах отмечаются реликтовые признаки, связанные с гумусообразованием. Соотношение групп гумусовых веществ варьирует по профилю, где на фоне в целом постепенного сокращения общего органического углерода содержание и соотношение групп гумусовых веществ имеет возрастающее-убывающий характер. В гумусовых профилях этих разрезов выявляются толщи почвы с повышенной по отношению к вышележащей и нижележащей толщам величиной $C_{гк}:C_{фк}$.

Существенное варьирование свойств гумусовых профилей палеопочв степных участков северо-восточной части Приобского плато связано с выходом на дневную поверхность различных горизонтов древних почв, выступающих как литогенная основа формирования современных почв. Горизонты современных почв оказываются наложенными на разные горизонты разновозрастных и разногенетичных палеопочв, что приводит к формированию на незначительно большей территории почв с разными морфологическими и физико-химическими признаками. Варьирование свойств степных участков Приобского плато связано со сложной историей их формирования и, в связи с этим, наличием, в профиле оставшихся от древних почв горизонтов или их остатков.

Анализ и сопоставление полученных материалов, характеризующих гумусовые профили современных черноземов полынно-типчакового степного участка на территории северо-восточной части Приобского плато, где почвообразующей породой для них практически выступают разновозрастные, вышедшие к поверхности, разные горизонты палеопочв, может быть использовано при мониторинге почв и обосновании прогнозов их поведения при изменении экологических условий функционирования.

Работа выполнена по государственному заданию ИПА СО РАН.

Литература

1. Дергачева М.И. Органическое вещество почв: статика и динамика. Новосибирск: Наука, 1984. 155с.
2. Дергачева М.И. Система гумусовых веществ почв. Новосибирск: Наука, 1989. 110 с.
3. Захарова Е.Г. Варьирование свойств в верхней части современных почв и поверхностных палеопочв ключевого участка Володарка (Барнаульское Приобье) // Палеопочвы – хранители информации о природной среде прошлого: Материалы Второй Международной научной молодежной школы по палеопочвоведению. Новосибирск: ООО «Талер-Пресс», 2011. С. 91–94.
4. Пономарева В.В., Плотникова Т.А. Гумус и почвообразование. Л.: Наука, 1980. 221 с.

FEATURES OF STEPPE SOIL HUMUS PROFILES IN NORTH-EASTERN PART OF THE OB PLATEAU

E.G. Zakharova

FGBUN Institute of Soil Science and Agrochemistry of SB RAS, Novosibirsk, Russia

Abstract. The results of studying the features of the humus profiles of steppe soils with a complex history of development in the north-east of the Priobskoye Plateau showed that, in addition to the modern one, they contain in their structure one or three more horizons of humus accumulation with an ambiguous composition, which are paleohorizons of different ancient soils.

Keywords: humus profile, steppe soils, paleosols, Priobskoe plateau.

Reference

1. Dergacheva M.I. Soil organic matter: statics and dynamics. Novosibirsk: Nauka, 1984. 155 p.
2. Dergacheva M.I. The system of humic substances in soils. Novosibirsk: Nauka, 1989. 110 p.
3. Zakharova E.G. Variation of properties in the upper part of modern soils and surface paleosols of the Volodarka key area (Barnaul Priobye) // Paleosols - keepers of information about the natural environment of the past: Proceedings of the Second International Scientific Youth School on Paleosoil Science. Novosibirsk: Taler-Press LLC, 2011. P. 91–94.
4. Ponomareva V.V., Plotnikova T.A. Humus and soil formation. L.: Nauka, 1980. 221 p.

УДК 631.481

СОСТАВ ВОДНОЙ ВЫТЯЖКИ ПЕДОГЕННЫХ НОВООБРАЗОВАНИЙ ЮГА ТАЕЖНОЙ ЗОНЫ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

А.Е. Зеленцова¹, А.Н. Никифоров^{1,2}

¹ФГБУН Институт мониторинга климатических и экологических систем СО РАН,
Томск, Россия

²ФГАУ ВО Национальный исследовательский Томский государственный
университет, Томск, Россия

e-mail: nastya_zel@mail.ru

Аннотация. В работе приводятся результаты исследования состава водной вытяжки педогенных конкреционных новообразований, распространенных в почвах подтаежной и южно-таежной подзон Западной Сибири в пределах Томской области. Изучены особенности и вариабельность состава конкреций в различных ландшафтно-геохимических условиях. Выявлены отличительные черты содержания водорастворимых компонентов в конкрециях и вмещающем почвенном материале.

Ключевые слова: конкреции; катионно-анионный состав, ландшафтно-геохимические условия.

В зависимости от условий, факторов, хода и направленности процессов почвообразования, в профиле большинства почв формируются новообразования, отличающиеся по генезису и составу. Наибольший научный интерес представляют педогенные и гидрогенные конкреционные новообразования, депонирующие и концентрирующие в своем составе многие химические элементы. Так, в частности, индикаторами смены окислительно-восстановительных условий и сезонного (сезонно-циклического) переувлажнения служат железисто-марганцевые [1, 2, 3] полиморфные конкреции. В то же время при участии высокоминерализованных грунтовых вод в условиях периодического обводнения и иссушения почвенного профиля могут формироваться разнообразные по морфологии карбонатные новообразования [4]. Особенности их генезиса и морфологии тесно связаны с происхождением, развитием и эволюцией почв, свойствами вмещающих горизонтов, с характером почвообразующих пород, степенью гидроморфизма, факторами увлажнения и заболачивания, и другими локальными особенностями.

Цель работы – выявление взаимосвязи между ландшафтно-геохимическими условиями, почвенно-эволюционными процессами и составом водной вытяжки конкреций, в различных локальных условиях формирования на юге таежной зоны Западной Сибири.

В качестве объектов исследования выступили карбонатные и железисто-марганцевые педогенные конкреционные новообразования и вмещающий их почвенный мелкозем в подтаежной и южно-таежной подзонах Западной Сибири в пределах Томской области.

Результаты исследования свидетельствуют, что значения показателя актуальной кислотности железистых и железисто-марганцевых конкреций исследуемых локальных участков, обусловлены ландшафтно-геохимической неоднородностью условий. Они характеризуются переходом от кислой к кальциевой (карбонатной) обстановке, что подтверждается аналитически. Слабокислую реакцию среды можно объяснить анаэробным разложением органического вещества при промывном водном режиме [3].

Анализ водной вытяжки, в большинстве случаев, не применим для кислых почв бореального пояса, однако его использование в ключе исследований состава конкреционных новообразований необходимо для уточнения генезиса и эволюции этих почв. Так как некоторые из исследуемых участков граничат с засоленными ландшафтами Барабы, нами не исключалась возможность субаэрального переноса солей севернее зоны распространения слабозасоленных пород.

На фоне очень низкого относительного содержания легкорастворимых солей в литоматрице, их содержание в конкрециях (табл.) превышает 0,5%.

Таблица

Анионно-катионный состав конкреций исследуемых участков

Образец	мг*экв/100г							Σ солей, %
	CO ²⁻ ₃	HCO ₃	Cl ⁻	SO ²⁻ ₄	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	
Железисто-марганцевые конкреции								
Роренштейны	0	0.48	0.84	0.04	0.40	0.50	0.46	0.96
Желваки	0	2.76	1.12	0.06	1.75	0.60	1.59	1.61
Ортштейны (10-50см)	0	0.64	1.04	0.04	0.40	0.50	0.82	0.99
Ортштейны (50-90см)	0	0.52	1.12	0.02	0.40	0.30	0.96	0.55
Карбонатные конкреции								
Секрети	0	2.08	0.84	0.06	1.40	0.60	0.98	1.53
Журавчики	0	1.04	0.92	0.08	0.55	0.65	0.84	1.86

Так журавчики, желваки и секрети характеризуются довольно высокими значениями суммарного содержания легкорастворимых солей, с заметным преобладанием в их составе анионов бикарбоната и катионов кальция и натрия. В составе водной вытяжки всех исследованных конкреций отсутствует карбонат-ион, а содержание сульфатов незначительное, не смотря на их большую устойчивость к выщелачиванию, в отличие от хлоридов. Последние, вопреки активной геохимической миграции, характеризуются довольно высокими значениями содержания. Концентрация ионов натрия довольно высоко и часто

превышает сумму водорастворимых щелочных земель. Его накопление обусловлено, вероятно, влиянием слабозасоленных почвообразующих пород, а также внутриландшафтной миграции слабоминерализованных грунтовых вод.

Таким образом, почвенные железистые и железисто-марганцевые конкреции бореального пояса характеризуются переходными геохимическими условиями от кислых к кальциевым ландшафтам, что в меньшей степени характерно для почвенно-климатической зоны и ведущих почвообразовательных процессов. В целом можно выявить закономерности изменения реакции среды, в сторону подщелачивания, связанные с характером почвообразующих пород.

Состав водной вытяжки конкреций показал, что на их формирование влияют современные процессы выщелачивания, которые затрудняют определение типа засоления. А пространственная неоднородность аккумуляции отдельных ионов и суммы солей указывает на флуктуацию границ распространения степей в эволюции ландшафтов.

Конкреционные формы карбонатов связаны с влиянием грунтовых и почвенно-грунтовых вод разной степени минерализации. Выявлено низкое содержание карбонатов в Fe и Fe-Mn новообразованиях, формирующиеся, преимущественно, в более разнородной окислительно-восстановительной обстановке и в условиях ее цикличности. Однако, при сочетании процессов оксидогенеза железа и марганца, и аккумуляции и сегрегации карбонатов, наблюдается увеличение относительного содержания извести. Это может быть связано с генетической наложенностью указанных процессов, а также с последовательной сменой климато-геохимических условий.

Литература

1. Водяницкий Ю.Н. Диагностика переувлажненных минеральных почв. М.: Почвенный институт им. В.В. Докучаева РАСХН. 2008. 143 с.
2. Зайдельман Ф.Р. Конкреционные новообразования чернозема типичного, черноземовидных оглеенных и черноземовидных солонцеватых почв юга Тамбовской низменности // Почвоведение. 2014. №6. С. 654-669.
3. Зонн С.В. Железо в почвах (генетические и географические аспекты). М. : Наука, 1982. 207 с.
4. Хохлова О.С. Радиоуглеродное датирование карбонатных аккумуляций в почвах голоценового хроноряда степного Приуралья // Почвоведение. 2004. №10. С. 1163-1178.

COMPOSITION OF THE WATER EXTRACT OF PEDOGENIC NEW FORMATIONS OF THE SOUTHERN TAIGA ZONE OF WESTERN SIBERIA

A.E. Zelentsova¹, A.N. Nikiforov^{1,2}

¹Institute for Monitoring Climatic and Ecological Systems SB RAS, Tomsk, Russia

²National Research Tomsk State University, Tomsk, Russia

Abstract. The paper presents the results of a study of the composition of the aqueous extract of pedogenic nodule neoformations common in the soils of the subtaiga and southern taiga subzones of Western Siberia within the Tomsk region. The features and variability of the composition of nodules under various landscape and geochemical conditions have been studied. Distinctive features of the content of water-soluble components in concretions and enclosing soil material were revealed.

Keywords: nodules, cation-anion composition, landscape geochemical conditions.

References

1. Vodyanitsky Yu.N. Diagnosis of waterlogged mineral soils. M.: Soil Institute. V.V. Dokuchaev RAAS. 2008. 143 p.
2. Zaidelman F.R. Concretionary new formations of typical chernozem, chernozem-like gleyed and chernozem-like solonchaks soils in the south of the Tambov lowland // Soil science. 2014. №. 6. P. 654-669.
3. Zonn S.V. Iron in soils (genetic and geographical aspects). M.: Science, 1982. 207 p.
4. Khokhlova O.S. Radiocarbon dating of carbonate accumulations in the soils of the Holocene time series of the steppe Cis-Urals // Soil science. 2004. №. 10. P. 1163-1178.

УДК 631.47.48

ИЗМЕНЕНИЕ ДИАГНОСТИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ТЕМНЫХ ГОРНЫХ СЕРО-КОРИЧНЕВЫХ ПОЧВ СЕВЕРО-ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ МАЛОГО КАВКАЗА В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ЭКСПОЗИЦИЙ СКЛОНОВ

А.И. Исмаилов, В.Г. Гасанов, Н.Ш. Юзбашова

Институт Почвоведения и Агротехнологии, Баку, Азербайджан

e-mail: amin.ismayil@gmail.com

Аннотация. В представленной статье рассмотрены результаты сравнительного анализа диагностических показателей темных горно серо-коричневых почв экспозиций различных уклонов на северо-восточной части Малого Кавказа. Выявлено, что по сравнению с затененным северо-западным склоном, в более солнечной юго-восточной экспозиции, уменьшается мощность перегнойно-аккумулятивного слоя, а также содержание гумуса, азота и емкости поглощения.

Ключевые слова: рельеф, экспозиция склонов, морфогенетическая диагностика, гумус, структура почвенного покрова

Введение. На основании исследований, проведенных в горных районах Азербайджана, и особенно в отдельных зонах Малого Кавказа, различными исследователями отмечается, что большое влияние на строение и диагностические показатели почвенного покрова оказывают высота и наклонность рельефа [1, 6, 10]. В работах П. Флоринского [7] влияние рельефа на пространственные вариации почвенных свойств основательно исследованы на примере почвенной влаги, где проанализирована роль крутизны и уклона склонов, а также горизонтального, вертикального и среднего уклона склонов в процессе почвообразования. Современными исследованиями в почвенном картографировании доказана эффективность применения компьютерных технологий, данных дистанционного зондирования (спутниковых данных) и математическое моделирование цифрового почвенного картографирования, как регионального, так и локального масштаба [10]. J.C. Gallant и J.M. Austin [8] разработали методологию расчета топографических производных параметров для подготовки цифровой почвенной карты Австралийского континента и преуспели в составлении почвенной карты высокой точности.

Материалы и методы. Объектом исследования были выбраны темные горные серо-коричневые почвы, расположенные в низкогорной зоне северо-

восточной части Малого Кавказа. Склоны различных экспозиций района исследования, расположенные на высоте 650-700 м над уровнем моря, сильно расчленены долинообразными микропонижениями. Почвообразующие породы сложены карбонатными глинистыми суглинками. Растительность состоит из кустарников и хорошо развитой травянистым покровом. Для района характерны сухостепные субтропические климатические условия, где количество осадков составляет 380-400 мм и среднегодовая температура 12,1-12,5 °С.

На территории исследований проведено крупномасштабные (1:20000) почвенные исследования. С учетом затененных северо-западных и солнечных юго-восточных склонов рельефа, а также долинообразных микропонижений были заложены почвенные разрезы глубиной 1,5 м и отобраны почвенные образцы из генетических горизонтов. Проведено морфологическое описание генетических горизонтов почвенных профилей (мощность, цвет, гранулометрический состав, новообразования, структура, твердость, влажность, кипение под действием 10% HCl и др.). Лабораторные анализы на почвенных образцах проведены общепринятыми методами. Количество биомассы определено в период максимального роста (цветения) растений. Надземная фитомасса определена на площади 1 м² в трехкратной повторности, путем срезания у поверхности на высоте 2 см растения и далее после воздушной сушки скашенная масса определяли с расчетом т/га (Н. П. Ремезов, Л. Е. Родин, Н. И. Базилевич). Подземная корневая масса определялась по Н.А. Качинскому количество корневой массы из расчета взятием монолитов способом (25x25см²), до глубины 50 см, через каждые 10 см, в трехкратной повторности.

Результаты и их обсуждение. На основе существующей методики составлена карта объекта исследований в 1:20000 масштабе. Геоморфологически на карте пластики рельефа местности, осложненной горными склонами и долинами, выделяются следующие компоненты рельефа: 1. затененные северо-западные склоны; 2. солнечные юго-восточные склоны; 3. долинообразные микровпадины.

Из морфологического описания почвенных разрезов, заложенных на территории объекта исследований, видно, что по морфогенетическим признакам – мощности гумусового слоя (AU_v), выщелачиванию карбонатов, а также глубине и затвердеванию формирования иллювиально-карбонатного горизонта (Bca), затененные северо-западные и солнечные юго-восточные склоны, имеющие одинаковую высоту и уклон, генетические структурные агрегаты и гранулометрический состав, влажность, особенно степень эродированности почвенного профиля и др. существенно различаются.

Для генетического профиля темных горных серо-коричневых почв, формирующиеся на затененных склонах характерно, мягкий дерновый покров, мощный гумусовый слой (AE=45-50 см), выщелачивание карбонатов, зернисто-мелкокомковатая структура, глинистый-илистый гранулометрический состав, ясная биологическая переработка, оптимальное увлажнение в весенне-осенние

сезоны, затверждение иллювиально-карбонатного слоя относительно глубоко ($V_{ca}=50-80$ см), комковатая структура, иногда слабые карбонатные образования в форме мицеллы и др. морфогенетические признаки. Почвообразующие породы (S_{ca}) состоят из карбонатных глинистых суглинков. Растительность состоит из густой, хорошо развитой плотной травы и редких кустарников.

Количество гумуса в верхнем слое ($AU=20-25$ см) темно горно-серо-коричневых почв, распространенных на тенистых склонах, было несколько выше (4,4-5,4%) и хорошо заметно его подвижность до глубины 0,8-1,0 м (1,2-1,7%). Запасы гумуса в слое почвы 0-50 см составляет 248-282 т/га, а в слое 0-100 см 403-412 т/га. Количество валового азота также значительно выше (0,34-0,38%), а его запас составляет 6,8-7,6 т/га в 0-20-сантиметровом слое и 13,8-14,9 т/га в полуметровом слое. Верхний слой почвенного профиля ($AU=45-50$ см) характеризуется полным вымыванием карбонатов, накоплением их в среднем и глубинном слоях (0,7-1,5 м) ($CaCO_3=11,6-20,8\%$). Данный тип почвы также богата поглощенными основаниями. Емкость поглощения в комплексе в аккумулятивном слое составляет 50,9-53,2 мг-экв, а в среднем и глубинном слоях – 30,0-42,8 мг-экв.

Темные горные серо-коричневые почвы имеют относительно тяжелый гранулометрический состав. При этом количество физической глины ($<0,01$ мм) в верхних слоях ($AU=22-25$ см) составляет 53,8-58,4%, илистых частиц ($<0,001$ мм) 26,0-29,6%, а в средних слоях соответственно их количество значительно увеличивается ($<0,01$ мм=61,6-64,4%; $<0,01$ мм=30,4-33,2%). Плотность почвы в рыхлом перегнойном слое колеблется в пределах 1,12-1,15 г/см³, а в уплотненном иллювиально-карбонатном слое - в пределах 1,32-1,38 г/см³. Это свидетельствует тому, что эти послелесные почвы вслед подвергаются процессу остепнения, а илисто-коллоидные частицы подвергаются процессу сезонного вымывания.

Темные горно серо-коричневые почвы, распространенные на солнечных склонах, характеризуются значительным уменьшением гумусового слоя ($AU=35-38$ см), нарушением структуры и перехода их в пылевато-зернистую структуру, относительным облегчением гранулометрического состава, отчетливого образования карбонатно иллювиального среднего горизонта (V_{ca}), выявлением крупных мягких карбонатных белоглазок и относительно близким расположением их к поверхности почвы (35-80 см) и др. характерными морфологическими признаками. В верхних слоях ($AE=30-35$ см) наблюдается относительное уменьшение (2,5-3,9 %) гумуса и ослабление его перемещения в нижние слои (0,4-0,7%). Отличается снижением запасов гумуса (97-103 т/га на 0-20 см; 187-211 т/га на 0-50 см). Эти почвы имеют относительно высокое содержание азота (0,19-0,27%), а их запасы (0-20 см = 5,2-5,8 т/га, 0-50 см 9,3-10,2 т/га га) характеризуется снижением. Профиль горных серо-коричневых почв, формирующихся на солнечных склонах, отличается от поверхности своей карбонатностью ($CaCO_3=4,5-5,7\%$). Максимальное количество карбонатов ($CaCO_3=17,5-20,6\%$) установлено в средних слоях. Определено некоторое снижение поглотительной способности в верхних слоях (38-46 мг/экв) и, наоборот, относительное увеличение показателя в

водном растворе с рН (7,9-8,5). В верхнем слое почвенного профиля (AUv=18-20 см) гранулометрический состав значительно легче ($<0,01\text{мм}=52,4-54,2\%$; $<0,001\text{мм}=21,4-25,0\%$), и, наоборот, тяжелее в средних слоях ($<0,01\text{мм}=58,9-64,3\%$; $<0,001\text{мм}=29,7-32,8\%$). В зависимости от количества гумуса и гранулометрического состава, плотность в верхнем слое почвы колеблется в пределах $1,18-1,20\text{ г/см}^3$, а в нижних – в пределах $1,27-1,36\text{ г/см}^3$. Хорошо заметно слабая эродированность почвы на экспозиции солнечных склонов.

Морфогенетические характеристики темно-серо-коричневых почв, сформированных в долинных микровпадинах, существенно отличаются от почв затененных и солнечных склонов. В период весенне-осенних сезонных осадков в процессе уплотнения почвы в микропонижениях местности за счет делювиальных потоков в почвообразовательном процессе преобладают оптимальные, а иногда и избыточные режимы увлажнения. В результате в верхней части почвенного профиля образовался темно-серый (черноватый) аккумулятивно-перегнойный слой (AU=40-50 см). Генетические горизонты выражены слабо, мощность мелкоземистого почвенного слоя однообразна на глубине 1,3-1,5 м.

Анализ почвенных образцов показывал, что темные горно-серо-коричневые почвы, сформировавшиеся в микропонижениях, имеют более мощный аккумулятивно-перегнойный слой (AUv=45-50 см), с достаточным количеством гумуса (4,1-4,7%) и характеризуются обогащением азотом (0,29-0,33%). В связи с тем, что образование гумусового слоя в почвенном профиле осуществляется за счет плодородных почвенных частиц, приносимых с различных песчаных склонов рельефа, количество гумуса на глубине 100 см устанавливается в размере 1,0-1,2%. Еще раз подтверждается увеличение запасов гумуса на глубине 0-50 см до 240-254 т/га и на глубине 0-100 см до 377-394 т/га. Запасы азота в этих почвах (0-20 см = 6,0-6,6 т/га, 0-50 см 12,6-13,9 т/га) достаточно высоки. Верхний слой данных почв, как и на затененных лесных склонах территории, выщелочена от карбонатов на глубину 40-45 см. Максимальное их количество CaCO_3 наблюдалось в средних и глубоких нижних слоях ($\text{Vca-V/Cca}=18,3-21,8\%$). Почвенный профиль сильно обогащен поглощенными основаниями (AU=46,5-49,1 мг-экв). Средний и глубокий слои также обладают достаточной поглотительной способностью ($\text{Vca-V/Cca}=34,5-40,6\text{ мг-экв}$). Почвенная среда в верхних слоях нейтральная (рН=6,9-7,0), в средних глубинных слоях слабощелочная (рН=7,5-8,1). Причиной тому является наличие в этих слоях гумуса и значительно тяжелый гранулометрический состав. В результате накопления глинистых и особенно илесто-коллоидных частиц в микроосадках за счет сезонных делювиальных стоков со склонов рельефа гранулометрический состав ($<0,01\text{ мм}=58,7-69,6\%$; $<0,001\text{мм}=31,2-38,5\%$) оказывает влияние на твердение и увеличение плотности ($1,36-1,43\text{ г/см}^3$). Известно, что запас фитомассы травянистых формаций зависит от физико-химических свойств почвы, естественной влажности, рельефно-климатических условий и др. факторов. Фитомасса травянистых сообществ, особенно корневая система, играет большую роль в накоплении органического вещества в почве.

Количество и запас гумуса в зональных типах почв Азербайджана соответствует количеству фитомассы травянистых растений [4]. Предварительные результаты наших исследований показывают, что наряду с диагностическими показателями почвы в горных районах на количество и запас фитомассы в растительности существенное влияние оказывают затененные и солнечные экспозиции склонов местности [2, 3, 5, 9]. Так, если общий запас фитомассы дернины на темных горно серо-коричневых почвах затененных северо-западных горных склонов с оптимальными биоклиматическими и влажностными условиями составляет 41,6 т/га, то на солнечном юго-восточном горном склоне с повышением температурного режима и понижением влажности, запасы фитомассы значительно уменьшаются (28,7 т/га). Запасы надземной фитомассы 8,9-11,3 т/га (27,6-31,2%) и запасы корневой массы составляют 19,7-30,3 т/га (68,8-72,4%). Относительное увеличение общей фитомассы наблюдается в долинных микроарнижениях с благоприятным режимом увлажнения (48,8 т/га). Установлено, что в травяном слое (0-10 см) почвенного профиля на долю корневой массы приходится 49,5-53,8 т/га.

Заключение. Для темно горных серо-коричневых почв затененных северо-западных лесных склонов характерно формирование относительно мощного аккумулятивного слоя (AUv=45-50 см), гумуса (4,3-5,4%), общего азота (0,34-0,38 %), поглотительной способностью (50-53 мг-экв) и слабощелочная реакция среды (рН=7,0-8,1), глинистый гранулометрический состав (<0,01мм=53,8-64,4%; <0,01 мм=26,1-33,2%) и др. диагностические показатели. Слой гумуса (AU+45-50 см) смыт от карбонатов, а максимальное его количество аккумулятивно в среднем и глубинном слоях (CaCO₃=11,6-20,8%). На солнечном юго-восточном склоне горы темно горный серо-коричневый почвенный профиль содержит аккумулятивный слой (AE=30-35 см), гумус (2,6-3,9%), азот (0,25-0,29%), значительное снижение поглотительной способности (30,1-42,8 мг-экв), в верхнем горизонте (AE=18-20 см) наблюдается относительное облегчение гранулометрического состава (<0,01 мм=51,8-54,2%; <0,001 мм=20,4-25,0%) и карбонизация почвенного профиля с поверхности (CaCO₃=4,6-5,4%).

Литература

1. Бабаев М.П., Гасанов В.Х. и др. Морфогенетическая диагностика, номенклатура и классификация почв Азербайджана. Баку: Элм, 2011. 448 с.
2. Гасанов В.Х., Асланова Р.Х., Исмаилов Б.Н. Влияние различных уклонов на формирование структур почвенного покрова на морфогенетическую диагностику горно-луговых и горно-лесных почв Малого Кавказа // Том XXVI научных трудов Азербайджанского ЭТ Сельскохозяйственного Института, изд-во «Маариф», Баку, 2015. С. 433-442.
3. Мамедов Э.Э. Влияние микрорельефа на морфогенетические показатели горных серо-бурых почв. Учреждения Азербайджанского общества почвоведов, Баку, Элм, 2010. Т. XI. Ч. I. С. 311-317.
4. Алиев С.А. Условия накопления и природа органического вещества почв. Изд. АН Азерб. ССР, Баку, 1966. 280 с.
5. Гумматов Н.Г., Пачепский Я.Ф. Современное представление о структуре почв и структурообразовании, «Муаллим», Баку, 2016. 99 с.
6. Gerrard A.I. Soils and landforms. An Integration of Geomorphology and pedology. London, George Allen Unwin, Boston Sydney, 1984. 205 p.

7. Florinsky P. Influence of Topography on Soil Properties. In Digital Terrain Analysis in Soil Science and Geology 265, 2016. <http://dx.doi.org/10.1016/B978-0-12-804632-6.00009-2>.
8. Gallant, J.C., Austin, J.M., 2015. Derivation of terrain covariates for digital soil mapping in Australia. Soil Res. 53, 895–906. <https://doi.org/10.1071/SR14271>.
9. Mammadov, E.; Nowosad, J., Glaesser, C. Estimation and mapping of surface soil properties in the Caucasus Mountains, Azerbaijan using high-resolution remote sensing data. *Geoderma Regional*, 2021, e00411. <https://doi.org/10.1016/j.geodrs.2021.e00411>.
10. Minasny, B., McBratney, A.B., 2016. Digital soil mapping: a brief history and some lessons. *Geoderma* 264, 301–311. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2015.07.017>.

CHANGES IN DIAGNOSTIC PARAMETERS OF DARK MOUNTAINOUS GRAY-BROWN SOILS IN THE NORTH-EASTERN PART OF THE LESSER CAUCASUS DEPENDING ON SLOPE EXPOSURES

A.I. Ismayilov, V.H. Hasanov, N.Sh. Yuzbashova

Institute of Soil Science and Agrochemistry, Baku, Azerbaijan

Abstract. The results of the comparative analysis of the diagnostic analysis in dark mountainous grey-brown soils of different slope exposures in the north-eastern part of the Lesser Caucasus have been taken into account in the article. It was revealed that in comparison with the north-western slope, in the south-eastern exposure, the thickness of the humus-accumulative layer decreases, as well as the content of humus, nitrogen, absorption capacity is much greater

Keywords: relief, slope exposure, morphogenetic diagnostics, humus, soil cover structure.

References

1. Babaev M.P., Gasanov V.Kh. Morphogenetic diagnostics, nomenclature and classification of soils of Azerbaijan. Baku: Elm, 2011. 448 p.
2. Gasanov V.Kh., Aslanova R.Kh., Ismailov B.N. The influence of different slopes on the formation of soil cover structures on the morphogenetic diagnosis of mountain-meadow and mountain-forest soils of the Lesser Caucasus // Volume XXVI scientific works of the Azerbaijan ET Agricultural Institute, Maarif Publishing House, Baku, 2015. P. 433-442.
3. Mamedov E.E. Influence of microrelief on morphogenetic parameters of mountain gray-brown soils. Institutions of the Azerbaijan Soil Science Society, Baku, Elm, 2010. V. XI. Part I. P. 311-317.
4. Aliyev S.A. Conditions of accumulation and nature of soil organic matter. Ed. AN Azerbaijan. SSR, Baku, 1966. 280 p.
5. Hummatov N.G., Pachepsky Ya.F. Modern understanding of soil structure and structure formation, Muallim, Baku, 2016. 99 p.
6. Gerrard A.I. Soils and landforms. An Integration of Geomorphology and pedology. London, George Allen Unwin, Boston Sydney, 1984. 205 p.
7. Florinsky P. Influence of Topography on Soil Properties. In Digital Terrain Analysis in Soil Science and Geology 265, 2016. <http://dx.doi.org/10.1016/B978-0-12-804632-6.00009-2>.
8. Gallant, J.C., Austin, J.M., 2015. Derivation of terrain covariates for digital soil mapping in Australia. Soil Res. 53, 895–906. <https://doi.org/10.1071/SR14271>.
9. Mammadov, E.; Nowosad, J., Glaesser, C. Estimation and mapping of surface soil properties in the Caucasus Mountains, Azerbaijan using high-resolution remote sensing data. *Geoderma Regional*, 2021, e00411. <https://doi.org/10.1016/j.geodrs.2021.e00411>.
10. Minasny, B., McBratney, A.B., 2016. Digital soil mapping: a brief history and some lessons. *Geoderma* 264, 301–311. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2015.07.017>.

УДК 631.471

КЛАССИФИКАЦИЯ ГОРНЫХ ПОЧВ КЫРГЫЗСКОЙ РЕСПУБЛИКИ НА ПРИМЕРЕ ФЕРГАНСКОГО ХРЕБТА

Т.А. Исмаилов

КНИИЗ, Бишкек, Кыргызстан

email: turusbeki@mail.ru

Аннотация: Разнообразие природных условий Кыргызстана, обусловленное в основном наличием горных хребтов со сложным пересеченным рельефом, предопределило многообразие и пестроту почвенного покрова, в связи с тем на склонах Ферганского хребта получили распространение почвенные типы, свойственные различным природным зонам, – от полярной до субтропической.

Ключевые слова: классификация, вертикальная поясность, горная почва, сероземы, каштановые, черноземы

Кыргызстан расположен в пределах двух огромных горных систем Азии Тянь-Шаня и Памиро-Алая. На ее территории находятся громадные хребты, пики которых возносятся на высоту от 300 до 7000 м над уровнем моря. Между хребтами расположены впадины и котловины, а также сыртовые нагорья. Межгорные впадины находятся на высотах от 500 до 3000 м, а сыртовые нагорья выше 3000 м над уровнем моря.

Кыргызстан является страной резких ландшафтных контрастов с большими амплитудами абсолютных высот, исключительно сложным рельефом и климатическим режимом, разнообразным растительным покровом. Здесь встречаются жаркие пустыни в предгорьях, холодные пустыни и высокогорные тундровые ландшафты мерзлотными явлениями на сыртовых нагорьях. В межгорных впадинах и на горных склонах формируются разнообразные степи (пырейные, типчаковые), леса (орехоплодовые, еловые, арчовые), а также субальпийские и альпийские луго-степи и луга. Почвы Кыргызстана отличаются исключительными разнообразиями, многие из них оригинальны и часто не имеют аналогов в других горных районах мира.

В классификационном отношении почвы Кыргызстана разделяются на две большие группы: 1) почвы межгорных впадин и сыртовых нагорий, 2) почвы горных склонов.

Почвы межгорных впадин в какой-то мере можно сравнить с равнинными почвами широтных зон. Однако это не значит, что они являются их аналогами в полном смысле, поскольку на их развитие и формирование большое влияние оказывают горные условия.

В горах в связи с асимметрией почвенного покрова, обусловленной экспозицией, стоит вопрос о том почвы каких склонов следует считать нормальными и вообще, что такое нормальная почва? Этот термин введенный впервые В.В. Докучаевым обозначающий, почвы залегающие на месте своего

образования, т.е. под влиянием преимущественно биоклиматических факторов. Почвы, в которых денудационные процессы довлеют над биоклиматическими, Докучаев относил к аномальным. Эти важные в классификационном отношении термины по непонятным причинам не употребляются в современных классификациях почвоведения. Действительно, почвы каких склонов или их частей можно считать нормальными? Вероятно на тех, на которых почва относительно долгое время развивается без вмешательства денудационных процессов. Такими склонами, по нашему мнению являются теневые. На солнечных склонах, подверженных постоянному денудационному процессу должны формироваться аномальные почвы.

Наши предки испокон веков вели свою сельско-хозяйственную деятельность, животноводство и растениеводство в горных условиях. Они практично делили экспозиции склонов на две части – кунгой – это солнечный, крутой, каменистый, сухой, южные склоны, тескей – пологий, увлажненный, мощных мелкоземистых почв северных теневых склонов. Мы придерживаясь этим подходам выделили высокогорные почвы субальпийского пояса от 2800 до 3500 м над уровнем моря, почвы альпийского пояса от 3200 до 4000 м над уровнем моря, где условия почвообразования происходят на сухих южных склонах, субальпийские степные, альпийские степные, а в теневых северных склонах субальпийские луговые, альпийские луговые почвы. Горные почвы лугово-лесного пояса от 2000 до 2800 м над уровнем моря, лесные почвы ореховых лесов, лесные почвы еловых лесов, лесные почвы арчевников. Ландшафтообразующая роль экспозиции признается многими, однако общую схему для гор показывают по одной преобладающей экспозиции, оставляя без внимания другие. Мы на примере вертикальной поясности почвы Ферганского хребта хотели показать роль экспозиции в формировании ландшафтов и почвенного покрова Тянь-Шаня. Почему Ферганский хребет? Ферганский хребет является важнейшей поперечной орографической линией Тянь-Шаня и границей между двумя типами высотной поясности которая проходит по водораздельной линии Ферганского хребта, одновременно являющегося климатическим, гидрологическим, биогеографическим, ландшафтным рубежом. Во всех схемах районирования провинциальным рубежом, отделяющим Южно-Кыргызскую провинцию от других провинций республики является Ферганский хребет.

В приведенной таблице показана схема вертикальной поясности почв юго-западного (обращенного к Ферганской долине) и северо-восточного (обращенного к Внутреннему Тянь-Шаню) склонов (экспозиции) Ферганского хребта.

Для юго-западной экспозиции нижним звеном в ряду высотной поясности почв являются светлые, типичные и темные сероземы предгорных равнин, образующие горизонтально-вертикальный (предгорный) тип зональности.

В низкогорном и среднегорном поясах здесь выделяются горные коричневые карбонатные и типичные, горно-лесные почвы ореховых лесов, горно-

лесные почвы еловых лесов, горно-лесные почвы арчовых лесов, а в субальпийских и альпийских поясах – горные лугово-степные и горно-луговые почвы.

Таблица

Вертикальная поясность почв Ферганского хребта

Типы и подтипы почв	Высотные границы почвенных поясов, м над уровнем моря	
	Юго-западные экспозиции	Северо-восточные экспозиции
Горно-долинные почвы		
Сероземы светлые	600-800 м	отсутствуют
Сероземы типичные	800-1000 м	отсутствуют
Сероземы темные	1000-1200 м	отсутствуют
Светло-бурые	отсутствуют	1300-1500 м
Светло-каштановые	отсутствуют	1500-1700 м
Каштановые	отсутствуют	1700-1900 м
Темно-каштановые	отсутствуют	1900-2100 м
Почвы горных склонов		
Коричневые карбонатные	1300-1600 м	отсутствуют
Коричневые типичные	1600-2200 м	отсутствуют
Темно-каштановые	1900-2100 м	отсутствуют
Черноземы	отсутствуют	2100-2400 м
Горно-лесные почвы ореховых лесов	1400-2200 м	отсутствуют
еловых лесов	2200-2400 м	2400-2600 м
арчовых лесов	2200- 2500 м	2400-2600 м
Лугово – степные субальпийские	2500-3000 м	2600-3000 м
Луговые субальпийские	2500-3000 м	2600-3000 м
Лугово – степные альпийские	3000-3200 м	3000-3200 м
Луговые альпийские	3200-4000 м	3200-4000 м

Северо-восточные (экспозиции) склоны Ферганского хребта имеют резко отличную структуру вертикальной поясности почв, представленную горно - долиными светло-бурыми и каштановыми почвами, горными темно-каштановыми и черноземами, а в субальпийском и альпийском поясах – лугово-степными и горно-луговыми почвами.

При сравнении выделенных и описанных выше перечисленных почв юго-западного и северо-восточной экспозиции Ферганского хребта хорошо видны их различия, которые определяются особенностями почвенного покрова, структурой вертикальной поясности, направлением хозяйственного использования территории каждой экспозиции.

В заключение следует отметить, что в данной статье сделана попытка подхода классификации и систематики почв, рассмотрены закономерности географического распространения почв, в частности установлено наличие двойной структуры вертикальной поясности на горных склонах. Дальнейшее более углубленное изучение этих вопросов в широких масштабах имеет существенное значение в познании особенностей горного почвообразования, в расширении наших представлений о законах географии почв горных стран и перспективах их освоения.

Литература

1. Мамытов А.М. Классификация, вертикальной поясность и провинциальность почв Киргизской ССР. В кн. География и классификация почв Азии. М., 1965. С. 50-612.
2. Почвы Киргизской ССР. Фрунзе: изд-во Илим, 1974. 420 с.
3. Степанов И.Н. Эколого-географический анализ почвенного покрова Средней Азии. М., изд-во Наука, 1975. 167 с.

CLASSIFICATION OF MOUNTAIN SOILS OF THE KYRGYZ REPUBLIC ON THE EXAMPLE OF THE FERGANA RANGE

T.A. Ismailov

KRIIZ, Bishkek, Kyrgyz Republic

Abstract. The diversity of natural conditions of Kyrgyzstan, caused mainly by the presence of mountain ranges with complex rugged relief, predetermined the diversity and diversity of the soil cover, in connection with the fact that on the slopes of the Fergana Range soil types peculiar to different natural zones - from polar to subtropical - are spread.

Keywords: classification, vertical belt, mountain soil, gray soils, chestnut soils, chernozems.

References

1. Mamytov A.M. Classification, vertical zonality and provinciality of soils of the Kyrgyz SSR. In the book Geography and classification of soils of Asia. M., 1965. P. 50-612.
2. Soils of the Kyrgyz SSR. Frunze: Ilim Publishing House, 1974. 420 p.
3. Stepanov I.N. Ecological-geographical analysis of soil cover of Central Asia. M., Nauka Publishing House, 1975. 167 p.

УДК 631.48

НЕКОТОРЫЕ СВОЙСТВА ПОЧВЫ ОКОЛО МИНЕРАЛЬНОГО ИСТОЧНИКА «ДАВША», БАРГУЗИНСКИЙ ЗАПОВЕДНИК

А.В. Каминская, О.Г. Лопатовская

Иркутский государственный университет, г. Иркутск, Россия

e-mail: kaminskaya.anyaka@yandex.ru

Аннотация. Представлены результаты исследований почв, находящихся в зоне влияния минерального источника в пос. Давша. Выявлены физические и химические свойства почв. Охарактеризован комплекс экологических условий для формирования почвы около Давшинского источника.

Ключевые слова: Баргузинский заповедник, минеральный источник, химический состав, гранулометрический состав, ландшафтно-экологические комплексы.

Восточная Сибирь широко известна своими гидрологическими и гидрогеологическими ресурсами: оз. Байкал, многочисленными реками, искусственно созданными водохранилищами, а также запасами минеральных вод. Минеральные источники и скважины с минеральной водой имеют разнообразный химический состав. Некоторые являются термальными, содержат различные минералы и используются в лечебных целях.

В настоящее время существует проблема сохранения природных ресурсов, поскольку пробуренные скважины продолжают фонтанировать, бесцельно расходуются запасы подземных вод, происходит самоизлив соленых вод, что

может вызвать засоление почв. Поэтому необходимо изучение не только воды источников, но и почв, которые формируются под воздействием минеральных источников и их компонентов.

В настоящее время освещаются вопросы определения типов почв, их физических и химических свойств, проведение экологической оценки, связанной с антропогенным воздействием и деградацией почв. Но крайне мало исследований почв, образующихся под влиянием минеральных источников. О почвах Баргузинского хребта имеются публикации А.С. Мартыновой, В.П. Мартынова, В.И. Убугуновой, В.М. Корсунова, Ц.Х. Цыбжитова, Ц.Ц. Цыбикдоржиева и их соавторов. В этих работах выявлена смена почв от подбуров (зона тундры), подзолов до дерновых таежных почв (низкогорья). В долине р. Давша: литоземы (на привершинных склонах и вершинах), подбуры, буроземы, подзолы и дерново-подзолистые почвы. Кроме перечисленных встречаются типы горно-таежных ожелезненных, перегнойно-мерзлотных, горно-подзолистых иллювиально-железистых почв; с горно-таежными ожелезненными, перегнойно-мерзлотными почвами и большими массивами гольцов [4, 6-8, 10-12].

Нами выявлены в основном буроземы, дерново-подзолистые и подзолистые почвы. Интенсивное накопление снега, поверхностное увлажнение, криогенные процессы, обеспечивают слабую степень разложения растительных остатков и способствуют накоплению органического вещества и грубого гумуса. Почвы имеют небольшую мощность профиля (14-85 см).

Проведенные исследования позволили получить новые данные о почвах пос. Давша и охарактеризовать ландшафтно-экологические комплексы [5].

В 2018 г. в результате проведения международных школ-семинаров «Междисциплинарные подходы к управлению особо охраняемыми природными территориями Байкальского региона», в пос. Давша были отобраны почвенные пробы. Всестороннее изучение почвы потребовало использования системы различных методов: сравнительно-географического, морфологического, экосистемного и лабораторного.

Баргузинский заповедник расположен в Сибирской мерзлотно-таежной области, Восточно-Сибирской гольцово-таежной провинции, в Прибайкальском высокогорно-хребтовом округе.

Баргузинский хребет простирается с юга на север вдоль значительной части восточного побережья оз. Байкал, на 300 км до Верхнеанграсской котловины. В среднем высота вершин хребта около 2400 м. Самая высокая точка – пик Байкал (2841 м) [4]. В основании долины р. Давша принимают участие породы верхнего протерозоя (баргузинский комплекс, представленный гранитами, известняками, пачками гнейсов) и четвертичные отложения. Климат резко континентальный с чертами морского. Зима холодная и продолжительная, лето короткое, но теплое. Байкал оказывает свое влияние на климатические особенности: понижает летние температуры и ослабляет зимние морозы.

Длина р. Давша – 29 км, площадь водосборного бассейна 94 км².

Среднегодовой расход воды у пос. Давша (0,7 км от устья) составляет 0,86 м³/с, максимальный приходится на июнь, минимальный – на период с января по март. В 20 км от устья реки отмечено уникальное карстовое явление: русло перегорожено огромной каменной глыбой. Вода уходит в воронку под ней и через 200 м выходит с обратной стороны камня [1].

Основные представители древостоя, встречающиеся на исследуемой территории это кедрово-пихтовые, с елью и лиственницей (*Larix sibirica Ledeb.*) чернично (*Vaccinium myrtillus L.*)-баданово (*Bergenia crassifolia (L.) Fritsch*)-зеленомошные (*Hylocomium splendens (Hedw.) B.S.G.*, *Polytrichum commune Hedw.*), леса в верхних частях лесного пояса на выпуклых поверхностях, крутых каменистых склонах теневых экспозиций и склонах к речным долинам со слабо подзолистыми хрящеватыми почвами. Нижние ярусы представлены таежным мелкотравьем на фоне черники, брусники, багульника. Верхнюю границу леса образуют парковые березняки, пихтачи и ельники подгольцового пояса с мощно развитым высокотравьем и кустарниковыми зарослями [2].

На территории поселка Давша находится термальный минеральный источник. Он приурочен к зоне разлома в гранитах витимо-канского комплекса, перекрытого чехлом аллювиальных отложений байкальской террасы, сложенной песчано-галечными образованиями. Излив термальных вод происходит на поверхности второй байкальской террасы, сложенной песчано-галечными отложениями, перекрывающими граниты в трехсот метрах от уреза береговой линии. Описан разнотравно-злаковый луг со сплошным зарастанием.

Над минеральным источником поставлен небольшой дом с ванной, куда из крана поступает термальная вода. Из ванного домика вода стекает в ложбину, образуя ручей, впадающий в оз. Байкал. Источник относится к горячинскому типу азотных сульфатно-натриевых терм и используется для лечения болезней опорно-двигательного аппарата [9]. Можно предполагать, что часть воды под рыхлыми отложениями стекает в Байкал по коренному ложу. Вода источника сульфатно-натриевая с минерализацией 0,4-0,5 г/л. В ее составе обнаружены фтор 8-10 мг/л, кремниевая кислота 65-100 мг/л, рН 8,7. Температура воды 39-41 С°, дебит – 1,2-1,5 л/с. Почвы на расстоянии 50 м от излива не промерзают. В связи с этим наблюдаются более ранние фенофазы травянистых растений [2].

Почва относится к стратозему темногумусированному водно-аккумулятивному (AUaq-RUaq-C), ствол: синлитогенного почвообразования, отдел: стратоземы [3].

Нами было проведено полевое исследование воды источника. Она характеризуется температурой 36,3 С°, щелочной реакцией среды (рН 8,9), электропроводностью 0,34 ррт. По химическому составу вода сульфатно-натриевая. Под слоем почвы, ниже 8 см, залегает окатанная галька. Обилие луговой и болотной растительности, избыточное увлажнение, влияние тепла источника способствуют высокой биологической активности и накоплению органического вещества.

Верхний горизонт почвы перегнойный, грубогумусированный. Содержание гумуса высокое (до 10%). Несмотря на то, что минеральная вода в источнике обладает щелочной реакцией среды, в почве рН кислый – 4,9. В гранулометрическом составе преобладает песок связанный, содержание крупного и среднего песка максимально, по сравнению с илистыми частицами. В составе обменных катионов кальций (14,5 мг-экв/100г) преобладает над магнием (10,5 мг-экв/100г почвы). В водной вытяжке среди ионов преобладают: гидрокарбонаты (0,07 %), сульфаты (0,2 %), натрий (1,1 %) и кальций (0,06 %). Тип засоления сульфатно-натриевый.

В результате проведенных исследований определен ландшафтно-экологический комплекс. Он относится к аккумулятивному, приуроченному к элементам пониженного рельефа и являющегося областью конечного химического и твердого стока, поступающего из вышележащих комплексов. Этот комплекс относится к гетерономным, а по гидрологическому режиму -- к гидроморфным. Уровень грунтовых вод вскрывается на глубине от 1 до 5 м. Грунтовые воды имеют гидравлическую связь с речными/озерными. Территория слабодренированная.

Таким образом, почва характеризуется маломощным обводненным горизонтом, кислой реакцией среды, высоким содержанием гумуса и преобладанием песка в гранулометрическом составе.

Результаты исследования целесообразно использовать при природопользовании территории заповедника для проведения комплексных экологических и почвенных исследований, которые необходимы для создания информационной картины условий генезиса и закономерностей их формирования, оценки влияния химических элементов минеральных вод, проведения экологической оценки, разработки адаптивной нагрузки на почвы.

Литература

1. Баргузинский государственный природный биосферный заповедник, 2020 [Электронный ресурс] URL: <http://zapoved.ru/catalog/characteristics/4/Баргузинский-государственный-природный-биосферный-заповедник>.
2. Бухарова Е.В., Распутина (Исктомина) Е.А., Лопатовская О.Г., Лужкова Н.М. Оценка ландшафтных комплексов поселка Давша (Баргузинский заповедник, Республика Бурятия) и планирование познавательного туризма // География и природные ресурсы. 2022. № 3. С. 87-99.
3. Классификация и диагностика почв России / Почв. ин-т им. В. В. Докучаева Рос. акад. с.-х наук, Моск. гос. ун-т им. М. В. Ломоносова, Докучаев. о-во почвоведов ; [Л. Л. Шишов и др.]. Смоленск : Ойкумена, 2004. 341 с.
4. Корсунов В.М., Цыбжитов Ц.Х. Почвенный покров бассейна озера Байкал // Почвенные ресурсы Забайкалья. Новосибирск: Наука СО, 1989. С. 4–12.
5. Лопатовская, О.Г. Особенности педогалогенеза эколого-мелиоративных комплексов Западного Прибайкалья: дисс. ...док. Биол. Наук: 03.02.13 / Лопатовская Ольга Геннадьевна, Иркутск, 2019. 304 с.
6. Мартынова А.С., Мартынов В.П. Почвы Баргузинского заповедника. Тр. Баргузин. гос. запов. Вып. 3. М., 1961. С. 5-21.
7. Убугунов В. Л., Убугунова В.И., Цыремпилов Э. Г. Почвы и формы рельефа Баргузинской

котловины. Улан-Удэ: Изд-во БНЦ СО РАН, 2016. 212.

8. Убугунова В.И., Цыбжитов Ц.Х., Большаков В.А. Бурые горно-лесные почвы Прибайкалья // Почвоведение. 1985. № 7. С. 15–22.

9. Чернявский М.К. Термальные источники Баргузинского заповедника // Вестник Бурятского государственного университета. Биология. География, г. Улан-Удэ, 2004. С. 56-61.

10. Цыбжитов Ц.Х., Корсунов В.М., Цыбикдоржиев Ц.Ц., Гончиков Б.-М.Н., Хубракова Б.Ц., Давыдова Т.В., Цыбжитов А.Ц., Андреева М.Н. География и генетические особенности таежных почв Центральной зоны Байкальской природной территории // Почвоведение. 2006. №10. С.1165–1177.

11. Цыбикдоржиев Ц.Ц., Балсанова Л.Д., Гончиков Б.-М.Н. Почвы бассейна реки Давша Баргузинского заповедника // Природные комплексы Северного Прибайкалья – Труды БГПБЗ, вып. 10. Улан-Удэ : Изд-во БНЦ СО РАН. Улан-Удэ: Изд-во Бурятского научного центра СО РАН. 2016. 176 с.

12. Цыбикдоржиев, Ц.Ц., Гончиков Б.-М.Н., Балсанова Л.Д. Почвы Баргузинского заповедника (на примере бассейна реки Давша) // Разнообразие почв и биоты Северной и Центральной Азии: материалы III Всерос. науч. конф. (г. Улан-Удэ, 21–23 июня 2016 г.): электронный вариант. Улан-Удэ: Изд-во БНЦ СО РАН, 2016. С. 330–333.

SOME PROPERTIES OF THE SOIL NEAR THE MINERAL SPRING "DAVSHA", BARGUZINSKY RESERVE

A.V. Kaminskaya, O.G. Lopatovskaya
Irkutsk State University, Irkutsk, Russia

Abstract. The results of studies of soils located in the zone of influence of a mineral spring in the village are presented. Davsha. Physical and chemical properties of soils are revealed. The complex of ecological conditions for the formation of soil near the Davshinsky spring is characterized.

Keywords: barguzinsky Nature Reserve, mineral spring, chemical composition, granulometric composition, landscape-ecological complexes.

References

1. Barguzin State Natural Biosphere Reserve, 2020 [Electronic resource] URL: <http://zapoved.ru/catalog/characteristics/4/Баргузинский-государственный-nature-biosphere-reserve>.
2. Assessment of landscape complexes of the village of davsha "Barguzin Nature Reserve, Republic of Buryatia) and planning of educational tourism. E.V. Bukharova, E.A. Rasputina (Ismtomina), O.G. Lopatovskaya, N.M. Luzhkova // Geografiya natural Resources 2022 No. 3 P. 87-99.
3. Classification and diagnostics of soils of Russia / Soils. V. V. Dokuchaev Institute of Russian Academy of Sciences, Moscow State University named after M. V. Lomonosov, Dokuchaev. about soil scientists ; [L. L. Shishov et al.]. Smolensk: Oikumena, 2004 (State Unitary Enterprise of the Smolny Region type named after V.I. Smirnov). 341 p.
4. Korsunov V.M., Tsybzhitov Ts.Kh. Soil cover of Lake Baikal basin // Soil resources of Transbaikalia. Novosibirsk: Nauka SB, 1989. P. 4-12.
5. Lopatovskaya, O.G. Features of pedohalogenesis of ecological-meliorative complexes of the Western Baikal region: diss. ...doc. Biol. Sciences: 03.02.13 / Lopatovskaya Olga Gennadievna, Irkutsk, 2019. 304 p.
6. Martynova A.S., Martynov V.P. Soils of the Barguzinsky Reserve. Tr. Barguzin. gos. zapov. Issue 3. M., 1961. P. 5-21.
7. Ubugunov V. L., Ubugunova V.I., Tsyrempilov E. G. Soils and relief forms of the Barguzin basin. Ulan-Ude: Publishing House of the BNC SB RAS, 2016. 212 p.
8. Ubugunova V.I., Tsybzhitov Ts.Kh., Bolshakov V.A. Brown mountain forest soils of the Baikal region // Soil science. 1985. No. 7. P. 15-22.
9. Chernyavsky M.K. Thermal springs of the Barguzinsky Reserve // Bulletin of the Buryat State University. Biology. Geography, Ulan-Ude, 2004. P. 56-61.
10. Tsybzhitov Ts.Kh., Korsunov V.M., Tsybikdorzhiev Ts.Ts., Gonchikov B.-M.N., Khubrakova B.Ts., Davydova T.V., Tsybzhitov A.Ts., Andreeva M.N. Geography and genetic features of taiga soils of the

Central zone of the Baikal natural territory // Soil science. 2006. No.10. P. 1165–1177.

11. Tsybikdorzhiev Ts.Ts., Balsanova L.D., Gonchikov B.-M.N. Soils of the Davsha river basin of the Barguzinsky Reserve // Natural complexes of the Northern Baikal Region – Trudy BGBZ, vol. 10. Ulan-Ude : Publishing house of the BNC SB RAS. Ulan-Ude: Publishing house of the Buryat Scientific Center SB RAS. 2016. 176 p.

12. Tsybikdorzhiev, Ts.Ts., Gonchikov B.-M.N., Balsanova L.D. Soils of the Barguzinsky Reserve (on the example of the Davsha River basin) // Diversity of soils and biota of North and Central Asia: materials of the III All-Russian Scientific Conference (Ulan-Ude, June 21-23, 2016): electronic version. Ulan-Ude: Publishing House of the BNC SB RAS, 2016. P. 330-333.

УДК 631.42

КАРБОНАТНОЕ СОСТОЯНИЕ НЕКОТОРЫХ ПОЧВ, СФОРМИРОВАННЫХ НА ВЕРХНЕКЕМБРИЙСКИХ ОТЛОЖЕНИЯХ

Н.Д. Киселева, А.М. Савостьянова

ФГБОУ ВО Иркутский ГУ, Иркутск, Россия

e-mail: nata_kis71@list.ru

Аннотация. Карбонатность почв является признаком, изменение которого дает представление об этапах развития почвенного профиля. На территории исследования на карбонатное состояние почв особое влияние оказывают такие условия почвообразования как породы и климат. При рассмотрении содержания и распределения карбонатов в рельефе и профиле изучаемых почв, выявлено.

Ключевые слова: карбонатное состояние почв, верхнекембрийские отложения, Южное Приангарье.

Для каждого почвенного профиля характерны особые условия формирования. Например, литогенный фактор определяет химический состав почвы, климатический фактор влияет на распределение составляющих в почве. Карбонаты – это уникальные минералы, которые участвуют в биологических, химических и физико-химических процессах на протяжении всех экологических эпох. На интенсивность и направленность почвенных процессов указывает их форма, содержание, распределение и глубина залегания. Такое явление как карбонатность распространено практически по всему земному шару и оказывает значительное влияние на плодородие почв и их использование в сельском хозяйстве.

Карбонатность – содержание в почве или почвообразующей породе карбоната кальция (CaCO_3). Она является одной из характеристик вещественного состава почвы. Карбонаты имеют два пути поступления в почву. Первый – формирование карбонатов непосредственно в почве. А второй путь – поступление извне. На данный момент выделяют следующие источники поступления карбонатов в почву: 1) унаследованность от материнской породы; 2) осаждение из растворов, образованных в результате выветривания содержащих кальций минералов; 3) осаждение карбонатов, вызванное увеличением концентрации Ca^{2+}

при дегазации за счет эмиссии CO_2 ; 4) отложение карбонатной пыли на поверхность почвы с последующим перемещением карбонатов вглубь профиля в составе растворов; 5) осаждение в результате объединения Ca^{2+} , поступающего с атмосферными осадками, с HCO_3^- , находящимся в составе почвенных растворов; 6) привнос с грунтовыми водами [1].

Карбонатность почв может оцениваться по нескольким показателям – граница вскипания, свойства горизонта максимального скопления карбонатов. Горизонты, которые содержат более 30% CaCO_3 , являются сильнокарбонатными. При содержании карбоната кальция менее 30% он может оказывать существенное влияние на физические и химические свойства почв и их плодородие. [3].

Объекты исследования находятся на территории Балаганского района Иркутской области. *Климат* данной территории резко континентальный с жарким летом и холодной зимой. Коэффициент увлажнения территории в среднем за год равен 0,75-1,0, но за лето составляет 0,6, свидетельствуя о недостаточном атмосферном увлажнении почв. *Рельеф* пологоволнистый, изрезан глубокими древними речными долинами и представляет собой чередование гряд и впадин, разница высот которых колеблется в пределах 300 м. *Поверхностные воды* Балаганского района относятся к бассейну р. Ангары. Восточная граница района проходит по участку р. Ангары, затопленному Братским водохранилищем. *Геологическое строение* территории представлено осадочными породами. Большая часть района исследования занята верхнекембрийскими отложениями. Верхнекембрийские отложения представлены красноцветными алевролитами и аргиллитами, в состав которых входят карбонаты и иногда гипс. Красноцветность пород обусловлена содержанием в них оксидов железа. Продуктами разрушения верхнекембрийских пород чаще всего являются высококарбонатные красноцветные суглинки, иногда содержащие гипс [2].

Почвенный покров Балаганского района характеризуется достаточным почвенным разнообразием. Почвенный покров территории представлен черноземами иллювиально-глинистыми и текстурно-карбонатными, буроземами, серыми текстурно-дифференцированными и метаморфическими. В понижениях рельефа встречаются перегнойно-глеевые, темногумусово-глеевые и другие почвы. Особенность большей части почв – присутствие красных тонов окраски, наличие карбонатов в почвенном профиле, которые были унаследованы от почвообразующих пород верхнего кембрия. Еще одна особенность – наличие достаточно гумусированных верхних горизонтов. Данная особенность объясняется неоднократными сменами ландшафтов, связанными с небольшими колебаниями увлажненности климата, вызывающими в переходной зоне смещение границ леса и степи [2].

Для оценки карбонатного состояния почв на территории Балаганского района были заложены четыре разреза, которые располагались последовательно вниз по катене, начиная с верхней части склона, заканчивая его подножием.

Привершинная часть склона представлена черноземом слитизированным с формулой профиля AU-BCAv-BCca-Cca (A-BCa-BCca-Cca по классификации 1977 г.). Данный профиль был сформирован на красноцветных верхнекембрийских песчаниках и алевролитах под разнотравно-полынной ассоциацией в естественных условиях.

Ниже по склону представлена серая остаточно-карбонатная почва с формулой профиля AUри-BEL-BMca-Cca (O-A-BE-B-C по Классификации 1977 г.). Почва сформирована на элюво-делювиальных лессовидных мицелярных суглинках, кембрийских алевролитах в бобово-злаково-разнотравной олуговелой роще.

Третья почва – агрочернозем глинисто-иллювиальный с формулой профиля O-PU-AU-BI-BCA-Cca (O-A1-A2-B-BCca-Cca по Классификации 1977 г.). Данная почва была сформирована в средней части склона юго-восточной экспозиции на красноцветных верхнекембрийских песчаниках и алевролитах.

Четвертый рассмотренный тип – бурозем с формулой профиля AO-AУ-BM-BC-C (A0-A-B-BC-C по Классификации 1977 г.). Профиль формируется у подножья склона на красноцветных кембрийских песчаниках и алевролитах.

Результаты исследования *чернозема слитизированного (AU-BCAv-BCca-Cca)*, расположенного на привершинной части склона: окраска данного профиля начинается с коричнево-черной и становится светлее ниже по профилю. Верхний горизонт содержит гумус типа мор, о чем говорят неразложившиеся и слаборазложившиеся корни травянистой растительности. Единичное количество корешков встречается до нижнего горизонта Cca. Заметны следы деятельности микрофауны. В верхнем горизонте встречаются натеки гумуса, а так же включения в виде слюды и кварца. При взаимодействии почвы с 10% HCl, начиная с горизонта BCAv происходит бурное вскипание. Данный факт говорит о содержании карбонатов в профиле. Они встречаются в виде псевдомицелия, белоглазки, бородачки и в рассыпчатом виде. В соответствии с морфологическим описанием почва имеет тяжелосуглинистый гранулометрический состав, что подтверждается полученными данными гранулометрического анализа – процент физической глины равен 49%. К нижнему горизонту гранулометрический состав становится легче до среднего суглинка. Что касается химических свойств почвы, в данном разрезе реакция среды увеличивается от нейтральной до щелочной вниз по профилю. Это объясняется увеличением присутствия карбонатов в нижележащих горизонтах, которые унаследованы от породы. Содержание гумуса в темногомусовом горизонте равно 5,78, это хороший показатель для данного типа почв. Для оценки карбонатности почвы будут использованы критерии приведенные выше. Верхняя граница вскипания находится на глубине 28 см, следовательно, почва высококарбонатная. Наибольший процент содержания карбонатов наблюдается в горизонте Cca и равен 23,3%. Из этого можно сказать, почва относится к группе среднекарбонатных. Встречаемые формы: псевдомицелий, бородачка, белоглазка. Содержание карбонатов увеличивается вниз по профилю.

Следующая почва – *серая остаточно-карбонатная почва (A_{Ури}-B_{EL}-B_{Mca}-C_{ca})*. Почва формируется в тех же условиях, что вышеописанная, но находится ниже по склону. По всему профилю в основном сохраняется темно-бурая и бурая окраска. Неразложившиеся и слаборазложившиеся остатки травянистой растительности говорят о том, что гумус относится к типу мор. Растительность сохраняется на глубине до 80 см. Слабое вскипание почвы от HCl начинается с темногумусого горизонта и ниже по профилю становится бурным. Это происходит за счет присутствия карбонатов в рассеянном виде, по порам и в виде псевдомицелия. По всему профилю сохраняется среднесуглинистый гранулометрический состав, процентное содержание физической глины равно от 40 до 45%. В основном преобладающей фракцией является крупная пыль. На втором месте содержание ила и мелкого песка. Реакция среды в данном разрезе изменяется от щелочной до сильнощелочной вниз по профилю. Это объясняется увеличением присутствия карбонатов в нижележащих горизонтах, которые унаследованы от породы. Содержание гумуса в агротемногумусовом горизонте равно 9,39, а в темногумусовом – 7,66. Данные показатели являются высокими. Слабое вскипание почвы начинается на глубине 14 см. Данный показатель определяет почву, как поверхностнокарбонатную. Так же данный разрез будет относиться к группе среднекарбонатных почв, так как наибольшее содержание карбонатов приходится на горизонт B_{M2} и равно 15,5%. В целом происходит сначала увеличение, а затем снижение процентного содержания Ca₂CO₃ вниз по профилю. Карбонаты представлены в рассеянном виде и в виде псевдомицелия.

Агрочернозем глинисто-иллювиальный (O-PU-AU-BI-BCA-Cca) – разрез, который располагается в средней части склона. Окраска данного профиля изменяется от темно-коричневого до желто-палевого цвета. Переход достаточно резкий. Гумус типам мор, так как верхние горизонты представлены большим количеством неразложившихся и слаборазложившихся корней травянистой растительности. Новообразования представлены в виде гумусовых натеков и пленок на минералах и белого налета на корнях растений. Профиль имеет слабое вскипание, при взаимодействии с 10% HCl, на глубине 40 %. Ниже по профилю вскипание становится бурным. Это говорит о присутствии карбонатных новообразований в виде псевдомицелия и в рассеянном виде. Данный разрез имеет среднесуглинистый гранулометрический состава, содержание физической глины в верхнем горизонте равно 38%. Далее гранулометрический состав утяжеляется до тяжелосуглинистого вниз по профилю. В данном разрез реакция среды изменяется от слабощелочной до щелочной, что объясняется присутствием карбонатов в нижележащих горизонтах, которые унаследованы от породы. Содержание гумуса в агротемногумусовом горизонте равно 7,99, в темногумусовом горизонте 8,27% отличные показатели для черноземов. Слабое вскипание, при взаимодействии с HCl, начинается на глубине 40 см., что говорит о том, что почва относится к высокопрофильнокарбонатным. Содержание карбонатов увеличивается вниз по профилю, за счет карбонатных пород.

Наибольший процент наблюдается в нижнем горизонте С_{са} и равно 19,55%. Данный показатель говорит о том, что почва будет относиться к группе среднекарбонатные. По профилю в основном встречается псевдомицелий.

Четвертый рассмотренный тип – *бурозем (АО-АУ-ВМ-ВС-С)*. Данный профиль был сформирован у подножья склона. По всему профилю сохраняется однотонная окраска в оттенках коричневого, серого и бурого. Верхний горизонт немного темнее остальных за счет присутствия большого количества слаборазложившихся и неразложившихся корней растений. На глубине от 17 см встречаются карбонатные новообразования в рассеянном виде и в виде псевдомицелия. Именно на этой глубине начинается вскипание почвы от 10% НС₁, которое с глубиной становится сильнее. Почва разреза имеет среднесуглинистый гранулометрический состав, так как процентное содержание физической глины равно 44%. К нижнему горизонту гранулометрический состав становится тяжелосуглинистым. Что касается химических свойств почвы, в данном разрез реакция среды увеличивается от слабощелочной до щелочной вниз по профилю. Это объясняется увеличением присутствия карбонатов в нижележащих горизонтах, которые унаследованы от породы. Содержание гумуса в серогумусовом горизонте равно 3,31, это весьма низкий показатель для данного типа почв. По критериям карбонатности почва будет поверхностнокарбонатная и сильнокарбонатная. Это объясняется тем, что верхняя граница вскипания находится на глубине 17 см. Наибольший процент карбонатов наблюдается в горизонте С_{са} и равен 33%. Так как горизонт имеет больше 30% Са₂СО₃, почва оценивается критериями оценки почв по свойствам сильноокарбонатных горизонтов. Горизонт С_{са} находится на глубине 61 см. и имеет мощность 31 см, следовательно почва будет неглубокоокарбонатная, маломощная, сложение фрагментарно-плотное. Часто встречаемая форма карбонатных новообразований – псевдомицелий.

Исходя из результатов, полученных в ходе морфоаналитических исследований, можно сказать, что почвы Балаганского района имеют схожие физические и химические свойства. Отличия имеются в содержании гумуса в различных гумусовых горизонтах и так же глубина залегания максимального количества карбонатов. Зависимость прямопропорциональна положению почвы в рельефе. Чем выше по склону место нахождения разреза, тем выше по профилю граница залегания максимального количества карбонатов. Накопление карбонатов происходит в основном за счет карбонатных подстилающих пород.

Литература

1. Голубцов В.А. Карбонатные новообразования в почвах Байкальского региона: процессы формирования и значение для палеопочвенных исследований // Вестник Томского государственного университета. Биология. 2017. № 39. 6-28 с.
2. Почвоведение: типология почв и их диагностика : учеб.-метод. пособие / Г.А. Воробьева, С.Л. Куклина, Н.А. Мартынова, Н.Д. Киселева, С.Г. Швецов, О.Г. Лопатовская ; под ред. Г.А. Воробьевой. Иркутск : Изд-во ИГУ, 2017. 237 с.

3. Хохлова О.С. Карбонатное состояние степных почв как индикатор и память их пространственно – временной изменчивости: автореф. диссертации на соискание ученой степени доктора географических наук: 25.00.23. Москва, 2008. 50 с.

CARBONATE STATE OF SOME SOILS FORMED ON UPPER CAMBRIAN SEDIMENTS

N.D. Kiseleva, A.M. Savostyanova

Irkutsk State University, Irkutsk, Russia

Abstract. Soil carbonate ness is a feature, the change of which gives an idea about the stages of soil profile development. In the study area the carbonate state of soils is particularly influenced by such soil formation conditions as rocks and climate. When considering the content and distribution of carbonates in the relief and profile of the studied soils, it was revealed that the carbonate state of the soils has a special influence on the soil formation conditions such as rocks and climate.

Keywords: carbonate strata of soils, Upper Cambrian sediments, Southern Priangarie region.

References

1. Golubtsov V.A. Carbonate neoplasms in soils of the Baikal region: formation processes and significance for palaeo-soil studies // Bulletin of Tomsk State University. Biology. 2017. № 39. P. 6-28.
2. Soil science: soil typology and diagnostics : textbook / G.A. Vorobyeva, S.L. Kuklina, N.A. Martynova, N.D. Kiseleva, S.G. Shvetsov, O.G. Lopatovskaya ; ed. by G.A. Vorobyeva. Irkutsk : Izd-vo IGU, 2017. 237 p.
3. Khokhlova O.C. Carbonate state of steppe soils as an indicator and memory of their spatial and temporal variability: auth. Dissertation for the degree of Doctor of Geographical Sciences: 25.00.23. Moscow, 2008. 50 p.

УДК 631.4

ЭВОЛЮЦИЯ БУРЫХ ЛЕСНЫХ ПОЧВ СЕВЕРНОГО КАВКАЗА

Н.О. Ковалева

МГУ имени М.В.Ломоносова, Москва, Россия

e-mail: natalia_kovaleva@mail.ru

Аннотация. Эволюция бурых лесных почв Кавказа укладывается во временные рамки голоцена. В середине первого тысячелетия на высотах около 1000-2000 м сформировались буроземы под лесом на склонах, ранее покрытых травянистой растительностью. В малый ледниковый период граница леса опускалась ниже современного положения.

Ключевые слова: горные почвы, изотопный состав углерода, возраст почв

Специфической особенностью почвенного покрова горных стран является повсеместное распространение на горных склонах гумидных, субгумидных и субаридных районов Земного шара буроокрашенных почв под пологом лесного пояса. Несмотря на длительное изучение [3, 4, 6, 7] их классификационное положение и генезис не всегда ясны, а лесные биомы могут быть представлены как широколиственными [1], так и хвойными лесами [8]. Аналогом таких почв в приполярных горных системах выступают подбуры под типичной тундровой растительностью. Почвообразующими породами могут служить как карбонатные отложения, так и песчаники, элюво-делювий гранитов или глинистые сланцы.

Ситуация осложняется узостью вертикальных почвенных зон в горах и их миграцией во времени. В результате, профиль буроземов является полигенетичным образованием и часто содержит серии погребенных горизонтов.

Целью данного исследования было изучение генетических особенностей буроземов Кавказа и выяснение трендов их эволюционного развития в голоцене.

Объектами исследования послужили бурые лесные почвы среднегорий Северного Кавказа, где буроземы составляют основу почвенного покрова лесного пояса на южных склонах Главного и Бокового хребта на высотах 1500-2000 м, на северных склонах – на высотах 700-1000 м над уровнем моря. Территория района исследований охватывает южную часть Карачаево-Черкесии и приурочена к верховьям рек Уруп, Большой и Малый Зеленчук, Маруха, Теберда, Кубань. Бурые лесные почвы формируются здесь в условиях промывного водного режима под широколиственными (дуб, бук, граб) и хвойными (пихта, сосна, ель) лесами на продуктах выветривания известняков или глинистых сланцев соответственно.

Методы исследований включали определение кислотности почв потенциометрическим методом, суммы обменных оснований – титрованием, магнитной восприимчивости – полевым капнометром, гранулометрического состава – методом пипетки, содержания углерода и азота – методом сухого сжигания, изотопного состава углерода – на изотопном масс-спектрометре, радиоуглеродного возраста почв – на жидкостном сцинтиляционном спектрометре.

Изучен групповой состав гумуса по методу Тюрина в модификации Пономаревой, Плотниковой, спектры отражения и поглощения снимались на спектрофотометре СФ-18. Выполнен анализ минералогического состава почв иммерсионным методом. Все полученные результаты статистически обработаны.

Согласно «Классификации и диагностике почв СССР» [5] к бурым лесным почвам относятся почвы, слабо дифференцированные на генетические горизонты, однотонной бурой окраски (за исключением гумусового горизонта), с кислой или слабокислой реакцией среды в верхней части профиля, с метаморфическим оглиниванием всей толщи профиля при отсутствии выноса илистой фракции и полуторных оксидов за пределы профиля, с высоким содержанием хорошо разложившегося органического вещества в гумусовом горизонте, с накоплением оксалатнорастворимых и свободных соединений железа в верхней части профиля. Таким образом, профиль бурых лесных почв создается элементарными процессами подстилкообразования, гумусообразования, внутрпочвенного оглинивания с локальным участием процесса оглеения и состоит из горизонтов АО-А-АВ-В-ВС-С. Отличительными морфологическими признаками горных бурых лесных почв является наличие на поверхности почвы маломощного горизонта лесной подстилки, состоящего из фрагментарно выраженного слоя слаборазложившихся древесных остатков и подгоризонта гумификации; бурые тона минеральной почвенной массы; мощный гумусовый профиль (25-53 см); обилие примазок и пятен железа в минеральных горизонтах.

Действительно, характеристики отражения исследованных профилей бурых лесных почв увеличиваются вглубь профилей: от 26-28 до 41-43 для р750. Спектры отражения верхних горизонтов – пологие, характерные для гумусово-аккумулятивных горизонтов. Для буроокрашенных минеральных горизонтов характерны спектры с отчетливым перегибом в области 550-580 миллимикрон за счет наличия соединений железа.

Величины содержания органического углерода отражают выявленную закономерность: в гумусовых горизонтах они составляют 7-13 %, в минеральных – 1-2 %. Характер распределения гумуса по профилю – регрессивно-аккумулятивный. Обогащенность органического вещества азотом по отношению C/N оценивается как средняя, низкая и очень низкая. Характер гумуса в современных гумусово-аккумулятивных горизонтах – фульватно-гуматный (Сгк/Сфк – 0,66-0,81), в средней части профиля – гуматный (Сгк/Сфк – 1,07-1,30) (табл.). Низкие величины коэффициентов экстинкции свидетельствуют о слабой ароматичности молекул гуминовых кислот гумусовых горизонтов и о более сложном их строении – в средней и нижней частях профиля. Характерной особенностью всех спектров пропускания гуминовых кислот является наличие двух пиков, обусловленных высоким содержанием Рg фракции. Пики кривых светопоглощения при длинах волн 460 и 620 нм наиболее выражены в верхних частях профилей и обусловлены повышенным увлажнением и большей ролью грибов в разложении лесных подстилок.

Таблица

Биомаркеры органического вещества бурых лесных почв

Горизонт, глубина, см	С общ, %	C/N	$\frac{C_{гк}}{C_{фк}}$	$E^{0,001\%}_{1\text{ см}, 465}$	Рg	$\frac{Q_{D_{465}}}{D_{650}}$	$\delta^{13}\text{C}$	Доля С4 растений, %
1999 м, пихтовый лес								
А 5-25	12,02	21,7	0,81	0,005	4,8	3,70	-26,96	0,26
В 25-35	1,96	12,6	1,26	0,077	2,9	3,09	-25,25	12,51
1476 м, широколиственный лес								
А 1-16	11,13	1,6	0,66	0,019	11,8	4,29	-26,91	0,65
В 16-28	2,28	0,1	1,07	0,077	5,9	3,56	-25,51	10,66
ВС 28-55	1,62	0,1	1,13	0,067	7,5	3,51	-24,68	16,57
1717 м, смешанный хвойно-широколиственный лес								
А 2-18	13,28	2,6	0,68	0,004	11,1	4,62	-26,07	0,31
В 18-36	2,04	0,1	1,30	0,029	5,7	2,73	-24,93	13,54
ВС 36-47	2,22	0,1	0,64	0,027	4,8	3,33	-24,08	14,78

Исследованные буроземы в зависимости от типа почвообразующей породы и характера опада отличаются значительным варьированием реакции среды: от сильнокислой до нейтральной. Сумма обменных оснований колеблется от 10-12 мг-экв/100 г до 40-60 мг-экв/100 г. По шкале градации обеспеченности сельскохозяйственных культур минеральными соединениями фосфора (1,2-2,3 мг Р₂О₅/100 г) и калия (5,0-15,7 мг К₂О/100 г) бурые лесные почвы характеризуются очень низкими запасами, что, однако, не препятствует произрастанию на них продуктивных древостоев [1].

По характеристикам гранулометрического состава исследуемые профили состоят из двух неоднородных частей: верхней легкосуглинистой (до 40 см) и нижней супесчаной, либо из высокодисперсной супеси до 30 см и грубодисперсной до 60 см. Текстура неоднородность верхней и нижней частей профилей свидетельствует о различных условиях их формирования и, вероятно, об активизации экзогенных процессов в малый ледниковый период.

Еще более заметна неоднородность исследованных профилей буроземов по минералогическому составу и контрастности значений минералогических индексов в верхних горизонтах и средней части профиля по индексу кварц/полевые шпаты: 3,1 -3,4 и 4,3-5 соответственно.

Значения величин магнитной восприимчивости колеблются в интервале от 18 до $65 \cdot 10^{-6}$ СГСМ. При этом максимумы обсуждаемых величин свидетельствуют о сильномагнитном характере соединений железа и приурочены либо к средней и нижней части профиля бурозема, либо, наоборот, - к верхней, где гуминовые кислоты выступают катализатором ферромагнетизации слабомангнитных железистых соединений. Последний факт является отражением условий активного современного почвообразования, по-видимому, наложенному на профиль предшествующего бурозема. По мнению Вадюниной, Бабанина [2], образованию ферромагнитных окислов железа (магнетита, маггемита) способствуют кратковременные анаэробные процессы с последующим длительным периодом аэробных условий, что характерно для горных почв и коррелирует с накоплением P_g-фракции.

Изотопный состав органического углерода демонстрирует наиболее легкие значения изотопного отношения в верхних горизонтах профилей – до -26,96 ‰ и более тяжелые величины – в средних частях профилей – до -24,68 ‰. И, если низкие величины $\delta^{13}\text{C}$ характерны для гумидных условий малого ледникового периода, то последнее высокое значение нетипично для древесных биомов, а характеризует, скорее, более аридные условия остепненных лугов с большой долей C₄ растений (табл.). Коэффициент корреляции величин $\delta^{13}\text{C}$ и величин магнитной восприимчивости составляет – 0,81.

Радиоуглеродное датирование бурых лесных почв Карачаево-Черкесии обнаружило, что возраст минерального горизонта с высокими величинами изотопных отношений составляет 1480±140 лет (RGI-55). По-видимому, средняя часть профилей изученных буроземов сформирована в эпохи с иным биоклиматическим потенциалом, нежели современная.

Таким образом, можно утверждать, что эволюция бурых лесных почв Северо-Западного Кавказа определялась эволюцией ландшафтов и укладывается во временные рамки голоцена. В середине первого тысячелетия нашей эры на высотах около 1000-2000 м сформировались буроземы под лесом на склонах, ранее покрытых травянистой растительностью предыдущих эпох. Следы более аридных этапов дернового почвообразования стерты морфохромохимическими признаками ожелезнения и сохранились лишь в молекулярных биомаркерах

гумуса. Дальнейшая эволюция бурых лесных почв прерывалась похолоданием малого ледникового периода и наступанием субальпийского луга на лес, а граница леса, скорее всего, опускалась ниже ее современного положения.

Работа выполнена при поддержке государственного задания МГУ122011800459-3.

Литература

1. Быковская Т.К., Ковалева Н.О. Горные почвы Карачаево-Черкесии. М.: МГИУ, 2010. 164 с.
2. Вадюнина А.Ф., Бабанин В.Ф. Магнитная восприимчивость некоторых почв СССР // Почвоведение. 1972. № 10. С. 55-66.
3. Владыченский А.С. Особенности горного почвообразования. М: Наука. 190 с.
4. Зонн С.В. Горно-лесные почвы Северо-Западного Кавказа. М.: Издательство Академии Наук СССР, 1950. 336 с.
5. Классификация и диагностика почв СССР. М.: Колос, 1977. 221 с.
6. Михайловская О.Н. О генезисе бурых лесных почв Закавказья // Почвы советских субтропиков. Тбилиси: Издание сов. секции МАП. 1936. Т. 13. 92 с.
7. Самофалова И.А., Лузянина О.А. Эколого-генетическая характеристика почв горно-лесного пояса на Среднем Урале // Известия Самарского научного центра РАН. 2013. Т. 15. № 3 (4). С. 1426-1431.
8. Шоба С.А., Ковалева Н.О., Самофалова И.А., Лузянина О.А. Особенности пространственной дифференциации почв заповедника «Басеги» (Средний Урал) // Роль почв в биосфере: Труды Института экологического почвоведения МГУ имени М.В. Ломоносова. Вып. 14. М: МАКС Пресс. 2014. С. 5-17.

EVOLUTION OF BROWN FOREST SOILS IN THE NORTHERN CAUCASUS

N.O. Kovaleva

Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia

Abstract. The evolution of the brown forest soils of the Caucasus fits into the time frame of the Holocene. In the middle of the first millennium, at altitudes of about 1500-1700 m, burozems formed under forest on slopes previously covered with grassy vegetation. During the Little Ice Age, the forest boundary fell below its present position.

Keywords: mountain soils, carbon isotopic composition, soil age

References

1. Bykovskaya T.K., Kovaleva N.O. Mountain soils of Karachay-Cherkessia. M.: MGIU, 2010. 164 p.
2. Vadyunina A.F., Babanin V.F. Magnetic susceptibility of some soils of the USSR // Soil science. 1972. No. 10. S. 55-66.
3. Vladychensky A.S. Peculiarities of mountain soil formation. M: Science. 190 p.
4. Zonn S.V. Mountain forest soils of the Northwestern Caucasus. M.: Publishing House of the Academy of Sciences of the USSR, 1950. 336 p.
5. Classification and diagnostics of soils of the USSR. M.: Kolos, 1977. 221 p.
6. Mikhailovskaya O.N. On the genesis of brown forest soils in Transcaucasia // Soils of the Soviet subtropics. Tbilisi: Edition of owls. MAP section. 1936. T. 13. 92 p.
7. Samofalova I.A., Luzyanina O.A. Ecological and genetic characteristics of soils of the mountain forest belt in the Middle Urals // News of the Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences. 2013. V. 15. No. 3 (4). P. 1426-1431.
8. Shoba S.A., Kovaleva N.O., Samofalova I.A., Luzyanina O.A. Features of spatial differentiation of soils of the Basegi Reserve (Middle Urals) // The role of soils in the biosphere: Proceedings of the Institute of Ecological Soil Science of Moscow State University named after M.V. Lomonosov. Issue. 14. M: MAX Press. 2014. P. 5-17.

**СПЕЦИФИКА ПОЧВООБРАЗОВАНИЯ В ПОДТАЕЖНЫХ
ЛАНДШАФТАХ ЮЖНОГО ПРЕДБАЙКАЛЬЯ**

А.А. Козлова

ФГБОУ ВО ИГУ, Иркутск, Россия

e-mail: allak2008@mail.ru

Аннотация. В данной статье проведен сравнительный анализ особенностей формирования, строения и свойств дерново-подзолистых почв и буроземов подтаежных ландшафтов Европейской части России и Южного Предбайкалья. В ходе сравнения были выявлены определенные сходства и различия в развитии исследуемых почв.

Ключевые слова: дерново-подзолистые почвы, буроземы, оподзоливание, оглинивание, лессиваж.

Южное Предбайкалье – часть субконтинента Северной Азии [9], представляющая собой природный район суббореального пояса, расположенного внутри бореального. Его территория отличается от многих других регионов большой пестротой природно-климатических условий. Здесь проходит граница двух крупных тектонических структур – Сибирской платформы и ее складчатого обрамления. Район исследования с юго-запада ограничен предгорьями Восточного Саяна, с юго-востока – Онотской возвышенностью и включает Иркутско-Черемховскую равнину и южную часть Предбайкальской впадины, представляющих собой краевые прогибы Сибирской платформы [1]. Климат на территории Южного Предбайкалья – резкоконтинентальный, формируется в условиях орографической изоляции под большим влиянием Сибирского антициклона. Общая ориентация макросклонов хребтов с северо-запада на юго-восток, господствующий западный перенос воздушных масс усиливает роль экспозиционного фактора. Причиной дифференциации растительного покрова является высотная поясность. Вершины водоразделов и увалов заняты подтаежными сосновыми и лиственнично-сосновыми бруснично-травяными лесами, склоны – сосново-березовыми разнотравными лесами с островами степей, речные террасы и пологие южные склоны – южносибирскими и сухостепными формациями разнотравно-злаковых и злаковых степей. Одновременное противоположно направленное воздействие увлажнения и термических факторов является предпосылкой для формирования различных ландшафтов на северных и южных склонах. Почвы подтаежных ландшафтов Южного Предбайкалья занимают вершины водоразделов, холмов и увалов, где локально складываются гумидные условия. Они развиваются на рыхлых четвертичных отложениях и бескарбонатных корках выветривания юрских песчаников, под хвойно-мелколиственным лесом с богатым травянистым покровом [2].

Современный почвенный покров подтаежных лесных ландшафтов региона представлен дерново-подзолистыми, дерново-карбонатными и дерновыми лесными почвами. Все перечисленные типы почв являются объектами данного исследования. Согласно диагностике и классификации почв с позиции субстантивно-генетического подхода Классификации и диагностики почв России-2004 [5] исследуемые почвы были отнесены к дерново-подзолистым типичным, буроземам оподзоленным и буроземам темным остаточно-карбонатным, а по Классификации WRB-2006 [4, 8] – *Umbric Albeluvisols Abruptic*, *Haplic Cambisols Dystric* и *Haplic Cambisols Calcaric*, соответственно.

Дерново-подзолистые почвы региона, занимая наветренную наиболее увлажненную северную и северо-западную сторону, имеют текстурно-дифференцированный профиль. Для дерново-подзолистых почв Сибири характерна «останцовая» форма перехода от элювиального к текстурному горизонту: в нижней части осветленного и облегченного элювиального горизонта наблюдаются отдельные полуразрушенные фрагменты текстурного горизонта размером до 5-15 мм, размер и количество которых постепенно увеличивается с глубиной [3]. За счет сухости и суровости климата процессы подзолообразования заторможены, чем они отличаются от европейских аналогов. В них лессиваж преобладает над оподзоливанием за счет миграции ила с водами оттаивающей сезонной мерзлоты. Возможно, что оподзоливание господствовало в прошлом под темнохвойными лесами, обеспечивающими кислый характер опада. Затем дерновый процесс, наложился на предшествовавший ему подзолистый, и современный гумусовый горизонт сформировался на месте прежнего подзолистого горизонта [7]. Это проявляется в несоответствии морфологического строения дерново-подзолистых почв Южного Предбайкалья их свойствам. Коэффициент текстурной дифференциации по илу меньше 2, для них характерна слабокислая и нейтральная реакция среды, высокая степень насыщенности основаниями.

Буроземы Южного Предбайкалья, находясь в пределах почвенного округа Суббореального пояса, располагаются в центре Евразийского континента и развиваются в условиях резкоконтинентального климата. Локально на вершинах водоразделов создаются особые гумидные условия для их формирования. Происхождение буроземов оподзоленных связано со свойствами материнских пород – богатством их основаниями и первичными минералами. Особенности химико-петрографического состава пород, низкое содержание светлых устойчивых минералов в значительной степени определяют длительность стадии дернового процесса почвообразования [6]. Для их профиля характерно наличие дернового горизонта мощностью 2-6 см, под которым располагается темно-серый или серовато-бурый гумусовый горизонт мощностью 8-15 см, имеющий мелкокомковатую непрочную структуру. В оподзоленных почвах нижняя часть горизонта А имеет светлую окраску. Переход в горизонт В постепенный и выражается в изменении окраски, плотности и гранулометрического состава. Иллювиально-метаморфический горизонт имеет бурую окраску, крупнозернисто-

комковатую структуру и более тяжелый, чем в горизонте А, гранулометрический состав. Однако по валовому составу значительных изменений в профиле не наблюдается, что позволяет считать горизонт В метаморфическим, а не иллювиальным. При переходе к материнской породе окраска светлеет, а гранулометрический состав становится более легким. Наличие в профиле буроземов оподзоленных хорошо выраженного ореховатого с ярко бурый окраской горизонта В, часто более тяжелого по гранулометрическому составу, чем выше- и нижележащие горизонты, объясняется литологической неоднородностью отложений [3].

Формирование буроземов темных остаточно-карбонатных в Южном Предбайкалье приурочено к местам выхода на поверхность сероцветных нижнекембрийских и красноцветных верхнекембрийских карбонатных пород (известняков и доломитов верхоленской и братской свиты). Этим они в корне отличаются от Европейских аналогов, сформированных, как правило, на постледниковых карбонатных моренах [6]. Для них характерен полноразвитый профиль с горизонтом В и включает лесную подстилку небольшой мощности (3-5 см), гумусовый горизонт (10-40 см) темно-серой или коричнево-серой окраски, в котором встречаются обломки карбонатных пород, переходный горизонт бурой или коричневой окраски, зернистой структуры, как правило, карбонатный с обломками пород [3]. В отличие от Европейских аналогов буроземы Южного Предбайкалья формируются в условиях недостатка тепла и влаги, длительного промерзания. Процессы выщелачивания, оглинивания и лессиважа в них заторможены. Невысокая теплообеспеченность почв препятствует промывке профиля, нисходящей миграции частиц, веществ. Строение их профиля объясняется литогенной неоднородностью, определяемой по разнице физического песка на 10-15 % в соседних горизонтах. Содержание ила, валовой состав данные электросопротивления указывают на слабую текстурную дифференциацию элементов по профилю.

В целом, наблюдаемое несоответствие строения профиля почв подтайги Южного Предбайкалья их свойствам, проявляемое в невысокой кислотности, обогащённости гумусом и обменными основаниями верхних горизонтов является литогенная неоднородность почв, связанная с разновозрастностью горизонтов. Современные условия почвообразования, такие как низкая теплообеспеченность и увлажненность препятствуют промывке профиля и нисходящей миграции частиц, веществ, т.е. формированию дифференцированного профиля. Формирование буроземов темных остаточно-карбонатных в Южном Предбайкалье обусловлено их развитием на местах выхода палеозойских осадочных карбонатных пород ниже- и верхнекембрийского возраста. Высокое содержание кальция в почвообразующей породе способствует нейтрализации кислых продуктов растительных остатков, подавляя развитие подзолистого процесса. В отличие от Европейских аналогов Буроземы Южного Предбайкалья формируются в условиях недостатка тепла и влаги, длительного промерзания.

Литература

1. Атлас Иркутской области. М. Иркутск: ГУГК, 1962. 182 с.
2. Атлас. Иркутская область: экологические условия развития. М.; Иркутск, 2004. 90 с.
3. Воробьева Г.А. Почва как летопись природных событий Прибайкалья: проблемы эволюции и классификации почв. Иркутск: Изд-во Иркут. гос. ун-та, 2010. 205 с.
4. Единый государственный реестр почвенных ресурсов России. Версия 1.0. Коллективная монография. М.: Почвенный ин-т им. В.В. Докучаева Россельхозакадемии, 2014. С. 202-209.
5. Классификация и диагностика почв России / Авторы и составители Л.Л. Шишов и др. Смоленск: Ойкумена, 2004. 324 с.
6. 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.
7. Кузьмин В.А. Почвы Предбайкальского участка зоны БАМ // Почвенно-географические и ландшафтно-геохимические исследования в зоне БАМ. Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1980. С. 11-98.
8. Мировая коррелятивная база почвенных ресурсов (WRB): основа для международной классификации и корреляции почв. М. : Товарищество научных изданий КМК, 2007. 278 с.
9. Михеев В.С., Коновалова Т.И. Геосистемы Северной Азии // Региональный экологический атлас. Новосибирск: Наука, 1998. С. 169-185

SPECIFICS OF SOIL FORMATION IN THE SUBTAIGA LANDSCAPES OF THE SOUTHERN BAIKALIA

A.A. Kozlova

ISU, Irkutsk, Russia

Abstract. In this article, a comparative analysis of the features of the formation, structure and properties of soddy-podzolic soils and burozems of the subtaiga landscapes of the European part of Russia and the southern Cis-Baikal region is carried out. During the comparison, certain similarities and differences in the development of the studied soils were revealed.

Keywords: soddy-podzolic soils, burozems, podzolization, claying, lessivage.

References

1. Atlas of the Irkutsk region. M. Irkutsk: GUGK, 1962. 182 p.
2. Atlas. Irkutsk region: ecological conditions of development. M.; Irkutsk, 2004. 90 p.
3. Vorobieva G.A. Soil as a chronicle of natural events in the Baikal region: problems of evolution and classification of soils. Irkutsk: Publishing house Irkut. state un-ta, 2010. 205 p.
4. Unified State Register of Soil Resources of Russia. Version 1.0. Collective monograph. Moscow: Soil Institute im. V.V. Dokuchaev of the Russian Agricultural Academy, 2014. P. 202-209.
5. Classification and diagnostics of Russian soils / Authors and compilers L.L. Shishov et al. Smolensk: Oikumena, 2004. 324 p.
6. Kozlova A.A., Belozertseva I.A., Lopatina D.N. Soils of the Southern Cisbaikalia: diversity and patterns of distribution // Geography and natural resources. 2021. No. 1. P. 103-114.
7. Kuzmin V.A. Soils of the Cis-Baikal area of the BAM zone // Soil-geographical and landscape-geochemical studies in the BAM zone. Novosibirsk: Science. Sib. Department, 1980. P. 11-98.
8. World Correlative Base of Soil Resources (WRB): basis for international classification and correlation of soils. M.: Association of scientific publications KMK, 2007. 278 p.
9. Mikheev V.S., Konovalova T.I. Geosystems of North Asia // Regional Ecological Atlas. Novosibirsk: Nauka, 1998. P. 169-185.

УДК 631.48

ОСОБЕННОСТИ РАЗНОВОЗРАСТНЫХ ПОЧВ И ОТЛОЖЕНИЙ НА ОАН "СТОЯНКА "МАЛЬТА МОСТ-3" (ИРКУТСКАЯ ОБЛАСТЬ)

С.Л. Куклина

ФГБОУ ВО ИГУ, Иркутск, Россия

e-mail: kukl_swet@mail.ru

Аннотация. Изученные голоценовые отложения представлены современной агросерой метаморфической реградированной почвой. Сартанские отложения светлые, сильно окарбоначенные и включают 3 слабо развитые палеопочвы. Каргинские отложения представлены развитой палеопочвой, которая была криотурбирована и солифлюкцирована в раннесартанское время.

Ключевые слова: стратиграфия, голоценовые почвы, сартанские отложения, каргинские почвы.

Объект археологического наследия (ОАН) «Стоянка «Мальта-Мост-3», расположен в 500 метрах от г. Усолье-Сибирское (рис. 1) в северо-западном направлении на слабонаклонном склоне с относительными отметками 35-38 м от уреза р. Белой. В 2020-2021 гг в результате охранно-спасательных археологических работ на территории будущей развязки автодороги Р-255 «Сибирь» археологами вскрыта значительная площадь, что позволило провести детальные исследования почв и отложений данного объекта. Данный объект интересен тем, что здесь были обнаружены следы деятельности древнего человека (палеолит - мезолит) [1].

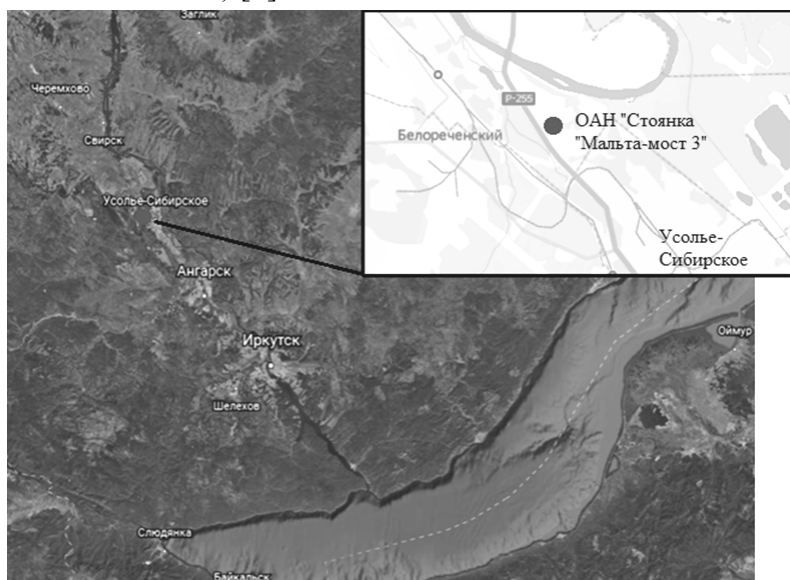


Рисунок 1. Схема нахождения ОАН «Стоянка «Мальта-Мост 3»

Одним из наиболее репрезентативных шурфов глубиной 3,00 м на ОАН «Стоянка «Мальта-Мост-3» вскрываются разновозрастные отложения: голоценовые (0–11,7 тыс. л. н.), сартанские (11,7–28 тыс. л. н.) и

позднекаргинские. (28–30 тыс. л. н.). В ходе исследования было проведен морфогенетический анализ данных отложений, определены содержание общего гумуса методом И. В. Тюрина, гранулометрический состав методом А. Н. Качинского. Стратиграфическое расчленение отложений проведено на основе имеющихся литературных данных [2] и сравнительного анализа.

Голоценовые отложения (0-52 см) представлены современной почвой, которая по классификации 2004 г. [3] может быть отнесена к агросерой метаморфической реградированной почве с профилем Рw-ВМ₁-ВМ₂. Резкая граница между бывшим пахотным и горизонтом ВМ₁ свидетельствует о небольшой изначальной мощности горизонтов АУ+АЕL не превышающей 20 см. Несмотря на то, что на данный момент почва находится под луговой растительностью, ее морфологические свойства указывают, что формировалась она под лесом. Генезис отложений – делювиально-эоловый.

Горизонт Рw имеет светло-серую окраску, легкосуглинистый состав и плотное сложение. Верхняя часть содержит 2,49 % гумуса, нижняя - 1,66 % гумуса (рис. 2). Гранулометрический состав обоих горизонтов представлен легким суглинком. Горизонт ВМ₁ обладает более яркой бурой окраской, по сравнению с ВМ₂ (желто-бурая), гранулометрический состав обоих горизонтов супесчаный.

На глубине 50-52 см наблюдается бурная реакция с 10% раствором HCL, что часто является маркером для проведения границы между голоценовыми и плейстоценовыми отложениями.

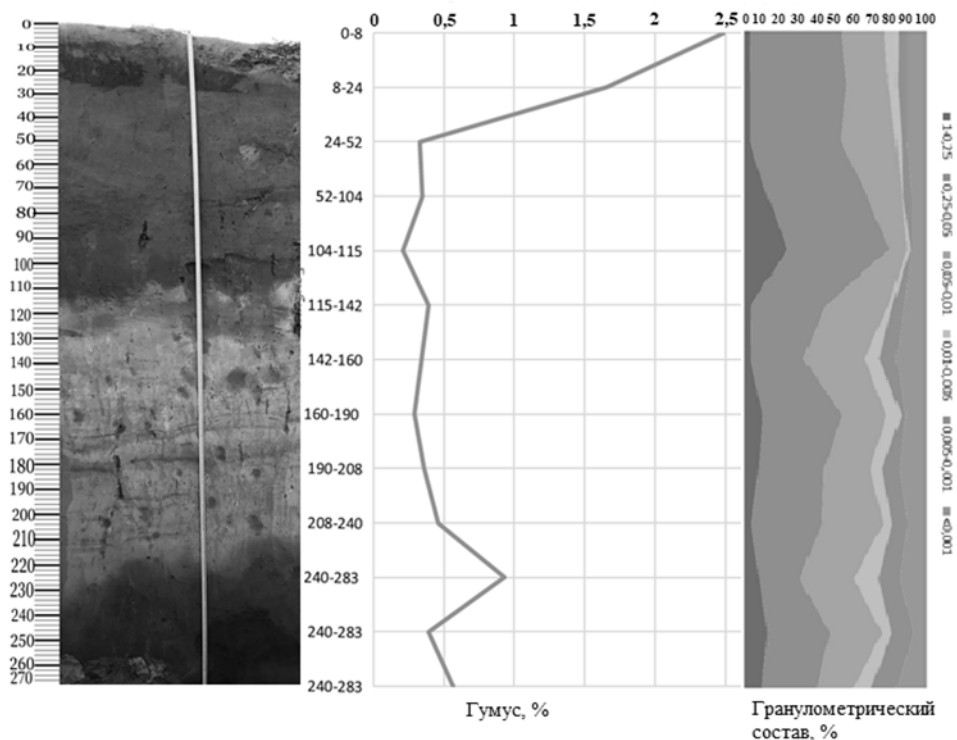


Рисунок 2. Свойства отложений ОАН «Стоянка «Мальта-Мост 3»

Сартанские отложения (52-240 см) представлены светлыми серовато-желтыми слоистыми легкими и средними суглинками с песчаными прослойками, свидетельствующими об усилении эоловых процессов во время их формирования. Содержание гумуса незначительное (0,21-0,36%). В этой пачке отложений фиксируются три слабо развитые палеопочвы, имеющие серовато-розовую окраску и чуть повышенную гумусированность (0,39-0,46 %), чем вмещающая их толща. Такая окраска гумуса является специфической и отмечается в литературных источниках для палеопочв последнего ледникового периода [2]. Нижняя часть сартанских (~28–25 тыс. л. н.) отложений тяжелосуглинистая, оглеенная, солифлюцированная, имеет слоистую структуру и включает фрагменты палеопочв каргинского возраста. Генезис отложений – в верхней части, в основном, эоловый, в нижней – делювиальный.

Позднекаргинские отложения (240-280 см) представлены палеопочвой, которая была вовлечена в раннесартанский солифлюкций, местами криотурбирована. Палеопочва среднесуглинистого состава, содержит 0,93% гумуса (см. рис. 2) и сохранила реликтовую ореховатую структуру. Плохая сохранность палеопочвы не позволяет выявить ее классификационную принадлежность, но морфологические особенности позволяют сделать вывод, что почва была достаточно развитой и формировалась во время потепления климата. Генезис отложений – делювиально-эоловый.

Таким образом, во вскрытых отложениях есть два маркера, позволяющих разделить их по возрасту. Граница голоценовых и сартанских отложений проходит по границе сильной аккумуляции карбонатов, а между сартанскими и каргинскими отложениями - по наличию палеопочвы в кровле каргинских отложений. Разновозрастные отложения имеют особенности, несущие в себе следы почвообразования и осадконакопления в теплые (голоценовое, каргинское время) или холодные (сартанское время) эпохи.

Литература

1. Песков С. А. Акт государственной историко-культурной экспертизы выявленного объекта археологического наследия - «Мальта-Мост 3», стоянка. Иркутск, 2015. 34 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. Шишов Л. Л., Тонконогова В. Д. и др. Классификация и диагностика почв России. Смоленск: Ойкумена, 2004. 342 с.

FEATURES OF SOILS OF DIFFERENT AGES AND DEPOSITS AT OBJECT OF ARCHAEOLOGICAL HERITAGE «STOYANKA «MALTA-MOST - 3» (IRKUTSK REGION)

S.L. Kuklina

Irkutsk State University, Irkutsk, Russia

Abstract. The studied Holocene deposits are represented by modern agrogenic forest soil. The Sartan deposits are light, highly carbonate and include 3 primitive paleosols. The Karga deposits are represented by a fairly developed paleosol, which was cryoturbated and solifluxed in the Early Sartanian.

Keywords: stratigraphy, Holocene soils, Sartan deposits, Karga soils.

Referens

1. Peskov S.A. Act of the state historical and cultural expertise of the identified object of archaeological heritage - "Malta-Most 3", parking lot. Irkutsk, 2015. 34 p.
2. Vorobieva G.A. Soil as a chronicle of natural events in the Baikal region: problems of evolution and classification of soils. Irkutsk: Publishing house Irkut. State. Univ., 2010. 205 p.
3. L. L. Shishov, V. D. Tonkonogova, et al., Classification and diagnostics of Russian soils. Smolensk: Oikumena, 2004. 342 p.

УДК 631.48

ГЕНЕЗИС, СВОЙСТВА И МИНЕРАЛОГИЧЕСКИЙ СОСТАВ ПОЧВ НА КРАСНОЦВЕТНЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ ЕВРОПЕЙСКОЙ ТЕРРИТОРИИ РОССИИ

С.Н. Лесовая

Институт наук о Земле, ФГБОУ ВО "Санкт-Петербургский государственный университет", Санкт-Петербург, Россия

e-mail: s.lesovaya@spbu.ru

Аннотация. На суглинистых/ глинистых красноцветных почвообразующих породах в таежной зоне ЕТР реализуется метаморфическое направление почвообразование, что сопровождается слабо выраженной профильной дифференциацией минеральных фаз и «цветовой» трансформацией профиля – побурение/ потускнение окраски почвенных горизонтов, по сравнению с породой. *Ключевые слова:* глинистые минералы, (гидро)оксиды железа, таежные ландшафты

За геологическую историю Земли площадь, занимаемая красноцветными отложениями, сокращалась [2]. В настоящее время на Европейской территории России (ЕТР) красноцветные породы на дневную поверхность выходят небольшими разобщенными ареалами, чем и обусловлено незначительность участия почв на красноцветных отложениях в почвенном покрове. Красноцветные отложения ЕТР различаются по генезису и свойствам – гранулометрическому составу, химико-минералогическим параметрам, наличию/ отсутствию карбонатов, что определяет различные рН – Eh условия, влияющие на направленность почвообразования. Из-за существующих различий красноцветные почвообразующие породы таежной зоны ЕТР нельзя отнести к единой общности пород [6]. Тем не менее, их изучение важно для понимания глобальных закономерностей почвообразования. Унаследованные от красноцветных пород (гидро)оксиды железа определяют яркий и устойчивый при почвообразовании цвет почв [1, 8, 9].

Почвы на красноцветных суглинистых/ глинистых отложениях были изучены в северной и южной тайге на севере (Архангельская область), северо-западе (Ленинградская область) и востоке ЕТР (Пермский край). Для их изучения был использован комплекс методов, что позволило изучить как общие свойства

почв (общепринятые методы), так и минералогический состав тонкодисперсных фракций (XRD).

Значения рН в изученных профилях на севере и северо-западе ЕТР находятся в кислом диапазоне, они развиты на бескарбонатных отложениях. В профиле на востоке ЕТР отмечено подстиание карбонатными породами на глубине 80см, что обуславливает постепенное уменьшение кислотности вниз по профилю. Во всех разрезах на мезо- и микроуровнях диагностируется иллювиирование тонкодисперсного материала в средней части профиля. Однако иллювиирование недостаточное для выделения срединного горизонта как текстурного (BT), что подтверждается также и данными гранулометрического состава. Что позволяет выделить срединный горизонт как структурно-метаморфический (BM). В соответствии с подходами профильно-генетической классификации [5] почвы относятся к типу буроземов, различным подтипам. Красноцветные почвообразующие породы исследованных почв отличаются по возрасту и минералогическому составу. В тонкодисперсных фракциях преобладают: (а) на севере ЕТР – триоктаэдрические слюды и смектитовая фаза, представленная неупорядоченным смешанослойным образованием с высоким содержанием (≥ 50 %) смектитовых слоев; (б) на северо-западе – триоктаэдрические слюды и каолинит; (в) на востоке – индивидуальные смектиты. В почвенных профилях, несмотря на различие в минералогическом составе, характерна общая закономерность, а именно, слабо выраженная дифференциация минеральных фаз. Мы это связываем с защитной функцией унаследованных от породы (гидро)оксидов железа по отношению к глинистым минералам. Было показано [7], что насыщая почвенный раствор, (гидро)оксиды железа выступают своеобразным буфером, препятствующим разрушению слоистых силикатов. Кроме того, унаследованные от породы тонкодисперсные (гидро)оксиды железа обуславливают формирование водопрочных структурных отдельностей [4], что препятствует развитию «зональной» элювиально-иллювиальной дифференциации почвенного профиля. Изменение/преобразование в профиле унаследованных (гидро)оксидов железа обуславливает «цветовую» трансформацию профиля. Это проявляется в побурении/ потускнении окраски почвенных горизонтов, по сравнению с породой [6].

Таким образом, выход на дневную поверхность в таежных ландшафтах ЕТР красноцветных суглинистых/ глинистых пород, независимо от их возраста и минералогического состава, предопределяет развитие преимущественно метаморфического направления почвообразования в тех биоклиматических условиях, где «зональными» на суглинистых отложениях принято считать элювиально-иллювиально дифференцированные почвы. В целом красноцветные отложения ЕТР являются примером реализации и проявления действия закона литогенной матричности [3].

Литература

1. Водяницкий Ю.Н., Добровольский В.В. Железистые минералы и тяжелые металлы в почвах. М. 1998. 216 с.
2. Геологические формации осадочного чехла Русской платформы. Л.: Недра, 1981. Всесоюзный научно-исследовательский геологический институт. Новая серия. Т. 296. 168 с. п/р. Н.С. Иголкиной.
3. Горячкин С.В., Макеев А.О. Направления таежного почвообразования: спектр мезоморфных почв Европейского Севера / Сб. Почвообразование и выветривание в гумидных и семигумидных ландшафтах. М. 1991. С. 8-72.
4. Зайдельман Ф.Р. Гидрологический режим почв Нечерноземной зоны. Л.: Гидрометеиздат. 1985. 328 с.
5. Классификация и диагностика почв России. Смоленск: Ойкумена, 2004. 342 с.
6. Лесовая С.Н. Генезис и география почв на красноцветных породах европейской территории России. диссертация на соискание ученой степени доктора географических наук. Санкт-Петербург, 2005. 315 с.
7. Bigham J.M., Heckendorn S.E, Jaynes W.F., Smeck N.E. Stability of iron oxides in two soils with contrasting colors // Soil Sci.Soc.Am. 1991. V. 55. P. 1485-1492.
8. Schwertmann U. Some properties of soil and synthetic iron oxides// Iron in Soil and Clay Minerals. Dordrecht: Reidel. 1988. P. 203-250.
9. Schwertmann U., Fitzpatrick R.M., Iron minerals in surface environment. Catena supplement. 1992. V. 21. P.7-30.

GENESIS, PROPERTIES, AND MINERALOGY OF SOILS ON RED-COLORED SUBSTRATES FROM EUROPEAN RUSSIA

S.N. Lessovaia

Institute of Earth Sciences, SPSU, St.-Petersburg, Russia

Abstract. The metamorphic variant of pedogenesis is realized from the red-colored loamy/clayey substrates of the taiga zone in ETR. That is accompanied by insignificant vertical differentiation of inherited clay minerals association and "color" transformation of the profile based on inherited Fe (hydro)oxides dissolution/ transformation.

Keywords: clay minerals, iron oxides, taiga landscapes.

References

1. Vodyanitskii Yu.N., Dobrovol'skii V.V. Fe-minerals and heavy metals in soils. M. 1998. 216 p.
2. Geologicheskie formacii osadochnogo chekhla Russkoj platformy. L.: Nedra, 1981. Vsesoyuznyj nauchno-issledovatel'skij geologicheskij institut. Novaya seriya. T. 296. 168 p. p/r. N.S. Igolkinoj.
3. Goryachkin S.V., Makeev A.O. Types of boreal pedogenesis: spectrum of well-drained soils in Russian European North / In: Pedogenesis and soil weathering in humid and semihumid landscapes. M. 1991. P. 8-72.
4. Zaidelman F.R. Hydrological regime of soils in the nonchernozemic zone. Leningrad: Hydrometeoizdat. 1985. 328 p.
5. Classification and Diagnostics of Russian Soils. Oikumena, Smolensk, 2004. 342 p.
6. Lessovaia S.N. Genезis i geografiya pochv na krasnocvetnyh porodah evropejskoj territorii Rossini. dissertaciya na soiskanie uchenoj stepeni doktora geograficheskikh nauk. Sankt-Peterburg, 2005. 315 p.
7. Bigham J.M., Heckendorn S.E, Jaynes W.F., Smeck N.E. Stability of iron oxides in two soils with contrasting colors // Soil Sci.Soc.Am. 1991. V. 55. P. 1485-1492.
8. Schwertmann U. Some properties of soil and synthetic iron oxides // Iron in Soil and Clay Minerals. Dordrecht: Reidel. 1988. P. 203-250.
9. Schwertmann U., Fitzpatrick R.M., Iron minerals in surface environment // Catena supplement. 1992. V. 21. P. 7-30.

**ВЛИЯНИЕ МИНЕРАЛЬНОЙ ЛИТОГЕННОЙ ОСНОВЫ
ПОЧВООБРАЗУЮЩИХ ПОРОД НА ГЕНЕЗИС И СВОЙСТВА
ГОРНО-ДОЛИННЫХ ПОЧВ ЮГО-ЗАПАДНОГО ПРИБАЙКАЛЬЯ**

Н.А. Мартынова¹, Н.А. Жученко², Д.О. Мартынова¹,

¹Иркутский государственный университет, Иркутск, Россия

²Лимнологический институт СО РАН, Иркутск, Россия

e-mail: natamart-irk@yandex.ru

Аннотация. Исследовано влияние литогенной основы на свойства почв Прибайкалья. Локальное влияние литологического фактора изменчивости почв более значимо, чем регионального био-климатического. Карбонатные почвообразующие породы обуславливают формирование почв более южного высотно-зонального и климатического пояса.

Ключевые слова: литогенная основа почв, Прибайкалье, Тункинская долина.

Исследование значимости и роли литогенной основы в формировании почв является одной из важных точек роста современного генетического почвоведения. Поэтому вопросы, связанные с изучением влияния на почвы, их свойства и генезис соотношения биоклиматических и литолого-геоморфологических (геогенных) факторов остаются по-прежнему актуальными.

Байкало-Хубсугульская природная территория характеризуется резко континентальным климатом, большими амплитудами сезонных и суточных колебаний температуры воздуха, преобладанием летних осадков, продолжительным морозным периодом, относительно невысокой увлажненностью. Для Тункинской долины, представленной 6-ю котловинами, расположенной вдоль юго-западного фланга Байкальской рифтовой зоны (БРЗ), характерно сочетание специфических особенностей и территорий: разнообразных горно-долинных форм рельефа (от равнинных до альпинотипных); древнейших геологических пород (докембрия, протерозоя и палеозоя) с современными вулканическими формациями; многолетнемерзлых пород с выходами теплых минеральных источников и др. Дифференциация, неоднородность и мозаичность почвенного покрова исследуемой территории с выраженным кольцевым распределением комплексов при переходе от днищ долины к ее бортам, связана с ее сложным геологическим строением и большим разнообразием коренных пород, наряду с разнообразием растительности и форм рельефа. Тункинская суходольная долина выполнена мощной толщей (до 2500 м) кайнозойских отложений, накопившихся в древнем гигантском озере, вода из ложа которого в результате геологической катастрофы несколько миллионов лет назад прорвала перемычку и утекла в Байкал. Об этой катастрофе свидетельствуют как переслаивание отложений с покровами неоген-четвертичных базальтов, так девять конусов позднечетвертичных вулканов, сложенных лавами и

вулканическими шлаками, возвышающихся над равнинным рельефом долины.

В условиях сложного строения таежно-лугово-степных ландшафтно-геохимических систем Тункинской долины и ее горного обрамления преобладание субаэральной дезинтеграции исходного природного материала пород на фоне естественной химической денудации сочетается с активным проявлением различных экзодинамических процессов, многолетней и сезонной мерзлоты. Контрастная инверсия почвенного покрова обусловлена гидротермическим режимом, крутизной склонов и их экспозицией.

Надпойменные террасы и террасированные склоны речных долин и древних вулканических конусов Тункинской долины широко представлены покровными типично лессовыми образованиями верхнеплейстоценового (сартанского) возраста (примерно 11550 – 16120 лет). Лессовые отложения – это результат криогенного и флювио-гляциального разрушения различных по составу пород средней юры, нижнего и верхнего кембрия и последующего эолового переноса продуктов сложных, сингенетичных осадконакоплению и «дроблению», почвенно-элювиальных преобразований с участием процессов мерзлотно-диагенетического порядка, чему способствовал холодный и сухой континентальный климат всего плейстоцена и голоцена Байкальской Сибири. В районе часто встречаются сложнопрофильные почвы с включением вложенных микропрофилей погребенных почв и гумусовых горизонтов, что обусловлено чередованием этапов синлитогенеза из-за похолоданий-потеплений климата.

Были исследованы следующие типы почв, сформированные на разной литогенной основе (рис.): **А** - дерново-подбур перегнойный иллювиально-гумусово-железистый (O-AУ_h-ВНF-BF_h-RF_(ca)) на *вулканических шлаках* (основных магматических пород) (Арш-19/6); **Б** - подбур перегнойный (O-AO-АН-ВН-BF) на метаморфизованных протерозойских *гранито-гнейсах* (Арш-18/12); **В** - карболитозем перегнойно-темногумусовый (H-АН-Cca) на делювии графитизированных *мраморов и известняков* (Арш-18/11); **Г** - карбопетрозем остаточного-карбонатный иллювиально-железистый (O-AO-W-BC_{ca}-BC_f-CF_{ca}-R1_{s,ca}-R2_{s,ca}) на *травертиновых карбонатных отложениях* (Арш-19/1с); **Д** - бурозем грубогумусированный остаточного-карбонатный (AO-AУ_(ca)-BM_(ca)-BC_{ca}-C1_{ca}-C2_{ca}) на *лессах* (Арш-18/7); **Е** - псаммозем натечно-(остаточного)-карбонатный (O-C1_{ca}-C2_{ca}-C3_{ca}-C4_{ca}-C5_{ca}-C6_{ca}) на *пролювиально-селевых отложениях* (Арш-17/10); **Ж** - серогумусовая глееватая (O-AУ1-AУ2_(g)-CR) на делювии *вулканогенно-осадочных кремнистых известняков* (Арш-19/7).

Элементный состав почв и пород был определен с использованием метода многоэлементной масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой на базе Лимнологического института СО РАН. Для оценки почвенно-геохимических процессов выщелачивания, миграции/аккумуляции и выветривания в системе почва-порода мы использовали элювиально-аккумулятивные коэффициенты концентрации (КК) А.А. Роде и молекулярные отношения Гарассовица.

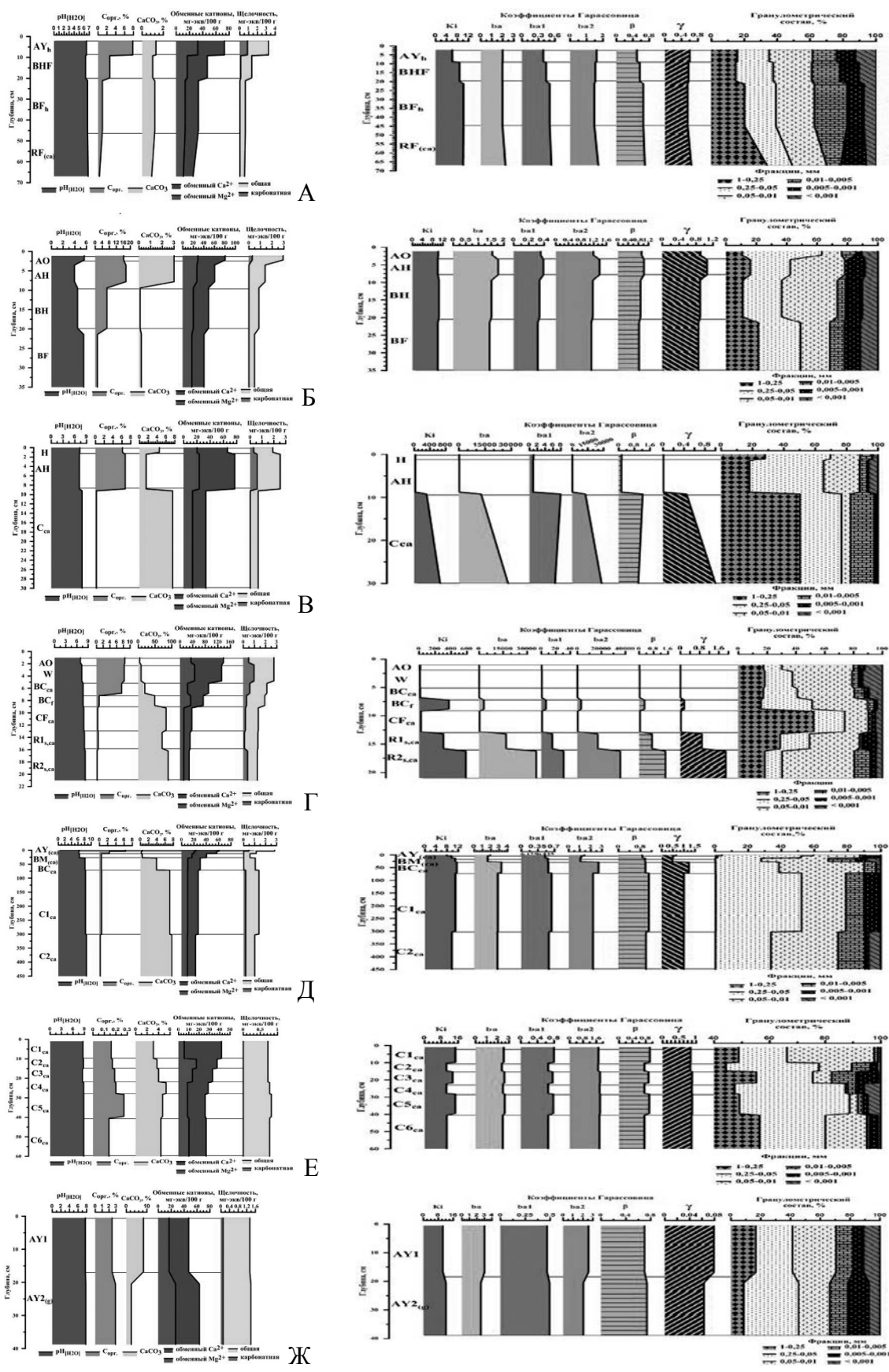


Рисунок. Профильные диаграммы физико-химических свойств, гранулометрического состава почв и показателей коэффициентов Гарассовица

Вулканические шлаки, как породы, богатые железом, способствуют процессам ожелезнения и подкисления почвенного профиля развивающихся на них дерново-подбуров (рис. А). Высокое количество силикатных минералов, неустойчивых к выветриванию, способствует развитию процессов оглинивания профиля. Низкое остаточное содержание карбонатов и щелочности мы связываем с эоловым привнесом пылеватого материала лессовидных суглинков, покрывающих окружающие вулканические конуса ТД территории. Состав гидроксидов железа (оксидно-железистой матрицы) может оказывать существенное влияние на трансформацию литосновы в процессе выветривания и почвообразования, вплоть до затормаживания процессов элювиирования. Появление в процессе выветривания основных магматических пород (базальтов) бурой окраски профиля связано с диспергированием и растворением литогенных гидроксидов железа, а внутрипочвенные процессы коагуляции и Al-Fe-гумусовой миграции способствуют оструктуриванию почвенной массы.

Для дерново-подбура (рис. А), сформированного на вулканических шлаках, характерны средние величины коэффициента концентрации (КК) элементов Роде (варьируют в пределах 4-12 в случае накопления). Отмечается относительное снижение концентрации большинства химических элементов (ХЭ), что говорит об их геохимическом выносе. Для Li, Cs, Cr, Tl, Zr, Th в сравнении с почвообразующей породой отмечается увеличение КК вверх по почвенному профилю, что свидетельствует об их накоплении. В процессе выветривания шлаков разрушаются и выносятся силикаты, интенсивно вымываются щелочные элементы и слабо накапливаются – щелочно-земельные (Ca и Mg.), глинистый мелкозем. Элементный состав почвы корректно наследует состав шлаков.

Метаморфизованные протерозойские гранито-гнейсы выветриваются интенсивнее базальтов, формируя слабокислые, насыщенные подбуры перегнойные (рис. Б). Процессы элювиирования и оподзаливания заторможены (в том числе благодаря оксидно-железистой матрице почв), несмотря на промывной режим, что обусловлено как подстилочно-дерновым и гумусово-перегнойным процессами и формированием биогеохимического барьера, аккумуляцией щелочно-земельных элементов на фоне выноса щелочных, так и накоплением частиц физической глины и пыли в иллювиальной толще профиля. Почвообразование и выветривание корректное, без смены пород. Относительное накопление Pb и Sb может быть обусловлено их фиксацией гумусом в виде хелатных комплексов.

На мраморизованных и графитизированных известняках на склонах Тункинских Альп формируются карболитозёмы, серо – и темногумусовые почвы с высокими величинами КК (до 200) многих элементов на биогеохимическом и щелочном барьерах. Выветривание известняков ведет к интенсивному выносу щелочных и щелочно-земельных элементов (рис. В). По КК Гарассовица элементного состава выявляется 2 стадии выветривания и почвообразования, что говорит в пользу смены характера делювиального сноса и режима

почвообразования. Почвообразование на кремнисто-карбонатных породах (рис. Ж) идет по типу силикатных, с заторможенным выносом щелочных катионов и ила, накоплением щелочно-земельных, REE, V, Th в составе гумусовых веществ.

На соленосных *травертиновых породах формируются* карбопетроземи остаточно-карбонатные (рис. Г) со слабо разложенным органомным слоем с высокой ЕКО и щелочным профилем маломощных слабоструктурных дресвянисто-щебнистых прослоев-горизонтов. Смена условий накопления травертинового солевого материала наряду с процессами выщелачивания обуславливает варьирование карбонатов в профиле. Выветривание очень плотных травертинов идет медленнее других карбонатных пород. КК их элементного состава показывают накопление очень многих элементов, в том числе и элементов питания. Благодаря этому после выщелачивания избытка солей, здесь может сформироваться достаточно мощный дерново-подстильный горизонт. По содержанию редкоземельных элементов (REE) здесь диагностируются три этапа формирования травертиновых слоев с почвенными горизонтами. Современный дневной горизонт характеризуется повышенным количеством REE, а также - Y и V, что обусловлено, по-видимому, изменением состава подземных минеральных вод, дренирующих толщу почв к дневной поверхности. Травертины разных этапов синлитогенеза характеризуются сходными количествами Al, Ca, и Mg.

В долине р. Зангисан ТД был изучен профиль бурозема грубогумусированного остаточно-карбонатного, сформированного на карбонатных *лессовых толщах*. Процессы выщелачивания щелочных и накопления щелочно-земельных катионов, пылеватый легкосуглинистый состав и высокая карбонатность сортированных лессовых отложений обуславливают хорошую гумусированность почв с высоким уровнем ЕКО, природного плодородия, бонитета и биоразнообразия. Для буроземов на лессах выявлены относительно низкие величины КК с накоплением W, в меньшей степени - Tl, Mo, V, Co, Pb, Cr, Zn, As и др. Сравнение элементного состава лессов и др. пород ТД по содержанию REE, тяжелых металлов и др., говорит о том, что источником лессового материала послужили основные магматические породы типа базальтов (риолитов).

Селевые потоки ледниковых отложений Тункинских Альп, сохранившихся с последнего ледникового периода, чей возраст оценивается в 10-12 тысяч лет, характеризуясь несортированностью и высокой карбонатной пропиткой, способствуют созданию погребенных слоистых почвенных структур синлитогенного генезиса со слабо развитыми бесструктурными псаммоземами натечно-(остаточно)-карбонатными (рис. Е), состоящими из разновозрастных слоев селевых супесчано-песчаных генераций с очень низким содержанием гумуса и обменных катионов начального цикла почвообразования. Проведенные исследования элементного состава псаммозема выявили в мелкоземле присутствие и накопление (КК=1,1-3,9) целого ряда редких земель REE (Y, Cr, Sn, Th, U, Sc, Zr, Sr), тяжелых металлов (Co, Ni, Cu, Zn) и др. По составу и содержанию элементов диагностировано, что исходными породами для формирования

селевого материала Тункинской котловины являются граниты Тункинских Альп, предположительно, протерозойского возраста.

Карбонатные почвообразующие породы ТД – селевые, лессовидные, травертиновые, известняковые – нейтрализуют воздействие процессов выщелачивания и оподзоливания, способствуют накоплению гумусовых и илистых частиц, что повышает естественное плодородие почв и темп их эволюционного развития, обуславливая формирование почв более южного высотно-зонального и климатического пояса. Локальные литологические факторы изменчивости почв более существенны, чем региональные био-климатические.

INFLUENCE OF THE MINERAL LITHOGENIC BASIS OF SOIL-FORMING ROCKS ON THE GENESIS AND PROPERTIES OF MOUNTAIN-VALLEY SOILS OF THE SOUTHWESTERN PART OF BAIKAL REGION

N.A. Martynova¹, N.A. Zhuchenko², D.O. Martynova¹,

¹Irkutsk State University, Irkutsk, Russia

²Limnological Institute of SB RAS, Irkutsk, Russia

Abstract. The influence of the lithogenic basis on the properties of the soils of Baikal region was investigated. The local influence of the lithological factor to soil variability is more meaningful than the regional bioclimatic one. Carbonate soil-forming rocks determine of the formation of soils of more southern altitude-zonal climatic zone.

Keywords: lithogenic basis of soils, Baikal region, Tunka Valley.

УДК 631.4

СОСТАВ ТОНКОДИСПЕРСНЫХ ФРАКЦИЙ И ЛИТОГЕОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ФОСФОРИТНЫХ ПОЧВ ПРИХУБСУГУЛЬЯ МОНГОЛИИ

Н.А. Мартынова

ФГБОУ ВО «Иркутский государственный университет, Иркутск, Россия

e-mail: natamart-irk@yandex.ru

Аннотация. Проведено комплексное изучение литогеохимических особенностей тонкодисперсных фракций почв, формирующихся на выходах фосфоритов. Выветривание фосфатно-силикатно-карбонатной матрицы литогенной основы при разложении и выносе карбонатной составляющей, способствует остаточному накоплению глинистых минералов гидрослюдисто-хлорит-иллитного состава и илистого органического вещества. Тонкодисперсная фракция способствует формированию и коагуляции карбонатно-фосфорно-гумусовых комплексов, повышающих плодородие почв.

Ключевые слова: литогенная основа почв, фосфоритные почвы, микроформология, Прибайкалье, Тункинская долина.

Район исследования относится к областям ранней (рифейско-кембрийской) геосинклинальной консолидации в системе палеозойских складчатых сооружений Южной Сибири-Северной Монголии (рис. 1).



Рисунок 1. Древние платформы и складчатые структуры (террейны) геосинклинальных поясов Азии и территория исследования

Комплексное изучение опорных полигонов почв было проведено в тундровых, лесных и степных геосистемах юго-западного Прихубсугулья Монголии Байкальской рифтовой зоны, приуроченных к выходам на дневную поверхность фосфоритных пластов Онголигнурского месторождения крупнейшего Хубсугульского фосфоритоносного бассейна с запасами около 1 млрд. т и содержанием P_2O_5 до 31–32 % [3]. Простираение тела месторождения через все основные высотные природные пояса и выход на дневную поверхность слоёв фосфоритов дают уникальную возможность изучения особенностей почвообразования на фосфатно-карбонатных породах. Здесь распространён широкий спектр литогенных почв, формирующихся на относительно рыхлых фосфатно-(силикатно)-карбонатных породах с разным содержанием Si, Ca, Mg, P и CO_2 , осложнённых стратиграфической и фациальной изменчивостью и протеканием криосолифлюкционных процессов. Исследовались морфогенетические и эколого-геохимические характеристики почв, их свойства и функции, тонкодисперсные фракции, особенности процессов почвообразования, миграции и аккумуляции веществ в основных типах горных почв природных экосистем, развитых на фосфоритах венд-кембрийского возраста (840–708 млн. лет), представленных фторапатитом (франколитом, или штаффелитом) с примесью карбонатапатита, мергеля, фосфоритоносных кремнистых доломитов, чёрных известняков с прослоями кремней, хлоритовых и филлитовых сланцев, алевролитов [2]. Фосфориты хемогенного генезиса бассейна обогащены кремнеземом, пропитаны органическим веществом, в большинстве случаев бесструктурны и изотропны, разделяются на 3 группы: карбонатные (известково-доломитовые), кремнисто-карбонатные и кремнистые (с плитчатыми чёрными углеродисто-кремнистыми сланцами) [1]. Для изучения минерального мелкозема почв, его крупной и илстой фракций, были применены кроме классических методы растровой электронной и поляризационной микроскопии и рентгендифрактометрии, валовой анализ с применением пламеннофотометрической и атомно-адсорбционной спектроскопии.

Исследуемые почвы (рис. 1, легенда) характеризуются высоким содержанием валового и подвижного фосфора, карбонатов, что определяет их

специфические свойства, способствует стабилизации функций и оструктуриванию через формирование прочных карбонатно-силикатно-фосфорно-гумусовых скоагулированных комплексов, представляя несомненный интерес в аспекте углубления теоретических основ почвоведения. В процессе выветривания и почвообразования фосфор выщелачивается и в виде минеральных и фосфорорганических соединений (ФОС) мигрирует в ландшафтах. Карбонатная и силикатная матрица литосновы исследуемых почв “затушевывает” влияние собственно фосфатного материала пород.

Общая направленность криогидратационного выветривания и педогенеза фосфоритов, наряду с воздействием процессов криогенной дезинтеграции, растворения и тотального выноса карбонатной и фосфатной составляющих пород (карбонатов и фосфатов щелочно-земельных металлов и др.) в виде растворов и взвесей, обуславливает дробление породы до фосфоритно-карбонатной муки и снижение их объемной плотности, остаточную **автохтонную** (in situ) аккумуляцию тонкопесчаных и крупнопылеватых фракций силикатного компонента, глинистых минералов (по данным рентгенструктурного анализа) и илистого органического вещества. Общая направленность процессов выветривания на фосфатно-карбонатных породах исследуемой территории в разных высотных поясах ведет к качественно схожему минеральному составу глинистых минералов, состоящих из гидрослюд, хлоритов, труднодиагностируемых образований смешанно-слоистого типа иллитов с признаками плохой окристаллизованности и супердисперсности, а также тонкодисперсного кварца (рис. 2). При дезинтеграции исходной фосфатной породы в процессе педогенеза идет относительное обогащение механических фракций < 1 мм алюмосиликатами и фосфатами, вероятно, за счет растворения франколита породы и обеднение ими более крупных механических фракций.

Данные валового анализа показали, что в составе илистой фракции исследуемых типов почв большая доля приходится на кремний, заметно обогащена она и соединениями Al и Fe (причем в лесных и тундровых ландшафтах их содержание больше, чем в степных). Из небольшого количества щелочноземельных металлов в составе тонкодисперсных фракций большее количество приходится на MgO, чем на CaO. Содержание MgO в иле с глубиной возрастает, что наиболее резко проявляется в степной зоне. Определение фосфора и кальция в анализируемых образцах ила показывает небольшие их количества, т.к. при выделении препаратов ила фосфор вымывается вместе с кальцием при обработке образцов почв HCl. В иле значимо больше, в сравнении с почвой, содержание K₂O. Следует отметить, что в почвах на доломитизированных фосфоритах илистая фракция более обогащена калием. Максимум накопления щелочных металлов в тонкодисперсных фракциях смещен на некоторую глубину, что связано с процессами выщелачивания (особенно - в лесных ценозах). В исследуемых образцах ила много серы по сравнению с почвой. По величинам молярных отношений SiO₂:Fe₂O₃, и SiO₂:Al₂O₃, выявляется опережающий вынос железа.

Выветривание фосфоритов в почвах всех высотных поясов обуславливает интенсивный вынос карбонатной составляющей литогенной основы, остаточную адсорбцию и накопление глинистых минералов и скоагулированных фосфо-(железисто)-гумусовых комплексов, что хорошо прослеживается на фото со шлифов и с пленок сканирующего электронного микроскопа (рис. 2, 3).

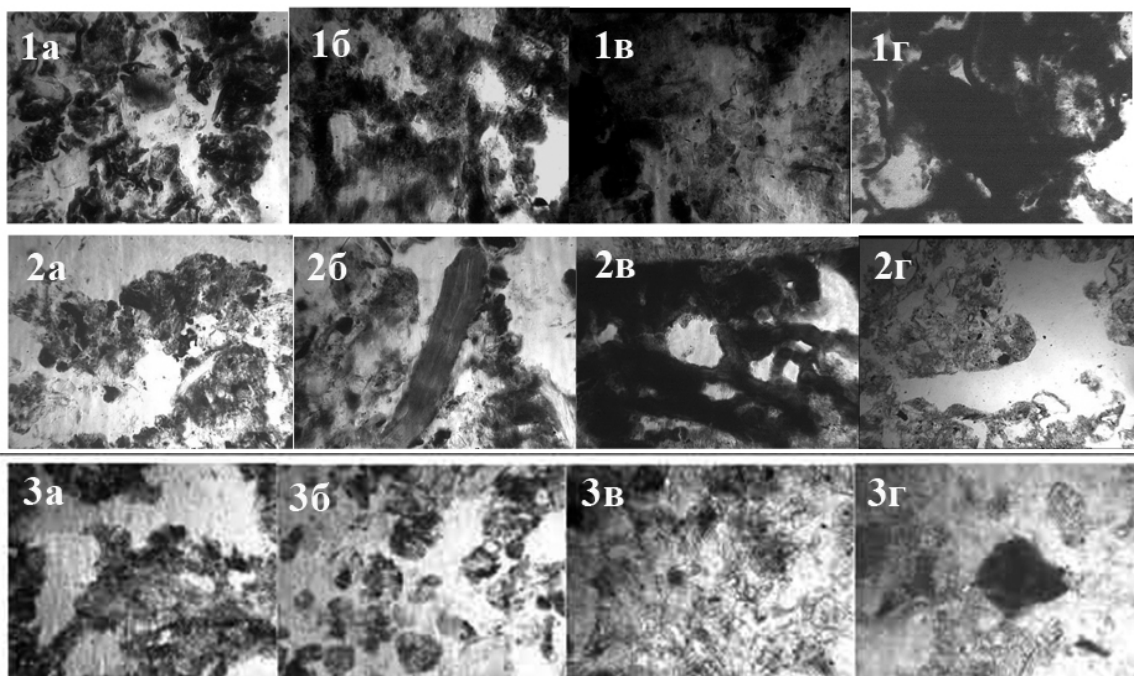


Рисунок 2. Микроморфология почв на фосфоритах (фото почвенных шлифов):
 1. Карболитозем перегнойный глинисто-иллювирированный остаточно-(*фосфатно)-карбонатный (тундровая зона, 5-ОГ): 1а - АНса(р*) – ожезленная скелетно-гумусовая плазма (увел. в 250 раз); 1б – АНса(р) – выветрелый фосфорит с кавернозными пустотами (увел. в 250 раз); 1в - АУВІса(р) – ожезленная гумусо-карбонатная плазма (увел. в 400 раз); 1г - АУВІса(р) – опаловые зерна в пустотах выветрелого фосфорита (увел. в 250 раз). 2. Темно-серая метаморфическая элювирированная остаточно-карбонатная (лесная зона – 1-ОГ) – (увел. в 250 раз): АУ – гумусово-жезелистая плазма; 2б – АУеІ – опалово-гумусово-жезелистая плазма с хлоритовым зерном; 2в – АУВМ – выветрелый фосфорит с ожезнением; 2г – АУВМ – пора с оглиниванием по ее краям; Чернозем дисперсно-карбонатный (степная зона – 2-ОГ) (увел. в 250 раз): 3а – АУdc(р) – глино-гумусовые (ожезленные) комплексы; 3б – АУdc(р) – карбонатно-гумусовая плазма; 3в – ВСАdc(р) – опалово-фосфатно-карбонатная плазма; 3г – ВСса(р) – аморфная фосфатно-доломитовая масса с обломком невыветрелого фосфорита. (Примечание: (р) – фосфатная матрица)

Минералогический состав илистых фракций, выделенных из горизонтов исследуемых типов почв, изучался рентгендифрактометрическим методом. Значительное количество в илистой фракции K_2O связано с большим содержанием гидрослюдов, а MgO - хлоритов. Высокие значения Al_2O_3 указывают на преобладание высокоалюминиевых гидрослюдов. Илы почв, развитых на доломитизированных фосфоритах - в целом более богаты глинистыми минералами и кварцем, чем илы "фосфатоземов" при довольно схожем качественном составе глинистых минералов: гидрослюдов, смешанно-слоистых минералов и хлоритов. Процесс хлоритизации наиболее активно протекает в гумусо-аккумулятивных горизонтах. Высокодисперсным кварцем несколько обеднена илистая фракция В-горизонтов исследуемых почв, что может быть

следствием как процесса разрушения его минеральных зерен, так и процесса выноса его вниз по профилю почв из-за сильной скелетности почвенной толщи.

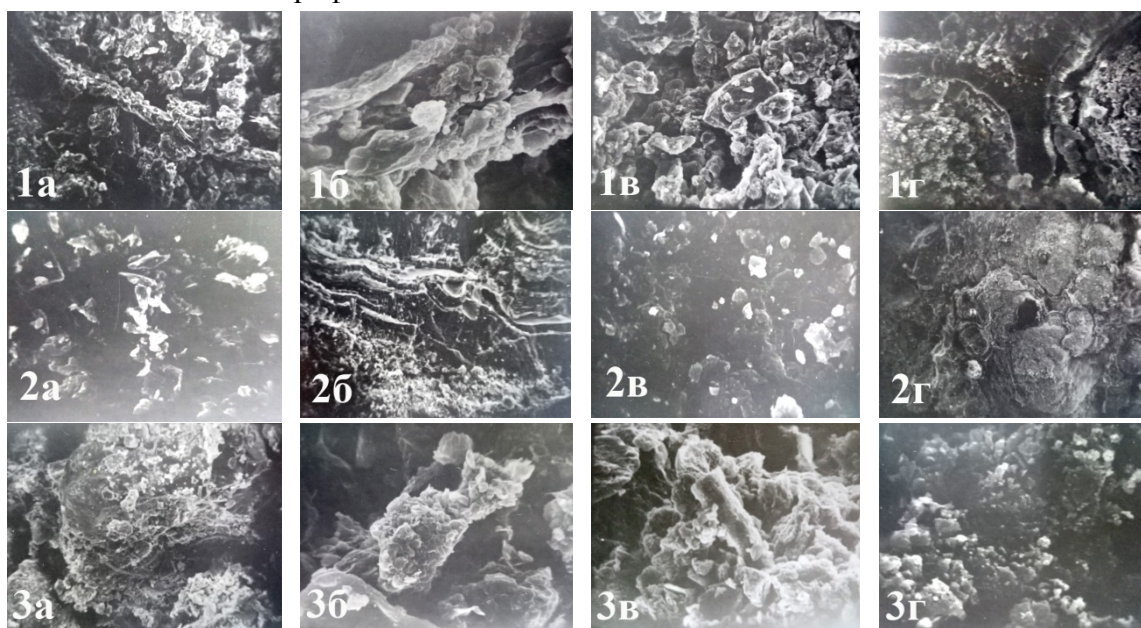


Рисунок 3. Микроморфология почв на фосфоритах (фото реплик с электронного микроскопа): **1.** Карболитозем перегнойный глинисто-иллювирующий остаточно-(фосфатно)-карбонатный (тундровая зона, 3-МБ): 1а – $AU_{сгм}$ – полуразложившийся корешок с адсорбированными минеральными частицами (увел. в 300 раз); 1б – $AU_{сгм}$ – то же (увел. в 3000 раз); 1в – $AU_{сгм}$ фосфоритный мелкозем с обломком кальцита в центре (увел. в 1000 раз); 1г – $CRca(q)$ – разновозрастные образования мелкокристаллического кальцита в полостях фосфорита столбчатой структуры (увел. в 1000 раз); **2.** Темно-серая метаморфическая элювирующая остаточно-карбонатная (лесная зона, 1-ОГ): 2а - $AUBM$ – сгусток смешано-слоистых глинистых минералов (~пироксен-амфиболового состава) без карбонатного цемента (увел. в 300 раз); 2б – $BCsa$ – слои конкреционных волокнисто-столбчатых разновозрастных натечков (увел. в 300 раз); 2в – $BCsa$ – адсорбированные частицы на слабовеветрелых обломках фосфоритов (увел. в 300 раз); 2г – Csa конкреционные образования, натечки мелкокристаллического кальцита круглой формы вокруг поры (увел. в 50 раз); **3.** Чернозем дисперсно-карбонатный (степная зона, 2-ОГ): 3а – $AUdc$ агрегированные и пористые педы с натечками глин (общий вид, увел. в 500 раз); 3б – $AUdc$ глино-гумусовый агрегат (увел. в 3000 раз); 3в – $AUdc$ – пористый фитолит злаков на фоне слоистых глинистых образований (увел. в 3000 раз); 3г – Csa – железистые аморфные пленки на фосфорите (увел. в 3000 раз)

Для всех исследованных типов почв вниз по профилю илистая фракция обогащается гидрослюдами и обедняется хлоритами наряду с некоторым уменьшением несиликатных форм железа. Это может быть обусловлено процессом трансформации гидрослюд во вторичные хлориты по мере выветривания остаточной силикатной матрицы и почвообразования.

Обогащенность пород легко выветриваемыми минералами, степень карбонатности, фосфатности, силикатности, структурные и текстурные особенности пород, качество и количество органических веществ обуславливают развитие в почвах Прихубсугулья процессов метаморфизма, лессивирования, элювиирования, окарбоначивания, гумусонакопления и их сочетания.

Степень аккумуляции химических элементов в отдельных звеньях ландшафтных каскадно-геохимических систем зависит от взаимного сочетания процессов гумусообразования, почвообразования, выветривания и особенностей

миграции химических элементов. Для почв, формирующихся на карбонатных породах, характерен наименьший отклик изменения химизма почвообразовательных процессов на изменение условий среды. Почвы, формирующиеся на силикатно-фосфатно-карбонатных породах Прихубсугулья, обладают значительно большей степенью сенсорности и рефлекторности и формируют большой спектр типов.

Качество геогенных условий, интенсивность и направленность ведущих (типодиагностирующих) элементарных процессов почвообразования на фосфоритных породах определяется следующим рядом свойств: соотношением фосфатной, карбонатной и силикатной матриц исходных фосфоритных пластов > остаточным содержанием глинистых минералов и органического вещества > плотностью сложения и степенью выветрелости и дисперсности субстрата > емкостью катионного обмена > рельефом поверхности > мезо- и микроклиматом > типом растительности.

Литература

1. Ильин Л.В. Хубсугульский фосфоритноносный бассейн // Труды совместной советско-монгольской научно-исследовательской геологической экспедиции, вып. 6. М.: «Наука», 1973. 167 с.
2. Кузнецов Г.А. Сульдин В.А. Геология и полезные ископаемые. Стратиграфия // Природные условия и ресурсы Прихубсугулья в МНР. М.: Недра, 1976. С. 46-53.
3. Яншин А.А., Жарков М.А. Фосфор и калий в природе. Новосибирск : Наука, 1986. 190 с.

THE COMPOSITION OF FINE FRACTIONS AND LITHOGEOCHEMICAL FEATURES OF PHOSPHOROUS SOILS OF THE PREKHOVSGOL REGION OF MONGOLIA

N.A. Martynova

Irkutsk State University, Irkutsk, Russia

Abstract. A comprehensive study of the geochemical features of finely dispersed soil fractions formed at the phosphorite outcrops of the Khovsgol phosphorite-bearing basin of the Baikal Rift zone (Mongolia) has been carried out. Weathering of phosphate-silicate-carbonate matrix of the lithogenic rocks of the deposit during decomposition and removal of the carbonate component, contributes to the residual accumulation of clay minerals of a hydrosiludic-chlorite-illite composition and silty organic matter. The finely dispersed fraction contributes to the formation and coagulation of carbonate-phosphorus-humus complexes that increase soil fertility.

Keywords: lithogenic basis of soils, phosphate soils, microformology, Baikal region, Tunkinskaya valley.

References

1. Ilyin L.V. Khubsugul phosphorite-bearing basin // Proceedings of the joint Soviet-Mongolian research geological expedition, vol. 6. M.: "Nauka", 1973. 167 p.
2. Kuznetsov G.A. Suldin V.A. Geology and minerals. Stratigraphy // Natural conditions and resources of the Khubsugul region in the Mongolian People's Republic. M.: Nedra, 1976. P. 46-52.
3. Yanshin A.A., Zharkov M.A. Phosphorus and potassium in nature. Novosibirsk: Nauka, 1986. 190 p.

УДК 631.4

НОВЫЕ ПОДХОДЫ В ИЗУЧЕНИИ КАЧЕСТВЕННОГО СОСТАВА ПОЧВЕННОГО ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА

А.И. Попов

ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский ГУ, Санкт-Петербург, Россия

e-mail: paihunic@gmail.com

Аннотация. Характеристика качественного состава почвенного органического вещества, должна проводиться на основе последовательного извлечения неводными растворами: фотосинтетических пигментов, меланинов, гликопротеиновых конъюгатов, битумоидов А и С, и протогуминовых веществ.

Ключевые слова: почвенное органическое вещество, протогуминовые вещества.

Введение. Содержание и качественный состав почвенного органического вещества (ПОВ) являются важными характеристиками для агроэкологической и кадастровой оценки почвенных и земельных ресурсов, а также при рациональном использовании земель сельскохозяйственного назначения. Общепринято [1, 3], что большую часть ПОВ (80–90%) составляют гуминовые вещества (ГВ), которые продолжают извлекать водными щелочными растворами. При этом все еще считается [5, 13], что ГВ, выделенные из ПОВ водными щелочными растворами, соответствуют таковым, присутствующих в природных объектах. Но так ли это? Цель публикации – охарактеризовать компонентный состав темноокрашенных органических соединений, извлекаемых из ПОВ щелочными растворами, и обосновать новые подходы оценки качественного состава органической составляющей почв.

Анализ проблемы. В начале 20-го века О. Шрейнером и Э. Шори [15] в составе органических соединений (гумусовых кислот), извлекаемых из ПОВ щелочными водными растворами, были выделены и идентифицированы только индивидуальные органические соединения. Так, в группе гумусовых кислот, агрегативно устойчивых в кислотной среде и традиционно называемых фульвокислотами (ФК), присутствовали: пентозаны, ксантин (пуриновое основание), гипоксантин (производное пурина), цитозин (производное пиримидина), гистидин и аргинин, а также диоксистеариновая и пиколин-карбоновая кислоты. В свою очередь, в группе гумусовых кислот, теряющих свою агрегативную устойчивость при подкислении и традиционно называемых гуминовыми кислотами (ГК), были выявлены смоляные кислоты, эфиры смоляных кислот, глицериды жирных кислот, парафиновая, лигноцереновая и агроцереновая кислоты, а также агростерин и фитостерин.

Первую треть 20-го столетия, считалось [2], что ГВ, выделяемые водными щелочными растворами, создаются в ходе извлечения из какого-либо органического материала, присутствующего в почве. Позднее, благодаря усилиям

И.В. Тюрина [6], исследователи вернулись к прежним представлениям о качественном составе ПОВ (гумуса): ГК, ФК, гумин (негидролизуемый остаток). Тем не менее, почвоведрами-биохимиками при использовании различных методов химического анализа органических соединений, в составе ГВ были выделены и идентифицированы различные индивидуальные органические соединения [1, 4, 7, 8, 16]: 1) арены – ароматические углеводороды, содержащие одно или несколько бензольных колец, чаще всего производные лигнина; 2) поли-, олиго- и моносахариды, а также аминсахара; 3) белки, пептиды и аминокислоты; 4) пуриновые и пиримидиновые основания; 5) липиды, длинноцепочечные алкильные составляющие.

Кроме того, как было установлено химиками-технологами [14], вследствие щелочного воздействия на такие природные органические соединения, как: лигнин, полисахариды и разные экстрактивные вещества, в жидкую водную фазу переходят олигомеры лигнина и сахаридов, образуя тёмноокрашенный коллоидный раствор, так называемый черный щёлок. Как было экспериментально показано [17], в результате щелочного гидролиза органического материала, содержащего белки, углеводы, липиды, нуклеиновые кислоты и др., водный раствор приобретает кофейный цвет и содержит молекулы небольших пептидов и аминокислот, олиго- и моносахаров, а также мыла — натриевые или калиевые соли высших карбоновых кислот.

Иначе говоря, характеристика качественного состава ПОВ, основанная на использовании водных щелочных растворов, не корректна. Поскольку водные щелочные растворы не обладают селективностью в отношении ГВ и способны переводить в жидкую фазу как гуминовые, так и негуминовые вещества [11], причем последние чаще всего в измененном виде.

Для того, чтобы подобрать более-менее корректную схему характеристики ПОВ, необходимо знать из каких групп органических соединений оно состоит. С позиции химии природных органических соединений, в состав ПОВ входят [1, 3, 5, 9, 10, 18]: 1) грубодисперсный органический материал, нерастворимый в воде и органических растворителях (лигнин, полисахариды, белки и прочие); 2) водорастворимые низкомолекулярные органические соединения (моно- и олигосахариды, фенолы, карбоновые кислоты, пептиды, аминокислоты и прочие); 3) липофильные органические соединения, переходящие в 90% раствор диметилкетона, в этанол, в этанол-бензольную смесь, в метилтрихорид (фотосинтетические пигменты, жиры, воски, смолы и прочие); 4) амфифильные органические соединения (меланины, гликопротеиновые конъюгаты (гломалины ми – термолабильные белки) и, возможно, другие соединения); 5) гидрофобные алкалофильные органические соединения гуминовой природы (протогуминовые вещества).

В свое время, для эффективного извлечения ГВ из ПОВ Ф.Дж. Стивенсон (цит. по [16]) предложил четыре требования: 1) постоянство свойств извлекаемых веществ; 2) отсутствие в извлеченном веществе примесных неорганических

соединений; 3) полнота извлечения; 4) универсальность и применимость к различным природным телам. В связи с этим характеристика качественного состава ПОВ, основанная на использовании водных щелочных растворов, не корректна. По нашему мнению, единственным правильным решением для изучения качественного состава ПОВ является такой подход, который позволил бы последовательно выделять определенные группы органических соединений с помощью неводных растворов во избежание нежелательных гидролитических и окислительных процессов.

Порядок последовательного извлечения из ПОВ определенных групп органических соединений нам представляется следующим: 1) с помощью 90% раствора диметилкетона (ацетона) извлекаются фотосинтетические пигменты — хлорофиллы и каротиноиды; 2) смесью, содержащей 90% раствор диметилкетона и ортофосфорную кислоту (20 мл H_3PO_4 на 1 л 90% раствора диметилкетона), в жидкую фазу переводятся меланиновые вещества предположительно флавоноидной природы и гликопротеиновые конъюгаты (термолабильные белки), последние в водном растворе теряют свою агрегативную устойчивость при $pH \sim 7,0$; 3) с помощью метилтрихорида (хлороформа) извлекаются битумоиды А, а центрифугированием отделяются полуразложившиеся и неразложившиеся посмертные остатки и твердые экскреты растений и почвенной биоты; 4) остаток обрабатывается 10% водным раствором HCl (для разложения углекислых солей и замещения катионов металлов на ионы водорода в кислотных функциональных группах), отмывается от хлорид-ионов дистиллированной водой и подсушивается; 5) затем посредством этанольно-бензольной смеси (этанол:бензол = 1:2) выделяются битумоиды С; 6) после чего, водным щелочным раствором извлекаются протогуминовые (собственно гуминовые) вещества; 7) в остатке может содержаться кероген.

На основе собственных предварительных экспериментов можно констатировать, что ПОВ разных климатических зон состоит из протогуминовых веществ (40–50% от величины потерь при прокаливании – ППП), гликопротеиновых конъюгатов (20–30% от ППП), меланинов, предположительно флавоноидной природы (6–10% от ППП), битумоидов А (3–5% от ППП), битумоидов С (4–5% от ППП), а также фотосинтетических пигментов (хлорофиллов *a*, *b* и $c_1 + c_2$, феофетинов и каротиноидов). При этом протогуминовые вещества, извлеченные из миграционно-мицелярного чернозёма, были в 2–3 раза более темными по сравнению с таковыми, выделенными из других типов почв.

Выводы. Гуминовые вещества, извлекаемые из органического вещества почв, торфов, сапропелей, компостов и т.д. щелочными водными растворами, являются по сути черным щелоком, состоящим из разнообразных органических соединений, которые искусственно образуются в результате щелочного гидролиза и ресинтеза.

Органическое вещество почв состоит из: грубодисперсного органического материала, липофильных, амфифильных, гидрофобных алкалофильных, а также водорастворимых низкомолекулярных органических соединений.

Характеристика компонентного состава органического вещества природных объектов должна проводиться на основе последовательного извлечения различных групп органических веществ.

Литература

1. Александрова Л.Н. Органическое вещество почвы и процессы его трансформации. Л.: Наука, 1980. 287 с.
2. Глинка К.Д. Почвоведение. 5-е изд-е. М.-Л.: Гос. изд-во сельскохозяйственной и колхозно-кооперативной лит-ры, 1932. 602 с.
3. Кононова М.М. Органическое вещество почвы, его природа, свойства и методы изучения. М.: Изд-во АН СССР, 1963. 314 с.
4. Орлов Д.С. Теоретические и прикладные проблемы химии гумусовых веществ // Итоги науки и техники / Почвоведение и агрохимия. М., 1979. Вып. 10. С. 58–132.
5. Семёнов В.М., Когут Б.М. Почвенное органическое вещество. М.: ГЕОС, 2015. 233 с.
6. Тюрин И.В. Органическое вещество почв и его роль в почвообразовании и плодородии. Учение о почвенном гумусе. М.-Л.: Сельхозгиз, Гос. изд-во колхозной и совхозной лит-ры, 1937. 320 с.
7. Beyer L. The chemical composition of soil organic matter in classical humic compound fractions and in bulk samples—a review // *Z. Pflanzenernähr. Bodenk.* 1996. Bd. 159. P. 527–539.
8. Flaig W. Generation of Model Chemical Precursors // *Humic Substances and Their Role in the Environment* / S. Bernhard. Dahlem Konferenzen / Eds.: F.H. Frimmel and R.F. Christman. John Wiley & Sons Limited, 1988. P. 75–92.
9. Flaig W. Organic compounds in soil // *Soil Science*. 1971. V. 111. No. 1. P. 19–33.
10. Hoyt P. Fate of chlorophyll in soil // *Soil Science*. 1971. V. 111. No. 1. P. 49–53.
11. Kleber M., Lehmann J. Humic Substances Extracted by Alkali Are Invalid Proxies for the Dynamics and Functions of Organic Matter in Terrestrial and Aquatic Ecosystems // *Journal of Environmental Quality* 2019. V. 48. Iss. 2. P. 207–216.
12. Lowe L.E. Carbohydrates in soil // *Soil Organic Matter* / Eds.: M. Schnitzer and S. U. Kahn. Amsterdam, Oxford, New York: Elsevier, 1978. P. 65–93.
13. Olk D.C., Bloom P.R., Perdue E.M. et al. Environmental and Agricultural Relevance of Humic Fractions Extracted by Alkali from Soils and Natural Waters // *Journal of Environmental Quality* 2019. V. 48. Iss. 2. P. 217–232.
14. Oriez V., Peydecastaing J., Pontalier P.-Y. Lignocellulosic Biomass Mild Alkaline Fractionation and Resulting Extract Purification Processes: Conditions, Yields, and Purities // *Clean Technologies and Environmental Policy*. Springer Verlag. 2020. V. 2. Iss. 1. P. 91–115.
15. Schreiner O., Shorey E.C. Chemical nature of soil organic matter // *Bulletin of the Bureau of Soils* / U.S. Department of Agriculture. V. 74. Washington: Government Printing Office, 1910. 48 p.
16. Swift R.S. Organic Matter Characterization // Part 3. *Methods of Soil Analysis: Chemical Methods* / Eds.: D.L. Sparks, A.L. Page, P.A. Helmke et al. / Book Series no. 5. Madison, WI: Soil Science Society of America and American Society Agronomy, 1996. P. 1011–1020.
17. Thacker H.L. Chapter 6: Alkaline hydrolysis // *Carcass disposal: a comprehensive review*. Kansas: National Agricultural Biosecurity Center Consortium USDA APHIS Cooperative Agreement Project Carcass Disposal Working Group, National Agricultural Biosecurity Center, Kansas State University, 2004. 12 p.
18. Wright S.F., Upadhyaya A. A survey of soils for aggregate stability and glomalin, a glycoprotein produced by hyphae of arbuscular mycorrhizal fungi // *Plant and soil*. 1998. V. 198. No. 1. P. 97–107.

NEW APPROACHES IN STUDYING THE QUALITATIVE COMPOSITION OF SOIL ORGANIC MATTER

A.I. Popov

St. Petersburg State University, St. Petersburg, Russia

Abstract. Characterization of qualitative composition of soil organic matter should be carried out on the basis of sequential extraction with non-aqueous solutions of photosynthetic pigments, melanins, glycoprotein conjugates, bitumoids A and C, and protohumic substances.

Keywords: soil organic matter, protohumic substances.

Referens

1. Aleksandrova L.N. Soil organic matter and processes of its transformation. Leningrad: Nauka, 1980. 287 p.
2. Glinka K.D. Soil Science. 5th ed. Moscow-Leningrad: State Publishing House of Agricultural and Kolkhoz-Cooperative Literature, 1932. 602 p.
3. Kononova M.M. Soil organic matter, its nature, properties, and methods of study. Moscow: Publishing house of the USSR Academy of Sciences, 1963. 314 p.
4. Orlov D.S. Theoretical and applied problems of humus substances chemistry. // Results of science and technology / Soil science and agrochemistry. Moscow, 1979. Iss. 10. P. 58–132.
5. Semenov V.M., Kogut B.M. Soil organic matter. Moscow: GEOS, 2015. 233 p.
6. Tyurin I.V. Soil organic matter and its role in soil formation and fertility. The doctrine of soil humus. Moscow-Leningrad: Selkhozgiz, State publishing house of collective and state farm literature, 1937. 320 p.
7. Beyer L. The chemical composition of soil organic matter in classical humic compound fractions and in bulk samples a review // Z. Pflanzenernähr. Bodenk. 1996. Bd. 159. P. 527–539.
8. Flaig W. Generation of Model Chemical Precursors // Humic Substances and Their Role in the Environment / S. Bernhard. Dahlem Konferenzen / Eds.: F.H. Frimmel and R.F. Christman. John Wiley & Sons Limited, 1988. P. 75–92.
9. Flaig W. Organic compounds in soil // Soil Science. 1971. V. 111. No. 1. P. 19–33.
10. Hoyt P. Fate of chlorophyll in soil // Soil Science. 1971. V. 111. No. 1. P. 49–53.
11. Kleber M., Lehmann J. Humic Substances Extracted by Alkali Are Invalid Proxies for the Dynamics and Functions of Organic Matter in Terrestrial and Aquatic Ecosystems // Journal of Environmental Quality 2019. V. 48. Iss. 2. P. 207–216.
12. Lowe L.E. Carbohydrates in soil // Soil Organic Matter / Eds.: M. Schnitzer and S. U. Kahn. Amsterdam, Oxford, New York: Elsevier, 1978. P. 65–93.
13. Olk D.C., Bloom P.R., Perdue E.M. et al. Environmental and Agricultural Relevance of Humic Fractions Extracted by Alkali from Soils and Natural Waters // Journal of Environmental Quality 2019. V. 48. Iss. 2. P. 217–232.
14. Oriez V., Peydecastaing J., Pontalier P.-Y. Lignocellulosic Biomass Mild Alkaline Fractionation and Resulting Extract Purification Processes: Conditions, Yields, and Purities // Clean Technologies and Environmental Policy. Springer Verlag. 2020. V. 2. Iss. 1. P. 91–115.
15. Schreiner O., Shorey E.C. Chemical nature of soil organic matter // Bulletin of the Bureau of Soils / U.S. Department of Agriculture. V. 74. Washington: Government Printing Office, 1910. 48 p.
16. Swift R.S. Organic Matter Characterization // Part 3. Methods of Soil Analysis: Chemical Methods / Eds.: D.L. Sparks, A.L. Page, P.A. Helmke et al. / Book Series no. 5. Madison, WI: Soil Science Society of America and American Society Agronomy, 1996. P. 1011–1020.
17. Thacker H.L. Chapter 6: Alkaline hydrolysis // Carcass disposal: a comprehensive review. Kansas: National Agricultural Biosecurity Center Consortium USDA APHIS Cooperative Agreement Project Carcass Disposal Working Group, National Agricultural Biosecurity Center, Kansas State University, 2004. 12 p.
18. Wright S.F., Upadhyaya A. A survey of soils for aggregate stability and glomalin, a glycoprotein produced by hyphae of arbuscular mycorrhizal fungi // Plant and soil. 1998. V. 198. No. 1. P. 97–107.

ДЕРНОВО-КАРБОНАТНЫЕ ПОЧВЫ

НА ЭЛЮВИИ ПЕРМСКИХ ПЕСЧАНИКОВ ВЯТСКОГО ПРИКАМЬЯ

А.М. Прокашев, И.А. Варган, А.С. Матушкин, И.Л. Бородатый, С.А. Пупышева,
В.И. Краева

ФГБОУ ВО, Вятский ГУ, Киров, Россия

e-mail: amprokashev@gmail.com

Аннотация. Изложены материалы исследований интразональных почв Вятско-Ветлужской низменности, сформированных на песчаниковых останцах древнего рельефа. В составе катены установлено наличие рендзин и дерново-карбонатных почв, изученных с применением профильных, гранулометрических, валовых химических, физико-химических и других методов.

Ключевые слова: рендзины, дерново-псаммокарбонатные почвы, субстантивные свойства.

Дерново-карбонатные почвы и рендзины впервые были выделены Н.М. Сибирцевым в 1885 г. и отнесены к особой – интразональной – группе, обязанной своим генезисом и широкой географией породам, богатым углекислой известью – известнякам, мергелям и т.п. [4]. Последние благоприятствуют дерновому процессу в почвах различных и, особенно, гумидных лесных ландшафтов, обеспечивая большее плодородие по сравнению с зональными типами почв. Учёным подчеркивалось наличие для них таких характерных свойств, как близкая к нейтральной реакция и тяжёлый гранулометрический состав. Эти признаки в дальнейшем получили подтверждение в ходе почвенных изысканий во многих регионах нашей страны и зарубежных стран. Аналогичные данные были представлены В.В. Тюлиным в пионерной публикации, посвященной данному типу почв в Вятском крае [5]. Позднее одним из соавторов данного материала была впервые выявлена и изучена уникальная дерново-карбонатная почва со вторым (реликтовым) гумусовым горизонтом на пермских карбонатных глинах Мари-Турекского плато [6]. Упоминание о наличии ареалов дерново-карбонатных почв на породах более легкого состава – легкосуглинистых, реже супесчаных – имеется в работе Л.А. Протасовой о почвах Пермского Предуралья [2].

Из сказанного следует: 1) факт почти полного отсутствия работ о дерново-карбонатных почвах на песчано-супесчаных отложениях; 2) доминирование взглядов о малой вероятности формирования такого рода педообъектов на легких породах; 3) недостаточный уровень изученности почв данного типа на территории Кировской области. Этим определяется актуальность настоящей публикации.

Объектом исследования служили дерново-карбонатные почвы легкого – песчаного – состава, выявленные авторами в междуречье бассейнов Вятки, Верхней Ветлуги и Моломы. Рельеф представлен низменной равниной со спокойными холмисто-мягкоувалистыми формами с преобладанием абсолютных

высот 140–150 м и относительных – 30–40 м (рис.). Поверхностный чехол осадочных пород низменности неоднороден по возрасту и составу ввиду нахождения в пределах палеоледниковой провинции. Здесь имеет место чередование древних – пермских – и молодых – четвертичных – отложений [1]. К первым относятся останцы элювиально-делювиальных образований возрастом 250 млн. лет; ко вторым – ареалы моренных суглинистых и/или водноледниковых песчаных наносов днепровского времени (210–170 тыс. л. н.). Последние чаще тяготеют к более низким гипсометрическим уровням междуречных пространств. Наиболее прочные останцы древнего рельефа палеоэлювиального генезиса в четвертичное время подвергались в той или иной степени моделировке ледником и его тальными водами, стекающими с Северных Увалов. Этим создало условия для их избирательного сохранения в виде песчано-гравийных холмов, по местному именуемых пугами.

Рассматриваемые почвы обнаружены на одной из пуг в ур. Мысы Котельничского района [2]. Холм караваяобразной формы высотой около 146 м над у. м., относительной высотой 10 м и шириной в основании около 220–300 м сложен блочно-плитчатым карбонатным песчаником, чередующимся со слоями песков и, местами, известняковых прослоек малой мощности или с тонкими слабооглиненными микрослойками. С северной стороны он подвергался избирательным карьерным работам для добычи песка. С южной и западной сторон холм покрыт луговой растительностью, а с северной и восточной – вторичными лесами с участием березы, сосны, а также ели, находящихся на разных стадиях демутации возрастом до 20–25 лет. Соседние сниженные пространства в недавнем прошлом были заняты агроландшафтами, преимущественно на дерново-подзолах, а ныне залужены и также постепенно зарастают лесом.

Рассматриваемые почвы изучены полевым профильным методом в сочетании с лабораторными анализами гранулометрического (по Качинскому), валового химического состава (RFA) и других общепринятых физико- и агрохимических методов исследования. Результаты исследований излагаются далее.

Разрез М-2 рендзины малогумусной песчаной на элювии песчаника карбонатного заложен в июне 2022 г. на склоне холма западной экспозиции с углом наклона около 10^0 , покрытом злаково-разнотравным лугом ксероморфного облика с обилием ромашки и кошачьей лапки; средняя высота травостоя – 25 см, проективное покрытие – 50%; увлажнение атмосферное, умеренное, временно недостаточное.

Строение профиля:

A_{Yca} (0–24 см): влажноватый, серо-коричневый, местами с сиреневым оттенком, песчаный с частыми включениями беловато-сероватых фрагментов карбонатного песчаника, непрочно-мелкокомковатый, близкий к бесструктурному, плотный из-за включений карбонатного песчаника, реагирует с 10% HCl, локально

наблюдаются субгоризонтальные сиреневатые налёты гидроксидов Mn, корней много, переход ясный, волнистый, близкий к постепенному.

A_YRca (24–35 см): влажный, коричневый с сиреневым оттенком и сероватыми пятнами, песчаный с обильными, скоплениями щебня, препятствующими углублению шурфа, энергично реагирует с 10% HCl, корни редкие, переход в более глубокие толщи не возможен из-за залегания плотного слоя карбонатного песчаника.

Разрез М-3 дерново-карбонатной оподзоленной малогумусной песчаной почвы на элювии песчаника карбонатного заложен на слабовыпуклой вершине данного холма, в 40 м восточнее разр. М-2, под злаково-разнотравным лугом средней высотой 30 см с обилием мятлика, лютика, подмаренника мягкого, вероники дубравной с проективным покрытием 75%.

Строение профиля:

О (0–1 см): сырой, желтовато-сероватый, рыхлый слаборазложившийся опад преимущественно из стеблей трав, переход ровный, близкий к резкому.

A_Y (1–25 см): влажный, серо-коричневый, песчаный, зернисто-мелкокомковатый, уплотненный, корней много по всему горизонту, переход ясный, волнистый.

BE (25–40 см): влажный, рыжевато-бурый, песчаный, бесструктурный, плотный, слабо заметна присыпка скелетаны, корней мало, переход ясный, волнистый.

B (40–45 см): влажный, вишнево-коричневый, песчаный, бесструктурно-рассыпчатый, уплотнённый, с налётами MnO₂*nH₂O, корней мало, переход ясный, близкий к резкому.

BCca (45–50 см): сырой, тёмно-коричневый с вишневым оттенком, песчаный, с обилием щебня, препятствующего копанию шурфа, плотный, с налётами гидроксидов Mn, энергично реагирует с 10% HCl, корни единичны.

К числу характерных особенностей морфологии профилей рассматриваемых разрезов относятся: а) литогенная неоднородность; б) легкий гранулометрический состав; в) присутствие щебнистой фракции; г) наличие новообразований вишнево-сиреневых налетов MnO*nH₂O; д) быстрый переход в слои из плотного карбонатного песчаника, подстилаемого в отдельных случаях его бескарбонатными вариантами; е) увеличение глубины выщелачивания кальцита на уплощенной вершине холма.

Гранулометрический состав почв тесно связан с генезисом материнской породы (табл. 1). Основная доля приходится на песчаные фракции механических элементов: количество физической глины во всех горизонтах менее 10%. Очевидно влияние особенностей литологии исходной породы на вертикальную неоднородность профиля.

Валовой химический состав почв коррелирует с гранулометрическим, также подчеркивая весомый вклад литогенного фактора в формирование вертикальной дифференциации почв (табл. 2). Среди макроэлементов преобладают оксиды Si, косвенно указывая на доминирование в песчаном материале кварца и, вероятно, калиево-натровых полевых шпатов. Однако

содержание SiO₂ несколько занижено в связи с особенностями методики RFA. С другой стороны, обращает внимание повышенное количество полутонких оксидов, по-видимому, также обусловленное спецификой метода анализа.

Таблица 1

Гранулометрический состав дерново-карбонатных почв
на элювии песчаника ур. Мысы

Горизонт: глубина, см	ГВ, %	Размер фракций в мм, в расчёте на сухую почву							
		1–0,25	0,25– 0,05	0,05– 0,01	0,01– 0,005	0,005– 0,001	0,001	<0,01	
Разрез М-2: Рендзина малогумусная песчаная на элювии песчаника карбонатного									
АУса: 1–10	1,03	44,8	21,4	28,0	2,6	2,8	0,4	5,8	
АУса: 12–22	1,04	59,5	30,1	5,5	2,7	0,4	1,7	4,8	
АУRca: 24–34	1,03	61,4	32,4	2,2	2,1	1,0	1,0	4,1	
Разрез М-3: Дерново-карбонатная оподзоленная малогумусная песчаная почва на элювии песчаника карбонатного									
АУ: 1–25	1,06	58,5	25,2	6,9	5,1	3,0	1,3	9,4	
ВЕ: 24–40	1,05	100,0	0	0	0	0	0	0	
В: 40–45	1,04	73,9	17,3	5,2	2,0	0,6	1,1	3,7	
ВСса: 45–50	1,04	59,7	30,5	1,8	1,5	0,2	6,4	8,1	

Высокое содержание Са и, особенно, Мп связано с наличием известкового цемента – геохимического барьера для второго из элементов. Обилием карбонатов определяется щелочная среда, наиболее ярко выраженная в почве разреза М-2 и в низах разреза М-3. Обе почвы малогумусные ввиду легкого гранулометрического состава и, по-видимому, повышенного содержания оксидов Мп (табл. 2).

Таблица 2

Валовой химический состав дерново-карбонатных почв
на элювии песчаника ур. Мысы

Горизонт: глубина, см	% от прокаленной почвы										рН КCl	Гумус , %
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	Na ₂ O	K ₂ O	TiO ₂	MnO			
Разрез М-2: Рендзина малогумусная песчаная на элювии песчаника карбонатного												
АУса: 1–10	70,8	12,0	6,0	4,8	1,8	1,8	1,4	0,7	0,68	7,6	1,58	
АУса: 12–22	75,0	11,1	5,9	1,7	1,8	1,8	1,3	0,6	0,78	7,5	0,43	
АУRca: 24–34	71,6	10,4	5,9	6,8	1,7	1,4	1,2	0,5	0,72	7,7	0,12	
Разрез М-3: Дерново-карбонатная оподзоленная малогумусная песчаная почва на элювии песчаника карбонатного												
О: 0–1	69,9	7,2	4,4	11,8	2,0	0,1	3,9	0,4	0,50	5,6	83,7*	
АУ: 1–25	75,6	11,4	5,4	1,4	1,4	1,3	1,6	0,7	0,62	6,9	1,55	
ВЕ: 24–40	73,5	13,0	6,6	1,2	1,8	1,2	1,5	0,7	0,48	7,1	0,26	
В: 40–45	75,7	11,2	6,0	1,4	1,7	1,5	1,3	0,6	0,70	7,1	0,07	
ВСса: 45–50	62,2	10,9	4,7	16,3	2,0	1,6	1,2	0,5	0,54	7,8	0,10	

* – потеря при прокаливании

Таким образом, авторами впервые показано наличие в составе почвенного покрова вятской земли специфических почв дерново-карбонатного типа, принадлежащих к особому разряду – на легких почвообразующих субстратах – элювии пермских карбонатных песчаников. Их сохранность в пределах пугового холма обусловлена прочностью кальцитового цемента. Поэтому ныне они возвышаются в виде останцов среди низинных пространств Вятского Поветлужья.

Однако по мере декарбонизации их ожидает эволюция по известной схеме: рендзины → дерново-карбонатные типичные → дерново-карбонатные выщелоченные → дерново-карбонатные оподзоленные → дерново-подзолы остаточного карбонатного → дерново-подзолы обычные, иллювиально-железистые и т. п. Подобный путь деградации дерново-карбонатных почв на легких породах вероятно будет протекать более высокими темпами по сравнению с почвами на продуктах выветривания тяжелых известково-глинистых пород. Вместе с тем, в настоящее время исследуемые педообъекты представляют собой раритеты, сформированные на материнских породах, необычных для данного типа почвообразования. Предлагается выделить их в качестве самостоятельного – дерново-псаммокарбонатного – типа почв.

Литература

1. Отчет по геологическому доизучению, геологической, гидрогеологической, инженерно-геологической съемкам листа О-39 – XIII (Котельнич). Масштаб 1:200000 (Горьковская ГРП 1976–1979 гг.). Т. 1. Кн.1. Дзержинск, 1979. 318 с.
2. Прокашев А.М., Вартан И.А., Матушкин А.С., Краева В.И., Зашихин А.А. Дерново-карбонатные почвы на элювии песчаника – раритеты в мире вятских почв // Экология родного края: проблемы и пути их решения: материалы XVIII Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. Книга 2 (г. Киров, 24–25 апреля 2023 г.). Киров : Вятский государственный университет, 2023. С. 10-15.
3. Протасова Л.А. Генетическая характеристика и диагностика дерново-бурых и дерново-карбонатных почв Пермского края: монография. Пермь: ФГОУ ВПО «Пермская ГСХА», 2008. 157с.
4. Сибирцев Н.М. Избранные сочинения // Почвоведение. Т. 1. М.: Изд-во сельскохозяйственной литературы, 1951. 471 с.
5. Тюлин В.В. Почвенный покров и природные условия Кировской области // В кн. Агрехимическая характеристика почв СССР. Центральные области Нечерноземной зоны РСФСР. М. Из-во «Наука», 1972. С. 157-232.
6. Prokashev A.M. Humus Pedorelikts in soddy calcareous soils of the Vyatka-Kama interfluve // Eurasian Soil Science. 2012. V. 45. № 11. P. 1013-1022.

SOD-CARBONATE SOILS ON THE ELUVIA OF PERMIAN SANDSTONES VYATKA PRIKAMYE

A.M. Prokashev, I.A. Vartan, A.S. Matushkin, I.L. Borodaty, S.A. Pupysheva, V.I. Kraeva
Vyatka State University, Kirov, Russia

Abstract. The research materials of the intrazonal soils of the Vyatka-Vetluzhskaya lowland formed on the sandstone remnants of the ancient relief are presented. The catena contains the presence of rendzin and sod-carbonate soils studied using profile, granulometric, chemical, physico-chemical and other methods.

Keywords: *rendzins, sod-carbonate soils, substantive properties.*

References

1. Report on geological survey, geological, hydrogeological, engineering and geological surveys of sheet O-39 – XIII (Kotelnich). Scale 1:200000 (Gorky hydraulic fracturing 1976-1979). Vol. 1. Book 1. Dzerzhinsk, 1979. 318 p.
2. Prokashev A.M., Vartan I.A., Matushkin A.S., Kraeva V.I., Zashikhin A.A. Sod-carbonate soils on sandstone eluvia – rarities in the world of Vyatka soils // Ecology of the native land: problems and ways to solve them: materials of the XVIII All-Russian Scientific and Practical Conference with international participation. Book 2 (Kirov, April 24-25, 2023). Kirov: Vyatka State University, 2023. P. 10-15.

3. Protasova L.A. Genetic characteristics and diagnostics of sod-brown and sod-carbonate soils of Perm Krai: monograph. Perm: FGOU VPO "Perm State Agricultural Academy", 2008. 157 p.
4. Sibirtsev N.M. Selected works // Soil science. Vol. 1. M.: Publishing House of Agricultural Literature, 1951. 471 p.
5. Tyulin V.V. Soil cover and natural conditions of the Kirov region // In the book. Agrochemical characteristics of soils of the USSR. Central regions of the Non-Chernozem zone of the RSFSR. M. Iz-vo "Nauka", 1972. P. 157-232.
6. Prokashev A.M. Humus Pedorelikts in soddy calcareous soils of the Vyatka-Kama interfluve // Eurasian Soil Science. 2012. V. 45. № 11. P. 1013-1022.

УДК 631.4

СЕРЫЕ ПОЧВЫ – ИНДИКАТОРЫ МИГРАЦИИ

ЛАНДШАФТНЫХ РУБЕЖЕЙ ВЯТСКОГО ПРИКАМЬЯ В ГОЛОЦЕНЕ

А.М. Прокашев^{1,2}, А.М. Матушкин¹, С.А. Пупышева¹, И.А. Варган¹,
Е.С. Соболева¹, Д.В. Казаков¹

¹ ФГБОУ ВО, Вятский ГУ, Киров, Россия

² ФГБОУ ВО Вятский ГАТУ, Киров, Россия

e-mail: amprokashev@gmail.com

Аннотация. Изложены результаты изучения генезиса серых почв со вторым гумусовым горизонтом (ВГГ) широколиственно-хвойных лесов. На основании анализа минеральной, органической части и актуальных свойств обоснована реликтовая природа гумуса почв и время их формирования в атлантический этап голоцена с тенденцией деградационной эволюции, начиная со второй половины голоцена до современности.

Ключевые слова: почвы-реликты, субстантивные свойства, возраст гумуса.

Исследования и дискуссии по проблеме генезиса серых почв имеют длительную историю. Они связаны с именами отечественных ученых: В.В. Докучаева, С.И. Коржинского, Г.И. Танфильева, В.И. Талиева, П.Н. Крылова, В.Р. Вильямса, И.В. Тюрина и целого ряда др. [1, 2, 5]. Одной из причин дискуссий, по-видимому, явилось экотонное положение ареалов серых почв на стыке лесного и степного биомов. В.В. Докучаев [3] признавал их адекватными лесостепным условиям, С.И. Коржинский [4] и Г.И. Танфильев [6] связывали генезис данных почв с деградацией черноземов или черноземовидных почв. Причину деградации они видели в наступлении леса на степь, или в подкисляющем влиянии лесной растительности. И.В. Тюрин [7] рассматривал серые почвы в качестве продукта эволюции дерново-глеевых почв при усилении степени дренирования территории. В то же время В.И. Талиев и другие, напротив, считали их результатом проградации подзолистых почв [2].

Объектами настоящего изучения являлись серые почвы рода с ВГГ или AEL[hh] Вятского Прикамья (ВП), а предметом исследований – морфология, минеральная, органическая часть, состав поглощающего комплекса, агрохимические свойства, генезис и эволюция почв. Почвы проанализированы с

привлечением комплекса традиционных методов, включая фракционно-групповой состав гумуса по Кононовой и Бельчиковой и ¹⁴C-датирование. Результаты исследований представлены ниже.

Серые почвы ВП формируются под смешанными (липовые и орешниковые рамени), вторичными (берёзовыми и хвойно-мелколиственными) лесами и агроценозами на покровных суглинках, а также элювии пермских глин или выщелоченных дериватах глинистых мергелей при КУ по Иванову – 0,95 и периодически промывном водном режиме.

Морфология профиля представлена на примере верхней толщи профиля одного из типичных разрезов агросерых почв ВП.

Разрез У-27 агросерой глинистой почвы на покровном карбонатном суглинке заложен на территории Уржумского плато. Рельеф – верхняя, близкая к платообразной поверхность Байсинско-Буйского междуречья. Увлажнение атмосферное, достаточное.

Гор. РУ (0–30 см): влажный, коричневато-серый, глинистый, ореховато-комковатый, с признаками пылеватой, рыхлый, корней много, переход ясный, волнистый, заметный по изменению окраски и структуры.

Гор. АЕL[hh] (30–52 см): влажноватый, углисто-серый, со сталистым оттенком, глинистый, зернисто-плитчатый, уплотненный, слабая белесая присыпка скелетаны на поверхности агрегатов, корней мало, переход ясный, волнистый, местами языковатый – до глубины 55 см.

Гор. ВЕL (52–62 см): влажноватый, белесовато-буроватый, зернисто-ореховатый, с признаками плитовидности, плотный, на поверхности агрегатов осветленная скелетана, особенно заметная по порам и корневым ходам (в форме сетчатых прожилок), корни редкие, переход ясный, волнисто-языковатый.

Гор. ВТ1 (62–83 см): влажный, бурый, в верхней части со слабым белесоватым оттенком, глинистый, зернисто-ореховатый, плотный, тонкопористый, на поверхности агрегатов слабая присыпка скелетаны, корни редкие, переход постепенный, заметный по исчезновению скелетаны.

Гранулометрический состав разреза У-27 (табл. 1) свидетельствует доминировании в составе минеральной матрицы крупной пыли и ила, что типично для почв на покровных суглинках. Расчёты свидетельствует о существенном элювиально-иллювиальном перераспределении ила и его ведущей роли в дифференциации профиля. Коэффициент глинистой дифференциации профиля (S) с учетом объемной массы равен 2,43, т.е. соответствует сильной степени контрастности.

Таблица 1

Гранулометрический состав серой почвы Вятского Прикамья (разр. У-27)

Горизонт, глубина образца, см	ОМ, г/см ³	Содержание фракций в мм, %							Накопление ила (±), %
		1–0,25	0,25–0,05	0,05–0,01	0,01–0,005	0,005–0,001	<0,001	<0,01	
РУ 0–30	1,44	0,1	11	43	10	15	21	46	–41
АЕL[hh] 30–35	1,54	0,2	3	46	16	16	19	50	–47
АЕL[hh] 40–50	1,54	0,2	9	44	12	18	17	47	–54
ВЕL 52–62	1,56	0,1	11	42	9	12	26	47	–28
ВТ1 75–85	1,63	0,1	8	40	6	13	34	52	–7
ВТ2са 95–105	1,60	0,2	5	40	7	8	39	55	+8
ВС 115–125	1,52	0,6	6	37	8	9	38	56	+6
С 135–145	н.о.	5,8	12	30	6	11	36	53	-

Валовой химический состав исследуемой почвы коррелирует с гранулометрическим, подтверждая факт элювиально-иллювиальной неоднородности профиля (табл. 2).

Таблица 2

Валовой химический состав серой почвы Вятского Прикамья (разр. У-27)

Горизонт, глубина, см	Процент от прокаленной массы									
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	Na ₂ O	K ₂ O	TiO ₂	MnO	P ₂ O ₅
РУ 0–30	77	11	4,1	1,3	1,2	1,6	2,5	0,9	0,20	0,14
АЕL[hh] 30–35	78	11	3,8	1,3	1,1	1,6	2,4	0,9	0,24	0,16
АЕL[hh] 40–50	78	11	3,7	1,3	1,0	1,6	2,4	0,9	0,25	0,16
ВЕL 52–62	75	13	5,1	1,2	1,6	1,3	2,4	0,8	0,10	0,10
ВГ1 72–82	73	13	5,8	1,2	1,8	1,3	2,3	0,8	0,08	0,11
ВГ2ca 95–105	72	14	6,0	1,2	1,8	1,2	2,3	0,8	0,08	0,10
ВС 115–125	71	14	6,3	1,2	2,0	1,3	2,3	0,8	0,11	0,11
С 135–145	72	14	6,1	1,2	2,0	1,2	2,2	0,8	0,10	0,11

Фракционно-групповой состав органического вещества (ОВ) серой почвы с ВГГ в целом типичен для этой генетической группы (табл. 3). Гумусово-аккумулятивная толща имеет фульватно-гуматный и гуматный состав ОВ, иллювиальная часть профиля – фульватный. В ВГГ, несмотря на оподзоленность, показатель гуматности, как правило, превышает величину 2,5. В составе гуминовых кислот (ГК) характерно преобладание чёрной фракции, связанной с кальцием, доля которой особенно велика в низах ВГГ.

Таблица 3

Состав гумуса серой почвы Вятского Прикамья (разр. У-27)
(% от общего углерода)

Горизонт, глубина, см	С _{общ.}	ГК ₁	ГК ₂	Сумма С _{ГК}	ФК _{1a}	ФК ₁	ФК ₂	Сумма С _{ФК}	НО	С _{ГК} : С _{ФК}
	%									
РУ 0–30	2,2	8	19	28	7	8	3	19	54	1,5
АЕL[hh] 30–35	2,0	14	14	28	5	12	4	21	51	1,4
АЕL[hh] 40–50	1,9	13	27	41	6	9	0,5	16	44	2,6
ВЕL 52–62	0,4	8	33	41	22	5	5	32	27	1,3
ВГ1 72–82	0,4	-	-	-	24	-	-	-	-	-

Результаты радиоуглеродного датирования ГК указывают на формирование ОВ гор. АЕL[hh] около 7,5–6,5 тыс. лет назад – в атлантическую стадию голоцена (табл. 4). Изложенные данные свидетельствуют о гетерохронности гумусового профиля и полигенезе данной почвы.

Не останавливаясь на актуальных – физико-химических – и др. показателях можно констатировать, что серая почва с ВГГ имеет много признаков сходства с аналогичными современными почвами лесостепи. В то же время нижняя часть её гумусовой толщи является реликтом раннеголоценовой – атлантической – стадии педогенеза. Вместе с тем, исследуемая почва находится в подзоне смешанных лесов ВП. Это диссонирует с представлениями о лесостепном происхождении серых почв. Их наличие здесь, на контакте таёжно-лесной зоны и лесостепи,

объясняется, прежде всего, сложной историей развития ландшафтов и почвенного покрова в поздне- и послеледниковый, особенно в атлантический этап голоцена.

Таблица 4

Возраст гуминовых кислот серой почвы Вятского Прикамья (разр. У-27)

Горизонт, глубина: см	Фракция ГК	Возраст, лет		Лаб. номер* образца
		по ¹⁴ C	календарный	
AEL[hh] 30–52	2	5510÷60	4449÷4257 до н.э.	ЛУ-4636
	3	6440÷120	5515÷5295 до н.э.	ЛУ-4637

В атлантическую фазу раннего голоцена – около 8–5 тыс. л.н. – на юге Вятского края, примерно до долины р. Чепца, т.е. на 200–250 км севернее, чем сейчас существовали ландшафты, близкие по облику к лесостепным. Они обеспечили прогрессивную – развивающую эволюцию почв с элементами наследующей – и формирование тёмноцветных почв с мощностью гумусовых горизонтов до 50 см и более (рис.).

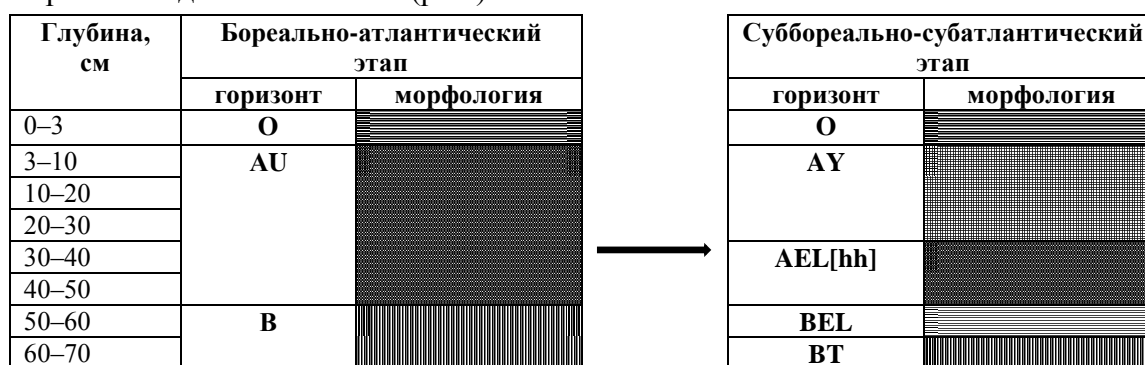


Рисунок. Схема эволюции серых почв с ВГГ Вятского Прикамья

Во второй половине голоцена, начиная с суббореального времени, менее 5 тыс. л.н., наметилось быстрое возвратное смещение природных зон к югу. Лесостепные ландшафты юга ВП сменились широколиственно-хвойными лесами. Это спровоцировало признаки деградации серых почв: выщелачивание оснований, подкисление почв, уменьшение мощности гумусовых горизонтов, превращение их нижних частей в остаточные – реликтовые – образования, с сохранением наиболее устойчивых – гуматных – компонентов ОБ.

Суббореально-субатлантическая стадия соответствует типу наследующей эволюции с элементами стирающей. Её итогом явились существенные изменения морфологии профиля и диагенетические преобразования минеральной и органической составляющих твердой, а также жидкой фазы почв.

Таким образом, начиная с суббореального времени и до наших дней ведущим трендом в развитии серых почв ВП стало регрессивное, умеренно деградационное по направленности развитие.

При ведущей роли биоаккумулятивных процессов педогенеза, последние существенно тормозятся из-за усиления элювиальных. Их временная последовательность выглядит следующим образом: выщелачивание → лессиваж → (элювиально-глеевый процесс) → деградация гумуса. В случае сохранения

подобного тренда спонтанной эволюции, вызванной экзогенными – биоклиматическими – причинами, данные почвы будут постепенно трансформироваться по схеме: тёмно-серые → серые → дерново-подзолистые почвы с ВГГ → (агро-)дерново-подзолистые почвы с ВГГ → (агро-)дерново-подзолистые почвы с припаханным ВГГ в составе гор. РУ. В агроландшафтах большие площади серых почв к настоящему времени уже почти не сохранили реликтовых феноменов в результате постепенного вовлечения ВГГ в пахотный слой, а также сопутствующей водной эрозии.

Таким образом, рассматриваемый представитель рода серых почв с реликтовым ВГГ, как и почвы данного типа Вятского Прикамья в целом, полигенетичны по своей природе. Они являются памятью палео-лесостепных ландшафтов, существовавших на юге ВП в атлантическую стадию послеледниковья. В последние 5 тыс. лет голоцена данные почвы испытывают на себе усиление процессов деградационной природы, которые соответствующим образом отражаются на состоянии минеральной, органической части и актуальных физико- и агрохимических свойствах.

Литература

1. Александровский А.Л., Чендев Ю.Г., Юртаев А.А. Почвы со вторым гумусовым горизонтом и палеочерноземы как свидетельства эволюции педогенеза в голоцене на периферии лесной зоны и в лесостепи (обзор) // Почвоведение. № 2. 2022. С. 147–167.
2. Валева А.А. Серые лесные почвы Волжско-Камской лесостепи: количественный подход к классификации. Диссертация. Казанский госуниверситет, 2014.
3. Докучаев В.В. Методы исследования вопроса: были ли леса в южной степной России? В: Тр. Вольн. эконом. об-ва. 1 : Отд. изд. СПб.: тип. В. Демакова. 1889. С. 1–38.
4. Коржинский С.И. Северная граница черноземно-степной области восточной полосы Европейской России в ботаническом и почвенном отношении // Тр. Об-ва естествоиспыт. при Казанском ун-те. Т. 22. Вып. 6. Казань, 1891. 204 с.
5. Прокашев А.М. Серые полигенетические почвы Вятского Прикамья. Киров : Изд-во ВятГГУ. 2006. 187 с.
6. Танфильев Г.И. О владимирском черноземе. // Тр. Вольн. экон. Об-ва. 1896. С. 47–53.
7. Тюрин И.В. К вопросу о генезисе и классификации лесостепных и лесных почв. Учен. зап. Казан. ун-та, 1930. 90 (3–4).

GRAY SOILS – INDICATORS OF MIGRATION OF LANDSCAPE BOUNDARIES OF THE VYATKA KAMA REGION IN THE HOLOCENE

A.M. Prokashv^{1, 2}, A.M. Matushkin¹, S.A. Pupyshva¹, I.A. Vartan¹, E.S. Soboleva¹, D.V. Kazakov¹

¹Vyatka State University, Kirov, Russia

²Vyatka State State Agrotechnological University, Kirov, Russia

Abstract. The results of studying the genesis of gray soils with the second humus horizon (SHH) of broad-leaved coniferous forests are presented. Based on the analysis of the mineral, organic part and actual properties, the relic nature of the humus of soils and the time of their formation in the Atlantic stage of the Holocene with the tendency of degradation evolution, starting from the second half of the Holocene to the present, is substantiated.

Keywords: relict soils, substantial properties, age of humus.

References

1. Alexandrovsky A.L., Chendev Yu.G., Yurtaev A.A. () Soils with the second humus horizon and paleochnozems as evidence of the evolution of pedogenesis in the Holocene on the periphery of the forest zone and in the forest-steppe (review) // Soil Science. 2022. № 2. P. 147-167.
2. Valeeva A.A. (2014) Gray forest soils of the Volga-Kama forest steppe: a quantitative approach to classification. Dissertation. Kazan State University.
3. Dokuchaev V.V. Methods of investigation of the question: were there forests in southern steppe Russia? // In: Tr. Voln. economy. ob-va. 1. Ed. St. Petersburg: V. Demakov type. 1889. P. 1-38.
4. Korzhinsky S.I. The northern border of the chernozem-steppe region of the eastern strip of European Russia in botanical and soil terms. Tr. Ob-va naturalist. at the Kazan University. 22 (6). 1891. 204 p.
5. Prokashev A.M. Gray polygenetic soils of the Vyatka Kama region. Kirov, 2006. P. 187.
6. Tanfilyev G.I. About Vladimir chernozem. Tr. Free. econ. Ob-va. 1896. P. 47-53.
7. Tyurin I.V. On the genesis and classification of forest-steppe and forest soils. Scien. notes Kazan University, 1930. 90 (3-4).

УДК 631.445.51

КАШТАНОВЫЕ ПОЧВЫ: СРАВНИТЕЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ФРАКЦИЙ МОКРОГО РАССЕВА С ПОМОЩЬЮ ИК-СПЕКТРОСКОПИИ

О.Б. Рогова^{1, 2}, Д.С. Волков^{1, 2}, М.А. Проскурнин¹

¹Химический факультет МГУ имени М.В. Ломоносова, Москва, Россия

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

e-mail: obrogoва@gmail.com

Аннотация. Методом ИК-спектроскопии во взаимодополняющих вариантах НПВО и диффузного отражения, анализировали состав минерального и органического вещества микроагрегатов двух каштановых почв, выделенных мокрым рассевом. Выбранный подход к ИК-анализу позволяет оценить изменения состава почв. Использование тонких фракций почв обеспечивают максимальную чувствительность ИК-измерений.

Ключевые слова: ИК-спектроскопия, каштановые почвы, деградация почв, мокрый рассев, почвенные микроагрегаты

Каштановые почвы занимают значительные площади в России, Турции, Монголии, Северном Китае, США и Аргентине. Климатические условия зоны каштановых почв характеризуются резкой континентальностью и засушливостью. Эти почвы потенциально плодородны и позволяют выращивать широкий круг зерновых (пшеница, кукуруза, ячмень), технических и плодовоовощных культур. Для устойчивого сельскохозяйственного пользования необходимо защищать каштановые почвы от водной и ветровой эрозии и вторичного засоления. Замедленный процесс трансформации растительных остатков в этих почвах по сравнению с черноземами отражается на молекулярно-массовом распределении как гуминовых кислот, так и компонентов минеральной матрицы.

Таким образом, каштановые почвы требуют знания различных их физико-химических параметров, что требует соответствующих методов исследования.

Роль ИК-спектроскопии в исследованиях почв в последнее время резко возросла в связи с ростом инструментальных возможностей и методического обеспечения метода. ИК-спектроскопия хорошо сочетается с препаративным фракционированием образцов [1], что обеспечивает существенно больший объем информации по сравнению с цельными образцами почв.

В рамках работы сравнили возможности двух вариантов ИК-спектроскопии, спектроскопии нарушенного полного внутреннего отражения (НПВО) и диффузного отражения для микроагрегатов (20–100 мкм) образцов каштановой почвы различного сельскохозяйственного использования для почвенных горизонтов.

Материалы и методы. Образцы слабосолонцеватых среднесиловатых тяжелосуглинистых каштановых почв отобраны в 2019 году на тестовом полигоне «Качалино» Иловлинского района Волгоградской области из двух разрезов, расположенных на залежи (более 30 лет) (49.06.42N 44.09.43E) и пахотной почве под зерновым севооборотом (49.05.09N 44.06.52E). Растительный покров участка залежи представлен полынно-типчаковой ассоциацией. Почвообразующими породами являются лёссовидные карбонатные засоленные суглинки. Количество осадков в среднем 380 мм/год. Содержание $C_{орг}$ 1,7–2%, содержание карбонатов в верхнем слое 0–20 см 12–15%, содержание фракции менее 1 мкм 27–30%. Мучнистые новообразования карбонатов вскрыты с глубины 40 см, новообразования гипса с 80 см. Минералогический состав фракции менее 1 мкм представлен три- и диоктаэдрическими гидрослюдами, хлоритом, каолинитом и смектитовой фазой. В почве пашни выделялись следующие генетические горизонты: P 0–25 см, V_m 25–40 см, V_{Ca} 40–80 см, $V_{C_{(ca,cs)}}$ 80–106 см и ниже. В почве залежи выделяли горизонт A_w 0–9 см, A_{pa} 9–34 см, V_m 34–40 см, V_{Ca} 40–80 см, $V_{C_{cs}}$ 90–134 см, C_{cs} 134–165 см и ниже. Отобранные образцы почв высушивали на воздухе без дополнительного измельчения. Для разделения по фракциям водоустойчивых агрегатов навеску средней пробы массой 50 г рассеивали в стоячей воде в колонке сит с размерами ячеек 1000, 500, 250, 200, 100, 80, 63, 40, 20 мкм. Оставшиеся на ситах агрегаты собирали в выпарительные чаши и высушивали при 35 °С.

Использован однолучевой ИК-фурье-спектрометр Vertex 70 (Bruker Optik GmbH, Германия) с источником глобаром, широкодиапазонным кремниевым светодетектором и неохлаждаемым пироэлектрическим детектором DLaTGS. Используются НПВО-приставка однократного отражения с алмазным кристаллом с GladiATR (Pike Technologies, США) и приставка диффузного отражения PrayingMantis (Harrick Scientific Products, Inc., США) светодетектор, KBr.

Отнесение полос в ИК-спектрах и сравнение образцов. Большинство полос в ИК-спектрах каштановых почв относятся к полосам колебаний кварца и аморфного SiO_2 (797 и 775 cm^{-1} [плечо], O–Si–O, 697, 510 cm^{-1} , Si–O–Si; 460, 450 [плечо], 430 cm^{-1} , O–Si–O. Полосы 975 и 455 cm^{-1} можно отнести к аморфному SiO_2 . Диапазон 1270–800 cm^{-1} содержит широкую полосу 1120–1070 cm^{-1} и O–Si–

О кристаллических и аморфных форм SiO_2 ; полосы 1035 и 1010, O-Si-O ; 912; 840 (слабое плечо), Si-O . Полоса 1645–1640 cm^{-1} , основное колебание (ν_2) ковалентных связей жидкой воды. Полоса 1395 cm^{-1} – симметричное валентное колебание карбоксилата. В варианте диффузного отражения виден триплет 1980, 1860 и 1780 cm^{-1} , сигнатура кварцевой матрицы, для НПВО видна только одна полоса триплета, 1780 cm^{-1} . Кроме того, полоса 1780 cm^{-1} перекрывается с полосой карбоната, 1805 cm^{-1} . Большинство карбонатных полос относятся к кальциту: 2512, 1805, 1460–1435 и 1410 cm^{-1} (асимметричные и симметричные валентные колебания карбоната) и 1090, 875 и 715 cm^{-1} .

Диапазон 3100–2800 cm^{-1} достоверно определяется только в варианте диффузного отражения и включает характеристические полосы $\text{sp}^2 = \text{CH}_2$; 2975 и 2885 cm^{-1} , антисимметричное и симметричное валентные колебания метильных групп; 2930 и 2855 cm^{-1} , антисимметричное и симметричное растяжение метиленовых групп, полосы CH_x групп находятся на плече полосы континуума OH . Широкая полоса 2400–3700 cm^{-1} с максимумом 3410 cm^{-1} – характеристическая полоса колебаний OH с различными водородными связями. Обнаружены полосы 3710 cm^{-1} (SiO-H (каолинит, глина) и 3700–3680 cm^{-1} , SiO-H... OH_2 .

С точки зрения ИК-спектроскопии предпочтительно использовать мелкие фракции для получения более надежных результатов и сравнения образцов. Воспроизводимость положений максимумов и интегральных площадей почти всех полос НПВО и диффузного отражения наилучшие для фракции 20–40 мкм, что согласуется с ранее показанным результатом для черноземов и дерново-подзолистой почвы [2]. Фракции 20–40 мкм обоих образцов каштановых почв представительны, они дают в основном ту же информацию, что и другие фракции и неразделенные образцы почв.

При исследовании почвенных горизонтов выявлены тенденции, общие для обоих образцов каштановых почв. ИК-спектры верхних горизонтов (Р, 0–25 см) не содержат пиков карбонатов, в то время как при переходе от горизонта V_{Ca} (40–80 см) к V_{Cs} (80–130 см) интенсивности карбонатов почти всех полос в спектрах увеличиваются в 10–15 раз, а затем уменьшаются в два раза в горизонту C_{cs} (свыше 130 см). Горизонты Р и A_{pa} содержат минимальные количества почвенного органического вещества (общий органический углерод, 3000–2800 cm^{-1}) в пределах каждого профиля образца, и все образцы имеют очень мало карбонильных групп и ароматических соединений, что отличает их от дерново-подзолистых почв и черноземных почв, соответственно [3]. Пики аморфного и кристаллического кремния мало меняются вместе с профилями, кристаллический кремний, вероятно, преобладает. С глубиной профиля увеличивается доля гидрокарбонатов (проявление C-OH -групп). Различия в нижних горизонтах (за исключением содержания CH_x) минимальны. Содержание воды существенно не изменяется в зависимости от глубины.

Разница между залежью и пашней довольно отчетлива. Залежь содержит гораздо более значительные количества органического вещества, имеющего

большее число метиленовых групп (2930 и 2855 cm^{-1}), т. е. более длинные углеводородные цепи и показывает более значительное количество и более значительный рост с глубиной биогенного кремния (1270–1150 cm^{-1}) [4]. Залежь также характеризуется более существенным увеличением с глубиной содержания почвенного органического вещества. Поскольку в залежи, где естественные процессы почвообразования восстанавливаются в течение 30 лет, а новое органическое вещество не удаляется, оно гумифицировано и накапливается естественным путем. Рост содержания почвенного органического вещества с глубиной (вплоть до горизонта V_m) связан с переносом почвенного органического вещества в составе глинистых кутан, что определяет текстурную дифференциацию щелочных каштановых почв [5].

В обоих образцах почв морфологически показано накопление карбонатов в горизонте V_{sa} ; самый нижний горизонт гипсоносный, хотя в ИК-спектрах не обнаружено четких полос, приписываемых гипсу. Залежь в верхних горизонтах A_w и A_{pa} содержит пик карбоната 1430 cm^{-1} по сравнению с максимумом 1460 cm^{-1} в нижних горизонтах и образцах пашни. Это может быть обусловлено существенным увеличением количеств кальцита и карбоната аммония. Деконволюция этой широкой полосы обнаруживает вторичный максимум 1390 cm^{-1} , характерный для нитратов [6] азотных удобрений, вносимых в верхний (пахотный) горизонт в образце пашни, либо поступающих в почву в результате биологической азотфиксации. Изменение количества карбоната может быть восполнено из нижележащего слоя. Хотя в верхнем горизонте почвы залежи почти нет карбонатов, их содержание выравниваются в нижних горизонтах обоих образцов. Пик карбонатов можно отнести к доломиту (1460–1450 cm^{-1}) [7], характерному для минерального состава почвообразующих пород в районе отбора образцов.

В целом, выбранный подход к ИК-анализу фракций почв мокрым рассевом позволяет оценить изменения состава почв. Использование тонких фракций почв обеспечивают максимальную чувствительность ИК-измерений, воспроизводимость, не отличающуюся от более крупных фракций по содержанию информации, и, таким образом, представительные образцы для анализа. Этот подход может быть использован при оценке внешнего воздействия или истощения почвы из-за деградации или для оценки восстановления ее структуры и свойств при использовании агротехнологий рекультивации.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского научного фонда, грант No 19-13-00117.

Литература

1. Pansu M., Gautheyrou J. Characterization of Humic Compounds // Handbook of Soil Analysis. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2006. С. 399-451.
2. Udvardi B., Kovacs I. J., Fancsik T., Konya P., Batori M., Stercel F., Falus G., Szalai Z. Effects of Particle Size on the Attenuated Total Reflection Spectrum of Minerals // Appl Spectrosc. 2017. Т. 71. № 6. С. 1157-1168.

3. Krivoshein P. K., Volkov D. S., Rogova O. B., Proskurnin M. A. FTIR photoacoustic spectroscopy for identification and assessment of soil components: Chernozems and their size fractions // Photoacoustics. 2020. V. 18. P. 100-162.
4. Liu X., Colman S. M., Brown E. T., Minor E. C., Li H. Estimation of carbonate, total organic carbon, and biogenic silica content by FTIR and XRF techniques in lacustrine sediments // Journal of Paleolimnology. 2013. V. 50. № 3. P. 387-398.
5. Gorbunova I. A., Puzanova T. A. System study of arid territories and genetic features and classification criteria for separation of arid soils in the territory of Russia // Arid Ecosystems. 2006. V. 12. № 29
6. Rogovska N., Laird D. A., Chiou C.-P., Bond L. J. Development of field mobile soil nitrate sensor technology to facilitate precision fertilizer management // Precision Agriculture. 2019. V. 20. № 1. P. 40-55.
7. Gunasekaran S., Anbalagan G., Pandi S. Raman and infrared spectra of carbonates of calcite structure // Journal of Raman Spectroscopy. 2006. V. 37. № 9. P. 892-899.

CHESTNUT SOILS: A COMPARISON STUDY OF WET-SIEVING FRACTIONS BY IR SPECTROSCOPY

O.B. Rogova^{1,2}, D.S. Volkov^{1,2}, M.A. Proskurnin¹

¹Department of Chemistry, Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia

²V.V. Dokuchaev Institute of Soil Science, Moscow, Russia

Abstract. Using IR spectroscopy in complementary variants of ATR and diffuse reflection, we analyzed the composition of the mineral and organic matter of microaggregates of two chestnut soils isolated by wet sieving. The chosen approach to IR analysis makes it possible to assess changes in soil composition. The use of fine soil fractions ensures maximum sensitivity of IR measurements.

УДК 631.4

ДЕНУДАЦИОННО-АККУМУЛЯТИВНАЯ ПРИРОДА ПОЧВ ОКРЕСТНОСТЕЙ ТОМСКА (С. ЛОСКУТОВО)

А.В. Родикова, С.П. Кулижский, К.О. Панкратова, Е.А. Шипко

НИ ТГУ, Томск, Россия

e-mail: rodikovaav@mail.ru

Аннотация. На основании изучения почв окрестностей Томска (с. Лоскутово) рассмотрено влияние склоновых процессов на их формирование в условиях расчлененного рельефа предгорий. Обсуждаются основные почвенные свойства и их связь с перемещением вещества в ландшафте.

Ключевые слова: почвы, склоновые процессы, эрозия, денудация, намывные почвы.

Как указывал В. Пенк [1], движение и перемещение почвенных масс осуществляется на любых территориях, имеющих даже незначительный уклон, но в зависимости от локальных условий спектр склоновых процессов достаточно широк: от катастрофических до медленных и незаметных. Интерес к подобного рода преобразованиям, их следствиям и роли в ландшафтных компонентных связях значителен в разных областях знаний естественных наук [5, 8, 4 и др.].

Высокая расчлененность рельефа исследуемой территории, в совокупности с достаточно активным антропогенным влиянием на экосистемы обуславливают значительную роль форм земной поверхности в формировании почв и почвенного покрова [2, 4 и др.]. Изучаемые объекты сформированы на междуречье Томь-Яя,

приуроченном к краевой юго-восточной части Западно-Сибирской равнины на стыке ее с отрогами Кузнецкого Алатау. Климат умеренно-континентальный, среднегодовая температура составляет $-0,6^{\circ}\text{C}$, среднегодовое количество осадков колеблется в пределах 400-500 мм в год [7]. Глубина промерзания почв изменяется от 1,0 до 3,5 м, что в совокупности с длительностью холодного периода обуславливает местами глееватость пород. Рельеф изрезан густой системой логов, увалов, и, как правило, рассматривается как предгорье [2]. Согласно ботанико-географическому районированию территория относится к бореально-лесной области Западно-Сибирской макропровинции [9]. На изучаемом участке наиболее распространены сосновые травяные леса с примесью мелколиственных пород. Основными почвообразующими породами зональных почв являются лессовидные, чаще всего карбонатные, суглинки и глины. Свойства покровного плаща косвенно влияют на развитие эрозии – он характеризуется просадочностью, легким размывом, слабой водостойкостью и в условиях хорошей дренированности подвержен суффозии [4].

Объектами исследования послужили темно-серые почвы и стратоземы. Темно-серые расположены на склонах юго-восточной экспозиции, при этом первая (р. 1-2021) – на относительно выположенном участке рельефа (угол склона $1-2^{\circ}$), а вторая (р. 2-2021) сформирована в зоне смыва (уклон $8-9^{\circ}$). Стратоземы приурочены к нижней части северо-западного склона, сопряженно, по линии тальвега, в транзитно-аккумулятивной позиции. Разрез 3-2021 вскрыт ниже по склону; р. 4-2021 – выше; расстояние между ними ~ 10 м, перепад высот ~ 3 м. Изучение почв проводилось на основе полевых (морфологический, сравнительный, профильный) и лабораторных методов исследования, общепринятых в почвоведении.

Поскольку уклон до 2° называют «порогом эрозии» [6], то можно изначально предполагать влияние процессов перемещения вещества в расчлененном ландшафте на почвообразование. Содержание тонких ЭПЧ в почвах – важнейшее свойство, определяющее потенциал гравитационных передвижений. Степень дисперсности влияет на пластичность, и как следствие, – подвижность почвенных масс, поскольку чем больше коллоидного материала, тем меньше сцепление (при наличии достаточного количества влаги) [1]. Кроме того, интенсивность смыва зависит от фильтрационной способности почв, в связи с чем тяжелые объекты на склонах эродируются чаще. Гранулометрический состав темно-серых почв (р. 1- и 2-2021) в целом определен как глинистый, содержание физической глины ($<0,01$ мм) колеблется в пределах 56-69% в первом случае (р. 1-2021) и 20-89% во втором (р. 2-2021), где значительная вариативность показателя определена более активным влиянием склоновых процессов. Распределение фракций соответствует в целом классическим представлениям о текстурно-дифференцированных почвах.

Стратоземы, в отличие от зональных объектов, отнесены к легкосуглинистым разновидностям. В целом для этих изученных почв характерна

относительная слоистость с некоторым трендом увеличения фракции физической глины вниз по профилю (26-50%, р. 3-2021 и 29-48%, р. 4-2021). Можно отметить также преобладание фракции крупной пыли в большей части горизонтов, до 70%, р. 3-2021 и 57%, р. 4-2021 (табл.), что связано, вероятнее всего, с сортировкой почвенных частиц при определенной скорости течения поверхностных вод, перемещающих почвенный материал.

Таблица

Некоторые характеристики и свойства объектов исследования

Почвы	р. 1-2021 (классич.)	р. 2-2021 (смытая)	р. 3-2021 (на погребен.)	р. 4-2021 (намытая)
	темно-серые		стратоземы	
Нижняя граница A ₁ , см	62	32	56	н/о
Глубина разреза, см	190	180	190	180
Глубина залегания карбонатов, см	нет	118	нет	нет
Признаки глееватости, глубина, см	нет	нет	+ 130-180	нет
Слоистость/погребение почвенного материала	нет	+	++	+
S _{орг} , %	9,5-0,5	5,8-0,1	7,6-0,1	7,5-0,5
Глубина залегания границы содержания гумуса 1%, см	75-85	20-30	85-95	130-140
pH _{H2O}	6,0-6,8	6,4-8,2	5,4-6,9	6,1-7,1
CaCO ₃ , %	нет	0,9-13,7	нет	нет
Обменные основания, мг·экв/ 100 г.п.; Ca ²⁺ :Mg ²⁺ (мин(мах))	19(42):3(6)	8(24):2(7)	11(41):2(7)	10(31):2(7)
Содержание фракции <0,01 мм (физ. глина), %	56-69	20-89	23-50	29-49
Содержание фракции <0,001 мм, % (ил)	20-41	2-28	9-33	4-34
Содержание пылеватых фракций (диапазон 0-80%)				

н/о – не определено; нет – не содержит/не обнаружено

Некоторые исследователи связывают пылеватый характер намытых почв с облегченным, по сравнению с нижележащей толщей, гранулометрическим составом поверхностных горизонтов зональных текстурно-дифференцированных почв, подверженных смыву [3]. Доминирование пыли (до 60,6%) отмечено также для педоседиментов намытых агросерых почв юго-востока Томской области [4].

Общие важнейшие характеристики и свойства изучаемых объектов отражают вариативность локальных условий их формирования, которые, несмотря на относительно небольшой участок исследования, весьма разнообразны (табл.).

Темно-серая почва (р. 1-2021) является классическим примером плодородной лесной почвы междуречья с высоким содержанием гумуса, мощным гумусовым горизонтом.

Темно-серая смытая почва (р. 2-2021) в процессе эволюции явно была подвержена процессам эрозии, что обусловило появление в ее профиле ряда соответствующих признаков: меньшее содержание $C_{орг}$, меньшая мощность гумусового горизонта, наличие в профиле прослоек с резким изменением соотношения гранулометрических фракций, присутствие солей угольной кислоты, которые, благодаря денудации, находятся в пределах вскрытого профиля (с 118 см). В целом, почвообразующим породам территории карбонаты присущи, но, находятся они предположительно, на глубине, превышающей 2 м.

Исследованные стратоземы своеобразны по локальным условиям формирования, что находит отражение в морфологии профиля и свойствах. На дневной поверхности этих почв сформирован современный гумусовый горизонт; в целом характерен поверхностно-аккумулятивный характер распределения гумуса с максимальным накоплением в верхней части профиля, где его содержится 13,11% и 12,91%. Особенностью почвы, вскрытой разрезом 4-2021, является наличие мощной (до 140 см) толщи, содержащей почвенное органическое вещество в количествах более 1%; и даже на глубине 180 см его около 0,8%, что говорит о длительности процесса намыва. Границы между стратифицированным материалом практически не читаются. В отличие от него стратозем (р. 3-2021) явно имеет следы катастрофических процессов: погребен почвенный профиль.

В целом обозначенные объекты исследования (1...–4-2021) характеризуются слабокислой и близкими к нейтральным значениями реакции среды. В нижних горизонтах значения pH сдвигаются в щелочную сторону, особенно в глубинных горизонтах слабосмытой почвы (р. 2-2021), что обусловлено присутствием карбонатов.

Среди обменных катионов преобладает Ca^{2+} , а содержание Mg^{2+} в 2-7 раз меньше, что характерно для зональных почв окрестностей Томска [2]; максимальное накопление кальция характерно для верхних горизонтов, что, как правило, обусловлено биогенными процессами. Изучаемые почвы насыщены основаниями (около 80 %).

Представленные материалы характеризуют далеко не все разнообразие денудационно-аккумулятивных биокосных почвенных систем исследуемой территории, тем не менее, на их примере можно сделать следующие выводы:

1. На изучаемой территории среди зональных почв распространены природные тела, в формировании которых участвуют одновременно как почвообразовательные процессы, так и склоновые, протекающие с разной направленностью (денудация-аккумуляция) и интенсивностью, что проявляется в почвенных свойствах, как «зеркале ландшафта».

2. Механизмы и скорость склоновых процессов, участие их в почвообразовании зависят от локальных условий (положения на склоне, его формы, крутизны, длины, от свойств слагающего профили материала и проч.).

3. Формирование почв подчиненных позиций связано как с постепенным накоплением продуктов сноса гумусовых горизонтов (педоседиментов), так и относительно быстрым смещением почвенной массы и погребением ранее сформированных почвенных горизонтов.

4. Участие склоновых процессов в развитии зональных почв на участках сноса выражается в уменьшении мощности гумусового горизонта, поднятии границы вскипания, наличии прослоек облегченного гранулометрического состава.

Литература

1. Герасимов И.П. О движениях почвенно-грунтовых масс на склонах // Почвоведение. 1941. № 7-8. С. 74-86.
2. Герасько Л.И., Кряк О.Н. Роль склоновых процессов в формировании почв трансаккумулятивных и аккумулятивных ландшафтов правобережья Томи // Проблемы геологии и географии Сибири: мат-лы науч. конф., Томск, 2-4 апреля 2003 года. Томск: НИ ТГУ, 2003. С. 247-249. – EDN VXGWWP (дата обращения: 15.06.2023)
3. Глазовская М.А. Денудационно-аккумулятивные структуры почвенного покрова как формы проявления педолитогенеза // Почвоведение. 2000. №2. С. 134-147.
4. Евсеева Н.С., Квасникова З.Н., Каширо М.А. Опасные проявления экзогенных процессов в агроландшафтах юго-востока подтайги Западно-Сибирской равнины // Успехи современного естествознания. 2023. № 4. С. 43-48. DOI 10.17513/use.38023. EDN QKCMQI (дата обращения 17.06.2023)
5. Льготин В. А. Склоновые процессы в Томском Приобье // Вопросы географии Сибири. Вып. 18. Томск: Издательство Томского ун-та, 1989. С. 42-52. EDN VXZKZF (дата обращения: 17.06.2023).
6. Рожков В.А. Оценка эрозионной опасности почв // Бюллетень Почвенного института им. В. В. Докучаева. 2007. С. 77-91.
7. Рутковская Н.В. Климатическая характеристика сезонов года Томской области. Томск: Изд-во Том. ун-та, 1979. 121 с.
8. Соколова Г. Г. Влияние высоты местности, экспозиции и крутизны склона на особенности пространственного распределения растений // Acta Biologica Sibirica. 2016. Т. 2, № 3. С. 34-45. – EDN XQNNHR (дата обращения: 10.06.2023).
9. Шумилова Л. В. Ботаническая география Сибири. Томск: Изд-во Том. гос. ун-та, 1962. 520 с.

DENUDATION-ACCUMULATIVE NATURE OF SOILS IN THE VICINITY OF TOMSK (V. LOSKUTOVO)

A.V. Rodikova, S.P. Kulizhskiy, K.O. Pankratova, E.A. Shipko
NR TSU, Tomsk, Russia

Abstract. Based on the study of soils in the vicinity of Tomsk (Loskutovo), the influence of slope processes on their formation in the conditions of the dismembered relief of the foothills is considered. The main soil properties and their relation to the movement of matter in the landscape are discussed.

Keywords: soils, slope processes, erosion, denudation, washed soils

Referens

1. Gerasimov I.P. On the movements of soil and ground masses on slopes // Eurasian Soil Science. 1941. №. 7-8. P. 74-86.

2. Geras'ko L.I., Kryak O.N. The role of slope processes in the formation of soils in transaccumulative and accumulative landscapes on the right bank of the Tom River // Problems of Geology and Geography of Siberia: Materials of the scientific conference, Tomsk, April 2-4, 2003. Tomsk: TGU, 2003. P. 247-249. – EDN VXGWWP (date of access: 15.06.2023).
3. Glazovskaya M.A. Denudation-accumulative soil cover structures as manifestations of pedolithogenesis // Eurasian Soil Science. 2000. №. 2. P. 134-147.
4. Evseeva N.S., Kvasnikova Z.N., Kashiro M.A. Dangerous manifestations of exogenous processes in agro-landscapes of the south-east of the subtaiga of the West Siberian plain // Successes of modern natural science. 2023. №. 4. P. 43-48. DOI 10.17513/use.38023. – EDN QKCMQI (accessed 17.06.2023).
5. L'gotin V.A. Slope processes in the Tomsk-Ob region // Questions of geography of Siberia. Issue 18. Tomsk: Publishing House of Tomsk University, 1989. P. 42-52. – EDN VXZKZF (accessed 17.06.2023).
6. Rozhkov V.A. Assessment of soil erosion hazard // Bulletin of the V. V. Dokuchaev Soil Institute. 2007. P. 77-91.
7. Rutkovskaya N.V. Climatic characteristics of the seasons of the Tomsk region. Tomsk: Publishing House of Tomsk University, 1979. 121 p.
8. Sokolova G.G. Influence of terrain height, exposure and slope steepness on the features of spatial distribution of plants // Acta Biologica Sibirica. 2016. Vol. 2. №. 3. P. 34-45. – EDN XQNNHR (accessed 10.06.2023)
9. Shumilova L. V. Botanical geography of Siberia. Tomsk: Publishing House of the State University, 1962. 520 p.

УДК 631.48

МОРФОЛОГО-АНАЛИТИЧЕСКАЯ ДИАГНОСТИКА ПОЧВ ГОРНЫХ БОЛОТ НА СРЕДНЕМ УРАЛЕ

И.В. Рычкова, И.А. Самофалова, Д.Д. Сивкова
ФГБОУ ВО Пермский ГАТУ, г. Пермь, Россия
e-mail: samofalovairaida@mail.ru

Аннотация. Проведена морфолого-аналитическая диагностика почв болотного массива в горной тайге на Южном Басеге на высоте 367-449 м н.у.м. (Средний Урал). По происхождению болотный массив относится к верховому типу, характеризуется как мезотрофный. В строении почвенных профилей обнаружены два диагностических горизонта: глеевый G и торфяной T. Почвы относятся к отделу глеевые, тип торфяно-глеезем. Анализ морфологических признаков почв показал, что формирование почв с переувлажнением на различных элементах рельефа обуславливает различную мощность диагностических горизонтов.

Ключевые слова: почвы, заповедник, зольность, морфологические признаки.

Введение. Торфяные болота горных стран изучены слабее равнинных территорий [1, 13]. Большая часть сведений о горных болотах и их почвенном покрове показана на примере высокогорной и бореально-лесной областей Западного Саяна и Кузнецкого Алатау [6, 12]. Подробнее исследованы торфяные почвы предгорий Западного Саяна. Основные сведения о горных болотах связаны с описанием топологических и экологических закономерностей размещения

растительного покрова [2]. Значительно меньше информации в публикациях по характеристике почв горных болотных экосистем.

Интересными природными образованиями в горах являются торфяные болота, обширные ареалы которых ранее считали присущими только равнинным территориям [3, 4, 7-11]. Например, исследования на северном отроге Алтайской горной страны, показали, что в горных ландшафтах торфяные болота могут занимать значительные площади (до 5 % территории заповедника «Кузнецкий Алатау») [1, 6, 7, 12]. Болота гор разнообразны по залеганию в рельефе и могут занимать как вогнутые и плоские участки местности (котловины, долины рек, плоские вершины гор), так и могут нарастать высоко вверх по склонам [1].

Болота – специфические природные образования, играющие большую роль в функционировании биосферы. В биогеографии предметом изучения являются факторы и пути образования болот (генезис), структура и динамика болотных экосистем, особенности биоты, растительного покрова и животного мира, экология, ресурсы и сохранение биоразнообразия болот.

Экосистемы горных болот Среднего Урала пока мало исследованы и практически не известны широкой общественности. Отсутствие данных по протекающим в горах Урала процессам образования болот и накопления торфа, типологии болотных массивов, типах природопользования, почвенном покрове горных болот не позволяет провести оценку роли горных болот Среднего Урала в сохранении биоразнообразия и экологического равновесия региона, что позволит дать обоснование рационального использования этих ландшафтов, мониторинга и прогноза их состояния.

Цель работы – изучить особенности почв горных болот на Среднем Урале.

Объекты и методы. Исследования проводили на территории «Государственного заповедника «Басеги», соответствующего хребту Басеги, расположенного в междуречье рек Усьвы и Вильвы. Хребет расположен в восточной части Пермского края, на западном склоне Уральской горной страны. Координаты заповедника: 58°45'-59°00' с.ш., 58°15'-58°38' в.д. Хребет вытянут меридионально и лежит параллельно главному Уральскому хребту [5]. Протяженность хребта составляет более 20000 м, крутизна склонов изменяется от 2,5 до 10 и более градусов. Хребет разделен меридиональными депрессиями, дренируемые речными долинами и состоит из трех вершин: Северный Басег, Средний Басег, Южный Басег. Для всех вершин характерен асимметричный профиль – более пологий западный склон сменяется более крутым восточным, что связано с тектоническим строением территории. Горы увенчаны платообразной поверхностью (ее абсолютная высота колеблется от 700 до 850 м), над которой возвышаются обнаженные вершинные гребни (г. Северный Басег, хр. Басежата). Склоны гор преимущественно прямые, местами ступенчатые, имеют поверхности выравнивания, крутизна снизу вверх увеличивается постепенно, без резких уступов, переход от подножий к склонам не выражен резко.

Исследования проводили на Южном Басеге в поясе горной тайги на высоте 367-449 м н.у.м. Обнаружен болотный мезоландшафт, где заложили 3 разреза на разных элементах рельефа. Классификационное положение почв определяли по [9]. В образцах определены: зольность, потери при прокаливании, гидrolитическая кислотность, сумма обменных оснований.

Результаты исследования. Исследуемый участок горной тайги испытывает переувлажнение. По происхождению болотный массив на Южном Басеге относится к верховому типу, по условиям обеспеченности растений элементами питания болотный массив характеризуется как мезотрофный.

В строении почвенных профилей обнаружены два диагностических горизонта: глеевый *G* и торфяной *T*. Общей чертой почв является наличие глеевого горизонта, окрашенного в холодные сизые тона, что является результатом восстановительной мобилизации оксида железа в условиях периодически застойного переувлажнения. Горизонт *G* залегает непосредственно под органомогенным горизонтом и сменяется оглееной минеральной толщей породы. Поверхностные грубые органомогенные горизонты представлены торфяными горизонтами малой мощности (менее 50 см), что не позволяет отнести исследуемые почвы к торфяным. Таким образом, по строению почвенного профиля и наличию диагностических горизонтов почвы следует отнести к отделу глеевые, тип – торфяно-литозёмы. Ниже приводится описание почв.

Разрез 2. Координаты: ш. 58°47'48,01" д. 58°23'44,09". На склоновой поверхности на высоте 449 м представлена растительная группировка – деревянисто-травянистая. Преобладают: кочедыжник женский, голокочник трехраздельный, хвощ лесной, ель береза, папоротники, черника, костянка и др. Появление внутрипочвенных вод с 31 см. Почва – торфяно-глеезём.

*A*₀ (0-4) – опад из растительных остатков;

T (4-13) – сырой, темно-коричневый, бесструктурный, степень разложения 0-25%, корни, растительные остатки;

G (13-33) – сырой, серый, тяжёлый суглинок, бесструктурный, слегка уплотнен, единичные корни, переход к горизонту по цвету, щебнистость 2,7%, преобладают камни более 10 мм;

*G*₂ (>33-43) – сырой, светло-коричневый, глинистый, бесструктурный, плотный, корней нет, щебня 0,1%, преобладают камни размером менее 1 мм.

Разрез 3. Координаты: ш. 58°47'46,8" д. 58°23'43,7". На высоте 440 м на выпуклой части склоновой поверхности растительная группировка характеризуется как травянисто-деревянистая с преобладанием ели, березы, кислицы, хвоща, кочедыжника женского, голокочника трехраздельного, фегоптриса связывающего, плауна, седмичника и др. Появление внутрипочвенных вод с 32 см. Почва – торфяно-глеезём.

*A*₀ (0-3) – опад из растительных остатков;

T (3-10) – сырой, коричневатого-черный, бесструктурный, степень разложения 0-25%, корни, растительные остатки;

G (10-32) – сырой, коричневатого-серый, тяжёлый суглинок, комковато-ореховатый, плотный, единичные корни, щебнистость 4,9%, преобладают камни размером более 10 мм.

Разрез 7. Координаты: ш. 58°47'32,7" д. 58°22'00,1". Разрез заложен на выположенной слабонаклоненной поверхности. Растительная группировка – деревянисто-травянистая, преобладающие растения: седмичник, скерда болотная, фиалка двухцветковая, иван чай, кислица и др. Появление внутрипочвенных вод с глубины с 33 см. Почва – торфяно-глеезём ожелезненный.

A₀ (0-2) – опад из растительных остатков, мох-сфагнум;

T₁ (2-11) – сырой, охристый, бесструктурный, степень разложения 0-25%, кора, растительные остатки;

T₂ (11-18) – сырой, темно-охристый, бесструктурный, степень разложения 0-25%, кора, растительные остатки;

G (18-33) – сырой, коричневатого-серый, тяжелый суглинок, бесструктурный, единичные корни, множество гальки, плотный, щебня 10,1%, преобладают камни диаметром 10 мм.

G (33-43) – сырой, желтовато-белесый, глина, бесструктурный, плотный, единичные корни, обильные галки, оранжевые пятна, щебня 21%, преобладают камни диаметром более 10 мм.

Анализ морфологических признаков почв показал, что формирование почв с переувлажнением на различных элементах рельефа обуславливает различную мощность диагностических горизонтов. Так, мощность грубогумусированного горизонта изменяется в пределах 2-4 см, торфяного – 7-16 см, глеевый горизонт в профилях почв имеет мощность стабильно более 20 см. В целом, мощность профиля торфяно-глееземов до выхода грунтовых вод составляет около 33 см.

Литература

1. Волкова И.И., Волков И.В., Косых Н.П., Миронычева-Токарева Н.П., Кирпотина Л.В., Земцов В.А., Колмакова М.В., Кураев А.В., Захарова Е.А., Кирпотин С.Н. Горная озерно-болотная система урочища Ештыкель (горный Алтай) // Вестник ТГУ. Биология. 2010. 1(9). С.118–137.
2. Ефремова Т.Т. Почвообразование и диагностика торфяных почв болотных экосистем // Почвоведение. 1992. № 12. С. 25–35.
3. Ефремова Т.Т., Аврова А.Ф., Ефремов С.П. Расчетный метод определения углерода в торфах и моховых подстилках лесных болот по зольности растительного субстрата // Сибирский лесной журнал. 2016. № 6. С. 73–83.
4. Ефремова Т.Т., Ефремов С.П., Мелентьева Н.В., Аврова А.Ф. Высотная дифференциация кислотноосновных свойств долинных торфяных почв Кузнецкого Алатау // Вестник ТГУ. Биология. 2018. № 41. С. 135–155. <https://doi.org/10.17223/19988591/41/8>
5. Заповедники СССР. Заповедники европейской части РСФСР / ред. В.Е. Соколов, Е.Е. Сыроечковский. Москва: Мысль, 1988. Ч. I. 287 с.
6. Ильиных Н.И. Почвы Кузнецкого Алатау. Красноярск: Красноярское книжное издательство, 1970. 166 с.
7. Мульдьяров Е.Я., Лапшина Е.Д. К изучению болот Кузнецкого Алатау // Сибирский экологический журнал. 2000. № 5. С. 645–652.
8. Низовцев Н.А., Холодов В.А., Иванов В.А., Фарходов Ю.Р., Дымов А.А. Неспецифические органические соединения торфяных почв Приполярного Урала // Почвоведение. 2017. № 9. С. 1090–1097. <https://doi.org/10.7868/S0032180X17070085>
9. Полевой определитель почв России. М.: Почвенный институт им. В.В. Докучаева, 2008. 182 с.
10. Самофалова И.А. Использование бассейнового подхода для изучения дифференциации растительного и почвенного покровов (хребет Басеги, Средний Урал) // География и природные ресурсы. 2020. N. 1. С. 175-184. DOI: 10.21782/GIPR0206-1619-2020-1(175-184).

11. Сарманова З.Р., Самофалова И.А. Почвенный покров болотного массива на западном склоне горы Северный Басег // Научный журнал «Антропогенная трансформация природной среды». Пермь: ПГНИУ, 2017. С. 196-198.
12. Смирнов М.П. Почвы Западного Саяна. М.: Наука, 1970. 236 с.
13. Bao K., Wang G., Xing W., Shen J. Accumulation of organic carbon over the past 200 years in alpine peatlands, northeast China // Environ. Earth Sci. 2015. V. 73(11). P. 7489–7503. <https://doi.org/10.1007/s12665-014-3922-1>
14. Li Huan, Xu Dingyi, Zhao Yan. Peatland area change in the southern Altay Mountains over the last twenty years based on GIS and RS analysis // Frontiers of Earth Science. 2014. V. 8. № 4. P. 558–563.

**MORPHOLOGICAL AND ANALYTICAL DIAGNOSIS OF SOILS
MOUNTAIN BOGS IN THE MIDDLE URALS**

I.V. Rychkova, I.A. Samofalova, D.D. Sivkova
Perm State Agro-Technical University, Perm, Russia

Abstract. Morphological and analytical diagnostics of the soils of the marsh massif in the mountain taiga in the Southern Baseg at an altitude of 367-449 m above sea level was carried out. (Middle Ural). By origin, the swamp massif belongs to the upland type and is characterized as mesotrophic. Two diagnostic horizons were found in the structure of soil profiles: gley G and peat T. The soils belong to the gley division, the peat-gleyzem type. An analysis of the morphological characteristics of soils showed that the formation of soils with waterlogging on different relief elements causes different thicknesses of the diagnostic horizons.

Keywords: soils, reserve, ash content, morphological features

References

1. Volkova I.I., Volkov I.V., Kosykh N.P., Mironycheva-Tokareva N.P., Kirpotina L.V., Zemtsov V.A., Kolmakova M.V., Kuraev A.V., Zakharova E.A., and Kirpotin S.N. Mountain lake-mire system of the Eshtykel mountain plateau (Mountain Altai), Vestn. Tomsk. Gos. Univ., Biol. 2010 №1 (9). P. 118–137.
2. Efremova T.T. Pedology and diagnostics of peat soils of wetlands, Pochvovedenie. 1992. №12. P. 25–35.
3. Efremova T.T., Avrova A.F. and Efremov S.P. Quantitative determination of carbon in peat and moss litters of forest mires from data on the ash content of the plant substrate, Sib. Lesn. Zh. 2016. №6. P. 73–83.
4. Efremova T.T., Efremov S.P., Melent'eva N.V. and Avrova A.F. High-altitude differentiation of acid–base properties of the plain peat soils of Kuznetsk Alatau, Vestn. Tomsk. Gos. Univ., Biol. 2018. № 41. P. 135–155. <https://doi.org/10.17223/19988591/41/8>
5. Zapovedniki SSSR. Zapovedniki evropeiskoi chasti RSFSR [Reserves of the USSR. Reserves of the European part of the RSFSR]. Eds. V. E. Sokolov, E. E. Syroechkovsky. Moscow: Mysl', 1988. Part. I. P. 61-89.
6. Il'inykh N.I. Soils of the Kuznetsk Alatau Ridge within the Krasnoyarsk Region // Krasnoyarsk. 1970.
7. Muldiyarov, E.Y., and Lapshina E.D. Study of the Kuznetsk Alatau Swamps. Sibirskiy Ecologicheskyy Zhurnal 7. 2000. P. 645–652.
8. Nizovtsev N.A., Kholodov V.A., Ivanov V.A., Farkhodov Yu.R., Dymov A.A. Nonspecific Organic Compounds in Peat Soils of the Subpolar Urals Soil science. 2017. № 9. P. 1090-1097.
9. Dokuchaev V.V. Polevoy opredelitel' pochv Rossii [Field Guide to Soils of Russia] // Moscow. Soil Science Institute named after. 2008. 182 p.
10. Samofalova I.A. Using the basin approach to study the differentiation of vegetation and soil cover (Basegi ridge, Middle Urals) // Geography and Natural Resources. 2020. № 1. P. 175-184. DOI: 10.21782/GIPR0206-1619-2020-1(175-184).
11. Sarmanova Z.R., Samofalova I.A. Soil cover of a bog array on the western slope of rht northern Baseg // Scientific journal "Anthropogenic transformation of the natural environment". Perm: PGNIU, 2017. P. 196-198.

12. Smirnov M.P. Pochvy Zapadnogo Sayana [Soils of the Western Sayan Mountains]. Moscow: Nauka Publ., 1970. 236 p.
13. Bao K., Wang G., Xing W., Shen J. Accumulation of organic carbon over the past 200 years in alpine peatlands, northeast China // Environ. Earth Sci. 2015. V. 73(11). P. 7489–7503. <https://doi.org/10.1007/s12665-014-3922-1>
14. Li Huan, Xu Dingyi, Zhao Yan. Peatland area change in the southern Altay Mountains over the last twenty years based on GIS and RS analysis // Frontiers of Earth Science. 2014. V. 8. № 4. P. 558–563.

УДК 631.4

ИНТЕНСИВНОСТЬ ХИМИЧЕСКОГО ВЫВЕТРИВАНИЯ В ПОЧВАХ СРЕДНЕГО УРАЛА (ХРЕБЕТ БАСЕГИ)

И.А. Самофалова¹, О.Е. Ефимов²

¹ФГБОУ ВО Пермский ГАТУ, Пермь, Россия, e-mail: samofalovairaida@mail.ru

²ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА, Москва, Россия, e-mail: efimov@rgau-msha.ru

Аннотация. Изучена интенсивность химического выветривания в почвах Среднего Урала на примере хребта Басеги на основе геохимических коэффициентов: CIA, PIA, CIW, ИГ. Более выветрелыми являются дерново-подбур и буроземы – 80-83 ед. Резкие литогеохимические различия почв установлены на границе 700 м н.у.м.

Ключевые слова: химическое выветривание, физическое выветривание, коэффициент выветривания, почвообразование, горные почвы, оглинение.

Введение. В литературе часто встречается широко используемый показатель интенсивности химического выветривания Несбитта-Янга: $CIA = 100 \times Al_2O_3 / (Al_2O_3 + CaO + Na_2O + K_2O)$ [1, 5, 14-16], отражающий влияние увлажненности территории на выветривание минеральной части почв. Считается, что CIA отражает соотношение первичных и вторичных минералов в валовом образце и называется коэффициентом химического выветривания, показателем динамики климата. При химическом выветривании горные породы теряют мобильные элементы (Ca, Na и K), и, чем выше степень выветривания, тем меньше в них остается мобильных элементов и выше значения индексов. Химическое выветривание проходит интенсивно при теплом и влажном климате [10, 11, 14]. Высокие значения CIA указывают на высокую степень переработки отложений. Для магматических пород, не подвергшихся действию выветривания, величина CIA не более 50 ед., для умеренно выветрелых пород – в пределах 60-80 (у глинистых сланцев 70-75 ед.), а у пород подвергшихся интенсивному химическому выветриванию > 80 ед. [3, 8, 12]. Пороговым значением для отложений, сформировавшихся в условиях холодного климата, является величина CIA=70 единиц. Выше этой величины климат считается гумидным, в интервале значений 60-70 единиц – переходным, менее 60 – относительно аридным.

Цель исследования – изучить интенсивность химического выветривания в почвах Среднего Урала на примере хребта Басеги.

Объекты и методы исследования. Исследования проводили в пределах ненарушенной части Среднего Урала – хребта Басеги, который включён в состав государственного природного заповедника «Басеги» (58°45'-59°00' с.ш., 58°15'-58°38' в.д.). Почвообразующие породы: кварцито-песчаники, хлоритовые, хлорито-серицитовые, слюдистые сланцы, продукты их выветривания.

Почвенные разрезы заложены в высотных ландшафтах: горная тундра – криволесье – луговое разнотравье – болото – горная тайга на различных элементах рельефа с высоты 950 до 315 м (12 разрезов). Диагностика почв проводилась по наличию соответствующего диагностического горизонта в рамках классификации почв России [4]. Валовый анализ макроэлементов проведен в лаборатории физико-химии почв в институте почвоведения имени В.В. Докучаева (г. Москва) На основе данных валового содержания макроэлементов рассчитаны геохимические коэффициенты: CIA (литохимический индекс) [2, 14, 16]; PIA (плагиоклазовый индекс изменения) [10]; CIW (индекс выветривания) [11]; ИГ (индекс глиноземистости) [13]. Применяли информационно-логический анализ (в программе ALI, авторы: Бурлакова Л.М, Иваничкин Д.И.) [6].

Результаты исследования. Ранее установлен порядок вертикальных почвенных зон на склонах хребта Басеги [7, 15]: 1) буроземы, (315-655 м); 2) глееземы, торфяные (480-550); 3) серогумусовые (570-760 м); 4) подзолы (740-820 м); 5) подбуры, (800-940 м н.у.м). Литоземы встречаются во всех почвенных зонах. Почвенный профиль от вершины горы Северный Басег по западной стороне до поймы р. Малый Басег демонстрирует вертикальную зональность профиля и наличие азональных почв [6, 7].

Показатель CIA изменяется в почвах хребта Басеги от 70 до 95 единиц, что указывает на гумидные и увлажненные условия почвообразования. Таким образом, минеральная часть почв прошла существенную переработку. Близкие коэффициенты сообщают, что существенных флуктуаций не наблюдалось, климат на протяжении всего педогенеза сохранял влажную тенденцию, аридные фазы не зафиксированы. Эти данные в полной мере согласуются с литературными данными об истории климата на протяжении голоцена для низкогорья Среднего Урала.

Более выветрелыми являются дерново-подбур и буроземы – 80-83 ед. В трансаккумулятивных ландшафтах межгорной седловины (590-613 м н.у.м.) педогенная масса (р. 29, 28, 17) менее переработана – доля первичных минералов в почвах выше, так как CIA составил 70-75 ед. Время формирования бурозема на высоте 794 м. н.у. м (р. 30) – субантлантическое время, 1440 ±70 л.н. [Турков, 1981]. Миграция ландшафтов, нарастание гумидности климата, активизация промывного водного режима усилила процессы выветривания в позднем голоцене, отразившиеся в увеличении CIA в почвах с 81 до 83. Индексы химического выветривания CIA для вторичных глинистых минералов и хлорита составляют 100 ед., а для элита и смектита 80-85.

В изучаемых почвах CIA порядка 70-80 ед. свидетельствует о развитом процессе оглинения. Значения индексов CIW и PIA аналогичны индексу CIA.

СИА в гумусовых горизонтах изменяется в зависимости от экспозиции склонов (сверху вниз) следующим образом: северный склон – от 89 до 85 ед., южный – 89-70-92-83-76-81 ед., восточный – от 94 до 83 ед., западный – от 77 до 84 единиц. Таким образом, условия выветривания и почвообразования различаются от экспозиции склона и высоты местности.

Следующая особенность: СИА различны в пределах профиля в буроземах. В срединной части профиля значения СИА выше (87-95), что свидетельствует о процессах оглинения. В некоторых почвах (р. 28, 27, 17) отмечается бимодальное распределение СИА, и можно диагностировать смену экологических условий почвообразования, связанных с гидротермическими факторами, что указывает на полигенетичность почв.

Выстраивается ряд почв по усилению химического изменения и степени выветрелости: подзол < серогумусовая < бурозем глинистоиллювирированный, бурозем элювирированный < глеезем грубогумусированный < бурозем глееватый < дерново-подбур < бурозем грубогумусированный < бурозем ожелезненный. И так, в подзоле (> 700 м) в большей степени проявляется физическое выветривание минеральной части почвы, чем химическое, а в буроземе ожелезненном (< 700 м), напротив, наблюдаем обратное.

Определена связь между РІА и высотными условиями (> 700 м, < 700 м) и специфические состояния РІА. Установлено, что значения РІА < 80 ед. наиболее специфичны для почв на высоте более 700 м, а > 80 ед. – для почв, на высоте менее 700 м н.у.м. В первом случае для почв характерно низко умеренное химическое выветривание, во втором случае – интенсивное химическое выветривание. Это подтверждает и ИГ.

Заключение. Различная степень преобразованности минеральной части почв диагностирует разновозрастность профилей, диагностических горизонтов и генетических признаков в почвах. СИА диагностирует степень химического выветривания минеральной массы в почвах: от умеренной (60-80 ед.) в переходных зонах экотонов (в подзоле, серогумусовой, буроземе глееватом) до активной (более 80 ед.) в подбурях тундры, буроземах подгольцового и горно-лесного пояса, глееземах. В почвах горной тайги и паркового леса преобладают процессы почвообразования над выветриванием, а выше – в большей степени проявляются процессы выветривания. Резкие литогеохимические различия почв установлены на границе 700 м н.у.м. Более выветрелыми являются почвы на высоте более 650-700 м н.у.м. (криволесье, горня тундра).

Литература

1. Алексеев А.О., Алексеева Т.В. Оксидогенез железа в почвах степной зоны. М.: ГЕОС, 2012. 204 с.
2. Калинин П.И., Алексеев А.О., Кудреватых И.Ю., Вагапов И.М. Количественные климатические реконструкции плейстоцена на основе изучения лёссово-почвенного комплекса «Семибалки-2» (Приазовье) // Вестник ВГУ: серия Геология. 2016. № 2. С. 22-30.
3. Минюк П.С., Борходоев В.Я. Геохимические индикаторы седиментационных и постседиментационных событий в озерах северо-востока России // Осадочные бассейны,

седиментационные и постседиментационные процессы в геологической истории : сборник материалов VII Всероссийского литологического совещания (28-31 октября 2013; Новосибирск). Новосибирск, 2013. С. 282-285.

4. Полевой определитель почв. М.: Почвенный институт им. В.В. Докучаева, 2008. 182 с.
5. Самофалова И.А. Диагностика процессов почвообразования и выветривания по содержанию щелочных и щелочноземельных макроэлементов в почвах Среднего Урала (хребет Басеги)// Учен. зап. Казан. ун-та. Сер. Естеств. науки. 2020. Т. 162. Кн. 4. С. 592–611. doi: 10.26907/2542-064X.2020.4.592-611.
6. Самофалова И.А. Информационно-логический анализ дифференциации почвенного покрова высотных геосистем на Среднем Урале // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2017. № 11 (157). С. 105-114.
7. Самофалова И.А. Использование бассейнового подхода для изучения дифференциации растительного и почвенного покровов (хребет Басеги, Средний Урал) // География и природные ресурсы. 2020. № 1 (160). С. 175-184.
8. Ткаченко М.А., Максименко А.В. Определение источника сноса юрско-меловых терригенных комплексов восточной части Енисей-Хатангского прогиба по данным геохимических и петрографических исследований // Планета Земля: актуальные вопросы геологии глазами молодых ученых и студентов: Материалы конференции. Москва: Изда-во МГУ, 2009. Т.1. С. 141-146.
9. Турков В.Г. Многовековая ритмика природной среды и динамика лесного биогеоценологического покрова среднеуральского низкогорья в антропогене // Взаимосвязи среды и лесной растительности на Урале. Свердловск: Изд-во АН СССР. Уральский научный центр, 1981. С. 3-39.
10. Fedo C.M., Nesbitt H.W., Young G.M. Unraveling the effects of potassium metasomatism in sedimentary rocks and paleosols, with implications for paleoweathering conditions and provenance // *Geology*. 1995. Vol. 23. P. 921-924.
11. Harnois L. The CIW index: A new chemical index of weathering // *Sedimentary Geology*. 1988. Vol. 55. P. 319-322.
12. Mc-Lennan S.M. Weathering and global denudation // *Journal of Geology*. 1993. Vol. 101. P. 295-303.
13. Maniar P.D., Piccoli P.M. Tectonic discrimination of granitoids // *Geol. Soc. Amer. Bull.* 1989. Vol. 101. № 5. P. 635-643.
14. Nesbitt Y.W., Young, G.M. Early Proterozoic climates and plate motions inferred from major element chemistry of lutites // *Nature*. 1982. Vol. 299. P. 715-717.
15. Samofalova I.A., Rogova O.B., Luzyanina O.A. Diagnostics of soils of different altitudinal vegetation belts in the Middle Urals according to group composition of iron compounds // *Geography and Natural Resources*. 2016. С. 71-78.
16. Senol H., Tunçay T., Dengiz O. Geochemical mass balance applied to the study of weathering and evolution of soils // *Indian Journal of Geo Marine Sciences*. 2018. Vol. 47 (09). P. 1851-1865.

INTENSITY OF CHEMICAL WEATHERING IN SOILS OF THE MIDDLE URALS (BASEGI RIDGE)

I.A. Samofalova¹, O.E. Efimov²

¹Perm State Agrarian and Technological University, Perm, Russia

²Russian Agrarian University, Moscow, Russia

Perm State Agrarian and Technological University, Perm, Russia

Abstract. The intensity of chemical weathering in the soils of the Middle Urals was studied using the example of the Basegi Ridge on the basis of geochemical coefficients: CIA, PIA, CIW, IG. More weathered are soddy podbur and burozems - 80-83 units. Sharp lithochemical differences in soils are established at the boundary of 700 m a.s.l.

Keywords: chemical weathering, physical weathering, weathering coefficient, soil formation, mountain soils, claying.

References

1. Alekseev A.O., Alekseeva T.V. Oxidogenesis of iron in soils of steppe zone. Moscow, GEOS, 2012. 204 p.
2. Kalinin P.I., Alekseev A.O., Kudrevatykh I.Yu., Vagapov I.M. Quantitative climatic reconstructions of Pleistocene based on the study of the Semibalki-2 loess-soil complex (Cis-Azov region). Vestnik VGU: Sreiya Geologiya = Proceedings of Voronezh State University. Series: Geology. 2016. Vol. 2. P. 22-30.
3. Minyuk P.S., Borkhodoev V.Ya. Geochemical indicators of sedimentation and post-sedimentation events in the lakes of the north-east of Russia // Sedimentary basins, sedimentation and post-sedimentation processes in geological history: collection of materials of the VII All-Russian Lithological Meeting (October 28-31, 2013; Novosibirsk). Novosibirsk, 2013. P. 282-285.
4. Field Guide to Soils. Moscow, Dokuchaev Soil Science Institute, 2008. 182 p.
5. Samofalova I.A. Diagnostics of soil formation and weathering processes based on the content of alkaline and alkaline earth macroelements in soils of the Middle Urals (Basegi Ridge). Uchenye Zapiski Kazanskogo Universiteta. Seriya Estestvennye Nauki, 2020. Vol. 162. no. 4. P. 592–611. doi: 10.26907/2542-064X.2020.4.592-611.
6. Samofalova I.A. Information-logical analysis of Soil Cover differentiation of the altitude geosystems in the Middle Urals // Bulletin of the Altai State Agrarian University. 2017. Vol. 11 (157). P. 105-114.
7. Samofalova I.A. Using the basin approach to study the differentiation of vegetation and soil cover (Basegi ridge, Middle Urals) // Geography and natural resources. 2020. N 1 (160). P. 175-184.
8. Tkachenko M.A., Maksimenko A.V. Determining the source of demolition of the Jurassic-Cretaceous terrigenous complexes of the eastern Yenisei-Khatanga trough according to geochemical and petrographic data. Proceedings of Conference “Planet Earth: Yopical issues of geology in the eyes of young scientists and students,” Moscow, Moscow State University, 6-7 April, 2009. Vol. 1. P. 141-146.
9. Turkov V.G. Centuries-old rhythm of the natural environment and the dynamics of the forest biogeocenotic cover of the Middle Ural low mountains in the anthropogen // Relationship between the environment and forest vegetation in the Urals. Sverdlovsk: Publishing House of the Academy of Sciences of the USSR. Ural Scientific Center, 1981. P. 3-39.
10. Fedo C.M., Nesbitt H.W., Young G.M. Unraveling the effects of potassium metasomatism in sedimentary rocks and paleosols, with implications for paleoweathering conditions and provenance // Geology. 1995. Vol. 23. P. 921-924.
11. Harnois L. The CIW index: A new chemical index of weathering // Sedimentary Geology. 1988. Vol. 55. P. 319-322.
12. Mc-Lennan S.M. Weathering and global denudation // Journal of Geology. 1993. Vol. 101. P. 295-303.
13. Maniar P.D., Piccoli P.M. Tectonic discrimination of granitoids // Geol. Soc. Amer. Bull. 1989. Vol. 101. № 5. P. 635-643.
14. Nesbitt Y.W., Young, G.M. Early Proterozoic climates and plate motions inferred from major element chemistry of lutites // Nature. 1982. Vol. 299. P. 715-717.
15. Samofalova I.A., Rogova O.B., Luzyanina O.A. Diagnostics of soils of different altitudinal vegetation belts in the Middle Urals according to group composition of iron compounds // Geography and Natural Resources. 2016. P. 71-78.
16. Senol H., Tunçay T., Dengiz O. Geochemical mass balance applied to the study of weathering and evolution of soils // Indian Journal of Geo Marine Sciences. 2018. Vol. 47 (09). P. 1851-1865.

УДК [631.4+558](470.53)

ПОЧВЕННО-РАСТИТЕЛЬНЫЙ ПОКРОВ ГОРЫ «ГОРОДИЩЕ» КУРОРТА «КЛЮЧИ» СУКСУНСКОГО ГОРОДСКОГО ОКРУГА ПЕРМСКОГО КРАЯ

И.А. Самофалова¹, Е.С. Лобанова¹, С.Н. Жакова¹, Л.В. Новоселова², А.Э. Путилова¹

¹ФГБОУ ВО Пермский ГАТУ, Пермь, Россия

²ФГАОУ ВО ПГНИУ, Пермь, Россия

e-mail: samofalovairaida@mail.ru

Аннотация. В статье представлена информация о почвенном и растительном покрове горы «Городище» курорта «Ключи» Суксунского городского округа Пермского края. Обосновывается рекомендация о создании экологической тропы. *Ключевые слова:* гора «Городище», почвы, видовой состав растений, биоразнообразие растений, экологическая тропа.

В условиях антропогенной трансформации природной среды необходимо постоянно прилагать усилия по сохранению ландшафтного и биологического разнообразия. Для решения этой задачи создаются особо охраняемые природные территории (ООПТ) и экологические тропы [5].

В пределах Пермского края в Суксунском городском округе есть курорт «Ключи» – одна из старейших здравниц Западного Урала. Лечение на курорте базируется на основе питьевой минеральной лечебно-столовой воды «Ключи», природного источника минеральной сероводородной воды, сульфидно-иловой грязи Суксунского пруда, отдыха в экологически чистом районе [2]. Рядом с территорией курорта расположена гора «Городище» (268 м н.у.м.), которая имеет статус памятника археологии Пермского края регионального значения. Данная территория образовалась в результате высыхания древнего Пермского моря, существовавшего 260-280 млн. лет назад. Массив горы является саргинским рифом, слагается, главным образом, органогенными и органогенно-обломочными вторичными доломитами, основной каркас которых образуют мшанки [3]. Почвенный и растительный покров горы ранее детально не изучались.

Цель исследования – изучить почвы и растительный покров горы «Городище» курорта «Ключи».

Для проведения исследований определены 5 постоянных площадок (ПП) на склонах юго-западной, юго-восточной и северо-западной экспозиции. На площадках заложены почвенные разрезы (9, 16, 17, 18 и 20) и проведено описание растительного покрова. Классификационное положение почв определено по «Классификация и диагностике почв СССР» [1].

ПП 1. Средняя часть склона юго-западной экспозиции, крутизна 35⁰. Координаты: 57.014833; 57.424389. Высота 136 м н.у.м. Разрез 7. Почва – дерново-карбонатная типичная тяжелосуглинистая на элювии известняков.

Ад (0-3 см) – дернина, состоит из слаборазложившихся остатков травянистых растений и мхов.

А (3-11 см) – гумусовый, сухой, темно-серый, тяжелосуглинистый, комковато-зернистый, рыхловатый, включения щебня (менее 5 см), много корней, бурно вскипает, переход ясный по плотности и наличию крупного щебня.

АВ (11-21 см) – сухой, светло-серый с буровато-желтым оттенком, среднесуглинистый, зернистый, уплотненный, щебень более 5 см с мелкоземом, тонкие корни, бурно вскипает, переход ясный.

ВС (21-37 см) – свежий, желтовато-бурый, легкосуглинистый, пылевато-порошистый, уплотнен за счет щебня, обломки карбонатной породы менее 5 см и больше 10 см, на больших обломках мелкозем, бурно вскипает.

С (37-53 см) – свежий, желтовато-бурый, супесчаный (мелкозем), уплотнен за счет щебня, крупные обломки карбонатной породы менее 5 см и больше 10 см, бурно вскипает.

Видовой состав представлен растениями лугового и степного биомов. Проективное покрытие составляет около 70%. На пробной площади 100 м² имеется одна карстовая воронка диаметром 5 м. Большая часть растений находится во втором и третьем ярусе: ковыль перистый, овсяница борозчатая, мелколепестник острый, лапчатка Гольдбаха и лапчатка средняя, пупавка красильная, земляника лесная, земляника зеленая, ястребинка волосистая, респешок обыкновенный, колючник Биберштейна первого и второго года развития, манжетка обыкновенная и др. Из внеярусных растений обычны подмаренник мягкий и подмаренник северный, горошек мышиный. В этой части склона высажены несколько рядов яблони лесной и яблони ягодной. Встречаются антропогенные виды – желтушник левкойный и др.

ПП 2. Верхняя часть склона юго-восточной экспозиции, крутизна 31⁰. Координаты: 57.016808; 57.427327. Высота 238 м н.у.м. Разрез 17. Почва – дерново-карбонатная типичная среднесуглинистая на элювии гипсов и известняков.

Ад (0-3 см) – дернина, состоит из остатков травянистых растений, включения щебня.

А (3-14 см) – гумусовый, сухой, темно-серый с коричневым оттенком, среднесуглинистый, порошисто-мелкокомковато-зернистый, рыхловатый, включения щебня от мелкого до крупного, очень много корней, бурно вскипает только щебень, мелкозем не кипит, переход ясный по цвету.

АВ (11-24 см) – сухой, буровато-желтовато-серый, тяжелосуглинистый, мелкоореховато-комковатый, рыхлый, щебень более 5 см с мелкоземом, много корней, переход ясный по цвету и плотности.

ВС (24-42 см) – свежий, коричнево-бурый с желтоватым оттенком, глинистый, ореховатый, уплотнен, щебень от мелкого до крупного, единичные корни, переход заметный.

С (> 42 см) – щебень большого размера, выборочно вскипает.

На пробной площади 100 м² зафиксированы две карстовые воронки диаметром 2 и 3 м соответственно, а также участок нарушенной поверхности около 3 м², где обнаружены виды антропогенного биома: желтушник левкойный, крапива двудомная, одуванчик лекарственный и др. Проективное покрытие – около 60 %.

Видовое разнообразие растений лугового и степного биомов представлено в первом ярусе следующими видами: полынь горькая, таволга обыкновенная, единично – пастернак лесной, донник жёлтый, донник белый, коровяк чёрный. Во втором ярусе: полынь крупнолистная, остролодочник волосистый, ковыль перистый, овсяница борозчатая, бедренец камнеломковый, василёк шероховатый, звербой пятнистый, лапчатка средняя, лапчатка Гольдбаха, единично – тысячелистник

обыкновенный, вероника широколистная, крапива двудомная, крестовник Якова. В третьем ярусе доминирует земляника зелёная, земляника лесная, единично встречается подорожник средний, куртинками представлен очиток едкий. Из внеярусных растений – подмаренник мягкий и подмаренник северный.

ПП 3. Средняя часть склона юго-восточной экспозиции, крутизна 36⁰. Координаты: 57.013028; 57.422803. Высота 225 м н.у.м. Разрез 18. Почва – дерново-карбонатная типичная среднесуглинистая на элювии известняков.

Ад (0-4 см) – дернина, состоит остатков травянистых растений и мелкозема, сухой, темно-серый, среднесуглинистый, очень рыхлый, вскипает слабо, переход заметный.

А (4-15 см) – гумусовый, свежий, темно-серый, среднесуглинистый, комковато-зернистый, рыхлый, мелкопористый, единичные включения мелкого щебня, много корней, слабо вскипает, переход ясный по цвету.

АВ (15-22 см) – свежий, серовато-бурый, тяжелосуглинистый, мелкоореховато-комковатый, плотный, мелкопористый, единичный щебень, редкие корни, бурное вскипание, переход заметный.

ВС (22-34 см) – свежий, коричнево-бурый, глинистый, ореховатый, плотный, мелкопористый, щебень от мелкого до крупного, единичные корни, бурное вскипание, переход ясный.

С (34-40 см) – свежий, коричневый, очень плотный, щебень большого размера, бурно вскипает.

Видовой состав растений относится к луговому и степному биотам, схожему с представленному в точке 1, с доминированием полыни широколистной, овсяницы борозчатой, пулавки красильной и дрёммы белой и др. Встречаются также: колючник Биберштейна, мелколепестник острый и ежа сборная. Проективное покрытие около 70%.

Исследуемая территория граничит с участком молодого сосняка возраста 10-15 лет, в котором отмечено значительное число старых муравейников.

ПП 4. Верхняя часть склона северо-западной экспозиции, крутизна 33⁰. Координаты: 57.017565; 57.428029. Высота 230 м н.у.м. Разрез 19. Почва – дерново-карбонатная выщелоченная тяжелосуглинистая на элювии известняков.

Ад (0-2 см) – дернина.

А (2-13 см) – гумусовый, светло-серый, тяжелосуглинистый, зернистый, уплотненный, много корней, переход заметный по цвету.

АВ (13-23 см) – свежий, серовато-бурый, тяжелосуглинистый, ореховатый, уплотненный, редкие корни, переход ясный по цвету.

ВС (23-40 см) – свежий, бурый, тяжелосуглинистый, ореховатый, плотный, единичные корни, переход ясный.

С (40-57 см) – свежий, коричневый, очень плотный, щебень большого размера, бурно вскипает.

В растительном покрове преобладают растения лугового и опушечного биотам: злаки – ежа сборная, пырей ползучий, тимофеевка луговая; орляк обыкновенный; иван-чай узколистный, кровохлёбка лекарственная и полынь горькая. Все растения занимают первый ярус и дают 100% -е проективное покрытие. Из кустарников встречаются малина обыкновенная и шиповник майский. К антропогенному биотам относится бодяк щетинистый.

ПП 5. Средняя часть склона северо-западной экспозиции, крутизна 16⁰. Координаты: 57.017761; 57.427340. Высота 221 м н.у.м. Разрез 20. Почва – Светло-серая лесная среднесуглинистая на элюво-делювии карбонатный пород.

A₀ (0-3 см) – лесная подстилка.

A₁ (3-9 см) – гумусовый, свежий, светло-серый, среднесуглинистый, комновато-зернистый, рыхлый, много корней, переход ясный.

A₁A₂ (9-18 см) – гумусово-элювиальный, свежий, белесовато-светло-серый, среднесуглинистый, порошистый, рыхлый, единично щебень, много корней, переход ясный.

A₂B (18-29 см) – элювиально-иллювиальный, свежий, белесовато-светло-серый с бурыми пятнами, среднесуглинистый, порошисто-мелкоореховатый, мелкопористый, уплотненный, мало корней, переход постепенный.

B₁ (29-49 см) – иллювиальный, свежий, буроватый, тяжелосуглинистый, ореховатый, мелкопористый, плотный, мало корней, затеки гумуса, переход постепенный по плотности.

B₂ (49-68 см) – иллювиальный, влажноватый, бурый, глинистый, ореховатый, мелкопористый, плотный, единичные древесные корни, переход заметный.

BC (68-95 см) – влажный, оранжевато-бурый, тяжелосуглинистый, крупноореховатый, мелкопористый, плотный, переход постепенный.

C (95-110 см) – влажный, оранжевато-бурый, среднесуглинистый, крупноореховатый, включения известняка, мелкопористый, плотный, бурно вскипает.

Исследуемая точка расположена в ельнике. Максимальный возраст ели около 80-100 лет. Пробная площадь 400 м² включает примерно равные по размеру участки: во-первых, ельник зеленомошник с зелёными мхами – плевроций Шребера, гилокомиум блестящий, ритидий трёхранный; во-вторых, ельник травяной с выраженным травяным ярусом – земляника лесная, звездчатка Бунге, чистотел большой (на муравейниках); в-третьих, ельник мёртвопокровный. Из кустарников единично отмечены: крушина ломкая, ирга овальнолистная, можжевельник обыкновенный, жимолость лесная.

Таким образом, в почвенном покрове территории обследования преобладают дерново-карбонатные малоразвитые почвы тяжелого гранулометрического состава. В профиле этих почв встречается в большом количестве щебень разного размера, порода начинается с глубины 34-40 см. Реакция среды почв склонов юго-западной и юго-восточной экспозиции щелочная (рН 8,0-8,4). На склоне северо-западной экспозиции присутствуют дерново-карбонатные выщелоченные и светло-серые лесные почвы. Реакция среды данных почв варьирует от сильнокислой до слабокислой (рН 4,1-5,3).

В растительном покрове юго-западной и юго-восточной экспозиции горы (ПП 1, 2, 3) преобладают растения лугового и степного биомов с богатым видовым составом, северо-западной – растения опушечного, лугового и лесного биомов (ПП 4 и 5). Исследуемая территория характеризуется густой тропиной сетью. Проективное покрытие ковыля перистого (занесён в Красную книгу Пермского края [4]) достигает 60–80% на склонах юго-восточной и юго-западной экспозиции.

Полученные данные о почвенном и растительном покрове горы позволяют рекомендовать создание экологической тропы с целью экологического просвещения отдыхающих курорта, местного населения и демонстрации различных растительных биомов на редких почвах Пермского края на территории горы «Городище».

Литература

1. Классификация и диагностика почв СССР. М. Колос, 1977. 223 с.
2. Курорт «Ключи»: официальный сайт. URL: <https://www.spa-kluchi.ru/o-kurorte/> (дата обращения: 26.08.2023).
3. Ключевские источники. [Электронный ресурс] URL: <http://geoperm.books-place.ru/pam089-1.htm> (дата обращения: 26.08.2023).
4. Красная книга Пермского края. [Электронный ресурс] URL: <https://redbook.permecology.ru/> (дата обращения: 2.09.2023).
5. Особо охраняемые природные территории Пермского Края / гл. ред. Бузмаков С.А. Пермь: ООО «Астер Плюс», 2017. 511 с.

SOIL-VEGETATION COVER OF MOUNTAIN "GORODISHCHE" OF THE RESORT "KLUCHI" OF THE SUKSUN CITY DISTRICT OF THE PERM REGION

I.A. Samofalova¹, E.S. Lobanova¹, S.N. Zhukova¹, L.V. Novoselova², A.E. Putilova¹

¹Perm State Agro-Technical University, Perm, Russia

²FGBOU VPO PGNIU, Perm, Russia

Abstract. The article presents information about the soil and vegetation cover of the mountain "Gorodishche" of the resort "Klyuchi" of the Suksunsky city district of Perm Krai. The recommendation on the creation of an ecological trail is justified.

Keywords: mount "Gorodishche", soils, plant species composition, plant biodiversity, ecological trail.

References

1. Classification and diagnostics of soils of the USSR. M. Kolos, 1977. 223 p.
2. Resort "Keys": official website. URL: <https://www.spa-kluchi.ru/o-kurorte/> (accessed: 08.26.2023).
3. Klyuchevskie sources. [Electronic resource] URL: <http://geoperm.books-place.ru/pam089-1.htm> (date of reference: 08.26.2023).
4. Red Book of the Perm Region. [Electronic resource] URL: <https://redbook.permecology.ru/> (date of reference: 2.09.2023).
5. Specially protected natural territories of Perm Krai / ch. ed. Buzmakov S.A. Perm: LLC "Aster Plus", 2017. 511 p.

УДК.631.4

ГУМУСОВОЕ СОСТОЯНИЕ НЕКОТОРЫХ ПОЧВ ЮЖНОЙ ЧАСТИ ИРКУТСКО-ЧЕРЕМХОВСКОЙ РАВНИНЫ

В.З. Спирина

НИТГУ, Томск, Россия

e-mail: Spirina.pochva@mail.ru

Аннотация. Изучено гумусовое состояние подбуров южной части Иркутско-Черемховской равнины. Получены данные о гуматно-фульватном составе гумуса, с небольшим содержанием агрессивных фракций 1а ФК и незначительной величиной ГК, связанных с кальцием.

Ключевые слова: гумус, буроземы, условия почвообразования, свойства, гумусовые кислоты.

Показатели гумусового состояния почвы играют определенную роль в формировании ее важнейших свойств и признаков. Изучение гумусового

состояния почв необходимо для решения широкого круга проблем не только в области почвоведения, но и вопросов развития природной среды в целом.

Южная часть Иркутско-Черемховской равнины Предбайкалья представляет собой краевой прогиб Сибирской платформы [1]. Для Предбайкалья в отличие от других территорий характерно уникальное сочетание условий почвообразования: большое разнообразие рельефа, почвообразующих пород, климата, растительности, что обусловило пестроту почвенного покрова. Климат южного Предбайкалья характеризуется резкой континентальностью, что приводит к заторможенности или активизации биологического круговорота веществ [2]. Рельеф Иркутско-Черемховской равнины холмисто-увалистый слабо расчлененный. Почвообразующими породами являются рыхлые отложения, которые генетически связаны с коренными юрскими породами. Почвы данного региона существенно отличаются от подобных почв других территорий по морфологическим признакам и свойствам, а также по гумусовому состоянию, что, по мнению Г.А. Воробьевой [3], затрудняет их классификацию и диагностику. Изучение гумусового состояния почв равнины также необходимо для сохранения рекреационного потенциала земель, воспроизводства биологических ресурсов и наиболее рационального использования почв этой уникальной территории. В основе характеристики гумусового состояния почв лежит изучение наиболее специфических гумусовых кислот, что дает возможность говорить о направленности процессов образования гумуса и почвообразования в целом.

Цель работы заключается в изучении гумусового состояния и выявления особенностей группового и фракционного состава гумусовых веществ подбуров южной части Иркутско-Черемховской равнины.

Объекты и методы исследования. Объектом исследования послужили наиболее распространенные в южной части Иркутско-Черемховской равнины Предбайкалья подбуры разных видов и разновидностей. Подбуры развиваются в условиях поверхностного и внутрипочвенного дренажа на вершинах плоских увалов и пологих, наиболее дренированных склонах разных экспозиций на рыхлых почвообразующих породах легкого гранулометрического состава под кедрово-березовыми мелкотравными лесами. Для подбуров характерна аккумуляция алюмо-железисто-гумусовых соединений, которые формируют альфегумусовый горизонт коричневых или охристо-бурых оттенков [4].

Для исследования почв применялись общепринятые в почвоведении методы и методики. Групповой и фракционный состав гумуса определялся по методу И.В. Тюрина в модификации В.В. Пономаревой и Т.А. Плотниковой [5].

Подбур перегнойный бескарбонатный крайне мелкий среднесуглинистый (разрез 1) сформирован в транзитной позиции юго-восточного склона под кедровым лесом с травяным покровом. У подножья пологого склона развит подбур таежный бескарбонатный мелкий супесчаный (разрез 2), подбур иллювиально-железистый бескарбонатный мелкий среднесуглинистого гранулометрического состава (разрез 3) сформирован на выровненной

поверхности, прилегающей к склону. Самая небольшая мощность органогенного горизонта (10 см) у подбура крайне мелкого. Подбур таежный мелкий и иллювиально-железистый характеризуются аккумулятивным распределением органического вещества, с более мощными гумусовыми горизонтами (26-35 см). Под гумусовым горизонтом у всех подбуров залегает мощный железисто-иллювиальный песчаный горизонт ржаво-бурой или охристой окраски. Наличие карбонатов в профиле подбуров не обнаружено и только на глубине 100 см в материнской породе подбура перегнойного отмечается вскипание. Для исследованных подбуров характерен неоднородный среднесуглинистый и супесчаный гранулометрический состав с большим содержанием частиц крупной пыли и мелкого песка. Все почвы содержат очень мало илистых частиц (0,6-7,4%). Легкий гранулометрический состав подбуров, по данным В.О. Таргульяна [6], обеспечивает их малую влагоемкость, высокую водопроницаемость, свободный дренаж и быстрое более глубокое оттаивание. В подбурах содержание органического вещества изменяется в широких пределах [3, 5, 6,]. Свежий опад в верхних горизонтах накапливается в основном в виде плохо разложившихся растительных остатков или промежуточных продуктов.

В исследованных подбурах преобладает однотипный аккумулятивный характер распределения органического вещества с максимумом в органо-аккумулятивных горизонтах (2,3-6,9%) и резким снижением количества гумуса вниз по профилю. Наибольшее содержание гумуса (6,9%) отмечается в верхнем горизонте подбура иллювиально-железистого среднесуглинистого. В подбуре перегнойном среднесуглинистом в верхнем горизонте гумуса мало (2,5%). В гумусовом горизонте подбура таежного супесчаного количество гумуса составляет 4%. Для всех почв характерно значительное содержание гумуса (0,3-0,6%) в минеральной части профиля, что связано с его большой подвижностью и выносом из гумусово-аккумулятивной части. Величина суммы поглощенных катионов в гумусовых горизонтах составляет 18-35 мг-экв/100 почвы. На долю кальция приходится основное количество, магния содержится значительно меньше. Все подбуры характеризуются слабокислой реакцией среды. По содержанию подвижных элементов питания они относятся к малообеспеченным почвам. В гумусовых горизонтах азота содержится 5,8-8,5 мг/100 г почвы, подвижного фосфора – 9,8-12,4 мг/100 т почвы.

Одним из важных показателей почвообразования и плодородия почв является содержание гумуса и его качество. Гумусовое состояние почв оказывает воздействие на различные негативные факторы окружающей среды. Низкие температуры, переувлажненность почв и краткость теплого периода обуславливают малую активность разложения надземного и корневого опада, что приводит к слабой гумификации, а, следовательно, и незначительному накоплению гумуса, причем грубого. Наличие анаэробнобиозиса и как следствие развитие глеевого процесса тормозит минерализацию образующегося гумуса. Наиболее важным показателем качественного состава гумуса, как считают многие

исследователи, является содержание подвижных гумусовых веществ, состоящих из наиболее молодых соединений гумуса, которые быстро минерализуются и характеризуются повышенным содержанием доступных соединений азота [6, 7].

Данные качественного состава гумуса исследованных почв свидетельствуют о его фульватном составе. Преобладающими гумусовыми кислотами в подбурях является группа фульвокислот, поскольку их сумма в гумусовых горизонтах колеблется в пределах от 32,3% до 56,0% и имеет тенденцию увеличиваться в нижележащих горизонтах, что связано с их большой растворимостью и подвижностью. Максимальное значение суммы фульвокислот отмечается в подбуре оподзоленном бескарбонатном иллювиально-многогумусном. В гумусовом горизонте эта величина составляет 56,0%, на глубине 35-45 см достигает 65,2%, что значительно выше, чем в профиле подбура иллювиально-железистого и подбура перегнойного. Из группы фульвокислот преобладающей является 1 фракция, связанная с подвижными полуторными оксидами, и третья, связанная с устойчивыми полуторными оксидами. Содержание первой фракции ФК вниз по профилю у всех подбурях постепенно уменьшается до 7,2-13,5%. Обратную зависимость можно наблюдать с 3 фракцией ФК, с глубиной происходит ее увеличение до 7,1-27,0% по сравнению с содержанием в гумусовых горизонтах (5,1-16,5%). Такая величина 3-ей фракции ФК указывает на инертность гумуса исследованных почв. Количество фульвокислот второй фракции существенным образом по профилю не изменяется, колеблется в пределах 6,1-9,8%. В верхних горизонтах у всех подбуров агрессивной подвижной фракции ФК 1а содержится немного и составляет 5,4-9,7%. Низкая величина агрессивной фракции 1а фульвокислот свидетельствует об ограниченном ее участии в процессах выветривания первичных минералов в гумусированной части почв. В минеральных горизонтах происходит резкое увеличение этой фракции до 15,4-32,1%, что указывает на ее высокую подвижность и миграционную способность.

Критерием гумусированности органического вещества, как считают исследователи, служит доля гуминовых кислот, являющихся основным компонентом в составе гумуса. Количество гуминовых кислот в подбурях небольшое. Основное содержание суммы ГК сосредоточено в гумусовых горизонтах (16,3-20,4%). Максимальная величина характерна для подбура оподзоленного бескарбонатного иллювиального-многогумусного. С глубиной у всех подбуров сумма гуминовых кислот снижается и в минеральных горизонтах составляет 8,7-9,2%. Основную часть ГК составляют «свободные» и связанные с подвижными полуторными оксидами (1 фракция) и прочносвязанные с устойчивыми полуторными оксидами (3 фракция). Подвижные гуминовые кислоты накапливаются в основном в верхних органо-аккумулятивных горизонтах, в исследованных подбурях их величина колеблется от 6,4 до 12,8%, с глубиной снижается до 4,5-5,6%. Гуминовых кислот 3 фракции содержится 4,3-6,5%. Следует отметить, что содержание фульвокислот, связанных с минеральными коллоидами, значительно больше, чем гуминовых кислот той же

фракции. Это свидетельствует о том, что в неблагоприятных условиях формирования подбуров происходит образование фульвокислот, имеющих более простое строение. Как известно, у второй фракции ГК сильно выражено химическое сродство с кальцием и они выпадают с ним в осадок в форме гуматов кальция, которые устойчивы к растворению. Однако ненасыщенность основаниями исследуемых почв и растительного опада, кислотный характер процесса гумификации обусловили невысокое содержание второй фракции ГК, ее содержание составляет 0,4-0,7%. Основная часть стабильных гумусовых веществ почвы представлена негидролизуемым остатком. Это прочно связанная с минеральной частью почвы наиболее инертная часть гумуса, содержащиеся в ней элементы питания не могут использоваться растениями [3, 7]. В исследованных почвах негидролизуемый остаток, представленный трудногидролизуемыми компонентами растительности, составляет значительную часть гумуса – от 34,9 до 56,4%. Это обусловлено низкой биологической активностью, невысокой подвижностью гумусовых веществ и слабой интенсивностью процессов минерализации в подбурах, что приводит к высокому содержанию гумина.

Таким образом, выявленные особенности гумусового состояния подбуров отражают всю специфику условий почвообразования, что обусловило большое содержание негидролизуемого остатка, относительно невысокое содержание ГК второй фракции и низкие значения агрессивных ФК фракции 1а. Результаты исследования могут быть использованы для обоснования рационального использования приемов по улучшению гумусового состояния подбуров и разработки системы ведения хозяйств в регионе.

Литература

1. Атлас Иркутской области. М., Иркутск: ГУГК, 1962. 182 с.
2. Кузьмин В.А. Почвы Предбайкалья и Северного Забайкалья. Новосибирск: Наука. Сиб. отделение, 1988. 175 с.
3. Воробьева Г.А. Почва как летопись природных событий Предбайкалья // Проблемы эволюции и классификации почв. Иркутск: Изд-во Иркутского гос. ун-та, 2010. 205 с.
4. Жиндаева Д.В., Спирина В.З. Подбуры южной части Иркутско-Черемховской равнины // Отражение био-, гео-, антропогенных взаимодействий в почвах и почвенном покрове: сборник материалов Международной научной конференции, посвященной 90-летию кафедры почвоведения и экологии почв ТГУ. Томск: Издательский Дом Томского государственного университета, 2020. С. 49-52.
5. Пономарева В.В., Плотникова Т.А. Методические указания по определению содержания и состава гумуса в почвах (минеральных и торфяных). Л., 1975. 105 с.
6. Таргульян В.О. Почвообразование и выветривание в холодных гумидных областях. М.: Наука, 1977. 122 с.
7. Гамзиков Г.П. Азот в земледелии Западной Сибири. М.: Наука, 1981. 239 с.

HUMUS STATE OF SOME SOILS IN THE SOUTHERN PART OF THE IRKUTSK- CHEREMKHOVSKAYA PLAIN

V.Z. Spirina
NI TSU, Tomsk, Russia

Abstract. The humus state of the podburs of the southern part of the Irkutsk-Cheremkhovskaya plain has been studied. Data on the humate-fulvate composition of humus, with a small content of aggressive fractions 1a FC and an insignificant amount of GC associated with calcium, were obtained.

Keywords: humus, brown soils, soil formation conditions, properties, humic acids.

References

1. Atlas of the Irkutsk region. Moscow, Irkutsk: GUGK. 1962. 182 p.
2. Kuzmin V.A. Soils of Pre-Baikal and Northern Transbaikalia. Novosibirsk Nauka. Sib. Branch, 1988. 175 p.
3. Vorobyova G.A. Soil as a chronicle of natural events of the Baikal region.// Problems of evolution and classification of soils Irkutsk: Publishing House of Irkutsk State University, 2010. 205 p.
4. Zhindaeva D.V., Spirina V.Z. Podburi of the southern part of the Irkutsk-Cheremkhovskaya plain // Reflection of bio-, geo-, anthropogenic interactions in soils and soil cover: a collection of materials of the VII International Scientific Conference dedicated to the 90th anniversary of the Department of Soil Science and Soil Ecology of TSU. Tomsk: Publishing House of Tomsk State University, 2020. P. 49-52.
5. Ponomareva V.V., Plotnikova T.A. Methodological guidelines for determining the content and composition of humus in soils (mineral and peat). L., 1975. 105 p.
6. Targulyan V.O. Soil formation and weathering in cold humid areas. M.: Nauka, 1977. 122 p.
7. Gamzikov G.P. Nitrogen in agriculture of Western Siberia. M.: Nauka, 1981. 239 p.

УДК 631.481

ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКИЙ СОСТАВ ПОЧВ АРХЕОЛОГИЧЕСКИХ ПАМЯТНИКОВ НА ФОНЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ ПРИРОДНОГО И АНТРОПОГЕННОГО ФАКТОРА

Р.Р. Сулейманов^{1, 2}, А.Я. Кунгурцев³, Н.С. Савельев⁴

¹ФГБОУ ВО УУНиТ, Уфа, Россия;

²УИБ УФИЦ РАН, Уфа, Россия

³ФГАОУ ВО УрФУ, Екатеринбург, Россия

⁴ИИЯЛ УФИЦ РАН, Уфа, Россия

e-mail: soils@mail.ru

Аннотация. Почвенный покров археологических памятников наследует результат сложного воздействия. Функцию природного и антропогенного воздействия фиксируют агрохимические показатели и гранулометрический состав почв.

Ключевые слова: археологический памятник, почвенный покров, гранулометрический состав, антропогенное нарушение, природный фактор.

На территории археологических памятников почвенный покров наследует комбинацию нарушений, где в разной степени сочетаются результат природного и антропогенного воздействия [5]. Начало изучения почвенного покрова археологических памятников положено в работах второй половины XIX в. Накопление и систематизация результатов исследования почв археологических памятников, в течение первой половины XX в, привело к появлению, в 60-е гг. XX в, комплексных почвенно-археологических исследований [6] и, выделению, в последней четверти XX в, нового направления – археологическое почвоведение [3]. Памятники археологии Восточно-Европейской территории России наиболее

полно охвачены комплексными исследованиями [2]. Территория Республики Башкортостан насыщена памятниками археологии [1], но комплексными исследованиями памятники охвачены единично [9-14].

Объектом исследования выбран почвенный покров археологических памятников «Стоянка Карабалыкты VII» (Мысовая, Урта-Тубе) (палеолит, мезолит, неолит) [1] и «Имсяктау-1, селище» (средневековье) [7]. «Стоянка Карабалыкты VII» (Мысовая, Урта-Тубе) расположена на западном берегу озера Карабалыкты, около села Ташбулатово [1]. «Имсяктау-1, селище» находится на правом берегу реки Большой Кизил, около села Ишкулово [7]. Согласно физико-географическому районированию Республики Башкортостан [4] территория в районе сел Ташбулатово и Ишкулово находится в пределах Восточной Башкирии. Климат умеренно-теплый. Среднегодовая температура воздуха от 2° до 1°С и ниже. Годовая сумма осадков 350-450 мм и выше

Морфологическое обследование лугово-черноземной карбонатной почвы объекта археологического наследия «Стоянка Карабалыкты VII» (Мысовая, Урта-Тубе), Шурф № 2-2022, обнаружило особенности гидрологического режима, связанные с застоем воды.

AУ 0-16 см Темно-серый, рассыпчатый, порошистый, средняя пылеватая глина, влажный, переплетен конями, переход по плотности.

AU 16-53 см. Темно-серый, плотный, столбчатый, комковато-призматический, средняя иловатая глина, влажный, переход ровный по цвету.

Q 53-...см. Сизовато-серый, творожистый, средняя пылеватая глина, сырой, Fe-Mn конкреции, включения щебенки диабаз.

Почва: Лугово-черноземная карбонатная.

Морфологическое обследование лугово-черноземной антропогенно преобразованной почвы на территории объекта археологического наследия «Имсяктау-1, селище», Шурф № 5-2022, в районе надпойменной террасы, примыкающей к нижней части склона к реке Большой Кизил, показало результаты антропогенного воздействия на фоне гидрологического режима.

PU 0-20 см. Темно-серый, порошисто-комковатый, рассыпчатый, средняя пылеватая глина, переплетен корнями, влажноватый, включения супесчаных белесых линз шириной до 4 см, археологические находки.

VEL 20-42 см. Серовато-сизый, плотный, мелко-средне комковато-зернистый, средняя пылеватая глина, влажноватый, единичные включения щебенки диабаз, переход ровный по цвету.

Q 42-...см. Белесовато-сизый, комковатый, средняя пылеватая глина, влажноватый, упакован щебенкой диабаз.

Почва: Лугово-черноземная карбонатная антропогенно преобразованная.

По литературным данным лугово-черноземные почвы имеют не большое распространение на территории Республики Башкортостан и встречаются в Абзелиловском районе [8].

Лабораторно-аналитические исследования проводили общепринятыми методами. Почвы археологических памятников по результатам агрохимических исследований имеют нейтральные и слабокислые значения величины актуальной кислотности. В гумусовых горизонтах AU, 16-53 и PU, 0-20, pH H₂O (5,74-6,97).

Степень насыщенности почв основаниями составляет более 90%. Содержание подвижных форм железа в гумусовом горизонте около площадки стоянки Мысовая, Шурф № 2-2022, АУ Fe₂O₃ подв. 37 мг/кг оказалось в 7,4 раза больше чем в гумусовом горизонте селища Имсяктау-1, Шурф № 5-2022, PU Fe₂O₃ подв. 5 мг/кг. Однако, содержание органического вещества и подвижных форм фосфора показывает противоположную картину. Так, содержание органического вещества почвы в гумусовом горизонте селища Имсяктау-1, Шурф № 5-2022, PU, 0-20, Гумус 6,8% в 2 раза превышает содержание органического вещества в гумусовом горизонте, Шурф № 2-2022, около стоянки Мысовая, АУ, 16-53, Гумус 3,4%. По содержанию подвижных форм фосфора гумусовый горизонт селища Имсяктау-1, Шурф № 5-2022, PU, 0-20, P₂O₅ 102,7 мг/кг в 6,8 раза превышает содержание подвижных форм фосфора в гумусовом горизонте около стоянки Мысовая, Шурф № 2-2022, АУ, 16-53, P₂O₅ 14,9 мг/кг.

По результатам гранулометрического состава почвы археологических памятников классифицируются, как глина легкая и суглинок тяжёлый и средний. Потеря от обработки HCL составила 3,1-5,7%. В составе элементарных почвенных частиц (ЭПЧ) наибольшая доля соответствует частицам илистой фракции 23,4-40,7%. Второе и третье место разделяют фракция крупной пыли 15,4-20,3% и фракция суммы среднего и мелкого песка 15,4-23,7%. Далее следует фракция мелкой пыли 8,84-19,7%. Следует отметить, что внутри профиля фракция ила показывает уменьшение доли при переходе от верхних органоминеральных и минеральных горизонтов 40,7-27,6% к основанию профиля 27,7-25,2%. Аналогичное распределения показывают фракции пыли. Фракция крупного песка, наоборот, показывает накопление от верхних горизонтов 7,9-8,1% к основанию профиля почв 20,2-10,1%. Аналогичное распределение соответствует сумме фракций среднего и мелкого песка. Накопление илистой фракции в гумусовом горизонте, АУ 16-53, в результате застоя воды, Мысовая, Шурф № 2-2022, по сравнению с антропогенно преобразованным гумусовым горизонтом, PU 0-20, селища Имсяктау-1, Шурф № 5-2022, представлено на рисунке. Коэффициент однообразия C_u при 30 и 60-процентной встречаемости (ЭПЧ) элементарных почвенных частиц в гумусовом горизонте АУ около стоянки Мысовая, Шурф № 2-2022, и в антропогенно преобразованном гумусовом горизонте PU, селища Имсяктау-1, Шурф № 5-2022, имеет близкие значения C_u d60/d30, 10,0-12,6.

В целом в основании профиля исследуемых почв в связи с особенностями гидрологического режима проявляется глеевый горизонт Q. На территории селища Имсяктау-1, Шурф № 5-2022, морфологически выделяется антропогенно преобразованный гумусовый горизонт PU, 0-20, с включениями супесчаных линз и археологических находок. Горизонт PU, 0-20, обнаруживает повышенное содержание фосфора и органического вещества, что можем связать с результатом антропогенного воздействия.

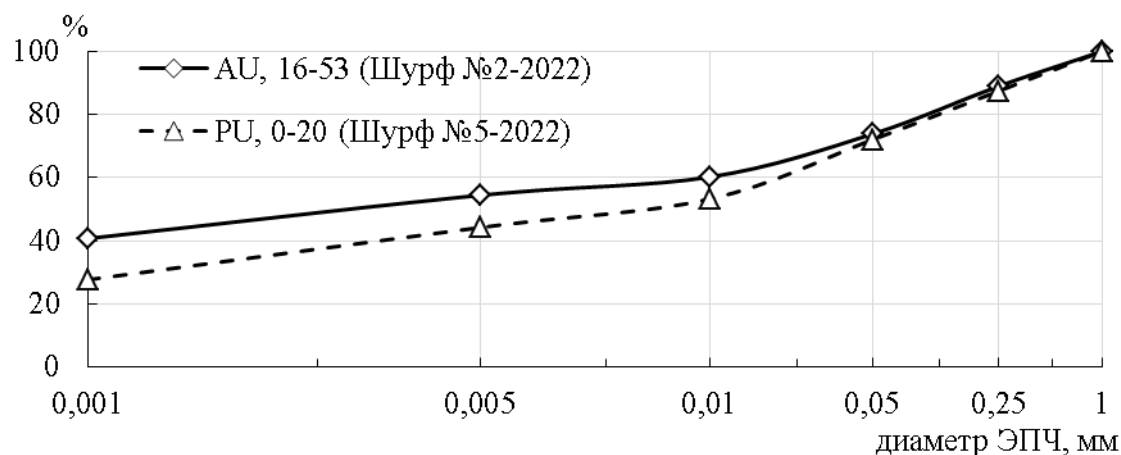


Рисунок. Интегральные кривые распределения по диаметру элементарных почвенных частиц (ЭПЧ) в гумусовых горизонтах почв около стоянки Мысовая, Шурф № 2-2022 и селища Имсяктау-1, Шурф № 5-2022

Повышенное содержание подвижных форм железа в гумусовом горизонте AU, 16-53, около стоянки Мысовая, Шурф № 2-2022, можем связать с особенностями гидрологического режима, застой воды. Застой воды, с одной стороны, даже при близких значениях коэффициента однообразия, вызывает аккумуляцию наиболее подвижной илистой фракции и фракций пыли в верхней части профиля почв, исследуемых памятников, а с другой стороны, приводит к растворению легкорастворимых форм гипса и карбонатов, что показывает небольшая доля потери от обработки HCL.

Статья подготовлена при поддержке гранта РФФ № 22-28-00815 «Комплексная реконструкция освоения горных степей Южного Урала от эпохи камня до Нового времени (социокультурные и природные трансформации)».

Литература

1. Бадер О.Н. Археологическая карта Башкирии / под ред. О. Н. Бадера. Москва: Наука, 1976. 263с.
2. Голеев П.В., Лисецкий Ф. Н. Воспроизводство почв в антропогенно нарушенных ландшафтах лесостепи. Москва: ГЕОС, 2009. 210 с.
3. Иванов И.В., Дёмкин В.А. Почвоведение и археология // Почвоведение. 1999. № 1. С. 106-113.
4. Кадильников И.П. Физико-географическое районирование Башкирской АССР. Ученые записки том XVI. Серия географическая № 1 / под ред. И.П. Кадильникова. Уфа, 1964. 210с.
5. Культурные слои как память об антропогенном почвообразовании и седиментогенезе / С.А. Сычёва [и др.]. // Память почв: почва как память биосферно-геосферно-антропосферных взаимодействий. Москва: ЛКИ, 2008. С. 651-674.
6. Марперт Н.Я., Смирнов А.П. Археология и некоторые вопросы почвоведения (В связи с работами Куйбышевской экспедиции) // Советская археология. 1960. № 4. С. 3-13.
7. Рязанов С.В. Металлургия железа на Южном Урале в XIII – XIV вв. Уфа: ИЭИ УНЦ РАН, 2011. 125 с.
8. Хазиев Ф.Х. Почвы Башкортостана. Т. 1. Эколого-генетическая и агропроизводственная характеристика / под ред. Ф.Х. Хазиева. Уфа: Гилем, 1995. 384 с.
9. Савельев Н. С., Курманов Р.Г., Сулейманов Р.Р. Первые результаты комплексных исследований Шиповского городища в лесостепи Южного Приуралья // XXI Уральское археологическое совещание, посвященное 85-летию со дня рождения Г. И. Матвеевой и 70-летию со дня рождения

И.Б. Васильева. Матер. Всеросс. научн. конф. с междунар. участием. Самара: Изд-во СГСПУ, 2018. С. 242-244.

10. Сулейманов Р.Р. Почвенные исследования археологического памятника в долине р. Стерля // Вестник Оренбургского гос. ун-та. 2007. № 9. С. 189-194.

11. Сулейманов Р.Р. Обыденнова Г.Т. Почвенно-археологическое исследование поселения бронзового века в пойме р. Уршак (Башкирия) // Почвоведение. 2006. № 8. С. 914-920.

12. Сулейманов Р.Р., Овсянников В.В. Почвенно-экологическая характеристика археологического памятника “Бактимировское городище” // Вестник Оренбургского гос. ун-та. 2011. № 12. С. 151-153.

13. Сулейманов Р.Р., Овсянников В.В., Колонских А.Г., Абакумов Е.В., Кунгурцев А.Я., Сулейманов А.Р. Почвенно-археологическое исследование средневеково Вотикеевского комплекса в северной лесостепной зоне Южного Предуралья // Почвоведение. 2020. № 3. С. 279-290. DOI: 10.31857/S0032180X20030089.

14. Suleymanov R., Obydenнова G., Kungurtsev A., Atnabaev N., Komissarov M., Gusarov A., Adelmurzina I., Suleymanov A., Abakumov E. Human-Altered Soils at an Archeological Site of the Bronze Age: The Tyater-Araslanovo-II Settlement, Southern Cis-Ural Region, Russia // Quaternary. 2021. Vol. 4. Iss.4. № 32. DOI:10.3390/quat4040032.

GRANULOMETRIC COMPOSITION OF SOILS OF ARCHAEOLOGICAL SITES AGAINST THE BACKGROUND OF THE IMPACT OF NATURAL AND ANTHROPOGENIC FACTORS

R.R. Suleymanov^{1,2}, A.Ya. Kungurtsev³, N.S. Savel'ev⁴

¹UUST, Ufa, Russia

²UIB UFRS, RAS, Ufa, Russia

³URfU, Ekaterinburg, Russia

⁴IHLL UFRC RAS, Ufa, Russia

Abstract. The soil cover of archaeological sites inherits the result of a complex impact. The function of natural and anthropogenic impact is recorded by agrochemical indicators and granulometric composition of soils.

Keywords: archaeological site, soil cover, granulometric composition, anthropogenic disturbance, natural factor.

References

1. Bader O.N. Archaeological Map of Bashkiria / edited by O. N. Bader. Moscow: Nauka Publisher, 1976. 263 p.
2. Goleusov P.V. and Lisetsky F N Reproduction of soils in the anthropogenic disturbed landscapes of the forest-steppe / P.V. Goleusov, F. N. Lisetsky Moscow: GEOS, 2009. 210 p.
3. Ivanov I.V., Demkin V.A. Soil Science and Archaeology // Soil Science. 1999. Vol. 1. P. 106-113.
4. Kadilnikov I. P. Physical-geographical zoning of the Bashkir ASSR. Scientific notes Volume XVI. Geographic Series No.1 / edited by I. P. Kadilnikov. Ufa, 1964. 210 p.
5. Cultural Layers as a Memory of Antropogenic Pedogenesis and Sedimentation / S. A. Sycheva [et al.] // Soil Memory: Soil as a Memory of Biosphere-Geosphere-Antroposphere Interactions. Moscow: LKI Publishers, 2008. P. 651-674.
6. Marpert N.Ya., Smirnov A.P. Archaeology and some issues of soil science (In connection with the works of Kuibyshev expedition) // Soviet Archaeology. 1960. Vol. 4. P. 3-13.
7. Ryazanov S. V. Iron metallurgy in the Southern Urals in the XIII – XIV centuries. Ufa: IES USC RAS, 2011. 125 p.
8. Khaziev F.K. Soils of Bashkortostan. Vol. 1. Ecologic-Genetic and Agroproductive Characterization. Ufa: Gilem. 1995. 385 p.
9. Savel'ev N.C., Kurmanov R.G., Suleymanov R.R. The first results of comprehensive studies of Shipovskoe settlement in the forest-steppe of the Southern Urals // XXI Urals archaeological meeting devoted to the 85th anniversary since the birth of G. I. Matveeva and the 70th anniversary since the birth

of I.B. Vasiliev. Mater. All-Russian Scientific Conference with International Participation. Samara: SGSPU Publishing House, 2018. P. 242-244.

10. Suleymanov R.R. Soil investigations of the archaeological site in the Sterlya river valley // Vestnik of the Orenburg State Univ. 2007. Vol. 9. P. 189-194.

11. Suleimanov R.R., Obydenova G.T. Soil-archaeological studies of the bronze-age settlement on the Urshak River floodplain, Bashkortostan // Eurasian Soil Sci. 2006. Vol. 39. Iss. 8. P. 820-825.

12. Suleymanov R.R., Ovsyannikov V.V. Soil-ecological characteristics of the archaeological site "Baktimirovskoe settlement" // Vestnik of the Orenburg State Univ. 2011. Vol. 12. P. 151-153.

13. Suleymanov R.R., Ovsyannikov V.V., Kolonskih A.G., Abakumov E.V., Kungurtsev A.Ya., Suleymanov A.R. Soil-archaeological study of the Votikeevo medieval archeological site in the northern forest-steppe zone of the southern Cis-Ural region // Eurasian Soil Sci. 2020. Vol. 53. Iss. 3. P. 283-293. DOI: 10.1134/S1064229320030084

14. Suleymanov R., Obydenova G., Kungurtsev A., Atnabaev N., Komissarov M., Gusarov A., Adelmurzina I., Suleymanov A., Abakumov E. Human-Altered Soils at an Archeological Site of the Bronze Age: The Tyater-Araslanovo-II Settlement, Southern Cis-Ural Region, Russia // Quaternary. 2021. Vol.4. Iss. 4. № 32. DOI:10.3390/quat4040032.

УДК 631.48

ОПЫТ КОЛИЧЕСТВЕННОГО ИЗУЧЕНИЯ

РАЗНООБРАЗИЯ МИНЕРАЛЬНЫХ ПОЧВЕННЫХ ТЕЛ (ПЕДОМАТРИЦ)

А.С. Фрид

ФГБНУ ВНИИ фитопатологии, Московская обл., Россия

e-mail: asfrid@mail.ru

Аннотация. Изучали почвенные тела по данным гранулометрического и валового химического составов. Выборка из 7 десятков почв охватила районы Европейской, Западно-Сибирской и Среднеазиатской частей бывшего СССР. Результаты недостаточно согласуются с географическими и классификационными представлениями о почвах.

Ключевые слова: почвенные тела, количественная характеристика, география, классификация.

Современный взгляд на почвенные тела (педоматрицы) как составляющую часть теории педогенеза изложен в монографии В.О. Таргульяна [1]. Целью данной работы было исследовать совокупность некоторых количественных характеристик вещественного состава и организации почвенных тел различных географических регионов, оценить сходство и различие с географией и классификациями соответствующих почвенных систем (почв).

Объектами исследования были взяты, в основном, описания почвенных разрезов минеральных почв, представленные в путеводителях почвенных экскурсий международного конгресса в Москве и отечественных съездов почвоведов, в которых имели место одновременно гранулометрический состав и валовой химический состав прокалённой навески по профилю почвы в традиционном для почвоведов представлении.

Указанные почвенные характеристики каждого профиля были оцифрованы следующим образом.

1) Изменения по глубине профиля гранулометрического и валового химического состава в целом (то есть по совокупности всех фракций и по совокупности химических элементов) оценивали в виде сходства соседних слоёв (горизонтов) сверху вниз. По характеру изменения сходства оценивали количество возможных границ в конкретном профиле для гранулометрического и для валового химического составов отдельно.

2) Степень дифференциации (СД) отдельных почвенных показателей по профилю в целом оценивали по 3-й (информационной по Шеннону для функции распределения) модели из работы [2]. Эта модель дифференциации предусматривает и учёт ошибок измерения показателя с тем или иным уровнем значимости – чем меньше ошибка и больше уровень значимости, тем выше расчётная степень дифференциации (абсолютная величина). В данной работе использован уровень значимости 0.05, обычный в почвоведении и агрохимии.

Для гранулометрического анализа степень дифференциации оценивали для расчётной фракции физической глины (ФГ), которая используется при классификациях почв на уровне разновидностей, и для фракции крупной пыли (КРП), которая часто является одной из крупнейших. Для валового химического анализа (на прокалённую навеску) дополнительно использовали отношения $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$, $\text{SiO}_2/\text{Fe}_2\text{O}_3$, SiO_2/CaO , SiO_2/MgO , $\text{SiO}_2/\text{Na}_2\text{O}$, которые легко пересчитываются в молекулярные отношения, часто используемые для интерпретации почвенных процессов.

В результате этих расчётов была получена матрица из 16 показателей по всем почвам, но имелись и пропуски, обусловленные отсутствием некоторых данных в источниках. Для каждого показателя по всей выборке были построены гистограммы, плотности и функции распределения, а также посчитаны коэффициенты корреляции и проведены многомерные (по совокупности показателей) группировки почвенных тел (педоматриц). Из статистических характеристик видно, что для большинства показателей имеются либо две моды, либо длинные хвосты, то есть выборку нельзя признать однородной, что конечно не удивительно при довольно широкой её географии (нельзя исключать также аналитических ошибок и опечаток в источниках).

Для большинства показателей отмечена средняя степень дифференциации по профилю, а самую слабую дифференциацию имеет отношение $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$. Для педоматриц отдельных почв, конечно, имеют место и отклонения от указанной общей тенденции.

Если сгруппировать ту же информацию по почвам, то наиболее дифференцированная почва – (номер 65) подзол иллювиально-железистый с 4-мя показателями аккумулятивного типа распределения. 4 почвы (номера 45, 53, 59, 67) сильно-средне- дифференцированы по двум показателям, ещё 11 почв заметно дифференцированы по одному показателю.

Представляло интерес оценить, насколько различается число границ в профилях, найденное по гранулометрическому и по валовому химическому составам для выборки в целом. Медианы и квартили для числа границ близки между собой, но есть различия в количестве мод. Коэффициент корреляции между числом границ невысок (0.55), но уровень значимости 0.001; однако доверие к этому результату невелико, так как распределения обоих показателей (особенно первого) далеки от нормальных. Проведено также сравнение этих показателей по t-критерию для сопряжённых выборок: средняя разность между первым и вторым равна -0.18 при её ошибке 0.15, то есть разность незначима. Таким образом, значительные расхождения в количестве границ могут быть для отдельных почв, но не для выборки в целом.

В качестве наиболее существенных ($r > 0.7$) условно значимых парных корреляций между показателями можно указать корреляции между средними по профилю значениями отношений валовых содержаний $\text{SiO}_2/\text{Fe}_2\text{O}_3$ и SiO_2/MgO , $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ и SiO_2/MgO , $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ и $\text{SiO}_2/\text{Fe}_2\text{O}_3$; это может представлять интерес для минералогии почв.

При группировке педоматриц (их возможной макроорганизации в выборке по географическому и/или почвенно-классификационному принципу) при наличии пропусков в данных мы имели дело с двумя вариантами подвыборок: 56 почв со всеми 16 показателями (включающими натрий) и 71 почва с 14 показателями (без натрия). Принципиальной разницы в группировках этих подвыборок мы не видели, и далее приводим результаты только по первой.

Для этой подвыборки получен такой вариант приблизительной согласованности двух алгоритмов группировки: по парогрупповому критерию – 23 группы (в том числе, 13 групп по одной почве, 5 по 2 почве, 2 по 3 почве, 3 группы содержали более трёх почв), по дендрограмме при уровне сходства 70-61% – 24 группы (в том числе, 14 групп по одной почве, 5 по 2 почве, 2 по 3 почвы, 3 группы содержали более трёх почв). Почвенный состав групп по двум алгоритмам не совпадает, хотя и пересекается. Далее, для сокращения объёма статьи, подробно покажем результаты, полученные при группировке с помощью дендрограммы.

По результатам группировки педоматрицы почв охарактеризованы крупными разделами почвенно-географического районирования (пояс, зона/подзона, провинция), типами почв по Классификации почв СССР 1977 г., отделами по Классификации почв России 2004 г., а также названием гранулометрического состава, наличием карбонатов (есть или нет) и особенностями химико-минералогического состава по содержанию SiO_2 (>60% - сиаллитные кислые минералы, <60% – сиаллитные прочие минералы; это использовано в Классификации 2004 г., с.288-289). Отметим, что отнесение по районированию проведено нами, по классификациям – частично нами, а остальные показатели оценены по фактическим данным.

Так как объём подвыборки ограничен и получен не случайным образом, то об однородности полученных групп можно судить не столько по совпадениям значений использованных характеристик в группе, сколько по их различиям (то есть, совпадения здесь более ожидаемы по алгоритму группировки, чем несовпадения). Более или менее разделяются лёгкие и тяжёлые почвы, но в группе номер 11 и они смешались. По наличию карбонатов уже 3 смешанные группы (1-я, 3-я и 4-я). Подавляющее число почв в выборке содержит кислые сиаллитные минералы, но и они смешаны с прочими в группе номер 4. По географическим и классификационным почвенным характеристикам группы практически всегда являются смешанными. Таким образом, предположение В.О.Таргульяна о необходимости других критериев по географии и классификации педоматриц по сравнению с почвенными системами (почвами), по нашему мнению, находит своё подтверждение.

Попытка выделить ведущие показатели группировки с помощью метода главных компонент не привела к успеху – их оказалось большинство. Можно было предположить, что трудность их выделения связана с избыточностью их общего числа при коррелированности многих из них (см. выше). В таких случаях рекомендуется сократить число показателей, убрав некоторые из закоррелированных.

После жёсткого отбора по этому принципу осталось 7 показателей. После этого получено 28 групп (в том числе, 16 групп по одной почве, 7 по две почвы, 2 по три почвы и 3 группы с содержанием более трёх почв). 10 групп по одной почве были общими с группировкой по всему набору показателей - это самые разные почвы от Коми до Крыма и от Карпат до Алтая, включая палеопочву в районе Курска.

Крупные группы (номера 1, 3, 7) довольно разнородны географически, ещё сильнее – почвенно-классификационно; но все они тяжёлого гранулометрического состава и все из сиаллитно-кислых минералов. Неислые минералы в этот раз нигде не смешаны в одних группах с кислыми и образуют 4 группы (номера 5, 6, 11, 15). В результате 11 групп (более 1/3 от общего числа) не изменило свой состав после исключения «избыточных» показателей. Из этого следует, что и по семи оставшимся показателям эти педоматрицы сильно отличаются от других и друг от друга.

Заключение. Прделанная работа показала, что почвенные тела (педоматрицы), позволяя использование количественных подходов, образуют географические структуры, отличные от географических структур почвенных систем (почв). Следовательно, имеется смысл их самостоятельного изучения.

Возникли и другие вопросы, представляющие интерес. Почему в некоторых почвенных телах различается число границ (слоёв), найденных по гранулометрическому составу и по валовому химическому? Насколько совпадают глубины этих двух типов границ? Связаны ли тренды по профилю с

минералогическим составом почв и с известными почвенными процессами? Имеются, наверное, и другие вопросы, на которые автор не обратил внимания.

Литература

1. Таргульян В.О. Теория педогенеза и эволюции почв. М.: Изд. ГЕОС. 2019. 296 с.
2. Фрид А.С. Об оценке степени дифференциации показателя в почвенном профиле // Почвоведение. 1992. № 5. С. 112-116.

EXPERIMENT OF QUANTITATIVE STUDY OF VARIETY OF MINERAL SOIL BODIES (PEDOMATRIX)

A.S. Frid

All-Russia research institute of phytopathology, Moscow region, Russia

Abstract. Soil bodies were studied according to the data of granulometric and bulk chemical compositions. A sample of 7 dozens of soils covered areas of the European, West Siberian and Central Asian parts of the former USSR. The results do not agree well with geographic and classification ideas about soils.

Key words: soil bodies (pedomatrixes), quantitative characteristics, geography, classification.

References

1. Targulian V.O. Theory of pedogenesis and soil change in time. Moscow: Publishing hous GEOS. 296 p.
2. Frid A.S. Evaluation of the Variation of a Characteristic with Dept in the Soil Profile // Euras. Soil Sci. 1992. № 24 (10). P. 78-83.

СЕКЦИЯ 2. ПОЧВЕННЫЕ РЕСУРСЫ И ОЦЕНКА ЗЕМЕЛЬ (ПЛОДОРОДИЕ, ДЕГРАДАЦИЯ, ОХРАНА, МОНИТОРИНГ). ПОСТАГРОГЕННАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ ПОЧВ.

УПРАВЛЕНИЕ ЗЕМЕЛЬНЫМИ РЕСУРСАМИ

SECTION 2. SOIL RESOURCES AND LAND EVALUATION (FERTILITY, DEGRADATION, CONSERVATION, MONITORING). POSTAGROGENIC SOIL TRANSFORMATION. MANAGEMENT OF LAND RESOURCES

УДК 631.153

**ТЕКУЩЕЕ СОСТОЯНИЕ ЗАЛЕЖНЫХ ПОЧВ
ЛЕНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ**

Е.В. Абакумов, Е.Ю. Чебыкина, Т.И. Низамутдинов, В.И. Поляков
Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия
e-mail: e.abakumov@bio.spbu.ru, e_abakumov@mail.ru

Аннотация. Обсуждается разнообразие эволюционных путей и морфогенеза залежных почв Ленинградской области в постсоветский период. Приводится оценка перспектив повторного вовлечения почв залежных земель в сельскохозяйственное производство. Анализируется спектр продовольственных экосистемных услуг залежных почв.

Ключевые слова: почвы, залежи, Ленинградская обл., Санкт-Петербург, морфогенез, свойства, экосистемные функции и услуги.

Действующие и залежные агроэкосистемы являются уникальным объектом, который представлен моделями развития, деградации, проградации и в целом – эволюции компонентов биогеоценозов во времени и пространстве в связи с разнонаправленной динамикой агрогенного воздействия на ландшафты с различной литологической матрицей и почвенно-климатическими условиями. Северо-Западный регион РФ в этом смысле представляет особый интерес, поскольку здесь происходило как масштабное освоение земель, так и неконтролируемый перевод их в залежное состояние и выведение их из залежного состояния в последнее время. Проводились мероприятия по осушению и орошению, интенсивной мелиорации и рекультивации земель. Это привело к формированию хронорядов (хроносерий) разновозрастных почв с разной степенью агрогенного воздействия и разнонаправленными морфогенетическими процессами. Наличие хроносерий разновозрастных залежных в различных ландшафтах позволит провести ретроспективный анализ динамики свойств агропочв таежно-лесной зоны, проанализировать тренды их эволюции после перехода в залежь на Северо-Западе Восточно-Европейской равнины. Это особенно важно в связи планируемым анализом производственного потенциала «скрытой» продовольственной корзины России и имплементацией Федеральной

программы «Вторая целина». Постагрогенная эволюция почв проявляется в различных районах Ленинградской области и пригородах Санкт-Петербурга в различных морфологических признаках и экосистемных процессах. Почвы Карельского перешейка, в основном, расположены лесопокрытых территориях, при этом все леса здесь вторичные – послерубочные, послепожарные (что усугубляется современными процессами очень интенсивного рекреационного воздействия) и постагрогенные. Поскольку зональными почвами Карельского перешейка на песчаных породах являются подбуры, вторичное облесение не приводит к появлению выраженного подзолистого горизонта, что связано с полимиктовым составом почвообразующих пород. Суглинистые и глинистые почвы межсельговых понижений, несмотря на наличие в отдельных местах финской мелиоративной сети, подвержены сильному переувлажнению и заболачиванию, что приводит к формированию горизонтов и признаков полугидроморфного и гидроморфного ряда.

Почвы Ижорской возвышенности, где доминируют карбонатные породы, в настоящее время достаточно интенсивно вовлекаются в сельскохозяйственное использование. Тем не менее на залежных агроценозах наблюдается накопление скелетной фракции на поверхности пахотного горизонта, что связано с прекращением работ по уборке камней. При вторичном облесении агропочв центральной части Ижорской возвышенности происходит увеличение интенсивности выщелачивания и элювиально-иллювиальной дифференциации, а также поверхностного оглеения с последующей редоксиморфной иммобилизацией соединений железа и марганца.

Почвы Лодейнопольского, Тихвинского и Подпорожского районов, ландшафты которых были очень интенсивно осушены во второй половине XX века, очень часто представлены торфоземами, при этом переход в залежь совсем не означает вторичное заболачивание огромных площадей, сложенных зандровыми и флювиогляциальными песками, поскольку при осушении грунтовые воды могут потерять связь с почвенным профилем. Нередко на торфоземах развиваются закустаренные травянистые сообщества с явным дефицитом продуктивной влаги. Осушенные поймы рек, использовавшиеся под сенокосение подвержены вторичному обводнению, и посталлювиальные агропочвы становятся вновь аллювиальными серогумусовыми, и, видимо, проблем с их восстановлением в прежнем виде почти нет. Постепенная экспансия мелколиственной, а затем и хвойной растительности на залежные поля приводит к быстрому развитию процессов вторичного оподзоливания гумусового горизонта, при этом данный процесс, равно как и минерализационная дегумификация, развиты больше в почвах легкого гранулометрического состава по сравнению с тяжелыми почвами (здесь органическое вещество гораздо более стабилизировано благодаря оструктурированию и органо-минеральным взаимодействиям). В пахотных и подпахотных горизонтах песчаных почв быстро восстанавливается псевдофибровый горизонт (пески, супеси) или горизонты

накопления разноразмерных конкреционных новообразований (суглинки, глины). В Нижнесви́рском государственном заповеднике, территория которого ранее (70-80 лет назад) была представлена почти исключительно антропогенными экосистемами, зональный южно-таежный экогенез привел к формированию предклимаксных лесов и почти полному исчезновению морфогенетических признаков агропочв; эти признаки сохранились лишь на территории заброшенных деревень и связаны с более поздним прекращением антропогенного воздействия. Залежные почвы имеют подзолистый или элювиальный горизонт в верхней части профиля, в нижней части старопашотного залежного горизонта сочетаются признаки «нового» элювиирования и агрогоризонта.

Почвы окрестностей Санкт-Петербурга ранее были представлены хорошо развитыми и гумусированными плагенами с длительной историей формирования. В связи с интенсивным запечатыванием и «поглощением» земель при строительстве большая часть этих почв может быть утрачена, а мощный агрогумусовый горизонт начнет проявлять тренды уплотнения, деградации структуры, снижения плодородия, без эволюционного движения в сторону зональных признаков. В почвах пригородов появляются признаки захламливания, замусоривания, загрязнения. При этом нарушения дренажных систем нередко приводят к вторичному гидроморфизму и даже заболачиванию.

Огромную опасность для экологического состояния Ленинградской области представляют многочисленные птицефабрики, что приводит как к территориальному «поглощению» земель под размещение органических отходов, так и к геохимическому «давлению» водорастворимых и водопептизируемых компонентов на смежные экосистемы, включая Финский залив, реки и ручьи. Вполне можно ожидать медленной эвтрофикации природных и агроландшафтов центральной части региона.

Продовольственные экосистемные услуги залежных почв региона не идентифицированы и не систематизированы, нет попыток их параметризации и монетизации. В связи с этим производственный потенциал залежных почв может быть оценен только с помощью бонитировочных методов. Между тем залежные почвы могут выполнять депонирующую функцию по отношению к углероду органических соединений, что может быть рассмотрено в плане размещения на залежах карбоновых ферм – участков с планируемыми целевыми показателями секвестрации углерода. Кроме того, накопление влаги в залежных почвах и ее стабильное удержание на определенной глубине снижает риски иссушения и пожаров (регулирующие и поддерживающие экосистемные услуги), увеличивает влагозапас ландшафта (обеспечивающие экосистемные услуги) и способствует стабилизации круговорота углерода на региональном уровне («углеродные» экосистемные услуги). На залежных облесенных землях возобновляется рост дикоросов, учет которых в соответствии с 280-ФЗ (Об органической продукции и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации)

приведет к увеличению экономической значимости залежных земель и переоценке их роли в обеспечении продовольственной безопасности.

На сегодняшний день, Ленинградская область столкнулась со слабо контролируемой деградацией залежных земель, вызванной существенным сокращением мелиоративных мероприятий, передачей земель под строительство, а также активной антропогенной нагрузкой. Анализ качества и продуктивности земель с точки зрения ревовлечения их в сельскохозяйственный оборот позволит снизить темпы деградации почвенного покрова и монетизировать перевод земель в залежь с помощью аппарата экосистемных услуг.

Работа выполнена при поддержке РФФ, проект № 23-16-20003.

CURRENT STATE OF FALLOWN SOILS IN LENINGRAD REGION

E.V. Abakumov, E.Y. Chebykina, T.I. Nizamutdinov, V.I. Polyakov

St. Petersburg State University, St. Petersburg, Russia

Abstract. The diversity of evolutionary paths and morphogenesis of fallow soils in the Leningrad Region in the post-Soviet period is discussed. An assessment is made of the prospects for the re-involvement of fallow lands in agricultural production. The range of food ecosystem services of fallow soils is analyzed.

Keywords: soils, deposits, Leningrad region, St. Petersburg, morphogenesis, properties, ecosystem functions and services.

УДК 504.53.062.4

ОСНОВНЫЕ ТИПЫ И СВОЙСТВА МЕЛИОРИРУЕМЫХ ЗЕМЕЛЬ РЕСПУБЛИКИ БАШКОРТОСТАН

И.Ф. Адельмурзина¹, Р.Р. Сулейманов^{1,2}

¹Уфимский университет науки и технологий, Уфа, Россия

²Уфимский Институт биологии УФИЦ РАН, Уфа, Россия

e-mail: adelmur@mail.ru

Аннотация. Территория Республики Башкортостан расположена на стыке Русской равнины и Южного Урала, в связи с этим природно-климатические условия ведения сельскохозяйственного производства меняются от степей до горных зон. В пределах республики происходит изменение агроклиматических условий. В сложившейся ситуации наиболее эффективным способом обеспечения устойчивого сельскохозяйственного производства является оросительная и осушительная мелиорация. В статье приведены основные свойства мелиорируемых земель на примере Бураевской осушительной и Абзелиловской оросительной систем.

Ключевые слова мелиорация, мелиорируемые земли, оросительные системы, осушительные системы.

Мелиорация земель подразумевает проведение организационно-хозяйственных и технических мероприятий по улучшению земель путем проведения гидротехнических, культуртехнических, химических, противоэрозионных, агролесомелиоративных, агротехнических и других

мелиоративных работ. Мелиорируемые земли – земли, недостаточное плодородие которых улучшается с помощью осуществления мелиоративных мероприятий [8].

Необходимость проведения различных видов мелиораций в условиях республики Башкортостан (РБ) предопределена сложными орографическими, гидрогеологическими, почвенными условиями, а также климатическими особенностями территории [1].

Западная часть РБ входит в основном в лесостепную зону Высокого Заволжья, а восточная – в Уральскую горно–лесную, Зауральскую лесостепную и степную провинции. По общности рельефа выделяют равнинное Предуралье, Южный Урал и увалисто-холмистое Зауралье [3]. Климат территории Башкортостана определяется характером взаимодействия радиационных и атмосферно-циркуляционных процессов с земной поверхностью. Северная часть республики характеризуется влажным, а южная – недостаточно влажным типом климатических условий [5, 9]. Большое разнообразие почвообразующих пород в первую очередь, а также других почвообразовательных условий определили большую пестроту почвенного покрова республики: распространены различные подтипы черноземных, серых лесных, подзолистых, дерновых, горных, пойменных, солончаковых типов почв [10].

По состоянию на 01.01.2020 г. общая площадь мелиорируемых земель в РБ составляет 71150 тыс. га, из которых 38705 тыс. га относятся к орошаемым землям, 32445 тыс. га к осушаемым землям [6].

На территории РБ расположены оросительные системы с общей обслуживаемой территорией 10275 тыс. га, в том числе лиманное орошение 2 400 га и осушительные системы с обслуживаемой площадью 8885 тыс. га [6].

Всего на территории РБ функционирует 13 оросительных систем и 11 осушительных систем федерального уровня, а также 45 оросительных и 1 осушительная системы регионального уровня (рис.) [7]. Почти половина осушенных земель республики находится в районах нечерноземной зоны, входящих в подзону южной тайги и в подзону северной лесостепи. Осушительные работы проводятся в западной, типично лесостепной части республики: осушены избыточно увлажненные и заболоченные поймы рек, террасы древних озерных котловин. Также значительные площади заболоченных земель осушены в прибельских и в предгорных районах, находящиеся в подзоне северной и типичной лесостепи.

Орошаемые земли республики относятся в основном к южным, равнинным предуральским и зауральским лесостепным и степным районам.

В качестве объекта исследования определены два участка, один из которых расположен в Предуралье, а второй – в Зауралье.

Почвенный покров Бураевской осушительной системы. Рассматриваемый участок расположен на левом берегу реки Быстрый Танып, относится к Северной лесостепной зоне РБ, Буйско-Таныпскому мелкоувалистому агропочвенному округу [2]. Климат среднеувлажненный, теплый. Гидротермический коэффициент ГТК 1,0-1,4. Среднегодовое количество осадков 488 мм. Среднегодовая

температура воздуха 1,7⁰. Сумма активных температур 1800-2000⁰. Продолжительность безморозного периода 90-110 дней.

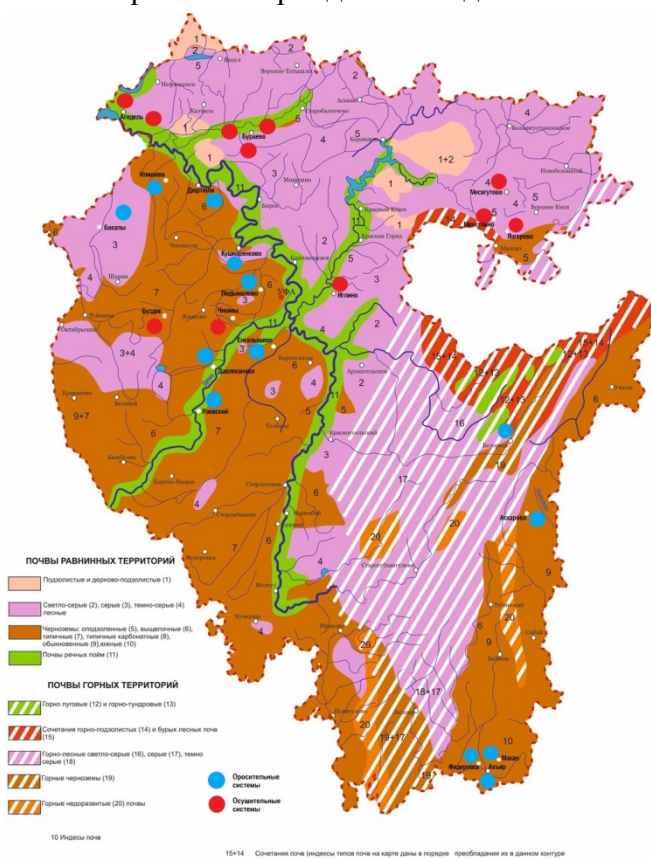


Рисунок. Карта размещения мелиоративных систем на территории Республики Башкортостан

Почвенный покров на участке неоднороден и состоит из аллювиальных и темно-серых лесных почв.

1. Аллювиальная. Реакция среды близкая к нейтральной и нейтральная, к низу профиля изменяется до слабощелочной. Почвы насыщены основаниями в их составе преобладает кальций, степень насыщенности ими составляет 98-100 %, гидролитическая кислотность не превышает 1,05 мг.экв на 100 г почвы. Содержание гумуса в верхних горизонтах ниже среднего и среднее, с глубиной резко снижается. Обеспеченность подвижным фосфором низкая, калием – средняя. Содержание щелочногидролизуемого азота – повышенное. Структура гумусово-аккумулятивных горизонтов хорошая, по сложению переуплотнения не наблюдается.

2. Темно-серая лесная. Сформированы на втором высотном уровне центральной поймы. Гумусовый горизонт мощностью 30-50 см, темно-серый, почти черный, влажный, мелкокомковато-зернистый, глинистый. Аллювиальные горизонты желто-бурые, сырые зернисто-ореховатые и ореховатые с легким гляncем по граням структурных отдельностей, непрочные, тяжелосуглинистые, оглеение в виде ржавых пятен. Реакция среды изменяется сверху вниз от нейтральной до слабощелочной. Почвы насыщены основаниями, гидролитическая кислотность

практически отсутствует. Гумусово-аккумулятивные горизонты обогащены гумусом, содержание которого составляет в среднем около 8 %. Обеспеченность подвижным фосфором низкая, калием и гидролизуемым азотом – повышенная. Почвы не засолены. Величина сухого остатка по всему профилю не превышает 0,17 %.

Второй участок – Абзелиловская оросительная система. Относится к Зауральской степной зоне. Климат засушливый. Среднегодовая температура воздуха 1,8⁰, среднегодовое количество осадков 308 мм. Продолжительность безморозного периода 110-120 дней [4, 9].

Почвенный покров здесь представлен черноземом типичным и выщелоченным.

1. Чернозем типичный. Характеризуются вскипанием от 10 % соляной кислоты непосредственно под гумусовым горизонтом, наличием переходного горизонта, а также значительно меньшим уплотнением этого и нижележащего горизонтов с более комковатой структурой. Мощность гумусированного горизонта (А+АВ) составляет в среднем 64,4 см. По реакции среды характеризуются как нейтральные в гумусово-аккумулятивных горизонтах, вниз по профилю она возрастает до слабощелочной. Величина обменной кислотности изменяется в диапазоне 5,95-7,42 ед. рН. Почва насыщена основаниями. Сумма поглощенных оснований этих почв 49-63 мг.экв на 100 г почвы. Содержание водорастворимых солей в профиле почв изменяется от 0,05 до 0,14 %. По содержанию гумуса черноземы типичные относятся к среднегумусным. Содержание подвижного фосфора характеризуется низким уровнем. По содержанию подвижного калия очень высокий и высокий уровень обеспеченности: в диапазоне 20-29 и 8,5-32,0 мг/100 г соответственно. Обеспеченность почв азотом в пахотном слое составило 161-210 мг на кг, что характеризуется как повышенное.

2. Чернозем выщелоченный. Отличительным признаком этих почв является вымытость карбонатов за пределы гумусового горизонта. Мощность гумусового горизонта (А+АВ) изменяется в диапазоне 34-70 см, в среднем составляет 58,0 см. Реакция почвенного раствора близкая к нейтральной, с глубиной заметно подщелачивается. Сумма обменных оснований около 50 мг.экв на 100 г почвы. При наличии незначительной гидrolитической плотности (2,63 мг.экв/100 г), степень насыщенности основаниями составляет 95 %. Доля обменного натрия в сумме поглощенных оснований очень незначительна. Содержание гумуса среднее (7,66). Обеспеченность подвижным фосфором – низкая (3,7 мг/100 г), а обеспеченность калием – высокая. Содержание щелочно-гидролизованного азота довольно высокое (161 мг/кг), но с глубиной резко снижается. Почва остается не засоленной по всему профилю (0,13-0,15 %).

В целом, почвенный покров осушенных почв представлен аллювиальными и темно-серыми лесными почвами, под орошением находятся черноземы типичные и выщелоченные. По своим свойствам данные почвы пригодны для проведения как осушительной мелиорации так и для оросительной. Могут быть

использованы для выращивания сельскохозяйственной продукции при соблюдении режимов осушения и орошения и внесения минеральных удобрений.

Литература

1. Адельмурзина И.Ф., Бигильдина Э.Р., Сулейманов Р.Р. Роль природно-климатических особенностей Республики Башкортостан в размещении мелиоративных комплексов. Региональные геосистемы. 2021. № 45(3). С. 273-287. DOI 10.52575/2712-7443-2021-45-3-273-287
2. Адельмурзина И.Ф., Саттаров В.В. Описание почвенного покрова лесостепной зоны Республики Башкортостан Заметки ученого. 2022. № 9. С. 58-62.
3. Атлас Республики Башкортостан. Уфа: Башкортостан, 2005. 419 с.
4. Габбасова И.М., Сулейманов Р.Р. Влияние орошения на свойства черноземов в Зауральской степной зоне // Вестник Оренбургского государственного университета. 2009. № 6 (100). С. 548-551.
5. Галимова Р.Г., Переведенцев Ю.П., Яманаев Г.А. Агроклиматические ресурсы Республики Башкортостан // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: География. Геоэкология. 2019. № 3. С. 29-39.
6. Информационный портал ФГБНУ ВНИИ «Радуга» URL: <https://inform-raduga.ru/gts> (дата обращения 13 июня 2023).
7. Комиссаров А.В., Хафизов А.Р., Ишбулатов М.Г., Хазипова А.Ф. Современное состояние и перспективы развития орошаемого земледелия в Республике Башкортостан // Мелиорация и водное хозяйство. 2022. № 1. С. 22-26.
8. О мелиорации земель: Закон Республики Башкортостан от 11 ноября 1997 года № 120-з (с изменениями на 7 декабря 2020 г). СПС Гарант. URL: <https://base.garant.ru/17752032/> (дата обращения 20 июня 2023).
9. Adelmurzina I.F., Suleymanov R.R., Suleymanov A.R., Abakumov E.V., Yuldashev G., Turdaliev A.T., Gabbasova I.M. Some soil and agro-climatic features of the Republic of Bashkortostan (Russia). Collection of conference materials «Prospects for the introduction of innovative technologies in the development of agriculture» P. 649-656. DOI: 10.47100/confereces.v1i1.1394
10. Suleymanov, R., Belan, L., Tuktarova, I., Adelmurzina, I. and Suleymanov, A. Evaluation of Functioning of Calcic Chernozems under Irrigation Conditions in the Pre-Ural Steppe Zone of the Republic of Bashkortostan (Russia) // In Proceedings of the 1st International Conference on Methods, Models, Technologies for Sustainable Development (MMTGE 2022) - Agroclimatic Projects and Carbon Neutrality, P. 222-226. DOI: 10.5220/0011568900003524

MAIN TYPES AND CHARACTERISTICS OF MELIORATED LANDS OF THE REPUBLIC OF BASHKORTOSTAN

I.F. Adelmurzina¹, R.R. Suleymanov^{1,2}

¹Ufa University of Science and Technology, Ufa, Russia

²Ufa Institute of Biology, UFRC RAS, Ufa, Russia

Abstract. The territory of the republic of Bashkortostan is located at the junction of the Russian Plain and the Southern Urals. In this connection natural and climatic conditions of management of agricultural production changes from steppes to mountainous zones. Agroclimatic conditions are changing within the republic. In the current situation the most effective way to ensure sustainable agricultural production is irrigation and drainage melioration. The article presents the main characteristics of meliorated lands on the example of Buraevskaya drainage and Abzelilovskaya irrigation systems.

Keywords: melioration, meliorated lands, irrigation systems, drainage systems.

References

1. Adelmurzina I.F., Bigildina E.R., Suleymanov R.R. The role of natural and climatic features of the Republic of Bashkortostan in the formation of reclamation complexes // Regional geosystems. 2021. 45(3). P. 273-287. <https://doi.org/10.52575/2712-7443-2021-45-3-273-287>

2. Adelmurzina I.F., Sattarov V.V. Description of soil cover of the forest-steppe zone of the Republic of Bashkortostan // Researcher's notes. 2022. № 9. P. 58-62.
3. Atlas Respubliki Bashkortostan [Atlas of the Republic of Bashkortostan]. Ufa: Bashkortostan Press, 2005. 419 p.
4. Gabbasov I.M., Suleymanov R.R. Irrigation influence on the black soil characteristics in Trans-Urals steppe zone // Newsletter of Orenburg State University. 2009. №6 (100). P.548-551.
5. Galimova R.G., Perevedenczev Y.P., Yamanaev G.A. Agro climatic resources of the Republic of Bashkortostan. // Newsletter of Voronezh State University. Series: Geography. Geoecology. 2019. № 3. P. 29-39.
6. Info Portal FSBSI ARSRI (Federal State Budgetary Scientific Institution "All-Russian Scientific Research Institute "Raduga") URL: <https://inform-raduga.ru/gts> (date of reference 13 June 2023).
7. Komissarov A.V., Khafizov A.R., Ishbulatov M.G., Khazipova A.F. The modern state and perspectives of irrigated agriculture development in the Republic of Bashkortostan // Melioration and water management. 2022. №1. P. 22-26
8. About land melioration: The Law of the Republic of Bashkortostan dated 11th of November 1997 №120-z (with changes on the date of 7th December 2020.) LRS (Legal reference System) "Garant" URL: <https://base.garant.ru/17752032/> (date of reference 20 June 2023).
9. Adelmurzina I.F., Suleymanov R.R., Suleymanov A.R., Abakumov E.V., Yuldashev G., Turdaliev A.T., Gabbasova I.M. Some soil and agro-climatic features of the Republic of Bashkortostan (Russia). Collection of conference materials «Prospects for the introduction of innovative technologies in the development of agriculture» P. 649-656. DOI: 10.47100/confereces.v1i1.1394
10. Suleymanov, R., Belan, L., Tuktarova, I., Adelmurzina, I. and Suleymanov, A. Evaluation of Functioning of Calcic Chernozems under Irrigation Conditions in the Pre-Ural Steppe Zone of the Republic of Bashkortostan (Russia) // In Proceedings of the 1st International Conference on Methods, Models, Technologies for Sustainable Development (MMTGE 2022) - Agroclimatic Projects and Carbon Neutrality, P. 222-226. DOI: 10.5220/0011568900003524

УДК 631.445.4:[633.31:631.5](470.620)

СВОЙСТВА ЧЕРНОЗЕМА ВЫЩЕЛОЧЕННОГО КУБАНИ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ АЛЬТЕРНАТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ВЫРАЩИВАНИЯ ЛЮЦЕРНЫ

В.В. Алейник, В.Н. Слюсарев, Ю.С. Попова
ФГБОУ ВО Кубанский ГАУ, Краснодар, Россия
e-mail: vlad.aleinik02@mail.ru

Аннотация. В данной статье рассматриваются изменения гумусного состояния и физико-химических свойств чернозема выщелоченного слабогумусного сверхмощного легкоглинистого вызванные действием агротехнологий различной интенсификации при выращивании люцерны 3-го года сорта «Багира» на Кубани.

Ключевые слова: чернозем выщелоченный, почвенный поглощательный комплекс, гумус, люцерна, мониторинг

Постановка проблемы. Большое значение в работе почвенной системы имеет почвенный поглощающий комплекс (ППК), при нарушении функционирования которого происходит изменение физико-химических свойств и снижение плодородия. Данная проблема наиболее актуальна именно для чернозема выщелоченного. Опыт ученых по всему миру показал, что высокая и

стремительно возрастающая эксплуатация естественного плодородия почвы ведет к неизбежному снижению урожая сельскохозяйственных культур и возможным другим более негативным последствиям. В связи с этим в Кубанском ГАУ была проведена работа по разработке программы исследований, целью и задачей которой является изучение и создание обоснованных наукой способов повышения почвенного плодородия.

Методы и материалы. Исследования проводились на первом поле агроэкологического мониторинга учебной опытной станции «Кубань» Кубанского государственного аграрного университета в посевах люцерны 11-польного зернотравяно-пропашного севооборота. Изучение основывалось на четырех факторах: почвенное плодородие (А), система удобрений (В), система защиты растений от различного рода патогенов (С), система основной обработки почвы (D) [1, 4]. Почвенное плодородие, норма удобрений и система защиты растений представлены 4-мя уровнями, система обработки почвы 3-мя уровнями.

Почвенное плодородие представлено следующими уровнями (А): 0 – исходный, 1 – средний, 2 – повышенный, 3 – высокий. *Нормы удобрений* (В): 0 – без удобрений, 1 – минимальная, 2 – средняя, 3 – высокая. Эти нормы были определены используя балансовый метод при учете запланированного урожая и состояния окружающей среды. *Система защиты растений* (С): 0 – без применения средств защиты, 2 – защита растений от сорной растительности с помощью химических средств, 3 – химическая защита растений от патогенов, вредных организмов и сорной растительности; эта система предполагает вероятность получения чистой экологической продукции и предусматривает сохранение окружающей среды. *Основные системы почвенной обработки* подразделяются на три варианта (D): 1 – безотвальный (почвозащитный), 2 – применяемый (рекомендуемый) в зоне и 3 – отвальный с глубоким периодическим рыхлением почвы. При обработке и описании полученных в ходе опыта данных исследований пять технологий были приняты за базовые и условно названы: 000 – экстенсивная, 111- беспестицидная, 222- экологически допустимая, 333- интенсивная и 022- традиционная [1].

В отобранных почвенных образцах с первого поля учебного хозяйства (под люцерной сорта «Багира») из пахотного (0-20 см) и подпахотного (20-40 см) горизонтов определяли следующие показатели с дальнейшей математической или статистической обработкой (по Литтл Т.М.):

1. Сумма поглощённых оснований (S) методом Каппена – Гильковица.
3. Полная или гидролитическая кислотность (Нг) по методике Каппена.
4. Расчет емкости поглощения и степени насыщенности почвы основаниями.
5. Актуальная (активная) и обменная виды кислотности почв – методом потенциометрии.
6. Общий гумус по методу И.В.Тюрина в модификации В.Н. Симакова
7. Легкоокисляемые формы гумуса по методу И.В. Тюрина в модификации государственного научно-исследовательского института земельных ресурсов (ГИЗР).

Результаты исследования. За три года исследований (2020-2022 гг.), которые проводились на посевах люцерны, было выявлено, что средние значения физико-химических почвенных показателей на глубине от 0 до 40 см претерпевали положительные изменения при возрастающей интенсификации технологий возделывания. Показатели суммы поглощенных оснований (S) в период изучения возросли. На варианте с экстенсивной технологией выращивания значение составило 35,6 моль-экв. на 100 г почвы, а на варианте с интенсивной технологией 37,1 моль-экв. на 100 г почвы [2,4].

При интенсификации наблюдали также положительную динамику и показателя гидrolитической кислотности (Нг) выщелоченной черноземной почвы: установили спад значений данного показателя с 3,34 до 3,06 моль-экв. на 100 г почвы. Актуальная же кислотность (рН_{H2O}) росла с 6,62 до 6,77 моль-экв. на 100 г почвы, что свидетельствует о стабилизации раствора почвы до нейтральной реакции.

Данные по последнему году возделывания люцерны (3й год) представлены в таблице 1.

Таблица 1

Физико-химические свойства чернозема выщелоченного под культурой люцерны 3-го года вегетации

№ пп	Индекс технологий (ABCD)	Слой, см	Нг	S	ЕКО	V, %	рН	
			м.- экв на 100 г почвы				H ₂ O	KCl
1	0001	0-20	2,31	36,3	38,6	94,0	6,60	5,55
2		20-40	2,46	36,7	39,2	93,6	6,62	5,94
3	1111	0-20	2,19	37,3	39,5	94,4	6,71	5,74
4		20-40	2,14	37,2	39,3	94,6	6,78	5,90
5	2221	0-20	2,21	37,0	39,2	94,4	6,89	5,95
6		20-40	2,33	37,1	39,4	94,2	6,83	5,96
7	3331	0-20	2,24	37,3	39,5	94,4	6,82	5,59
8		20-40	2,23	38,0	40,2	94,5	6,79	5,94
9	0002	0-20	2,42	36,5	38,9	93,8	6,66	5,90
10		20-40	2,46	35,9	38,4	93,5	6,79	6,04
11	1112	0-20	2,55	36,2	38,7	93,5	6,85	6,03
12		20-40	2,49	36,7	39,2	93,6	6,74	6,02
13	2222	0-20	2,27	37,7	40,0	94,2	6,85	6,04
14		20-40	2,35	38,1	40,4	94,3	6,79	6,04
15	3332	0-20	2,21	38,3	40,5	94,6	6,92	6,08
16		20-40	2,14	38,2	40,3	94,8	6,93	6,03
17	0003	0-20	2,53	35,9	38,4	93,5	6,70	6,02
18		20-40	2,59	36,6	39,2	93,4	6,69	6,04
19	1113	0-20	2,27	37,6	39,9	94,2	6,70	6,06
20		20-40	2,26	37,5	39,8	94,2	6,76	5,94
21	2223	0-20	2,33	37,6	39,9	94,2	6,90	6,03
22		20-40	2,20	37,4	39,6	94,4	6,87	6,05
23	3333	0-20	2,25	38,3	40,5	94,6	7,00	6,04
24		20-40	2,30	38,4	40,7	94,3	6,98	6,08

В пределах проводимого опыта под люцерной 3-го года вегетации наибольшее содержание гумуса как в пахотном (4,57 %), так и в подпахотном (4,33 %) слое определено в варианте с интенсивной технологией при использовании отвальной почвенной обработки с периодическим глубоким рыхлением.

Необходимо отметить, что под люцерной 3-го года вегетации наблюдается незначительное повышение содержания гумуса на всех опытных вариантах независимо обработки почвы, поскольку люцерна оставляет неразложившиеся корни, которые разлагаются и гумифицируются [3].

Аналитические данные определения содержания общего гумуса в почве под люцерной 3-го года вегетации приведены в таблице 2.

Таблица 2

Содержание гумуса (%) в почве под люцерной 3-года

Варианты		Глубина, см			
обработки	удобрений	0–20		20–40	
		общий	легко-окисляемый	общий	легко-окисляемый
Безотвальная	000	3,67	2,81	2,91	2,35
	111	3,45	2,81	2,91	2,38
	222	4,22	3,03	3,73	2,65
	333	4,33	3,52	3,57	2,50
Рекомендуемая	000	3,29	2,71	3,18	2,50
	111	4,33	3,09	4,11	2,93
	222	3,84	2,98	3,02	2,50
	333	4,22	3,36	3,24	3,04
Отвальная	000	3,46	2,65	3,24	3,03
	111	4,01	3,19	3,62	2,86
	222	3,24	2,81	2,58	2,50
	333	4,57	2,39	4,33	2,93

Выводы. Исследование свойств выщелоченной черноземной почвы в условиях Кубани при возделывании люцерны 3-го года различными агрономическими технологиями позволило сделать следующие выводы:

1. По мере интенсификации технологий выявлена тенденция к уменьшению гидролитической, обменной и активной кислотности чернозема выщелоченного за все три года исследования.
2. Наблюдается стабильная тенденция к увеличению суммы поглощенных оснований и степени насыщенности ими ППК чернозема выщелоченного при возделывании люцерны при использовании интенсивной технологии, независимо от способов почвенной обработки.
3. В целом интенсификация технологий возделывания изучаемой культуры привела к стабилизации состояния ППК выщелоченного чернозема и к усилению буферности.

4. Наибольшее количество общего гумуса в пахотном и подпахотном горизонтах почвы отмечено при двойной и тройной дозе внесения удобрений соответственно при безотвальной обработке, минимальной дозе при рекомендуемой и высокой дозе при отвальной обработках.
5. В почве под люцерной 3-го года вегетации максимальное количество гумуса накапливается при рекомендуемой и безотвальной основной почвенной обработки. Качество гумуса также выше по сравнению с другими вариантами.

Литература

1. Агроэкологический мониторинг в земледелии Краснодарского края / под ред. И. Т. Трубилина, Н. Г. Малюги. Краснодар, 1997. 236 с
2. Алейник В.В., Слюсарев В. Н. Особенности функционирования почвенного поглощающего комплекса чернозема выщелоченного Кубани при выращивании люцерны // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. 2023. № 1(89). С. 46–54.
3. Попова Ю.С. Влияние технологий возделывания сельскохозяйственных культур на гумусное состояние чернозема выщелоченного // Год науки и технологий. Краснодар: Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина, 2021. С. 24.
4. Слюсарев В.Н. Мониторинг состояния почвенного поглощающего комплекса чернозема выщелоченного в агрофитоценозе люцерны // Итоги научно-исследовательской работы за 2021 год. Краснодар: Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина, 2022. С. 100-102.

PROPERTIES OF LEACHED KUBAN CHERNOZEM DEPENDING ON ALTERNATIVE ALFALFA GROWING TECHNOLOGIES

V.V. Aleynik, V.N. Slyusarev, Y.S. Popova
Kuban State University, Krasnodar, Russia

Abstract. This article discusses the changes in the humus state and physico-chemical properties of leached low-humus heavy-duty light clay chernozem caused by the action of agricultural technologies of various intensification in the cultivation of alfalfa varieties "Bagira" in the Kuban in the period 2020 – 2022.

Keywords: leached chernozem, soil absorption complex, humus, alfalfa, monitoring

References

1. Agroecological monitoring in agriculture of the Krasnodar Territory / ed. by I. T. Trubilin, N. G. Malyuga. Krasnodar, 1997. 236 p
2. Aleinik V.V., Slyusarev V.N. Features of the functioning of the soil absorbing complex of leached Kuban chernozem during alfalfa cultivation // Ways to improve the efficiency of irrigated agriculture. 2023. No. 1(89). P. 46-54.
3. Popova Y.S. The influence of crop cultivation technologies on the humus state of leached chernozem / // The Year of Science and Technology. Krasnodar: Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilin, 2021. P. 24.
4. Slyusarev V.N. Monitoring of the state of the soil absorbing complex of leached chernozem in the agrophytocenosis of alfalfa // Results of research work for 2021. Krasnodar: Kuban State Agrarian University I.T. Trubilin University, 2022. P. 100-102.

УДК 631.41

ВЛИЯНИЕ СОЛОНЦЕВАТОСТИ НА ГУМУСНОЕ СОСТОЯНИЕ КАШТАНОВЫХ ПОЧВ

О.С. Безуглова

ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет», Ростов-на-Дону, Россия

e-mail: lola314@mail.ru

Аннотация. В каштановых почвах основным дестабилизирующим гумусное состояние фактором является процесс осолонцевания. Установлено, что в каштановой несолонцеватой почве гуминовые кислоты преобладают над фульвокислотами, тип гумуса фульватно-гуматный. Осолонцевание сопровождается перестройкой в составе гумуса: фульвокислоты начинают превалировать над гуминовыми кислотами. Тем не менее, такие традиционные показатели качественного состава гумуса, как отношение Сгк:Сфк и глубина гумификации, не отражают низкого уровня плодородия солонца и поэтому в качестве индикаторного показателя при мониторинге земель в солонцеватых почвах, вероятно, рассматриваться не должны.

Ключевые слова: почвы каштанового комплекса, солонцеватость, фракционно-групповой состав гумуса.

В сухостепной зоне осолонцевание часто является сопутствующим основному процессу гумусообразования и гумусонакопления, нередко они меняются местами, и солонцовый процесс выходит на первый план, способствуя формированию неблагоприятных свойств, в том числе дегумификации [1]. Потеря гумуса пахотными почвами при невысокой культуре земледелия почти повсеместное явление, а осолонцевание усиливает этот процесс [2]. Исследование причин и темпов этого явления – одна из задач мониторинга земель.

Исследования вели на полигоне мониторинга "Восточный", расположенном в Дубовском районе Ростовской области. Полигон состоит из 15 участков наблюдений общей площадью 1091 га, представлен почвами каштанового ряда [4]. Все почвы сформировались на лессовидных тяжелых суглинках и глинах, по гранулометрическому составу – тяжелосуглинистые. Основной фон почвенного покрова составляют каштановые почвы разной мощности и разной степени солонцеватости слабо- и среднеразвешаемые на их долю приходится 41,6% площади полигона. Присутствуют также каштановые глубокосолончаковатые слабозасоленные среднемощные средне-развешаемые тяжелосуглинистые, каштановые слабо- и среднесолонцеватые глубокосолончаковатые слабо- и среднезасоленные и солончаковатые слабо- и среднезасоленные среднемощные и мощные среднеразвешаемые тяжелосуглинистые, каштановые сильносолонцеватые преимущественно солончаковатые слабозасоленные среднемощные слабо- и среднедефлированные и среднесмытые тяжелосуглинистые. Понижения рельефа занимают лугово-каштановые мощные

тяжелосуглинистые и солонцы каштановые – мелкие, средние и глубокие, причем участие солонцов в составе почвенного покрова варьирует от 10 до 50%.

Были использованы полевые методы исследования (профильный и морфологический) при закладке разрезов и отборе образцов, лабораторные методы определения химических свойств почв: $C_{орг}$ по методу И.В. Тюрина со спектрофотометрическим окончанием по Орлову-Гриндель, фракционно-групповой состав гумуса по методу Тюрина в модификации Пономаревой-Плотниковой [5], математические методы обработки фондовых материалов и оперативных результатов [3]. Результаты определения гумусного состояния представлены в таблице.

Таблица

Содержание и запасы гумуса в почвах каштанового комплекса

Почва	Содержание гумуса в Апах	Запасы гумуса в (А+В)
	%	т/га
Каштановая слаборазвеваемая	2,4–3,3	146,5–174,6
Каштановая среднемошная среднеразвеваемая	2,0–2,1	105,9–130,6
Каштановая слабосолонцеватая мощная слаборазвеваемая	2,1–2,3	125,5–143,5
Каштановая среднесолонцеватая глубокосолончаковатая слабозасоленная среднемошная среднеразвеваемая	2,0–2,1	97,5–111,7
Каштановая среднесолонцеватая солончаковатая среднезасоленная среднемошная среднеразвеваемая	2,2–2,4	121,2–121,6
Каштановая среднесолонцеватая солончаковатая слабозасоленная среднемошная среднеразвеваемая	2,2–2,6	109,1–149,0
Каштановая глубокосолончаковатая слабозасоленная среднемошная среднеразвеваемая	1,8–2,0	86,5–92,2
Лугово-каштановая мощная	3,5–3,7	-
Солонцы каштановые глубокие и средние солончаковатые сильно- и слабозасоленные	2,1–2,0	103,8–84,4

Как видно, дефляция в значительной степени способствует снижению и содержания гумуса в пахотном слое, и уменьшению запасов гумуса в А+В. Наложение солонцового процесса усиливает дегумификацию, способствуя дальнейшему снижению плодородия.

Изучение гумусного состояния в каштановых почвах показало, что содержание гумуса в верхнем горизонте колеблется в пределах от 1,7 до 3,8%. Максимум отмечается в лугово-каштановой почве. Общей закономерностью для всех изученных почв каштанового ряда является уменьшение содержания гумуса с глубиной. В солонце отмечено довольно высокое содержание гумуса в пахотном слое, но вниз по профилю наблюдается очень резкое снижение гумусированности и уплотнение. Наблюдается также нарастание солонцеватости (на 9,4 относительных %).

За шесть лет прошедших между первым и вторым туром обследований каштановые почвы потеряли от 0,2 до 0,9% гумуса, в то же время в каштановых солончаковатых и в разной степени солонцеватых почвах снижение гумусированности составило всего от 0,1 до 0,4%. Не отмечено существенных изменений и в показателях гумусного состояния солонцов. Вероятно, различия в

скорости и масштабах дегумификации обусловлены тем, что почвы, в которых негативные свойства (солончаковатость и солонцеватость) не позволяют полноценное развитие процессов гумусообразования, накапливают более низкие запасы гумуса и содержание гумуса в них близко к значениям допустимого предела снижения [6].

Качественный состав почв солонцового комплекса приведен в виде циклограмм (рис.).

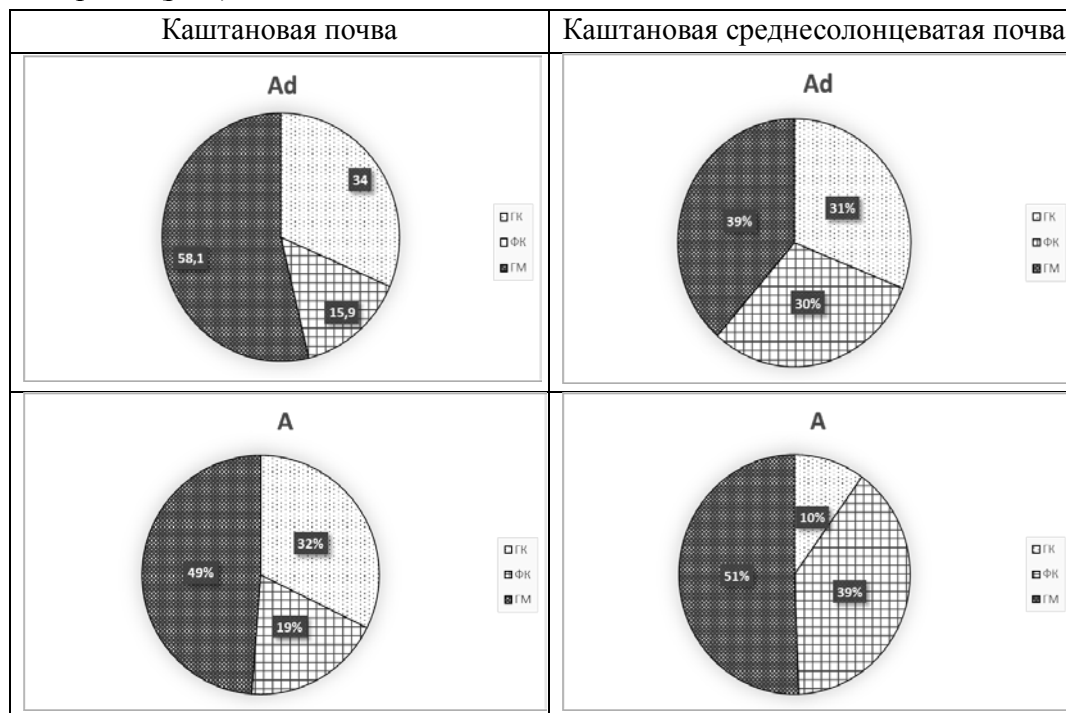


Рисунок. Групповой состав гумуса каштановой и каштановой среднесолонцеватой почвы полигона «Восточный»

В гумусе каштановой почвы гуминовые кислоты преобладают над фульвокислотами, тип гумуса вплоть до горизонта В1 включительно остается фульватно-гуматным ($C_{гк}:C_{фк}=1,6-1,2$).

При наложении процесса осолонцевания количество гуминовых кислот падает: в горизонте Ad отношение $C_{гк}:C_{фк}=1,0$, ниже по профилю начинают преобладать фульвокислоты $C_{гк}:C_{фк}=0,3-0,8$. Одновременно снижается содержание негидролизующего остатка. В надсолонцовом горизонте внедрение натрия в ППК и пептизация органоминеральных коллоидов сопровождается прочным закреплением части гумуса глинистыми минералами, поэтому в этом горизонте наблюдается повышенное количество негидролизующего остатка. Дальнейшее усиление солонцеватости приводит к более четкому проявлению отмеченных тенденций.

В лугово-каштановой почве улучшение условий увлажнения за счет дополнительного поверхностного притока влаги способствует развитию густого травянистого покрова и появлению разнотравья в составе растений. Как следствие увеличивается содержание гумуса, а в его составе гуминовые кислоты устойчиво

превалируют над фульвокислотами, тип гумуса по профилю стабильно фульватно-гуматный.

Для фракционного состава гуминовых кислот наиболее характерны гуматы кальция. В надсолонцовом горизонте каштановой среднесолонцеватой почвы содержание гуминовых кислот снижается и уменьшается для гуматов второй фракции, в то же время возрастает количество гуминовых кислот первой фракции, предположительно связанных с подвижными полуторными окислами. В то же время фульвокислоты характеризуются низким содержанием фракции, представленной соединениями, полимерно связанными с ГК-1 и подвижными полуторными окислами. Возможно, это обусловлено наложением начинающегося процесса осолодения.

Таким образом, гумусное состояние почв полигона «Восточный» характеризуется невысоким содержанием гумуса и низкими его запасами. Причем в результате процессов дефляции, осолодцевания и засоления деградация гумусного состояния хотя и медленно, но продолжается.

Литература

1. Безуглова О.С. Гумусное состояние почв Юга России. Ростов-на-Дону: Изд-во СКНЦВШ, 2001. 228 с.
2. Безуглова О.С., Звягинцева З.В., Горяинова Н.В. Потеря гумуса в почвах Ростовской области // Почвоведение. 1995. № 2. С. 175–183.
3. Дмитриев Е.А. Математическая статистика в почвоведении. М.: МГУ, 1972. 264 с.
4. Доклад о динамике и направлении развития состояния земель сельскохозяйственного назначения Ростовской области. ЮжНИИгипрозем «Агентство оценки земли», 2000 год. 162 с. (рукопись).
5. Пономарева В.В., Плотникова Т.А. Методика и некоторые результаты фракционирования гумуса черноземов // Почвоведение. 1968. № 11. С. 104–117.
6. Сухомлинова Н. Б. Изменение основных факторов почвенного плодородия в Восточной зоне Ростовской области // Вестник ЮРГТУ (НПИ). 2015. № 3. С. 117–120.

THE INFLUENCE OF SALINIZATION ON THE HUMUS STATUS OF CHESTNUT SOILS

O.S. Bezuglova

Southern Federal University, Rostov-on-Don, Russia

Abstract. In chestnut soils the main factor destabilizing the humus status is the process of salinization. It has been established that in non-salinized chestnut soil, humic acids predominate over fulvic acids, and the type of humus is fulvate-humate. Salinization is accompanied by a restructuring of the humus composition: fulvic acids begin to prevail over humic acids. However, traditional indicators of the quality composition of humus, such as the ratio of $C_{GA}:C_{FA}$ and humification depth, do not reflect the low fertility level of saline soils, and therefore should probably not be considered as an indicator for monitoring lands in saline soils.

Keywords: chestnut complex soils, salinization, fraction-group composition of humus.

References

1. Bezuglova O.S. Humus status of soils in the South of Russia. Rostov-on-Don: Publishing House SKNTsVSH, 2001. 228 p.
2. Bezuglova O.S., Zvyagintseva Z.V., Goryainova N.V. Loss of humus in the soils of the Rostov region // Eurasian Soil Science. 1995. No. 2. P. 175–183.
3. Dmitriev E.A. Mathematical statistics in soil science. M.: Publishing House of MGU, 1972. 264 p.

4. Report on the dynamics and direction of development of the state of agricultural land in the Rostov region. YuzhNIIGiprozem "Land Valuation Agency", 2000. 162 p. (manuscript).
5. Ponomareva V.V., Plotnikova T.A. Method and some results of chernozem humus fractionation // Eurasian Soil Science. 1968. No. 11. P. 104–117.
6. Sukhomlinova N. B. Changes in the main factors of soil fertility in the Eastern zone of the Rostov region // Bulletin of SRSTU (NPI). 2015. No. 3. P. 117–120.

УДК 631.47:630.232.32

АГРОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА СВОЙСТВ ПОЧВ ЛЕСНЫХ ПИТОМНИКОВ ВЯТСКО-КАМСКОЙ ПОЧВЕННОЙ ПРОВИНЦИИ

А.Д. Белых, В.Ю. Гилёв

ФГБОУ ВОПермский ГАТУ, Пермь, Россия

e-mail: belyx.alina@mail.ru

Аннотация. Приведена агроэкологическая оценка свойств почв лесных питомников Вятско-Камской почвенной провинции при выращивании сеянцев лесных пород на примере ели обыкновенной. Проведена сравнительная оценка плодородия почв по агрохимическим показателям питомников ГБУ Яйвинского лесного питомника Пермского края и ГКУ Игринского лесного питомника Удмуртской Республики. Определено содержание гумуса и физико-химических показателей, содержание основных макроэлементов в пахотном горизонте.
Ключевые слова: Вятско-Камская почвенная провинция, почва, агроэкологическая оценка, агрохимические свойства.

Введение. Почва является опорным субстратом для древесно-кустарниковых пород и источником снабжения растений элементами питания. Химические и физические свойства почвы оказывают большое влияние на растения [6].

По данным Ф.Н. Милькова [4] Вятско-Камская почвенная провинция тянется в меридиальном направлении от верховий р. Вятки и Камы на север до широтного отрезка р. Камы.

Объекты исследования. Территории обследуемых питомников находятся на территории Пермского края и Удмуртской Республики, которые по физико-географическому и ландшафтному районированию расположены на западе и востоке Русской равнины в Западном и Среднем Предуралье соответственно, входят в южно-таёжную подзону Вятско-Камской почвенной провинции [1]. На территории ГБУ Яйвинского лесного питомника сформировались почвы дерново-неглубокоподзолистые среднепахотные среднесуглинистые на покровном суглинке. На территории ГКУ УР Игринского лесного питомника сформировались почвы дерново-неглубокоподзолистые среднепахотные легкосуглинистые на покровном суглинке.

Методы исследования. Агрохимические показатели исследуемых почв определялись по стандартным методикам.

Оценка природных условий. Климат Пермского края и Удмуртской Республики умеренно-континентальный. По данным метеостанций г. Березники (Пермский край) [4] и г. Ижевск (Удмуртская Республика) [1] климат обследуемых территорий во многом похож. Особенностью климата Удмуртии является меньшее количество осадков и наличие засушливого периода со второй половины мая до середины июня, а иногда в июле.

Растительный покров представлен пихтово-еловыми лесами с примесью мелколиственных пород. В лесах доминирует ель сибирская и пихта сибирская. Для всего района характерно незначительное участие широколиственных пород.

Изучаемые территории представляют собой выровненный участок. В целом рельеф питомников не имеет уклона, приводящих к водной эрозии и позволяет вести механизированную обработку полей.

Основные почвообразующие породы представлены покровными жёлто- и красновато-бурыми крупнопылеватыми суглинками, а также флювиогляционными песками и супесью.

В пределах обследуемых территорий распространены почвы дерново-средне и сильноподзолистые.

Морфологические особенности: По морфологическим признакам почвенно-генетических горизонтов исследуемые почвы характеризуются развитым профилем, хорошо дифференцированы на генетические горизонты. Верхние горизонты выделяются ясно по цвету и структуре, в нижней части профиля переход постепенный по окраске и структуре.

Почва имеет среднесуглинистый гранулометрический состав на территории ГБУ Яйвинского лесного питомника и легкосуглинистый гранулометрический состав на территории ГКУ Игринского лесного питомника.

Агрохимические свойства почв. Опираясь на материалы почвенных исследований по каждому лесному питомнику, была проведена агроэкологическая оценка свойств почв и составлены картограммы основных агрохимических свойств почв, подтверждающих данные обследования. Для оценки агрохимических показателей почв использовались градации, разработанные в ленинградском НИИ лесного хозяйства [5], а так же изложенные в работе [7]. Для выращивания лесных культур в питомниках наиболее благоприятными свойствами характеризуются почвы супесчаные и легкосуглинистые. Таким образом, на территории ГБУ Яйвинского лесного питомника можно порекомендовать такой прием как пескование.

Лучшими почвами для выращивания посадочного материала являются почвы с содержанием гумуса не менее 2-3%. По результатам исследований установлено, что содержание гумуса в почвах на территории изменяются от очень низкого до среднего значения, что удовлетворяют эдафическим особенностям хвойных пород (рис.1).

ГБУ Яйвинский лесной питомник

ГКУ УР Игринский лесной питомник

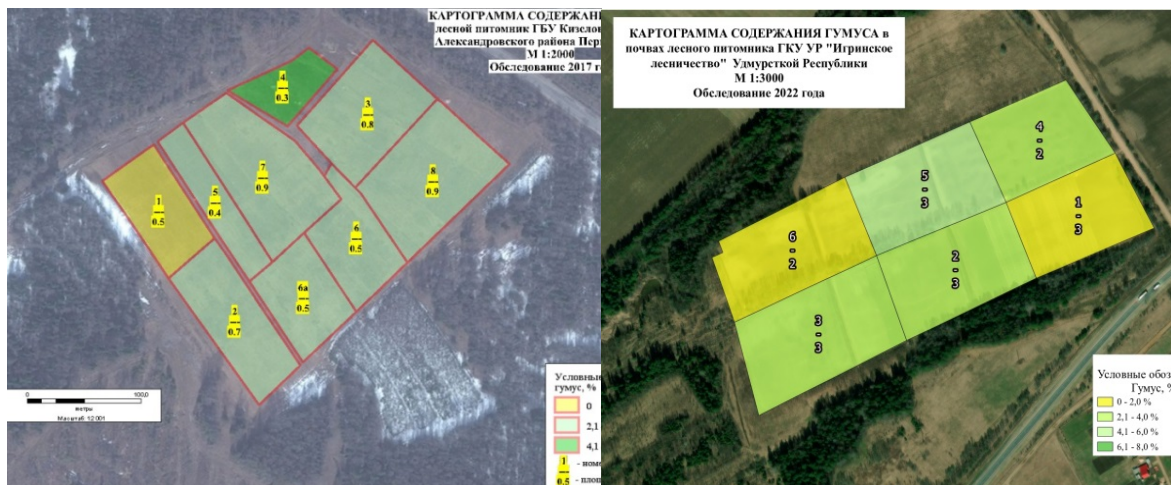


Рисунок 1. Картограмма содержания гумуса в %, в почвах лесных питомников

Оптимальному росту сеянцев хвойных пород отвечает интервал реакции среды ($pH_{КС}$) 5,1 – 5,5 (в среднем 5,3). По данным рисунка 2 видно, что почвы имеют от очень сильнокислой до близкой к нейтральной реакцию среды, что не является оптимальной.

ГБУ Яйвинский лесной питомник

ГКУ УР Игринский лесной питомник

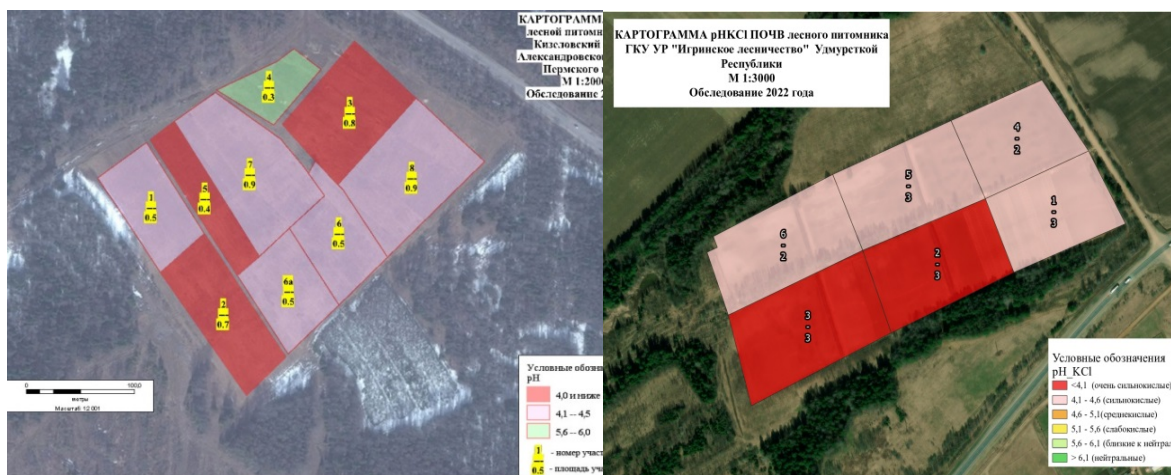


Рисунок 2. Картограмма $pH_{КС}$ в почвах лесных питомников

Оптимальным содержанием подвижного фосфора (P_2O_5) в почве при выращивании сеянцев хвойных пород является интервал 150 мг/кг и выше. По данным рисунка 3 видно, что почвы ГБУ Яйвинского лесного питомника не отвечают лесорастительным свойствам хвойных пород, что нельзя сказать про содержания подвижного фосфора в почве ГКУ Игринском лесном питомнике, где его оно колеблется от повышенного до высокого.

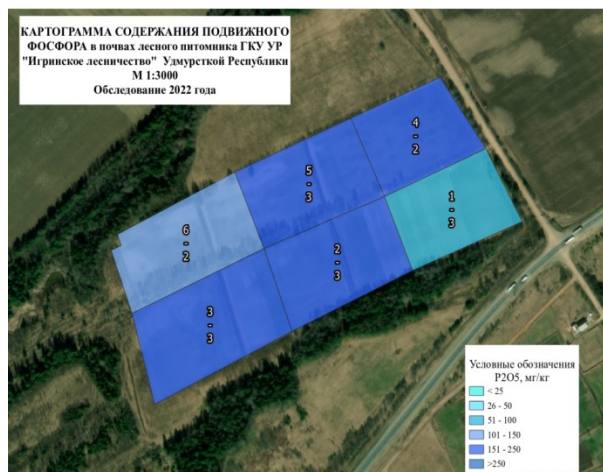


Рисунок 3. Картограмма содержания подвижного фосфора в мг/кг в почвах лесных питомников.

Заключение. Исследуемые почвы лесных питомников находятся по геоботаническому районированию в южно-таежной зоне Вятско-Камской почвенной провинции и в значительной мере удовлетворяют эдафическим особенностям хвойных пород. На территориях не наблюдается продолжительной засухи. Исследуемые почвы характеризуются хорошо развитым профилем. Почвы сформировались на покровном суглинке. Почвы не имеют признаков водной эрозии и других деградационных процессов.

Литература

1. Давыдова М.И. Физическая география СССР. М.: Просвещение, 1966. 847 с.
2. Ижевская метеостанция – Удмуртской ЦГМС [Электронный ресурс]. Режим доступа <http://udmpogoda.ru/page/meteostancii>. (дата обращения 13.06.2023).
3. Метеорологическая станция в г. Березники – Пермский ЦГМС [Электронный ресурс]. Режим доступа <https://meteo.perm.ru/meteostantsii-permskogo-kraya>. (дата обращения 13.06.2023).
4. Мильков Ф.Н. Природные зоны СССР [Текст]. 2-е изд., доп. и перераб. Москва : Мысль, 1977. 293 с.
5. Технология выращивания посадочного материала в лесных питомниках таежной зоны: Практические рекомендации для районов Европейской части РСФСР / А.П. Яковлев и др. Л.: ЛенНИИЛХ, 1980. 57 с.
6. Юренин А. В. Методика отбора среднего образца при анализе кислотности и гумуса в дерновоподзолистых почвах // Труды БГТУ. Сер. I. Лесное хоз-во. 2009. Вып. XVII. С. 221–22.
7. Яковлев А.П., Костылева Е.В., Куликова В.К., Маркова И.А. и др. Система удобрения в севооборотах лесных питомников: практические рекомендации. Л.: ЛенНИИЛХ, 1980. 48 с.

AGROECOLOGICAL ASSESSMENT OF SOIL PROPERTIES OF FOREST NURSERY OF THE VYATKA-KAMA SOIL PROVINCE

A.D. Belykh, V.Yu. Gilyov
FGBOU VO PERM GATU, Perm, Russia

Abstract. An agro-ecological assessment of the properties of soils of forest nurseries of the Vyatka-Kama soil province is given when growing seedlings of forest species using the example of common spruce. A comparative assessment of soil fertility based on agrochemical indicators of nurseries of the state

budgetary institution of the Yaivinsky forest nursery of the Perm Territory and the GKU of the Igrinsky forest nursery of the Udmurt Republic was carried out. The content of humus and physical and chemical indicators, the content of the main macroelements in the arable horizon were determined.

Keywords: Vyatka-Kama soil province, soil, agroecological assessment, agrochemical properties.

References

1. Davydova M.I. Physical geography of the USSR. M.: Enlightenment, 1966. 847 p.
2. Izhevsk weather station - Udmurt TsGMS [Electronic resource]. Access mode <http://udmpogoda.ru/page/meteostancii>. (date of access 06.13.2023).
3. Meteorological station in the city of Berezniki - Perm TsGMS [Electronic resource]. Access mode <https://meteo.perm.ru/meteostantsii-permskogo-kraya>. (date of access 06.13.2023).
4. Milkov F.N. Natural zones of the USSR [Text]. 2nd ed., add. and reworked. Moscow: Thought, 1977. 293 p.
5. Technology of growing planting material in the forest nurseries of the taiga zone: Practical recommendations for the regions of the European part of the RSFSR / A.P. Yakovlev and others. L.: LenNILKh, 1980. 57 p.
6. Yurenina A.V. Method of selection of the average sample in the analysis of acidity and humus in soddy-podzolic soils // Proceedings of BSTU. Ser. I. Forestry. 2009. Issue. XVII. P. 221–22.
7. Yakovlev A.P., Kostyleva E.V., Kulikova V.K., Markova I.A. Fertilizer system in crop rotations of forest nurseries: practical recommendations. L.: LenNILKh, 1980. 48 p.

УДК 332.334.4

КАЧЕСТВЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ЗЕМЕЛЬ В СМОЛЕНСКОЙ ОБЛАСТИ

Е.А. Бобров

ФГБОУ ВО «Смоленский государственный университет», Смоленск, Россия

e-mail: bobrov.ea@mail.ru

Аннотация. В статье представлены данные о современном состоянии и тенденциях изменения качественных характеристик земель сельскохозяйственных угодий Смоленской области. Предлагаются меры по улучшению качественного состояния земель.

Ключевые слова: смоленская область, земельные угодья, почвы, качественное состояние.

Общая площадь сельскохозяйственных угодий во всех категориях земель Смоленской области составляет в настоящее время 2093,9 тыс. га (42% земельного фонда). В последние десятилетия этот показатель неуклонно снижался. Так, с 2000 по 2022 г. размер сельхозугодий в составе земель сельскохозяйственного назначения уменьшился в области на 119,8 тыс. га. Общая площадь наиболее важного вида сельскохозяйственных угодий – пашни за тот же период уменьшилась на 55,9 тыс. га (с 1531,4 до 1264,9 тыс. га) [1, 2].

Сокращение площади сельскохозяйственных земель связано с их интенсивным зарастанием лесом и кустарником, увеличением площади бросовых земель и переводом в другие категории земель.

В последние десятилетия в области наблюдаются заметные изменения качественного состояния земельных (почвенных) ресурсов, используемых в

сельскохозяйственном производстве. Переход от государственной монополии к различным формам собственности на землю привел к ухудшению культуры земледелия и широкому распространению истощительного сельскохозяйственного использования земель.

Основными трендами в изменении агроэкологического состояния земель области является снижение плодородия почв и их биологической продуктивности, увеличение площади эродированных земель, зарастание сорной и древесно-кустарниковой растительностью, активизация процессов заболачивания мелиорированных земель.

По данным государственного учета земель в Смоленской области более 120 тыс. га подвержены водной эрозии (в т.ч. почти 100 тыс. га – пашня), около 700 тыс. га – кислые, около 800 тыс. га – переувлажнены и заболочены, 100 тыс. га засорены камнями. Для значительной части пахотных земель области характерно низкое содержание органического вещества, подвижного фосфора и обменного калия.

Более 40% сельскохозяйственных угодий области находятся в условиях избыточного увлажнения. Наиболее активно переувлажнение и заболачивание почв проявляется в Демидовском, Велижском, Духовщинском, Дорогобужском, северо-западной части Рославльского, в восточной Кардымовского и Сафоновского, южной части Ярцевского и центральной части Угранского районов. Площади заболоченных сенокосов и пастбищ составляют около 200 тыс. га, пашни – более 160 тыс. га. На пашне заболачивание наиболее сильно проявляется в Вяземском, Сычевском и Гагаринском районах. Заболачивание сенокосов и пастбищ наиболее выражено в Починковском, Монастырщинском, Духовщинском и Гагаринском районах.

Эродированные почвы широко распространены на территориях Монастырщинского, Духовщинского, Краснинского, Руднянского, Смоленского, Кардымовского, Холм-Жирковского, Вяземского и Починковского районов, в каждом из которых они занимают площадь более 6 тыс. га (рис. 1). Общая площадь эродированных земель в области составляет около 120 тыс. га, в том числе пашни – 98 тыс. га, пастбищ – 13 тыс. га, сенокосов – 8 тыс. га.

Наибольшая площадь пашни, подверженной водной эрозии (более 7 тыс. га), характерна для Монастырщинского, Краснинского, Духовщинского, Руднянского и Смоленского районов (рис. 2).

Активному развитию процессов водной эрозии в Смоленской области способствует значительное количество атмосферных осадков (650-750 мм/год) преобладание на ее территории возвышенностей, широкое распространение склоновых поверхностей, а также высокая доля лессовидных суглинков в структуре верхнечетвертичных отложений, которые являются основной почвообразующей породой и при этом обладают низкой водопрочностью.

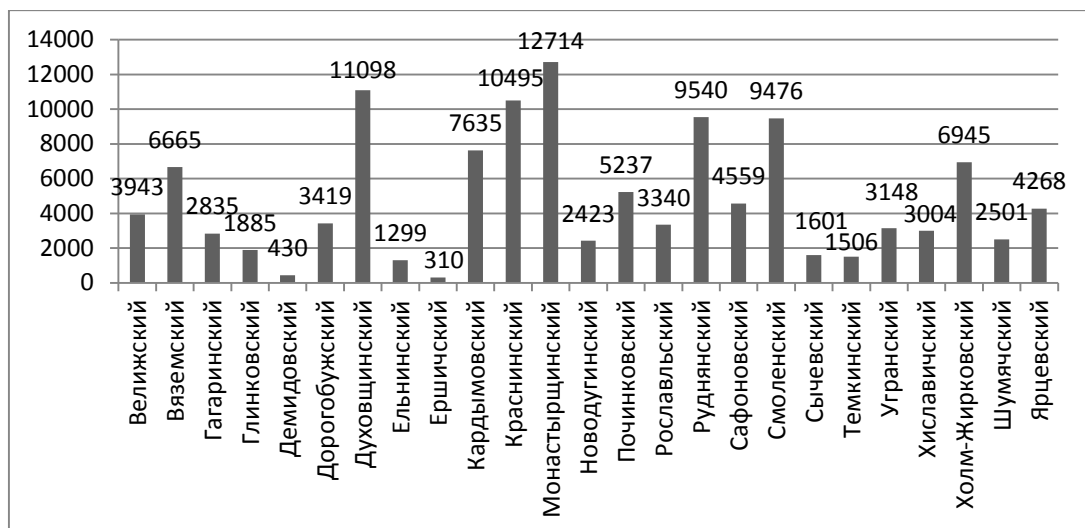


Рисунок 1. Площадь сельскохозяйственных угодий, подверженных водной эрозии, в районах Смоленской области, га

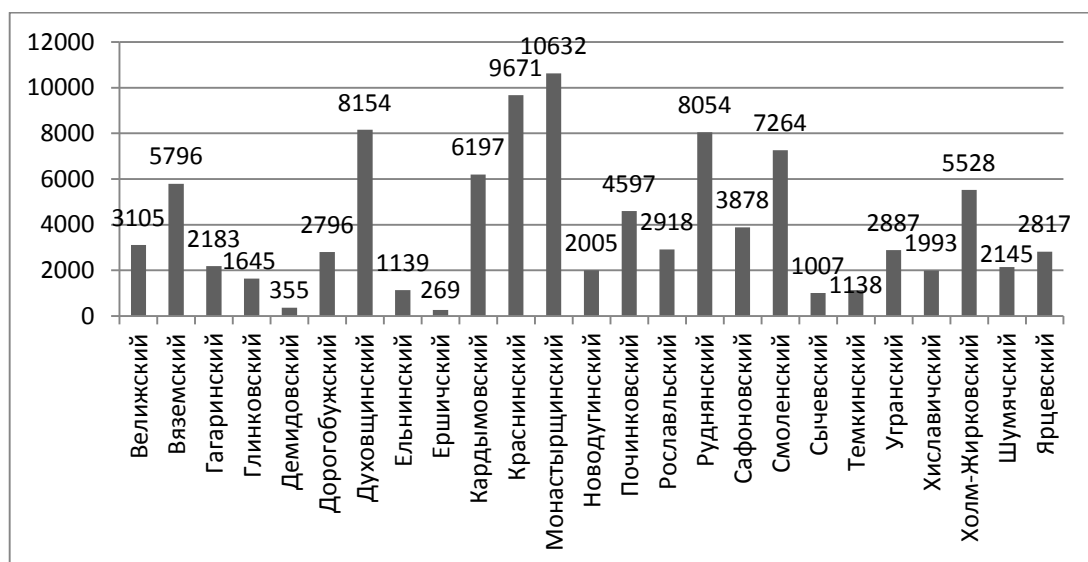


Рисунок 2. Площадь пашни, подверженной водной эрозии, в районах Смоленской области, га

В большинстве районов области значительную площадь занимают кислые почвы. В Духовщинском, Монастырщинском и Хиславичском районах они составляют около 75% площади пашни. Сильнокислые почвы (рН 4,1-4,5) наиболее распространены в Монастырщинском, Глинковском, Вяземском, Холм-Жирковском и Новодугинском районах.

Широко распространен на территории области процесс дегумификации почв. Средневзвешенное содержание гумуса в почвах составляет по области 2,1%. Наиболее бедны (около 1,5%) почвы в Темкинском, Дорогобужском, Глинковском, Угранском, Новодугинском, Вяземском и Сычевском районах. Выше средних по области показателей (более 2,2%) содержание гумуса в почвах достигает в Руднянском, Кардымовском, Демидовском, Смоленском, Починковском, Краснинском, Духовщинском и Велижском районах.

Во многих районах области (Гагаринском, Угранском, Темкинском, Рославльском, Руднянском, Шумячском, Монастырщинском, Ельнинском, Починковском и Смоленском) широко распространены каменистые почвы. При этом слабокаменистые почвы занимают наибольшую площадь в Гагаринском районе, средне- и сильнокаменистые – в Угранском и Темкинском районах.

Негативные тенденции в изменении качественного состояния земель в Смоленской области требуют принятия комплекса мер, направленных на восстановление и повышение плодородия почв. К числу таких мер следует отнести увеличение количества вносимых минеральных и органических удобрений, известкование, проведение работ по осушению земель, реконструкцию и восстановление существующих мелиоративных систем, культурно-техническую мелиорацию и рекультивацию нарушенных земель.

Литература

1. Доклад о состоянии окружающей природной среды Смоленской области в 2000 году. Смоленск, 2001. 140 с.
2. Доклад о состоянии и об охране окружающей среды Смоленской области в 2022 году. Смоленск, 2023. 214 с.

QUALITATIVE CONDITION OF LAND IN THE SMOLENSK REGION

E.A. Bobrov

Smolensk State University, Smolensk, Russia

Abstract. The article presents data on the current state and trends in the qualitative characteristics of agricultural land in the Smolensk region. Measures are proposed to improve the quality of land.

Keywords: Smolensk region, lands, soils, qualitative state.

References

1. Report on the state of the natural environment of the Smolensk region in 2000. Smolensk, 2001. 140 p.
2. Report on the state and environmental protection of the Smolensk region in 2022. Smolensk, 2023. 214 p.

УДК 631.445.24:631.8

КАЛИЙНОЕ СОСТОЯНИЕ АГРОДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ ПОЧВЫ ПРИ ДЛИТЕЛЬНОМ ИСПОЛЬЗОВАНИИ СИСТЕМ УДОБРЕНИЯ

Т.Ю. Бортник, А.Ю. Карпова

ФГБОУ ВО Удмуртский ГАУ, Ижевск, Россия

e-mail: agrohim@udsau.ru

Аннотация. В полевом опыте на агродерново-среднеподзолистой среднесуглинистой почве при использовании систем удобрения в течение 40 лет содержание подвижного калия в верхних слоях не превышает средней обеспеченности. Положительный баланс калия формируется при использовании органоминеральных систем удобрения.

Ключевые слова: агродерново-подзолистые почвы, подвижный калий, баланс калия.

Калий – важнейший макроэлемент питания растений, в значительной степени обуславливающий формирование качественной продукции растениеводства. Обеспеченность почв доступными формами этого элемента является одним из наиболее значимых показателей, особенно для условий Нечерноземной зоны, где большая часть пахотных земель представлена дерново-подзолистыми почвами, обладающими низким потенциальным плодородием [2, 3]. При этом разные авторы неоднозначно трактуют понятие «оптимального содержания» [6]. Для оценки доступности калия растениям необходимо определять различные формы этого элемента в почвах [2, 7, 9]. Исследования З.С. Артемьевой и др. (2019) показали, что растения способны усваивать из почвы от 12 до 45 % от максимально возможного количества калия [1].

Многочисленными исследованиями в России и за рубежом установлено, что накопление доступного калия в почвах в основном происходит при систематическом использовании удобрений [2, 3, 5, 9]. Однако в настоящее время применение калийсодержащих удобрений находится на минимальном уровне, на фоне преимущественного внесения азотных. Известно, что даже на высококультуренных почвах дефицит калия в системах удобрения приводит к деградации их калийного состояния [4]. Небольшое количество калия поступает с органическими удобрениями, средняя насыщенность которыми на гектар пашни в Нечерноземье составляет 1-2 т. Таким образом, в земледелии региона в течение последних 30-40 лет формируется отрицательный баланс калия. Этот процесс деградации почв связан не только с высокой ценой удобрений, но и с недооценкой роли калийного питания растений и калийных удобрений в воспроизводстве плодородия почв [8]. Выявить формирование калийного состояния почв возможно при проведении исследований в длительных полевых опытах с удобрениями.

Материалы и методы. Исследования проведены в длительном стационарном полевом опыте, который был заложен на опытном поле учхоза «Июльское» (ныне «ИжАгроПлем» Удмуртского ГАУ) в 1979 г. Почва опытного участка была типичной для условий Удмуртии – агродерново-среднеподзолистая среднесуглинистая на красно-буром опесчаненном суглинке. При закладке опыта почва была слабокислая ($pH_{KCl} - 5,25$), имела содержание гумуса 2,15 %, $N_T - 2,75$ ммоль/100 г, $S - 10,8$ ммоль/100 г, содержание подвижных форм фосфора и калия по Кирсанову среднее – 69 и 91 мг/кг соответственно. С 1979 г. в длительном опыте исследования проводились в севообороте: однолетние травы – озимые зерновые – пропашные – ячмень. Схема опыта включала 17 вариантов различных сочетаний и соотношений органических и минеральных удобрений, на фоне извести и без нее. В данной статье рассмотрены наиболее яркие варианты. В схеме (табл.) указаны соотношения элементов питания; дозы минеральных удобрений под каждую культуру устанавливались с учетом требований растений по зональным рекомендациям. Средняя ежегодная доза составила $N_{63}P_{64}K_{64}$. В качестве минеральных удобрений вносили аммиачную селитру, двойной суперфосфат,

хлористый калий. Навоз КРС полуперепревший вносили один раз в ротацию под пропашную культуру; последний раз в 2015 г. под картофель. Известкование проводили один раз в восемь лет по полной гидролитической кислотности; последний раз в 2009 г. В 2019-2021 гг. удобрения не вносили; культуры возделывались по последствию ранее использованных систем удобрения.

Результаты исследований. За более чем 40 лет использования систем удобрения в почве каждого варианта сформировался определенный уровень плодородия. В таблице представлено содержание подвижного калия по Кирсанову в пахотном слое 0-20 см за VII, VIII и IX ротации севооборота. Показатели 2021 г. получены после трехлетнего изучения последствия систем удобрения.

Таблица

Содержание подвижного калия в агродерново-среднеподзолистой почве под влиянием систем удобрения, мг/кг (2006-2021 гг.)

Варианты	Годы			
	2006	2011	2016	2021
1 Без удобрений (к)	64	55	46	53
2 Известь по 1 Нг	65	71	58	62
3 Известь + N ₁ P ₁ K ₁	85	74	66	60
4 N ₁ P ₁ K ₁	90	86	65	75
5 Известь + навоз 40 т/га + N ₁ P ₁ K ₁	108	83	85	61
6 Известь + навоз 40 т/га + N _{1,5} P _{1,5} K _{1,5}	107	102	86	69
7 Известь + навоз 40 т/га	69	70	56	55
8 Известь + N ₁ P ₁ K ₁ + NPK экв. навозу	108	93	72	99
НСР ₀₅	14	12	17	23

Как видно из представленных данных, содержание подвижного калия в почве контрольного варианта и при систематическом известковании не претерпело значительных изменений, по сравнению с исходным состоянием выражено даже снижение этого показателя. Стабилизация содержания подвижного калия на низком уровне при дефиците этого элемента в системе удобрения отмечалась и другими исследователями [7]. Существенное накопление подвижного калия по всем ротациям наблюдается при использовании полного минерального удобрения на фоне извести и без него (варианты 3, 4, 8), а также при использовании органоминеральных систем удобрения (варианты 5 и 6). Однако обеспеченность почвы подвижным калием не превышает среднего уровня. Кроме того, выражено снижение этого показателя к 2016 г. по всем вариантам, а без применения удобрений в течение 2019-2021 гг. обеспеченность почвы подвижным калием низкая при использовании всех систем удобрения кроме минеральной на фоне извести (вариант 8).

Так как существенное накопление подвижного калия при систематическом применении удобрений не выявлено, представляло интерес рассмотреть содержание этого элемента по профилю почвы (рис. 1).

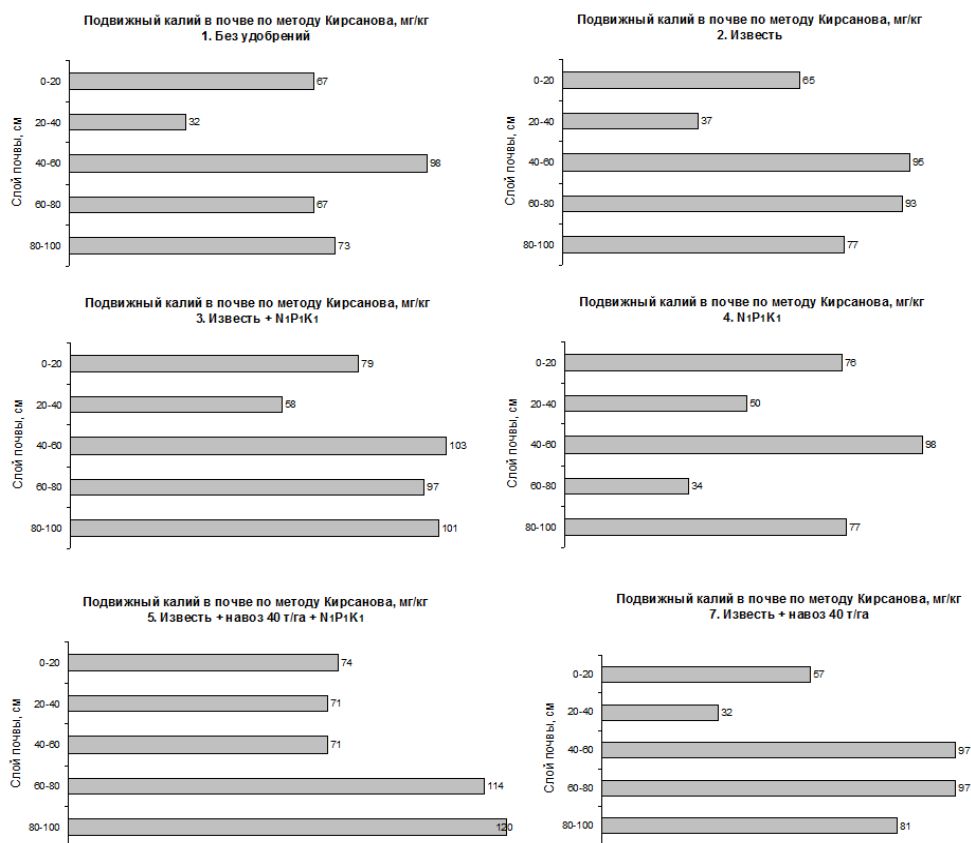


Рисунок 1. Содержание подвижного калия по профилю агродерново-среднеподзолистой среднесуглинистой почвы при разных системах удобрения.

Можно отметить значительное накопление этой формы калия в слоях 60-80 и 80-100 см при использовании на фоне извести органической, минеральной и особенно органоминеральной систем удобрения по сравнению с контрольным вариантом – на 28-47 мг/кг. Это связано с промывным водным режимом, характерным для Удмуртии и всей Нечерноземной зоны, при котором происходит разрушение агрогенных свойств почв и вынос илстой фракции вниз по профилю. Этот процесс активизирует перемещение ионов калия, поступающих с удобрениями, и закрепление их в низлежащих слоях. Таким образом, верхние слои в значительной степени обедняются доступным для растений калием.

За три последних ротации севооборота рассчитан баланс калия в почве (рис. 2). Без применения удобрений и с использованием только извести формируется отрицательный баланс, даже с учётом возврата калия в почву с соломой зерновых культур.

Заделка соломы в почву при использовании органической системы удобрения, минеральных систем на фоне извести и без неё способствует формированию близкого к нулевому баланса калия, в пределах 98-119 %. Органоминеральные системы удобрения на фоне извести приводят к существенному накоплению калия в почве; баланс положительный, с интенсивностью 170-178 %.

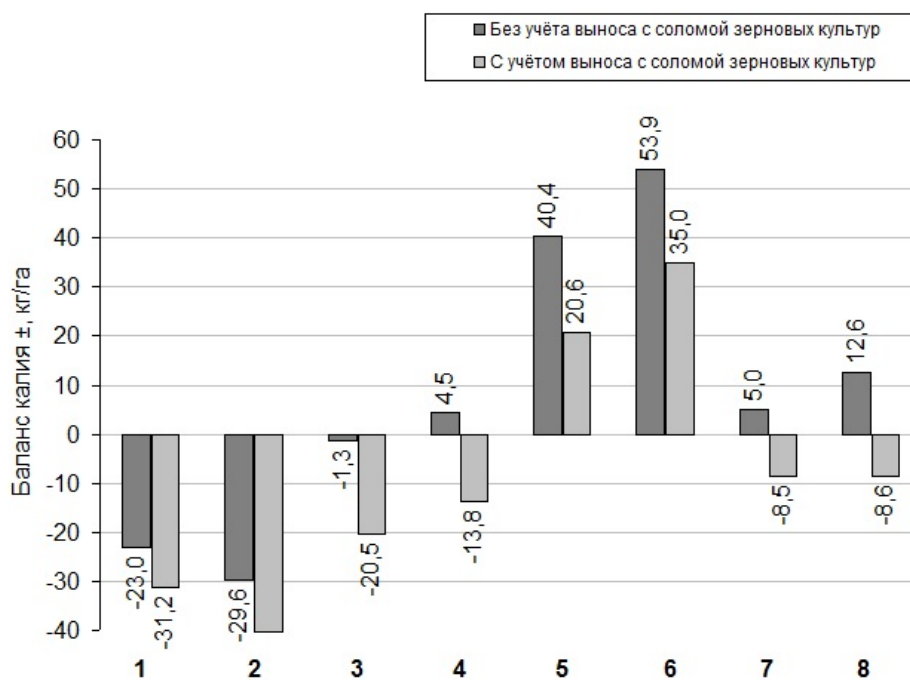


Рисунок 2. Баланс калия в агродерново-среднеподзолистой среднесуглинистой почве при различных системах удобрения

Таким образом, обеспеченность агродерново-подзолистой почвы подвижным калием является важным фактором формирования уровня плодородия этих почв. Недооценка применения калийсодержащих удобрений в настоящее время может привести к снижению обеспеченности почв этим макроэлементом и даже к истощению почв.

Заключение. Длительное использование систем удобрения не способствует существенному повышению содержания подвижного калия в агродерново-подзолистой среднесуглинистой почве. Подвижный калий в условиях промывного водного режима перемещается вниз по профилю почвы, откуда растения не могут извлекать его для питания. В формировании положительного баланса калия существенная роль принадлежит использованию соломы зерновых культур для заделки в почву. В этом случае достигается расширенное воспроизводство плодородия почвы, и поддерживается экологическая устойчивость агроценоза.

Литература

1. Артемьева З.С., Фрид А.С., Титова В.И. Миграционная доступность калия растениям на суглинистых почвах // *Агрохимия*. 2019. № 7. С. 16-26.
2. Беляев Г.Н. Влияние калийных удобрений на состояние калийного режима дерново-подзолистой песчаной почвы // В кн. *Калийные удобрения из калийных солей Верхнекамского месторождения и их эффективность*. Пермь: Перм. кн. изд-во, 2005. С. 57-84.
3. Бортник Т.Ю., Карпова А.Ю., Клековкин К.С. Агроэкологическое состояние дерново-среднеподзолистой среднесуглинистой почвы после 40-летнего применения различных систем удобрения // *Агрохимический вестник*. 2023. № 1. С. 3-10.

4. Кулеш О.Г., Мезенцева Е.Г. Трансформация калийного состояния высококультуренной дерново-подзолистой легкосуглинистой почвы в условиях применения калий-дефицитных систем удобрения // Почвоведение и агрохимия. 2021. № 1. С. 51-59.
5. Просянников Е.В. Агрохимические аспекты устойчивого земледелия // Агрохимический вестник. 2019. № 5. С. 13-17.
6. Чекмарёв П.А., Лукин С.В. Мониторинг содержания подвижных форм фосфора и калия в пахотных почвах Белгородской области // Достижения науки и техники АПК. 2020. Т. 34. № 2. С. 5-9.
7. Якименко В.Н. Изменение содержания калия и магния в профиле почвы длительного полевого опыта // Агрохимия. 2019. № 3. С. 19-29.
8. Якименко В.Н. Баланс калия, урожайность культур и калийное состояние почвы в длительном полевом опыте в лесостепи Западной Сибири // Агрохимия. 2019. № 10. С. 16-24.
9. Bijay-Singh, Tek B. Sapkota . The effect of adequate and excessive application of mineral fertilizers on the soil / Reference Module in Earth Systems and Environmental Sciences, 2022. URL : <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780128229743000513> (дата обращения 11.07.2023).

POTASSIUM STATE OF AGRO-SOD-PODZOLIC SOIL WITH LONG-TERM USE OF FERTILIZATION SYSTEMS

T.Y. Bortnik, A.Y. Karpova

Udmurt State Agrarian University, Izhevsk, Russian

Abstract. The mobile potassium content in the upper layers of the agro-sod-medium podzolic medium loamy soil does not exceed the average availability when using fertilization systems in the field experiment for 40 years. A positive balance of potassium is formed when using organomineral fertilization systems.

Keywords: agro-sod-podzolic soils, mobile potassium, balance of potassium.

References

1. Artemieva Z.S., Frid A.S., Titova V.I. Migration availability of potassium to plants on loamy soils // Agrochemistry. 2019. № 7. P. 16-26.
2. Belyaev G.N. The influence of potash fertilizers on the state of the potash regime of sod-podzolic sandy soil // In the book Potash fertilizers from potash salts Verkhnekamskoye deposits and their effectiveness. Perm, 2005. P. 57-84.
3. Bortnik T.Yu., Karpova A.Yu., Klekovkin K.S. Agro-ecological state of sod-medium-podzolic medium loamy soil after 40 years of application of various fertilization systems // Agrochemical Bulletin. 2023. № 1. P. 3-10.
4. Kulesh O.G., Mezentceva E.G. Transformation of the potassium state of a highly cultivated sod-podzolic light loamy soil under the conditions of the use of potassium-deficient fertilization systems // Soil science and agrochemistry. 2021. № 1. P. 51-59.
5. Prosyannikov E.V. Agrochemical aspects of sustainable agriculture // Agrochemical Bulletin. 2019. № 5. P. 13-17.
6. Chekmaryov P.A., Lukin S.V. Monitoring the content of mobile forms of phosphorus and potassium in arable soils of the Belgorod region // Achievements of science and technology of the AIC. 2020. Vol. 34. № 2. P. 5-9.
7. Yakimenko V.N., Changes in the content of potassium and magnesium in the soil profile of a long-term field experiment // Agrochemistry. 2019. № 3. P. 19-29.
8. Yakimenko V.N. Potassium balance, crop yields and soil potassium status in a long-term field experiment in the forest-steppe of Western Siberia // Agrochemistry. 2019. № 10. P. 16-24.
9. Bijay-Singh, Tek B. Sapkota . The effect of adequate and excessive application of mineral fertilizers on the soil / Reference Module in Earth Systems and Environmental Sciences, 2022. URL : <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780128229743000513> (accessed 11.07.2023).

**ВОДНО-ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПАХОТНЫХ ПОЧВ
ЧАСТИ ЗЕМЛЕПОЛЬЗОВАНИЯ ПЕРМСКОГО НИИСХ –
ФИЛИАЛА ПФИЦ УРО РАН**

П.С. Ведерникова, В.Ю. Гилёв
ФГБОУ ВО Пермский ГАТУ, Пермь, Россия;
e-mail: apolinariua@mail.ru

Аннотация. В работе были изучены водно-физических свойств почв части землепользования Пермского НИИСХ – филиала ПФИЦ УрО РАН. Приведены результаты определения почвенно-гидрологических констант, дана их оценка и профильное изменение. Проведены режимные наблюдения по изменениям запасов продуктивной влаги в течение вегетационного периода в слое почвы 0-20 см.

Ключевые слова: почвенно-гидрологические константы, влажность почвы, полная влагоемкость, наименьшая влагоемкость, влажность разрыва капилляров, влажность завядания, запасы продуктивной влаги.

Введение. Агрофизические свойства играют важную роль в современном земледелии. Именно данные свойства почв формируют условия для дальнейшего развития полевых культур.

Многим ученым удалось выяснить, что почвенная вода при различном ее содержании далеко не равнозначна по своим свойствам. Одно и то же содержания влаги в почвах, которые различны по своим свойствам, может отличаться по своей подвижности или по доступности для растений [1].

Объекты исследования. На опытном поле части землепользования Пермского НИИСХ – филиала ПФИЦ УрО РАН, на пашне было заложено три почвенных разреза (рис. 1).

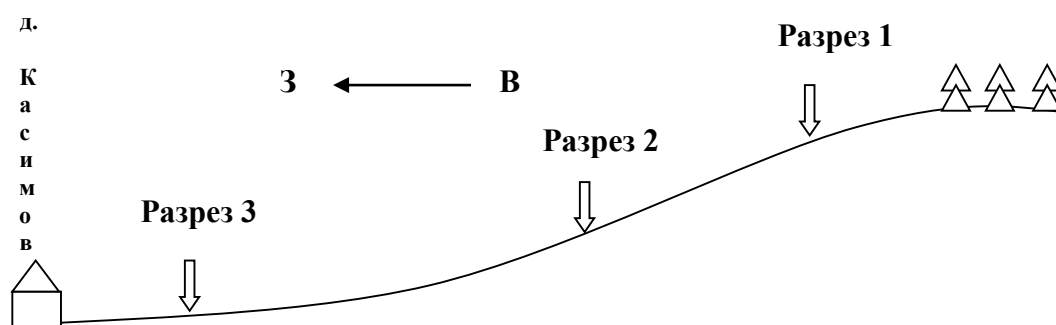


Рисунок 1. Территория обследования (разрез 1 - ДК^{опн}ГЭ₅, разрез 2 - ДБ^нГЭ₁, разрез 3 - П^{дн}₃ТЭ₁)

Методы исследования. Определение аналитических показателей проводилось общепринятыми методами.

Результаты исследования. Результаты определения почвенно-гидрологических констант показаны на рисунке 2.

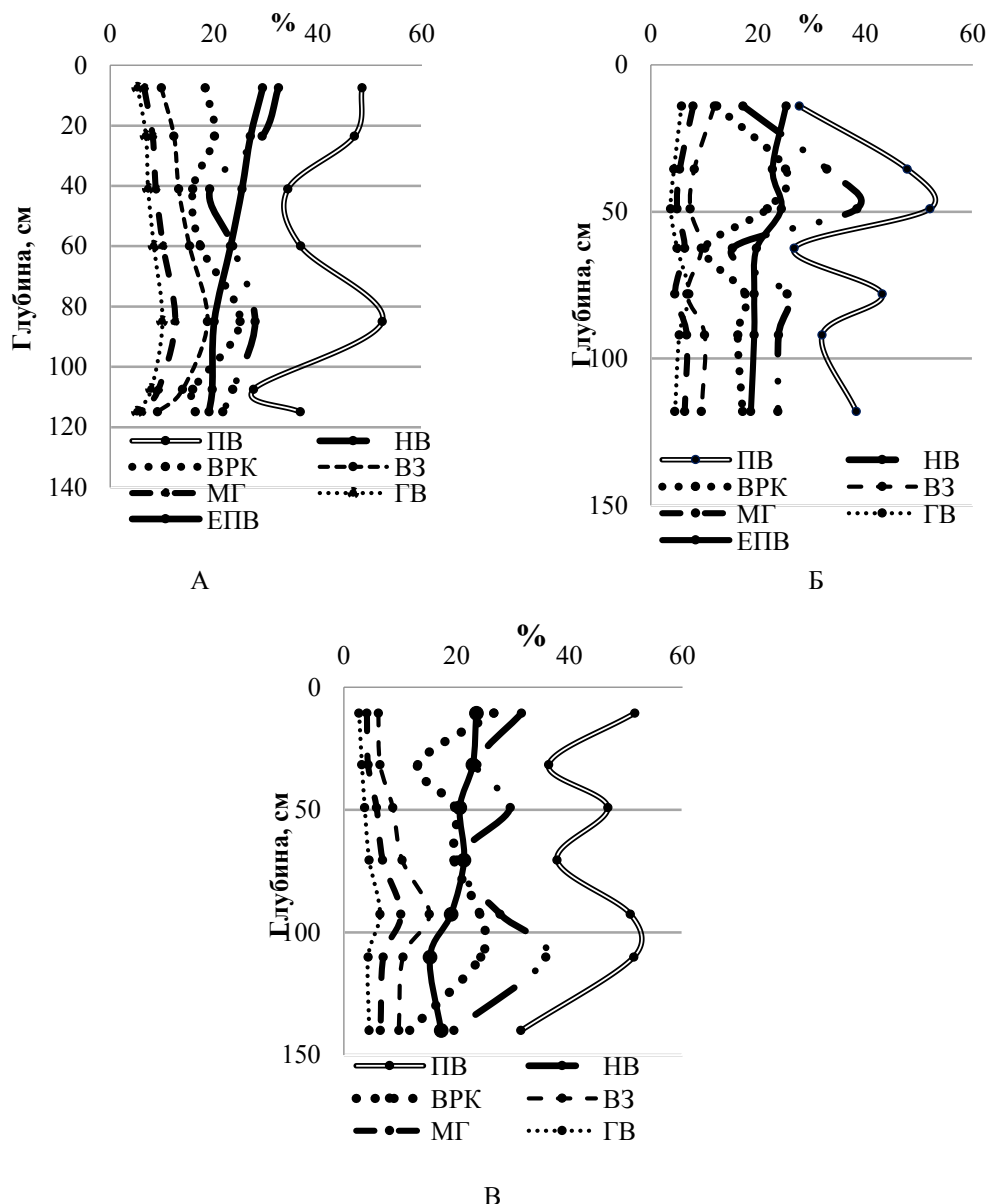


Рисунок 2. Профильное распределение значений почвенно-гидрологических констант и естественной полевой влажности: А – в дерново-карбонатной почве, Б – в дерново-бурой почве, В – в дерново-подзолистой почве, %

Полная влагоемкость (ПВ) в пахотном горизонте исследуемых почв варьирует от 27,7 до 51,6%. Наименьшее значение можно наблюдать в дерново-бурой почве, наибольшее – в дерново-подзолистой.

Наименьшая влагоемкость (НВ) в пахотном горизонте исследуемых почв варьирует от 17,2 до 32,4%. В дерново-карбонатной и дерново-подзолистой почвах оценивается как хорошая, а у дерново-бурой – как неудовлетворительная для пахотного слоя [2].

Влажность разрыва капилляров (ВРК) в пахотном горизонте исследуемых почв представлена диапазоном от 12,3 до 26,6%. Наименьшее значение можно наблюдать в дерново-бурой почве, наибольшее – в дерново-подзолистой.

Влажность завядания (ВЗ) в пахотных горизонтах варьирует от 6,2 до 11,9%. Наименьшее значение наблюдается в дерново-подзолистой почве, наибольшее – в профиле дерново-бурой почвы.

Профильное варьирование почвенно-гидрологических констант в наибольшей степени отмечается по значениям наименьшей и полной влагоемкости. Максимальные значения почвенно-гидрологических констант в профилях всех исследуемых почв наблюдаются в иллювиальной части.

Естественная полевая влажность (ЕВП). Во время закладки разрезов в период с 05.07.2022 по 11.07.2022 из каждого генетического горизонта были отобраны образцы для определения влажности. В пахотном слое исследуемых почв она варьирует от 23,5 до 29,4%. Наименьшее значение характерно для дерново-подзолистой почвы, наибольшее – для дерново-карбонатной почвы.

С глубиной в профилях исследуемых почв отмечается уменьшение количества влаги.

В дерново-карбонатной почве значение естественной полевой влаги находится в интервале от НВ до ПВ, в дерново-бурой – приближается к ПВ, а в дерново-подзолистой почве снижается ниже значений ВРК.

Так же, в течение вегетационного периода проводилось режимное наблюдение за изменением естественной полевой влаги в слое 0-20 см. На основании результатов, представленных в таблице, можно отследить изменения запасов продуктивной влаги в дерново-карбонатной, дерново-бурой и дерново-подзолистой почве. Влажность измерялась термостатно-весовым методом и с помощью влагомера.

Таблица

Изменение запасов продуктивной влаги в почвах части землепользования Пермского НИИСХ – филиала ПФИЦ УрО РАН

Индекс почвы	ЗПВ, мм (в слое 0-20 см)											
	13.05.2022		06.06.2022		23.06.2022		05.07.2022		14.07.2022		08.08.2022	
	т.в. метод	влагомер	т.в. метод	влагомер	т.в. метод	влагомер	т.в. метод	влагомер	т.в. метод	влагомер	т.в. метод	влагомер
ДК ^{оп} ГЭ ₅	37,2	17,3	28,8	11,5	37,0	45,8	41,3	13,7	58,1	57,1	24,0	9,8
ДБ ^п ГЭ ₁	49,9	18,0	41,3	16,8	38,2	46,6	36,0	8,9	67,0	53,5	24,2	6,7
ПД ^ш ₃ ТЭ ₁	48,0	28,4	28,8	18,0	44,9	44,0	35,2	33,0	64,2	64,2	31,0	19,1

Можно заметить, что результаты, полученные термостатно-весовым методом, отличаются от результатов, полученных с помощью влагомера.

Разумнее будет оценить результаты по запасам продуктивной влаги, которые были получены с помощью термостатно-весового метода.

Таким образом, запасы продуктивной влаги в слое 0-20 см в дерново-карбонатной почве в начале вегетационного периода оцениваются как удовлетворительные, в середине вегетационного периода – запасы хорошие, а в конце вегетационного периода – вновь удовлетворительные.

В дерново-бурой почве запасы продуктивной влаги в начале вегетационного периода являются хорошими, в середине – запасы удовлетворительные, в конце вегетационного периода запасы уменьшаются и оцениваются как удовлетворительные.

В дерново-подзолистой почве хорошие запасы продуктивной влаги можно отметить в начале вегетационного и середине вегетационного периода, в конце вегетационного периода – оцениваются как удовлетворительные.

Выводы. По результатам проведенного исследования, можно сделать вывод, что значения почвенно-гидрологических констант в исследуемых почвах имеют незначительные различия, которые можно объяснить различным гранулометрическим составом.

Наиболее благоприятными водно-физическими свойствами характеризуется дерново-подзолистая почва. Худшими свойствами среди исследуемых почв обладает дерново-бурая почва.

В течение вегетационного периода наиболее оптимальное распределение запасов продуктивной влаги отмечается в дерново-подзолистой почве. На дерново-карбонатной почве наблюдается недостаток влаги. Результаты, полученные при определении запасов продуктивной влаги, можно так же объяснить различием разновидности исследуемых почв по гранулометрическому составу и местом расположения почв в рельефе.

Литература

1. Качинский Н.А. Физика почвы Ч. 2. М.,: "Высшая школа", 1970. 358 с.
2. Корчагин А.А., Мазиров М.А., Шушкевич Н.И. Физика почв: лаб. практикум // Владим. гос. ун-т. Владимир: Изд-во Владим. гос. ун-та. 2011. 99 с.

WATER-PHYSICAL PROPERTIES OF ARABLE SOILS IN THE PART OF LAND USE OF THE PERM NIIS A BRANCH OF THE PFRC UB RAS

P.S. Vedernikova, V.Yu. Gilev
Perm State Technical University, Perm, Russia

Annotation. In the work, the water-physical properties of soils of the land use part of the Perm Research Institute of Agriculture, a branch of the PFRC Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, were studied. The results of the determination of soil-hydrological constants are presented, their assessment and profile change are given. Regime observations were carried out on changes in the reserves of productive moisture during the growing season in the soil layer of 0-20 cm.

Keywords: soil-hydrological constants, soil moisture, total moisture capacity, lowest moisture capacity, capillary rupture moisture, wilting moisture, productive moisture reserves.

Literature

1. Kachinsky N.A. Soil physics Ch. 2. M.,: "Higher school", 1970. 358 p.
2. Korchagin, A.A., Mazirov M.A., Shushkevich N.I. Soil physics: lab. practicum // Vladimir State University. Vladimir: Publishing House of Vladimir State University. 2011. 99 p.

УДК 631.81: 631.82: 631.421

ПОКАЗАТЕЛИ ПЛОДОРОДИЯ ПОЧВЫ ДЛИТЕЛЬНОГО СТАЦИОНАРНОГО ОПЫТА

В.А. Волкова, Н.А. Воронкова, Н.Ф. Балабанова, Н.А. Цыганова, А.А. Кемеров
ФГБНУ «Омский АНЦ», Омск, Россия
e-mail: volkovava1989@yandex.ru

Аннотация. Обобщен экспериментальный материал длительного полевого опыта (с 1988 года) по изучению влияния минеральных удобрений на элементы плодородия лугово-черноземной почвы. Приведены параметры изменения содержания консервативного, подвижного фосфора и кислоторастворимых форм тяжелых металлов.

Ключевые слова: почва, удобрения, элементы минерального питания, урожайность, тяжелые металлы.

Интенсификация сельскохозяйственного производства обуславливает все более значимую роль антропогенного фактора в почвообразовательном процессе. Распашка целинных почв и длительное их землепользование внесли существенные изменения в естественный процесс почвообразования: баланс органического вещества, азота и зольных элементов зачастую становится дефицитным. Вследствие этого показатели отдельных агрохимических свойств старопахотных почв в сравнении с целинными аналогами ухудшились [1-3].

Исследование почвенных процессов в динамике является основой управления плодородием почвы. В этом случае незаменимым инструментом становятся длительные стационарные полевые опыты с минеральными удобрениями, которые позволяют дать комплексную оценку изменениям в системе почва-растение-удобрение [4-6]. Удобрения имеют при этом важное значение, и воздействие их многофункционально.

В настоящее время в научной литературе имеются сведения, что удобрения могут изменять агрохимические показатели и физические свойства почв, способствовать или препятствовать химическому поглощению биогенных и токсических элементов, мобилизовывать или иммобилизовать химические элементы в почве [7]. Исследования, проведенные на различных типах почв, свидетельствуют о том, что устойчивость их агроэкологического равновесного статуса под влиянием удобрений изменяется в широких пределах и зависит генетических особенностей, географического расположения, климатических условий. В связи с этим, на основании обобщения имеющихся данных, важно выявить показатели, характеризующие влияние на плодородие почвы удобрений, и дифференцировать их на стабилизирующие и дестабилизирующие устойчивость плодородия почвы.

Исследования проводили в длительном (1988 г.) стационарном полевом опыте лаборатории агрохимии ФГБНУ «Омского АНЦ» в южной лесостепной

зоне Западной Сибири на основе шестипольного зернотравяного севооборота (рис.1).



Рисунок 1. Изображение длительного стационарного полевого опыта лаборатории агрохимии ФГБНУ «Омского АНЦ» на карте ESRI Aerial

Чередование культур в севообороте: люцерна трёх лет использования (с 2018 года – выводное поле), яровая пшеница, яровая пшеница, овес, с 2018 года – озимая пшеница. Севооборот развернут во времени и пространстве. Опыт включал в себя три системы удобрений: 1. Без применения минеральных удобрений; 2. Оптимальные дозы минеральных удобрений; 3. Дозы минеральных удобрений, рассчитанные на получение максимально возможного урожая. В качестве удобрения использовали N_{aa} , АФ, вносили весной до посева локально сеялкой на глубину 6-8 см. В опытах высевали районированные сорта сельскохозяйственных культур. Посев и учет урожайности культур проводили в оптимальные сроки. Агротехника – общепринятая для зоны. Почва опытного участка – лугово-черноземная среднесиловатая среднегумусовая тяжелосуглинистая. Исходное содержание в слое 0-20 см: подвижного фосфора и обменного калия 111 и 350 мг/кг почвы (по Чирикову), сумма обменных катионов – 32,1 ммоль/100 г почвы, в составе катионов Ca^{2+} – 89%, Mg^{2+} – 11%, Na^{+} – менее 1%, рН 6,6-6,7. Анализ почвы проводили стандартными агрохимическими методами. Результаты исследований обработаны дисперсионным методом статистического анализа по Б.А. Доспехову.

Интенсификация сельскохозяйственного использования лугово-черноземной почвы внесла существенные изменения в показатели состояния органического вещества. Исследование почвенных образцов показало, что исходное содержание гумуса, где до 2018 года 50% площади севооборота занимают многолетние бобовые травы (люцерна), в варианте без применения удобрений было 6,73% и за четыре ротации севооборота оно практически не изменилось: 6,72% (-0,01). Систематическое применение минеральных удобрений в севообороте повысило содержание гумуса в почве на 0,16-0,30%. Новообразование гумуса на минеральных фонах обусловлено большим поступлением органического материала в виде растительных и корнепозживных

остатков. Ежегодное поступление в почву растительных остатков формирует в ней фонд легкоминерализуемых соединений, в том числе в виде мортмассы (свежих и полуразложившихся растительных и животных остатков) [8].

Оптимизация минерального питания в севообороте за счет применения минеральных удобрений увеличила обогащенность почвы углеродом мортмассы на 24-86%, прирост определялся сложившейся системой удобрений. Следует отметить, что в составе общего углерода доля углерода мортмассы при внесении минеральных удобрений возрастала, что свидетельствует о положительном их влиянии на увеличение содержания углерода мортмассы в органическом веществе почвы. Лабильная часть органического вещества почв не только определяет уровень эффективного плодородия, но оказывает влияние на количественную величину консервативной (стабильной) части гумуса. Проведенный корреляционный анализ показал тесную связь содержания гумуса в почве с обогащенностью почвы мортмассой ($r=0,81$).

Фосфор – один из основных элементов минерального питания растений. Обеспеченность почв доступным фосфором – один из показателей плодородия, а его увеличение – показатель роста их окультуренности. По данным авторов [9] систематическое применение удобрений увеличивает валовое содержание фосфора в пахотном слое, запасы его усвояемых соединений и доступность культурным растениям. Систематический учет содержания P_2O_5 (по методу Чирикова) в почве длительного стационара показал, что при длительном применении фосфорсодержащих удобрений количество его в почве зависело от дозы и длительности применения. Зависимость содержания подвижного фосфора в почве от внесенного P_2O_5 с удобрением была высокая ($r=0,95-0,99$). Применение фосфорных удобрений в течение четырех ротаций севооборота позволило увеличить запасы подвижного фосфора в почве в сравнении с исходным содержанием при второй системе удобрений – на 51%, при третьей системе – до 97% (рис. 2).

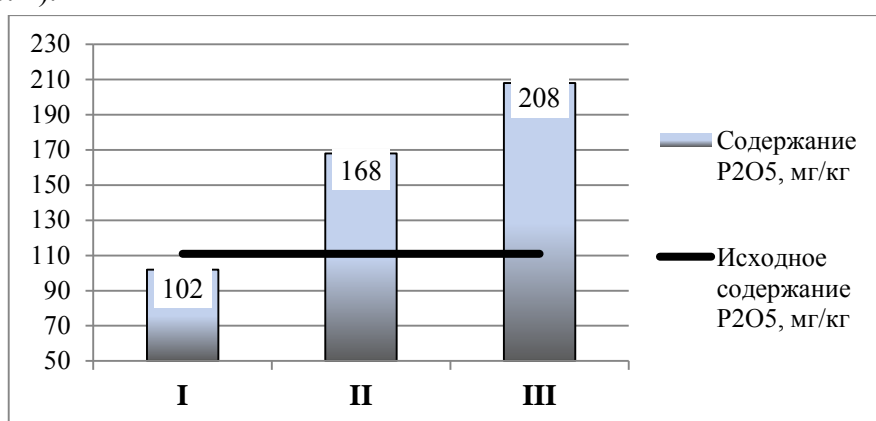


Рисунок 2. Изменение содержания подвижного фосфора в почве (0-20 см) в зависимости от системы удобрений, 2022 г. ($НСП_{05}=20,0$)

Запасы подвижного фосфора возросли на 126-214 кг/га в зависимости от системы удобрений. В контрольном варианте наблюдается тенденция снижения

запасов доступного фосфора на 8% или 20 кг/га. Увеличение содержания подвижных фосфатов в почве при этом закономерно сопровождалось ростом урожайности сельскохозяйственных культур и продуктивности севооборота ($r=0,92$).

Изменение физико-химических свойств под влиянием удобрений может способствовать изменению подвижности некоторых элементов, в том числе металлов и других элементов, содержащихся в минеральных удобрениях, могут загрязнять ими пахотный слой почвы [10]. В наших исследованиях было установлено, что длительное внесение научно-обоснованных доз минеральных удобрений не привело к аккумуляции тяжелых металлов в пахотном слое лугово-черноземной почвы, а, напротив, способствовало снижению содержания изучаемых элементов (Cu, Zn, Ni, Pb). Это явилось результатом как большого выноса микроэлементов растениями с урожаем, так и процессов закрепления их в почве. В результате длительного применения минеральных удобрений в пахотном слое лугово-черноземной почвы отмечается снижение кислоторастворимых форм меди – на 9%, цинка - на 25%, никеля на 7% и свинца за – 22%. Полученные результаты указывают на необходимость постоянного внимания к проблеме оптимизации микроэлементного баланса пахотных почв Западной Сибири [11].

Таким образом, при интенсивном сельскохозяйственном использовании черноземных почв, обладающих достаточно высокой буферной способностью, в них устанавливаются новые равновесные состояния агрохимических, биологических и других свойств. Только научно обоснованное применение удобрений позволяет сохранить экологическую сбалансированность агроценозов и получать стабильно высокие урожаи сельскохозяйственных культур.

Литература

1. Дыбин В.В., Чернышкова Л.Б. Изменение плодородия дерново-подзолистой почвы и продуктивность культур при длительном применении удобрений с известкованием // Плодородие. 2014. №2. С. 22-24.
2. Сычев В.Г., Шафран С.А. Прогноз плодородия почв Нечерноземной зоны в зависимости от уровня применения удобрений // Плодородие. 2019. №2. С. 22-25
3. Воронкова Н.А., Балабанова Н.Ф. Влияние длительного применения удобрений в зернотравяном севообороте на агрохимические свойства чернозема выщелоченного и урожайность сельскохозяйственных культур // Достижения науки и техники АПК. 2013. №5. С. 30-32.
4. Косолапова А.И. Перспективы использования длительных полевых стационарных опытов для решения современных проблем в АПК // Аграрная наука Евро-северо-востока. №11. 2008. с.25-28
5. Агеев В.В., Подколзин А.И. Длительные стационары – основа теории и практики агрохимии // Агрохимический вестник. 2005. №4. С. 5-7.
6. Гамзиков Г.П. Длительные стационарные опыты с удобрениями в Сибири – национальное достояние страны // Проблемы агрохимии и экологии. 2019. С. 1-10
7. Завьялова Н.Е., Леснов А.Е. Агроэкологическая оценка длительного применения возрастающих доз NPK в севообороте на дерново-подзолистой почве // Проблемы агрохимии и экологии. 2019. № 3. С.44-49

8. Балабанова Н.Ф., Воронкова Н.А., Дороненко В.Д., Волкова В.А., Цыганова Н.А. Содержание лабильного органического вещества в лугово-черноземной почве при длительном применении минеральных удобрений // Земледелие. 2020. № 2. С. 7-9.
9. Варламова Л.Д., Нефедьева В.В. Изменение фракционного состава фосфатов при многолетнем применении удобрений // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. № 5 (42). 2014 г. С. 38-42.
10. Овчаренко М.М. Тяжелые металлы в системе почва-растение-удобрение: автореф. дис.. док. с.-х. наук М, 2000. 56 с.
11. Воронкова Н.А., Балабанова Н.Ф., Волкова В.А., Цыганова Н.А., Пахотина И.В. Применение ростостимуляторов при возделывании яровой мягкой пшеницы // Достижения науки и техники АПК. 2020. Т. 34. № 10. С. 73–77.

INDICATORS OF SOIL FERTILITY OF LONG-TERM STATIONARY EXPERIENCE

V.A. Volkova, N.A. Voronkova, N.F. Balabanova, N.A. Tsyganova, A.A. Kemerovo

Omsk Agrarian Scientific Center, Omsk, Russia

Abstract. The experimental material of a long-term field experience (since 1988) on the study of the effect of mineral fertilizers on the elements of fertility of meadow-chernozem soil is summarized. The parameters of changes in the content of conservative, mobile phosphorus and acid-soluble forms of heavy metals are given.

Keywords: soil, fertilizers, elements of mineral nutrition, yield, heavy metals.

References

1. Dybin V.V., Chernyshkova L.B. Changes in the fertility of sod-podzolic soil and crop productivity with prolonged use of fertilizers with liming // Fertility. 2014. No.2. P. 22-24.
2. Sychev V.G., Shafran S.A. Forecast of soil fertility in the Non-Chernozem zone depending on the level of fertilizer application // Fertility. 2019. No. 2. P. 22-25
3. Voronkova N.A., Balabanova N.F. The effect of long-term use of fertilizers in the grain-grass crop rotation on the agrochemical properties of leached chernozem and crop yields // Achievements of science and technology of the agro-industrial complex. 2013. No.5. P. 30-32.
4. Kosolapova A.I. Prospects of using long-term stationary field experiments to solve modern problems in the agro-industrial complex // Agrarian science of the Euro-North-East. No.11. 2008. P.25-28
5. Ageev V.V., Podkolzin A.I. Long-term hospitals - the basis of the theory and practice of agrochemistry // Agrochemical Bulletin. 2005. No. 4. P. 5-7.
6. Gamzikov G.P. Long stationary experiments with fertilizers in Siberia – the national treasure of the country // Problems of agrochemistry and ecology. 2019. P. 1-10.
7. Zavyalova N.E., Lesnov A.E. Agroecological assessment of the long-term use of increasing doses of NPK in crop rotation on sod-podzolic soil // Problems of agrochemistry and ecology. 2019. No. 3. P. 44-49.
8. Balabanova N.F., Voronkova N.A., Doronenko V.D., Volkova V.A., Tsyganova N.A. The content of labile organic matter in meadow-chernozem soil with prolonged use of mineral fertilizers // Agriculture. 2020. No. 2. P. 7-9.
9. Varlamova L.D. Nefedieva V.V. Change in the fractional composition of phosphates with long-term application of fertilizers // Agrarian science of the Euro-North-East. No. 5 (42). 2014. P. 38-42.
10. Ovcharenko M.M. Heavy metals in the soil-plant-fertilizer system: abstract. dis. doc. S.-H. sciences. M, 2000. 56 p.
11. Voronkova N.A., Balabanova N.F., Volkova V.A., Tsyganova N.A., Pakhotina I.V. The use of growth stimulators in the cultivation of spring soft wheat // achievements of science and technology АПК. 2020. Vol. 34. No. 10. P. 73-77.

УДК 631.4: 631.811: 633.1: 631.816.3: 631.45.4

**ВЫНОС И БАЛАНС ЭЛЕМЕНТОВ ПИТАНИЯ ЗЕРНОВЫМИ
КУЛЬТУРАМИ ПРИ РАЗНЫХ СПОСОБАХ ВНЕСЕНИЯ УДОБРЕНИЙ
НА ЧЕРНОЗЁМАХ ВЫЩЕЛОЧЕННЫХ**

Л.П. Галеева

ФГБОУ ВО Новосибирский ГАУ, Новосибирск, Россия

e-mail: liub.galeeva@yandex.ru

Аннотация. Пшеница потребляла элементы питания в отношении N:P:K, 4:1:2, а овёс 3:1:4. Интенсивность баланса азота в почве оптимальная. Положительный баланс фосфора создавался при его интенсивности на 50% меньше рекомендованной, а калия - только при разбросном внесении удобрений при интенсивности в 2 раза выше рекомендованной для этой зоны.

Ключевые слова: вынос, баланс, пшеница, азот, фосфор, калий.

Западная Сибирь – зона рискованного земледелия. Согласно многолетним данным погодных условий в лесостепной зоне из каждых 10 лет только 2 благоприятны по увлажнению для возделывания яровой пшеницы, что снижает эффективность удобрений. В условиях дефицита влаги в почве одним из приёмов повышения отдачи от удобрений является их внесение с семенами при посеве, либо локализация в более увлажнённые слои почвы [1, 4, 6].

Влажность почвы меньше «критической» резко снижает урожайность зерновых культур, зависит в основном от запасов продуктивной влаги в почве и её гранулометрического состава. Для чернозёмов выщелоченных северной лесостепи среднесуглинистых по гранулометрическому составу критические запасы продуктивной влаги в метровом слое составляют 112 мм. В зависимости от способа внесения дозы азотных и фосфорных удобрений не должны превышать 60-40 кг д.в./га.

Влияние способов внесения НК- и NPK-удобрений на вынос и баланс элементов питания зерновыми культурами на чернозёме выщелоченном изучали в полевом опыте на учебно-опытном поле НГАУ учхоза «Тулинское» Новосибирской области. Почва опытного участка более 50 лет используется в пашне и имеет в слое 0-20 см следующие показатели: содержание гумуса – 5,70%; рН – 7,17; N – 0,266; P – 0,191%; нитратный азот – 13,1, а в слое 0-40 см – 19,3 мг/кг; легкодоступный фосфор – 0,38; подвижный фосфор – 109,8; обменный калий – 153,4 мг/кг; сумма обменных оснований 38,8 мг-экв/100г почвы, из которых 77% приходится на кальций. Варианты опыта: 1. Контроль (без удобрений). 2. Разбросное внесение удобрений (вручную перед весенней культивацией). 3. Рядковое внесение (сеялкой СН-16 при посеве с семенами). 4. Локальное (врезание сеялкой СН-16 на глубину 10-12 см перед посевом).

Удобрения вносили в виде азофоски (16% д.в. – 1:1:1) в дозе 43 кг д.в./га ежегодно. Площадь делянки 75м² (5x15), расположение делянок – ярусное,

повторность опыта 4-х кратная. Для борьбы с сорняками посевы опрыскивали препаратом Гепард-экстра КЭ (100+27 г/л) из расчёта 0,6 л /га. Отбор почвенных образцов проводили с двух несмежных повторностей весной – до посева и осенью – перед уборкой. Урожайность зерновых культур учитывали сплошным комбайнированием [2].

Установлено, что наибольшее потребление азота пшеницей происходило при рядковом внесении удобрений – 75 кг/га, при разбросном и локальном оно было примерно одинаковым – 56 и 51 кг/га. Общий вынос фосфора пшеницей составил 13-15 кг/га, а калия при всех способах внесения удобрений 22-30 кг/га. Наибольшим он был при рядковом внесении, превысив его на 68% в контроле. Больше всего магния пшеница потребляла при рядковом внесении удобрений – на 60% к контролю.

Следовательно, общий вынос азота пшеницей составил 50-75, фосфора – 13-15, калия – 22-30 и магния – 4,5-6 кг/га, а отношение N:P:K соответствовало 4:1:2. Вынос элементов питания овсом, в силу его биологии и высокой урожайности, был значительно выше, чем пшеницей. При всех способах внесения удобрений общий вынос овсом азота из почвы не отличался от в контроля и составлял 132-140 кг/га, что в 3-2 раза превышало вынос пшеницей. Потребление фосфора овсом в вариантах с удобрениями и в контроле составило 52-54 кг, что в 2-1,5 раза больше, чем у пшеницы. Вынос калия овсом было наибольшим, он в 10-6 раз превышал его у пшеницы. Больше всего калия накапливалось в соломе овса, где его содержание в 13-8 раз превышало в зерне. Удобрения при всех способах внесения уменьшили в 1,4-1,6 раза вынос калия по сравнению с контролем. Вынос магния овсом при всех способах внесения удобрений и в контроле был одинаковым и в 2-3 раза превышал его потребление пшеницей. Следовательно, овёс больше всего потреблял калия, меньше азота, ещё меньше – фосфора и меньше всего – магния, а отношение N:P:K при этом составило 3:1:4. По сравнению с пшеницей овёс потреблял в среднем в 1,5 раза больше азота, в 4 раза калия и одинаковое количество фосфора.

Таким образом, пшеница при внесении удобрений на чернозёме выщелоченном потребляла элементы питания в отношении N:P:K 4:1:2, а овёс, в силу особенностей своей биологии и высокой урожайности, поглощал в 2-2,5 раза больше, чем пшеница азота, в 1,5-2 раза – фосфора, в 7 раз – калия и в 2-3 раза магния, отношение в нём N:P:K составляло 3:1:4

Следовательно, в зерновых агроценозах на чернозёмах выщелоченных необходимо регулировать питание растений не только азотом и фосфором, но и обращать внимание на калий.

Баланс питательных веществ в почве отражает количественное изменение их запасов в зависимости от поступления и расхода. Анализ 23-летних данных [5] баланса элементов питания показал, что расход питательных веществ на производство сельскохозяйственной продукции и непроизводительные потери должен компенсироваться полностью или частично. Расход азота и калия должен

компенсироваться на 100%, а приходные статьи по фосфору должны превышать расходные в 1,5-2 раза. В лесостепной зоне интенсивность баланса должна составлять по азоту 85-90%, фосфору 150-200 и калию 50-60%. В степной зоне соотношение меняется в пользу фосфора – интенсивность баланса по фосфору должна составлять 200-250%, азоту 60-75 и калию 25-30%.

Ежегодная отвальная обработка чернозёма выщелоченного усиливала минерализацию органического вещества и азота почвы и вынос его пшеницей, который в контроле составил 41 кг/га при его дефиците 29 кг/га. Наибольшим он был при рядковом внесении удобрений – 74 кг/га при его дефиците в почве 23 кг/га. Удобрения, внесённые в разброс и локально, обеспечили наименьший дефицит баланса азота в почве – 9 кг/га. Интенсивность баланса азота в севообороте была оптимальной для лесостепной зоны (85-90%) и мало отличалась по вариантам опыта.

Удобрения повышали вынос фосфора пшеницей на 5-8,5 кг/га (19-32% к контролю), но баланс его был положительным, величина которого в зависимости от способа внесения возрастала в ряду: рядковый – локальный = разбросной, составив 26; 32 и 34 кг/га соответственно. Интенсивность баланса фосфора в почве при внесении удобрений составила 90-100%, что на 50-60% меньше рекомендованной для лесостепной зоны.

Дефицит легкодоступного фосфора в контроле составил 26 кг/га. Удобрения при всех способах внесения компенсировали вынос этой формы фосфора пшеницей, создавая его положительный баланс, величина которого возрастала в ряду: локальный – рядковый – разбросной, составляя 7; 8 и 10 кг/га соответственно.

Вынос калия пшеницей составил 20 кг/га. Удобрения увеличивали его в 1,5-1,8 раза, а положительный баланс калия создавался только при разбросном внесении удобрений. Наибольший дефицит калия в почве отмечен при рядковом внесении удобрений – 75 кг/га. Интенсивность баланса калия в севообороте составила 80-120%, превышая в 2 раза рекомендованную для лесостепной зоны.

Таким образом, наибольшая прибавка урожайности зерна пшеницы в звене севообороте на чернозёме выщелоченном получена при рядковом и локальном внесении удобрений. Наибольшей окупаемость 1 кг д.в. удобрений зерном получена при рядковом внесении – 11,5 кг.

При внесении удобрений под пшеницу баланс азота отрицательный, но его дефицит в почве в 2-3 раза меньше, чем в контроле. При этом интенсивность баланса азота в севообороте оптимальная. Баланс фосфора – положительный, а интенсивность его баланса на 50-60% меньше рекомендованной. Положительный баланс калия в почве создаётся только при разбросном внесении, а интенсивность баланса калия в 1,5-2 раза выше рекомендованной для возделывания зерновых в лесостепной зоне.

Следовательно, для получения устойчивой урожайности зерновых культур в севооборотах на чернозёмах выщелоченных северной лесостепи Приобья и

создания в них оптимальной интенсивности баланса элементов питания в условиях часто повторяющегося дефицита осадков за вегетационный период и недостатка продуктивной влаги в пахотном и метровом слое, азотно-фосфорные удобрения необходимо вносить локально в дозах не менее N60P40, из них P20 – в рядки при посеве с семенами. Для поддержания калийного статуса чернозёмов под заключительную культуру севооборота следует применять калийные удобрения в дозе 10-20 кг д.в./га в рядки при посеве с семенами [3].

Литература

1. Адаптивно-ландшафтные системы земледелия Новосибирской области / РАСХН. Сиб. отд-ние. СибНИИЗХим. Новосибирск, 2002. 388 с.
2. Галеева Л.П. Способы внесения удобрений – как приём оптимизации фосфатного режима чернозёмов Новосибирского Приобья / Теория и практика современной аграрной науки. Новосибирск: ИЦ «Золотой колос», 2018. С. 23-27.
3. Галеева Л.П. Азотный режим чернозёмов выщелоченных Новосибирского Приобья при внесении минеральных удобрений в зерновом севообороте // Вестник НГАУ. 2020. № 3 (56). С. 18
4. Осипов В.Г., Булаев В.Е., Чумаченко И.Н. и др. Рекомендации по локальному внесению минеральных удобрений под основные сельскохозяйственные культуры. М.: Колос, 1981. 30 с.
5. Сычёв В.Г. Динамика баланса питательных веществ // Агрохимический вестник. 2000. № 3. С. 33-36.
6. Трапезников В.К., Иванов И.И., Тальвинская Н.Г., Анохина Н.Л. Формирование корневой системы и поглощение воды растениями сортов яровой твёрдой пшеницы с различной отзывчивостью на локальное внесение минерального удобрения // Агрохимия. 2009. № 7. С. 11-19.

REMOVAL AND BALANCE OF NUTRITION ELEMENTS BY GRAIN CROPS WITH DIFFERENT METHODS OF FERTILIZATION ON LEACHED CHERNOZEMS

L.P. Galeeva

Novosibirsk State University, Novosibirsk, Russia

Abstract. Wheat consumed nutrients in the ratio of N:P:K, 4:1:2, and oats 3:1:4. The intensity of nitrogen balance in the soil is optimal. A positive balance of phosphorus was created at its intensity 50% less than recommended, and potassium - only with scattered fertilization at an intensity 2 times higher than recommended for this zone.

Keywords: *takeaway, balance, wheat, nitrogen, phosphorus, potassium.*

References

1. Adaptive landscape systems of agriculture of the Novosibirsk region / RASKHN. Sib. otd-nie. SibNIIZHim. Novosibirsk, 2002. 388 p.
2. Galeeva L.P. Methods of fertilization – as a method of optimizing the phosphate regime of chernozems of the Novosibirsk Ob region / Theory and practice of modern agrarian science. Novosibirsk: IC "Golden Ear", 2018. P. 23-27.
3. Galeeva L.P. Nitrogen regime of leached chernozems of the Novosibirsk Ob region when applying mineral fertilizers in grain crop rotation // Bulletin of NGAU. 2020. No. 3 (56). P. 18
4. Osipov V.G., Bulaev V.E., Chumachenko I.N. et al. Recommendations for the local application of mineral fertilizers for the main agricultural crops. M.: Kolos, 1981. 30 p.
5. Sychev V.G. Dynamics of the balance of nutrients // Agrochemical bulletin. 2000. No. 3. P. 33-36.
6. Trapeznikov V.K., Ivanov I.I., Talvinskaya N.G., Anokhina N.L. Formation of the root system and water absorption by plants of spring durum wheat varieties with different responsiveness to local application of mineral fertilizers // Agrochemistry. 2009. No. 7. P. 11-19.

**ЭКОЛОГО-ГЕОХИМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА
МАГНИТНОЙ ФРАКЦИИ ПОЧВ СРЕДНЕГО ПРЕДУРАЛЬЯ (ОБЗОР)**

С.М. Горохова, Н.М. Щуренко, А.А. Васильев
ФГБОУ ВО Пермский ГАТУ, Пермь, Россия
e-mail: gorohova.s@hotmail.com

Аннотация. Магнитная фракция является геохимическим барьером в почвах и содержит потенциально токсичные элементы: Mn, Ni, Cu, Co, Pb. В почвах урбанизированных ландшафтов содержание тяжелых металлов зависит от техногенной специализации городов. Валовое содержание Mn, Zn, Ni, Cu, Co в почвах агроландшафтов превышает кларки литосферы.

Ключевые слова: потенциально токсичные элементы, экологический магнетизм, геохимический барьер, Пермский край.

Загрязнение почв тяжелыми металлами является актуальной экологической проблемой антропогенно преобразованных ландшафтов [2–4, 8, 9]. Особый интерес представляет изучение почв Среднего Предуралья, поскольку их формирование происходит в условиях техногенного воздействия. К техногенным источникам тяжелых металлов в почве относятся выбросы промышленных предприятий и транспорта. Оксиды и гидроксиды железа выступают фазо-носителем тяжелых металлов и, соответственно, играют ключевую роль в их закреплении в почвах [5]. Население, проживающее на загрязненных тяжелыми металлами территориях, испытывает риск нарушения метаболических процессов, токсикоза, онкологии и тератогенного действия [1]. Таким образом, изучение роли железо-содержащей фазы почв в аккумуляции тяжелых металлов и эколого-геохимическая оценка почв Среднего Предуралья являются важной задачей.

Цель работы – изучить в почвах южной тайги Среднего Предуралья содержание и состав магнитной фракции, оценить её эколого-геохимическую роль в концентрировании тяжелых металлов.

Почвенные профили естественных и сельскохозяйственных ландшафтов таежно-лесной зоны Пермского края характеризуется элювиально-иллювиальным и аккумулятивно-элювиально-иллювиальным типами распределения объемной магнитной восприимчивости. Магнитный субпрофиль почв формируется под влиянием почвообразовательных процессов низшего порядка: накопления, разрушения и(или) стабильного состояния магнетиков. Величина объемной магнитной восприимчивости поверхностных горизонтов урбанизированных почв зависит от аэрального привноса поллютантов промышленных предприятий и транспорта [3, 4, 6, 10].

В почвах сформировалась природно-техногенная ассоциация магнитных железосодержащих минералов. Содержание тяжелых металлов в почвах урбанизированных ландшафтов зависит от техногенной специализации городов

[10–12]. В почвах агроландшафтов таежно-лесной зоны Среднего Предуралья превышено валовое содержание Ni, Cu, Co, Zn, Mn относительно кларков литосферы по К.Н. Wedepohl [6, 7]. Содержание тяжелых металлов в составе магнитной фракции почвы составило: Mn 467,5-2202,4; Zn 59,7-244,1; Ni 46,7-210,5; Cu 23,0-416,0; Co 13,4-64,0; Pb до 32,2 мг/кг.

Впервые установлено, что магнитная фракция почв южной тайги Среднего Предуралья состоит не только из минералов магнетито-маггемитовой группы, но и содержит комплекс других минералов различного генезиса. Установлены закономерности локальной концентрации железа и тяжелых металлов в составе частиц магнитной фракции почв разного генезиса.

Выводы. Для диагностики загрязнения тяжелыми металлами почв урбанизированных и сельскохозяйственных ландшафтов Среднего Предуралья обосновано применение каппаметрии в качестве экономичного неразрушающего экспресс-метода. Полученные научные результаты рекомендуется использовать при проведении почвенно-экологического мониторинга в Среднем Предуралье, принятии решений органами государственной власти в области рационального природопользования и управлении земельными ресурсами Пермского края.

Литература

1. Антонова Ю.А., Сафонова М.А. Тяжёлые металлы в городских почвах // *Фундаментальные исследования*. 2007. № 11. С. 43–44.
2. Боброва А.В., Васильев А.А., Разинский М.В. Состав магнитной фазы почв и эпифитов на территории города Лысьва Пермского края // *Экология урбанизированных территорий*. 2023. № 1. С. 19–26. <https://doi.org/10.24412/1816-1863-2023-1-19-26>
3. Васильев А.А., Лобанова Е.С. Магнитная и геохимическая оценка почвенного покрова урбанизированных территорий Предуралья на примере города Перми. Пермь: ФГБОУ ВПО Пермская ГСХА, 2015. 243 с.
4. Васильев А.А., Чащин А.Н. Тяжелые металлы в почвах города Чусового: оценка и диагностика загрязнения. Пермь: ФГБОУ ВПО Пермская ГСХА, 2011. 197 с.
5. Водяницкий Ю.Н. Загрязнение почв тяжелыми металлами и металлоидами и их экологическая опасность (аналитический обзор). М.: МГУ им. М. В. Ломоносова, 2017. 191 с.
6. Горохова С.М., Васильев А.А., Щуренко Н.М. Оценка загрязнения агроземов тяжелыми металлами в составе магнитной фазы и конкреций // *АгроЭкоИнфо*. 2022. № 3. С. 1–15. <https://doi.org/10.51419/202123322>
7. Горохова С.М., Разинский М.В., Васильев А.А. Минералогические и химические особенности магнитной фазы почв южной тайги Пермского края // *Пермский аграрный вестник*. 2017. № 4 (20). С. 6–14.
8. Еремченко О.З., Москвина Н.В. Свойства почв и техногенных поверхностных образований в районах многоэтажной застройки г. Пермь // *Почвоведение*. 2005. № 7. С. 782–789.
9. Щеткова Е.А., Кайгородов А.Т., Леснов А.Е. Агроэкологический мониторинг пахотных почв Пермского края // *Плодородие*. 2010. № 3. С. 45–46.
10. Щуренко Н.М., Васильев А.А., Горохова С.М. Тяжёлые металлы и техногенные магнитные частицы в почвах рекреационной территории города Пермь (на примере экологической тропы Чапаевская) // *АгроЭкоИнфо*. 2022. № 6. С. 1–21. <https://doi.org/10.51419/202126644>
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. № 11 (10). P. 1–35. <https://doi.org/10.3390/geosciences10110443>

12. Vasiliev A., Razinsky M., Gorokhova S. Application of magnetic susceptibility measurement for mapping and assessment of ecological quality in urban topsoils // *InterCarto.InterGIS*. 2022. № 2 (28). P. 913–925. <https://doi.org/10.35595/2414-9179-2022-2-28-913-925>

ECOLOGICAL AND GEOCHEMICAL ASSESSMENT OF MAGNETIC FRACTION OF SOILS IN THE MIDDLE URALS (REVIEW)

S.M. Gorokhova, N.M. Shchurenko, A.A. Vasiliev

Perm SATU, Perm, Russia

Abstract. The magnetic fraction is a geochemical barrier in soils and contains potentially toxic elements (Mn, Ni, Cu, Co, Pb). In soils of urban landscapes, the content of heavy metals depends on the technogenic specialization of cities. In the soils of the agricultural lands, the total content of Mn, Zn, Ni, Cu, and Co exceeds the clarke of chemical elements in the upper continental crust.

Keywords: *potentially toxic elements, environmental magnetism, geochemical barrier, Perm region*

References

1. Antonova Yu. A., Safonova M. A. Heavy metals in urban soils // *Fundamental research*. 2007. № 11. P. 43–44.
2. Bobrova A.V., Vasiliev A.A., Razinsky M.V. The composition of the magnetic phase of soils and epiphytes in the city of Lysva, Perm region // *Ecology of urban areas*. 2023. № 1. P. 19–26. <https://doi.org/10.24412/1816-1863-2023-1-19-26>
3. Vasiliev A.A., Lobanova E.S. Magnetic and geochemical assessment of the soil cover of the urbanized territories of the Cis-Urals on the example of the city of Perm. Perm: Perm State Agricultural Academy, 2015. 243 p.
4. Vasiliev A.A., Chashchin A.N. Heavy metals in the soils of the city of Chusovoy: assessment and diagnostics of pollution. Perm: Perm State Agricultural Academy, 2011. 197 p.
5. Vodyanitsky Yu.N. Soil pollution with heavy metals and metalloids and their environmental hazard (analytical review). M.: Moscow State University. M.V. Lomonosov, 2017. 191 p.
6. Gorokhova S.M., Vasilev A.A., Shchurenko N.M. Heavy metals in the magnetic phase and nodules of the agricultural soils // *AgroEcoInfo*. 2022. № 3. P. 1–15. <https://doi.org/10.51419/202123322>
7. Gorokhova S.M., Razinsky M.V., Vasiliev A.A. Mineralogical and chemical features of magnetic phase of soils of south taiga of Permskii krai // *Perm Agrarian Journal*. 2017. № 4 (20). P. 6–14.
8. Eremchenko O.Z., Moskvina N.V. The properties of soils and technogenic surface formations in the multistory districts of Perm city // *Pochvovedenie*. 2005. № 7. P. 782–789.
9. Stchetkova E.A., Kaigorodov A.T., Lesnov A.E. Agroecological monitoring of arable soils in Perm krai // *Plodorodie*. 2010. № 3. P. 45–46.
10. Shchurenko N.M., Vasilev A.A., Gorokhova S.M. Heavy metals and technogenic magnetic particles of soils of the recreational territory of the city Perm (example of the Chapayevskaya ecological trail) // *AgroEcoInfo*. 2022. № 6. P. 1–21. <https://doi.org/10.51419/202126644>
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. № 11 (10). P. 1–35. <https://doi.org/10.3390/geosciences10110443>
12. Vasiliev A., Razinsky M., Gorokhova S. Application of magnetic susceptibility measurement for mapping and assessment of ecological quality in urban topsoils // *InterCarto.InterGIS*. 2022. № 2 (28). P. 913–925. <https://doi.org/10.35595/2414-9179-2022-2-28-913-925>

ПРОБЛЕМЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ АГРОЛАНДШАФТОВ БАРАБЫ В УСЛОВИЯХ КОЛЕБАНИЯ УРОВНЯ МИНЕРАЛИЗОВАННЫХ ГРУНТОВЫХ ВОД

Н.В. Елизаров

Институт почвоведения и агрохимии СО РАН, Новосибирск, Россия

e-mail: elizarov@issa-siberia.ru

Аннотация. В условиях неустойчивого увлажнения и угрозы развития деградационных процессов засоления и осолонцевания почв Барабинской низменности необходимо проводить мониторинг уровня залегания грунтовых вод под гидроморфными почвами Западной Сибири.

Ключевые слова: Барабинская равнина, грунтовые воды, засоление, солонцы, мелиорация.

Введение. Барабинская низменность имеет ряд особенностей, которые обуславливают развитие пестрого почвенного покрова территории. Рельеф Барабинской низменности гривно-равнинный, что усложняет мелиоративные мероприятия местности, так как межгривные понижения в большинстве своем не имеют стока и практически все имеют признаки заболоченности или засоления. В мезопонижениях формируются заболоченные солоды, которые, в дальнейшем, могут служить дном рямов. В настоящее время, болота, сформировавшиеся таким образом встречаются в Барабинском, Убинском и Чулымском районах (Убинский рям, Кожурлинский рям, Гуськовский рям, Каменный рям). Засоление почв особенно ярко выражено в приболотном поясе, где грунтовые воды имеют повышенную степень минерализации [4].

Близкое залегание минерализованных грунтовых вод и плохая дренированность территории обусловили возникновение болотных и лугово-болотных почв, различной степени засоления. В центральной части Барабинской низменности они занимают межгривные понижения и периферию озер. Эти почвы холодные, по всему профилю содержат токсичные для растений закисные соединения. В естественном немелиорированном состоянии используются под сенокосы и пастбища [2].

Объекты и методы. Исследования были проведены в северо-восточной лесостепи Барабинской равнины (Чулымский район Новосибирской области) (рис. 1). Участок исследований расположен на полого-увалистой равнине с ложинообразными заболоченными понижениями, вытянутыми с северо-востока на юго-запад, в направлении общего уклона. В почвенном покрове преобладают солонцы корковые (Salic Gleyic Solonetz). Экспериментальный участок относится к зоне неустойчивого увлажнения (Ку 0.8 - 1.0).

Химизм почвенно-грунтовых вод и состав водной вытяжки почв определяли по ГОСТ 26423-85; 26428-85. Статистическую обработку данных, выполняли в программе Microsoft Office Excel 2007.

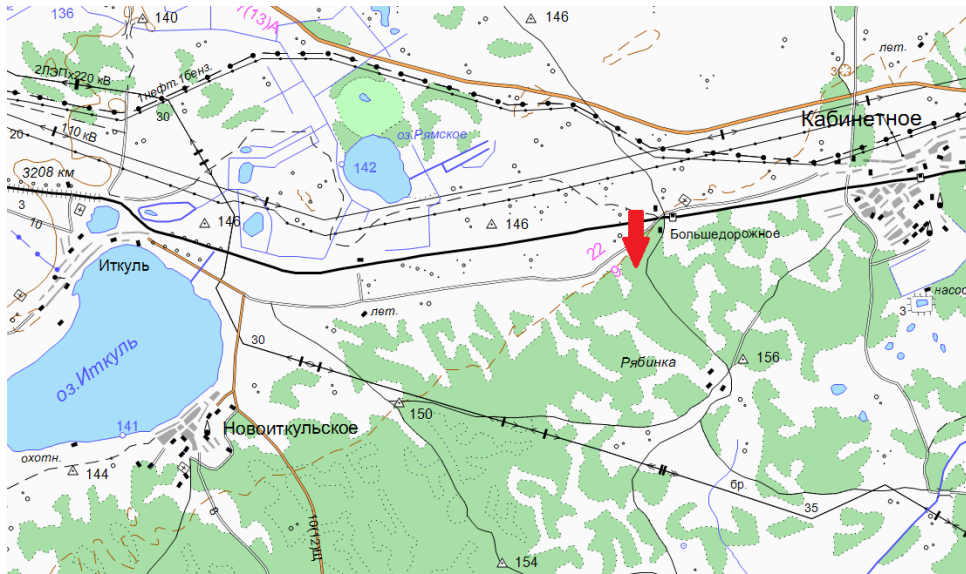


Рисунок 1. Опытный участок 55.080833° с.ш. 81.206667° в.д.

Цель исследования – определить динамику уровня залегания и химизма грунтовых вод на свойства почв северной лесостепи Западной Сибири.

Результаты и обсуждение. Барабинская низменность представляет собой водно-аккумулятивную равнину, почвы которой в своей эволюции с момента распада ледникового покрова последовательно проходят стадии гидроаккумулятивного, гидроморфного, мезогидроморфного, палеогидроморфного, протерогидроморфного и неавтоморфного почвообразования. При этом, вслед за глобальными климатическими флуктуациями проявляются свойства предыдущих стадий развития, такие как гидроморфизм и вторичное засоление.

Зафиксированы колебания уровня грунтовых вод на участке исследований от 0,5 до 3,5 метров в зависимости от влагообеспеченности года. Наиболее близко к поверхности грунтовые воды стояли весной, тогда как минимальный уровень фиксировался в осенний период. Во время весенне-летнего подъема грунтовых вод, капиллярная кайма практически достигает поверхности почв, при этом происходило засоление почвенного профиля легкорастворимыми солями.

Весенний подъем уровня грунтовых вод носит ежегодный характер, но происходит неодинаково. В очень увлажненном 2013г. (рис. 2) подъем уровня грунтовых вод произошел особенно высоко и держался на глубине 40-80 см до августа (рис. 3)

После произошедшего подъема уровня залегания грунтовых вод зафиксировано увеличение легкорастворимых солей в профиле солонца коркового, то есть произошло естественное вторичное засоление почвы. Вместе с изменением уровня залегания изменилась и степень минерализации грунтовых вод с 1.7 до 2.6 г/л, причем произошло это за счет увеличения концентрации содообразующих ионов. Количество гидрокарбонат-ионов выросло на 13.5 смоль(экв)/л, ионов натрия с 17.2 до 32.6 смоль(экв)/л.

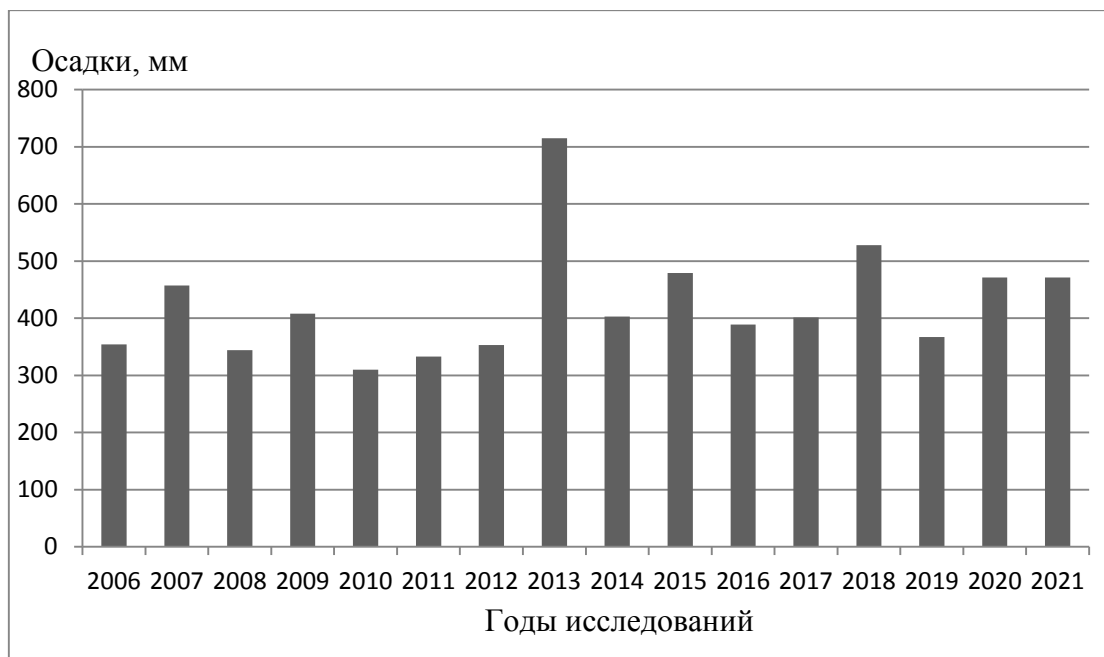


Рисунок 2. Осадки на участке исследований с 2006 по 2021 гг. по данным ГМС Чулым (29625)

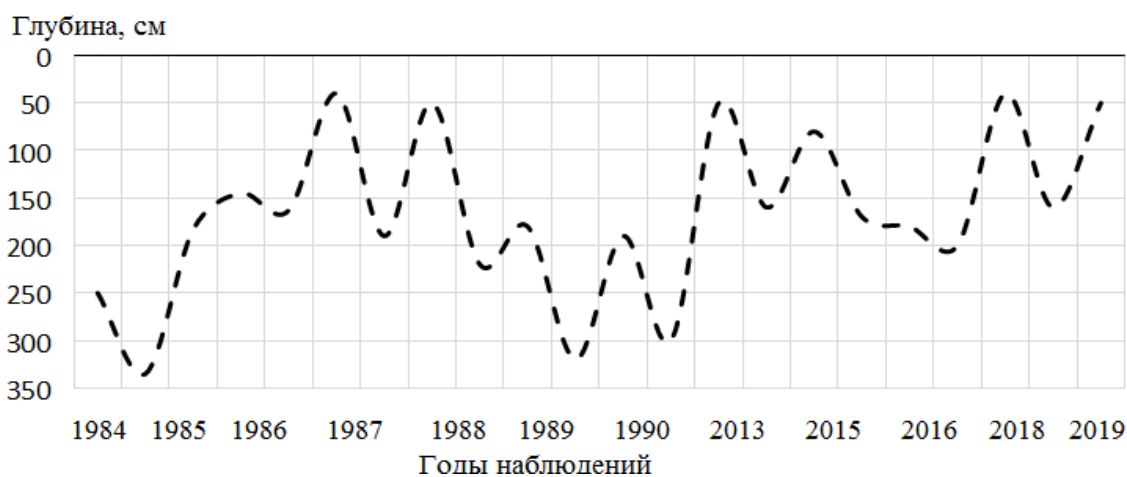


Рисунок 3. Уровень грунтовых вод на участке исследований

Солонцы, обладая плохими физическими и физико-химическими свойствами затрудняли обработку почвы в оптимальные сроки, снижали плодородие всего комплекса почв. С 1984 по 1996 гг. в Новосибирской области была проведена химическая мелиорация солонцов на площади более 30 тыс. га, в Омской - на 215 тыс. га [3]. Сформированные мелиоландшафты, которые из-за недостатка финансирования мелиоративных организаций позже были заброшены и выведены из сельскохозяйственного оборота, подверглись влиянию естественных процессов, стремящихся вернуть их в прежнее состояние (в том числе подъемам минерализованных грунтовых вод).

В опыте исследованы профили солонца с только физически разрушенным солонцовым горизонтом и с внесенным гипсом в дозе 45 т/га (норма,

рассчитанная по Гедройцу [1]). После подъема грунтовых вод в профиле солонца с разрушенным иллювиальным горизонтом выявлено накопление гидрокарбонат-ионов и катионов натрия слое 15-25 см, тогда как в мелиорированном солонце максимум солей находился ниже по профилю (80 см).

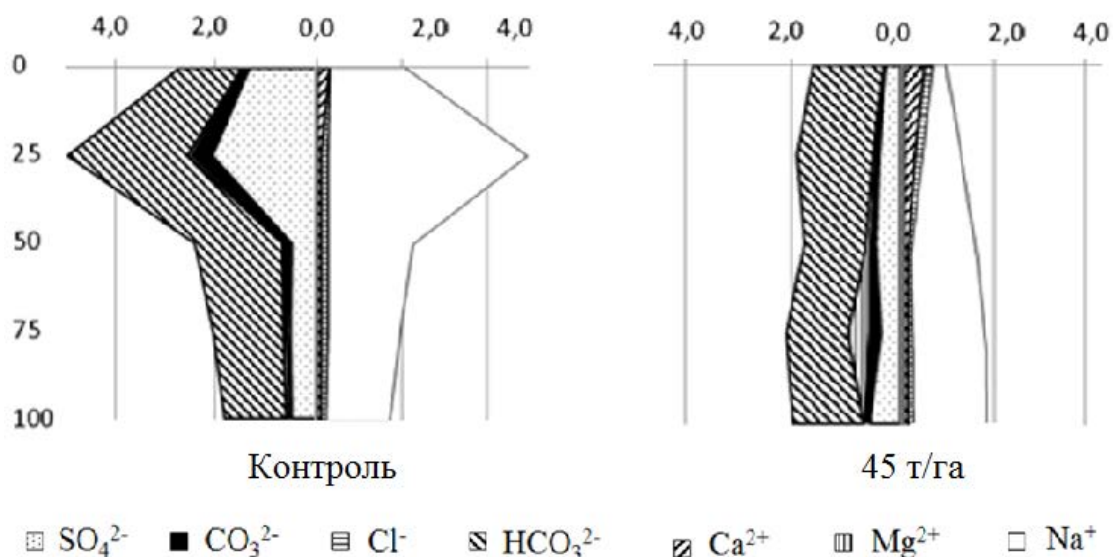


Рисунок 4. Распределение солей в профиле исследованных почв

Химическая мелиорация повысила плодородие солонцов на длительное время, хотя использование химической мелиорации в настоящее время экономически не целесообразно, возможно вводить в сельскохозяйственный оборот ранее мелиорированные земли.

Работа выполнена по государственному заданию ИПА СО РАН и при поддержке РФФИ – грант № 21-55-75002.

Литература

1. Гедройц К.К. Солонцы, их происхождение, свойства и мелиорация // Избр. Соч. М.: С.-х. литература, 1955. Т.3. С. 299-355.
2. Петров Б.Ф. К характеристике почвенного покрова Барабы // Исследования Барабинской низменности как объекта сельскохозяйственного использования. Москва, 1953. С. 11-102.
3. Семендяева Н.В. Почвы Новосибирской области и их сельскохозяйственное использование: учеб. Пособие /Семендяева Н.В., Галеева Л.П., Мармулев А.Н.; Новосиб. Гос. Аграр. Ун-т. Новосибирск, 2010. 187с.
4. Стройнов В.К., Колебер В.Г. Мелиоративные приемы повышения продуктивности малоплодных солонцовых почв в западной Сибири // Проблемы рационального использования малоплодородных земель. Омск, 2009. С. 140-144.

PROBLEMS OF USING AGRICULTURAL LANDSCAPES OF BARABA IN CONDITIONS OF FLUCTUATIONS IN THE LEVEL OF MINERALIZED GROUNDWATER

N.V. Elizarov

Institute of Soil Science and Agrochemistry SB RAS, Novosibirsk, Russia

Abstract. In conditions of unstable humidification and the threat of the development of degradation processes of salinization and salinization of the soils of the Barabinsk lowland, it is necessary to monitor the level of groundwater occurrence under the hydromorphic soils of Western Siberia.

Keywords: Barabinsk plain, groundwater, salinization, solonchets, melioration.

References

1. Gedroits K.K. Solonets, their origin, properties and land reclamation // *Ibr. Soch. M.: S.-H. literature*, 1955. Vol. 3. P. 299-355.
2. Petrov B.F. To the characteristics of the soil cover of the Baraba // *Studies of the Baraba lowland as an object of agricultural use*. Moscow, 1953. P. 11-102.
3. Semendyaeva N.V. Soils of the Novosibirsk region and their agricultural use: textbook. Manual /Semendyaeva N.V., Galeeva L.P., Marmulev A.N.; Novosibirsk State University. Agrarian. Un-T. Novosibirsk, 2010. 187 p.
4. Stroynov V.K., Kolber V.G. Meliorative techniques for increasing the productivity of low-yielding saline soils in Western Siberia // *Problems of rational use of low-yielding lands*. Omsk, 2009. P. 140-144.

УДК 631.4

ПИТАТЕЛЬНЫЙ РЕЖИМ ЧЕРНОЗЁМА ОБЫКНОВЕННОГО ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ НУТА ПО ТЕХНОЛОГИИ NO-TILL

В.А. Ерин, В.А. Илюшечкин
ЮФУ, Ростов-на-Дону, Россия
email: dimka12345111@gmail.com

Аннотация. Установлено, что применение минеральных удобрений (КАС, ЖКУ, карбамид) при возделывании нута в системе No-till улучшает питательный режим чернозема обыкновенного, что подтверждается увеличением содержания минерального азота, подвижного фосфора. Выявлено существенное влияние соотношения макроэлементов с цинком в фазу трех настоящих листьев, в фазу цветения – соотношения макроэлементов с медью. Указанные соотношения могут быть использованы как индикаторы качества минерального питания нута на черноземе обыкновенном карбонатном в системе No-Till.

Ключевые слова: минеральные удобрения, нут, чернозем, нулевая технология, питательный режим.

Проблема оптимизации минерального питания растений с целью воспроизводства плодородия почв и повышения продуктивности агроэкосистем является актуальной на всех этапах развития земледелия независимо от его направления и специализации. Питательный режим почвы в основном зависит от применения удобрений. Оптимальные условия минерального питания растений способствуют, прежде всего, благоприятному протеканию фотосинтетических процессов, от которых главным образом зависит образование биомассы и формирование высоких и устойчивых урожаев сельскохозяйственных культур.

Азот является одним из самых важных питательных элементов для растений. Основная часть азота в почве представлена в форме органических соединений, источником его для высших растений являются минеральные формы – аммоний и нитраты. Содержание как аммонийного, так и нитратного азота, в почве изменяется в зависимости от почвенно-климатических условий

выращивания, от вида растения, его возраста, а также агротехнических приемов возделывания [2].

В результате исследований установлено, что динамика нитратного азота при возделывании нута по вариантам опыта и по слоям почвы различается (рис. 1). На контрольном варианте без внесения удобрений содержание нитратного азота по фазам развития практически не изменяется, выявлена тенденция к снижению рассматриваемого показателя в фазу цветения. В вариантах ЖКУ (N15P52) ЖКУ + КАС (N58P52) установлено существенное уменьшение нитратного азота в фазу цветения с повышением его количества в фазу полной спелости. Обеспеченность нитратным азотом на контроле очень низкая по всем срокам отбора почв.

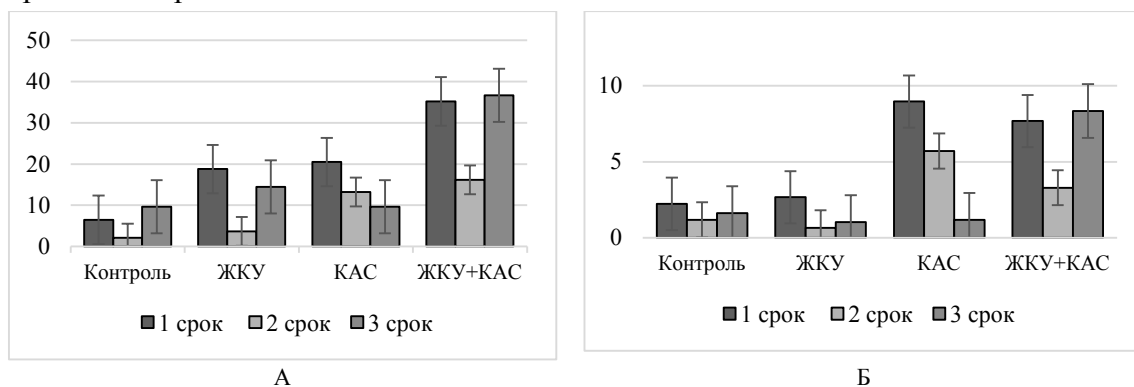


Рисунок 1. Содержание нитратного азота в почве под нутом при внесении удобрений, мг/кг: А – слой 0-10 см, Б – слой 10-20 см

В отличие от нитратного азота динамика содержания аммонийного азота по всем вариантам опыта имеет одну направленность – снижение с фазы трех настоящих листьев до минимальных значений в фазу полной спелости нута. Указанные изменения наблюдаются как в слое 0–10, так и в слое 10–20 см (рис. 2).

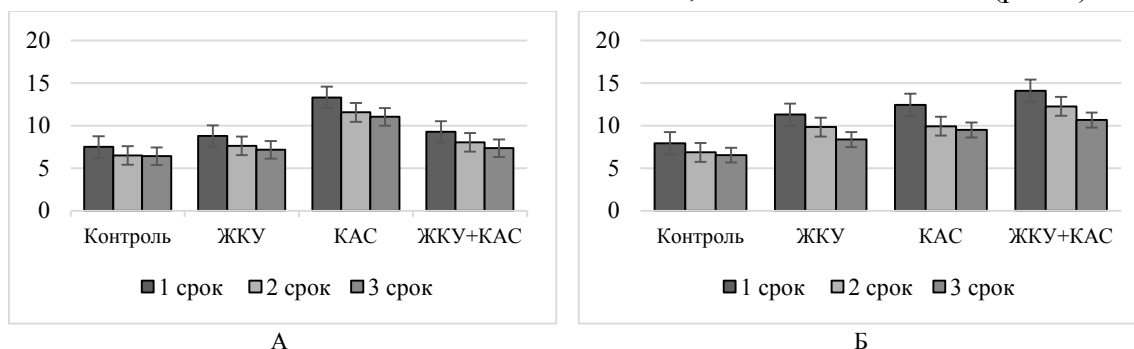


Рисунок 2. Содержание аммонийного азота в почве под нутом при внесении удобрений, мг/кг: А – слой 0-10 см, Б – слой 10-20 см

Согласно полученным результатам, внесение жидких минеральных удобрений в поверхностный слой почвы при возделывании нута по технологии No-till приводит к дифференциации содержания нитратного и аммонийного азота. Нитратный азот накапливается в верхнем слое почвы (0-10см) во всех удобренных вариантах в фазы трех настоящих листьев и цветения. Значительные изменения

аммонийного азота по слоям почвы выявлено в варианте ЖКУ + КАС с наибольшей дозой азота и фосфора (N58P52). При этом содержание аммонийного азота в слое 0–10 см меньше, чем в слое 10–20 см.

В процессе формирования урожая растения в основном используют минеральный фосфор, различные формы и соединения которого отличаются по степени своей доступности для культур. Черноземы Ростовской области характеризуются повышенным содержанием высокодисперсной формы карбонатов, которые связывают подвижные фосфаты в труднорастворимые и малодоступные трехзамещенные фосфаты кальция, снижая обеспеченность почв этим элементом [2].

В результате исследований установлено, что динамика подвижного фосфора в течение вегетации нута в анализируемых слоях почвы оказалась сходной (рис. 3). Применение ЖКУ как отдельно, так и совместно с КАС способствовало существенному увеличению содержания подвижного фосфора в почве. Так, в фазу трех настоящих листьев содержание подвижного фосфора на контрольном варианте составляло 37,9 мг/кг, что соответствует повышенной степени обеспеченности. Внесение ЖКУ (N15P52) повышает количество подвижного фосфора на 12,6 мг/кг (33 %) по сравнению с контролем.

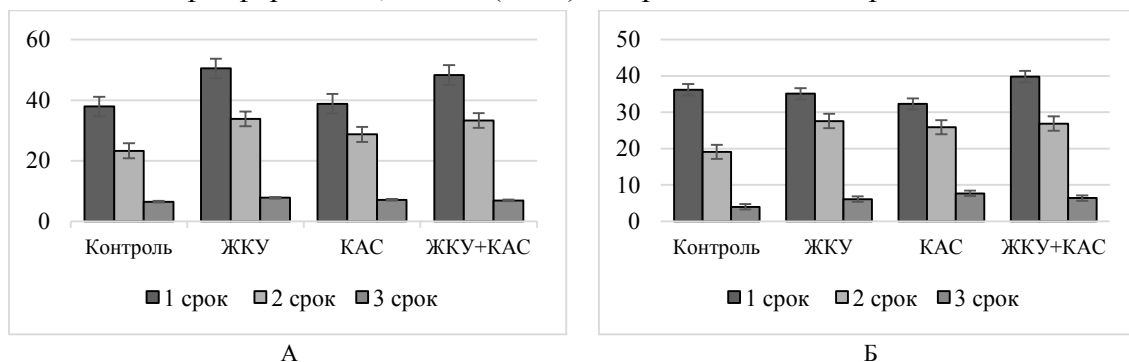


Рисунок 3. Содержание подвижного фосфора в почве под нуттом при внесении удобрений, мг/кг: А – слой 0-10 см, Б – слой 10-20 см

Содержание калия в почвах определяется минералогическим и гранулометрическим составом почвообразующих пород, зональной специфичностью и интенсивностью антропогенных факторов, а также, применением удобрений. Известно, что для почв Ростовской области характерными лимитирующими факторами являются азот и фосфор. Однако, учитывая тенденцию снижения обменного калия, необходимо признать, что продуктивность сельскохозяйственных культур лимитируется уже не двумя, а тремя макроэлементами (N, P, K). В соответствии с существующей градицией почв, обеспеченность чернозема обыкновенного обменным калием под нуттом очень высокая (рис. 4).

В фазу трех настоящих листьев на контроле в слое 0–10 см содержалось 689,8 мг/кг обменного калия, а в слое 10–20 см – 350,8 мг/кг. При внесении исследуемых минеральных удобрений выявлено уменьшение калия. Это

свидетельствует о необходимости применения калийных удобрений на азотном и азотно-фосфорном фоне для обеспечения сбалансированности минерального питания растений. Минимальное значение обменного калия в слое почвы 0–10 см выявлено при внесении ЖКУ с КАС – 655,5 мг/кг, что на 34,3 мг/кг меньше по сравнению с контролем; а в слое 10–20 см – в варианте с КАС – 349,0 против 392,0 мг/кг на контроле.

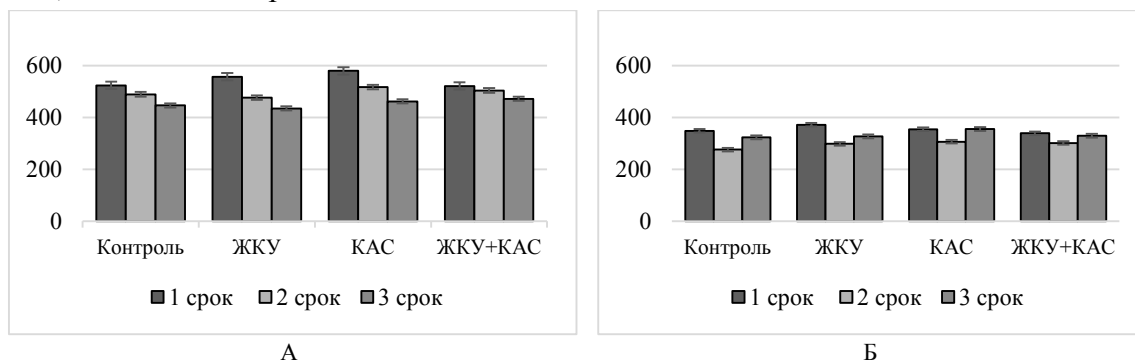


Рисунок 4. Содержание обменного калия в почве под нутом при внесении удобрений, мг/кг: А – слой 0-10 см, Б – слой 10-20 см

Проект Министерства науки и высшего образования РФ по поддержке молодежной лаборатории в рамках межрегионального НОЦ Юга России (№ ЛабНОЦ-21-01АБ, FENW-2021-0014).

Литература

1. Бiryukova O. A., Elnikov I. I., Krishchenko V. S. Оперативная диагностика питания растений. Ростов/Д: Изд-во ЮФУ, 2010. 168 с.
2. Mineev V. G. Практикум по агрохимии: Учеб. пособие. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Изд-во МГУ Под ред. академика РАСХН, 2001. С. 43–44.

NUTRIENT REGIME OF ORDINARY CHERNOZEM UNDER CHICKPEA CULTIVATION USING NO-TILL TECHNOLOGY

V.A. Erin, V.A. Ilyushechkin

Southern Federal University, Rostov-on-Don, Russia

Abstract. It has been established that the use of mineral fertilizers (UAN, LCF, urea) when cultivating chickpeas in the No-till system improves the nutritional regime of ordinary chernozem, which is confirmed by an increase in the content of mineral nitrogen, mobile phosphorus. A significant influence of the ratio of macroelements with zinc in the phase of three true leaves, in the flowering phase - the ratio of macroelements with copper was revealed. These ratios can be used as indicators of the quality of the mineral nutrition of chickpeas on ordinary carbonate chernozem in the No-Till system.

Keywords: mineral fertilizers, chickpeas, chernozem, zero technology, nutrient regime.

References

1. Biryukova O.A., Elnikov I.I., Krishchenko V.S. Operational diagnostics of plant nutrition. Rostov-on-Don, SFU publishing house, 2010. 168 p.
2. Mineev V.G. Practical work on agrochemistry: schoolbook. 2nd edition. M.: Publishing house of MSU edited by Academician of the Russian Academy of Agricultural Sciences, 2001. P. 43-44.

УДК 332.363

**О НЕОБХОДИМОСТИ РАЗРАБОТКИ РЕГИОНАЛЬНЫХ ПРОГРАММ
ВОВЛЕЧЕНИЯ В ХОЗЯЙСТВЕННЫЙ ОБОРОТ НЕИСПОЛЬЗУЕМЫХ
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ УГОДИЙ
(НА МАТЕРИАЛАХ ПЕРМСКОГО КРАЯ)**

А.Л. Желясков

ФГБОУ ВО Пермский ГАТУ, Пермь, Россия

e-mail: alzh@mail.ru

Аннотация. Доказывается спорность и неоднозначность утверждения о необходимости вовлечения в оборот всех без исключения неиспользуемых сельскохозяйственных угодий в Уральском регионе. На примере Пермского края доказывается необходимость серьезного анализа, расчета экономической эффективности и возможных сроков окупаемости намечаемых мероприятий.

Ключевые слова: землепользование, невостребованные земли, неиспользуемые угодья, посевные площади, экономическая эффективность.

Большое количество не используемых в аграрном производстве сельскохозяйственных угодий отмечалась во всех субъектах Российской Федерации. В отдельных регионах с этим явлением справились в течение 10-15 лет, в других процесс вовлечения в аграрное производство земель сельскохозяйственного назначения носит затяжной и характер. Ряд регионов нечерноземной зоны наряду с большим количеством невостребованных и неиспользуемых земель испытывает и иные проблемы землепользования.

Заращение лесом, сорной растительностью, большие площади неиспользуемых угодий на фоне деградация почв – основной признак неудовлетворительного землепользования. Так, в Пермском крае, сокращение посевных площадей, деградация угодий и резкое уменьшение числа сельскохозяйственных предприятий, имеют устойчивую динамику. По официальным данным министерства агропромышленного комплекса Пермского края по состоянию на 2022 год из 2,5 миллионов гектаров сельскохозяйственных угодий используется лишь 750 тыс. га, или 30% [1]. Нельзя сказать, что эти процессы и явления остаются без внимания со стороны органов государственной власти и местного самоуправления. Для подъема сельского хозяйства на уровне субъектов и на уровне муниципалитетов разрабатываются программы развития сельского хозяйства.

Государством уделяется достаточно внимания разработке целевых программ развития сельского хозяйства и использования сельскохозяйственных угодий [2, 3, 4, 5 и др.]. При общей положительной оценке программ отметим, что в них много внимания уделяется экономике отрасли, но отсутствуют предложения по совершенствованию современного землепользования. Так из программных документов исчезли совсем, либо сведены к минимуму индикаторы

использования земель сельскохозяйственного назначения. Вместе с тем, о необходимости уточнения или корректировки государственной земельной политики, о необходимости перспективного видения земельных отношений пишут многие отечественные ученые. Отметим из них труды В.Н. Хлыстуна, С.Н. Волкова и др. [1, 3]. О проблемах, возникающих при вовлечении в оборот неиспользуемых земель, пишут В.В. Алакоз, Г.А. Полунин [2, 4]. Возникшие негативные процессы в организации сельскохозяйственного землепользования, несмотря на усилия государства, с трудом поддаются управлению. Государство, признавая проблему заброшенных и невостребованных угодий, до сих пор не может реализовать программ по их эффективному вовлечению в оборот. Программы социально – экономического развития сельских территорий так же не могут остановить стремительного сокращения числа сельских жителей и старения населения в российской деревне.

Как ни парадоксально, но причины возникновения неиспользуемых земель совпадают с началом реформирования аграрного сектора страны в целом, а так же с проводимой земельной реформой. Рассмотрим это подробнее.

Выделим несколько причин того, что земли сельскохозяйственного назначения в ряде регионов России оказались невостребованными и в настоящее время не используются.

Одной из важных причин является то, что провозглашенный оборот земель сельскохозяйственного назначения был отложен на десятилетие. Собственники земельных долей, в основном работники аграрного сектора, получившие земельные доли на бумаге, в течение десятилетия не могли распорядиться своей собственностью. За это время коренным образом изменилось отношение населения к земельной собственности, произошло разрушение коллективного сельского хозяйства, стремительно сократилось как число сельскохозяйственных предприятий, так и объемы сельскохозяйственного производства, значительно вырос уровень безработицы в аграрной отрасли. Следствием явилась повышенная миграция из села в город, сокращение числа сельских жителей. Необязательность закрепления за сельскохозяйственным предприятием конкретных земельных участков была юридически узаконена Указом президента № 337 от 7.03.1996 г. «О реализации конституционных прав граждан на землю». Указ позволял сдавать в аренду не земельный участок, а земельную долю, без всяких качественных или иных характеристик, за исключением указания площади. На основании указа произвольно менялось расположение арендуемых земель. Создалась ситуация, не позволяющая определить, чья конкретно земля используется сельскохозяйственными организациями. Фактически как арендаторы земельных участков, так и собственники не отвечали за качественное состояние обрабатываемых угодий. Невозможно было вводить санкции за необрабатываемые участки, так как невозможно было определить собственника.

Сегодня, когда встает вопрос о необходимости вовлечения сельскохозяйственных угодий в аграрное производство и государство, и

муниципалитеты, и инвесторы сталкиваются с рядом противоречий, требующих комплексно решения. Изучение динамики посевных площадей в границах Пермского края дает основания утверждать, что наибольшие площади распаханых угодий было в середине 80-х годов XX-го века (рис. 1). На этот же период приходится максимальное поголовье крупного рогатого скота (рис. 2). По состоянию на 2022 год посевные площади сократились по сравнению с 1980 годом на 1251 тыс. га, или на 63,9%. Наряду с сокращением посевов сокращалось и поголовье крупного рогатого скота. Так к 2022 году поголовье составило всего 228 тыс. голов против 875 тыс. голов в 1990, или сократилось на 75,9%.

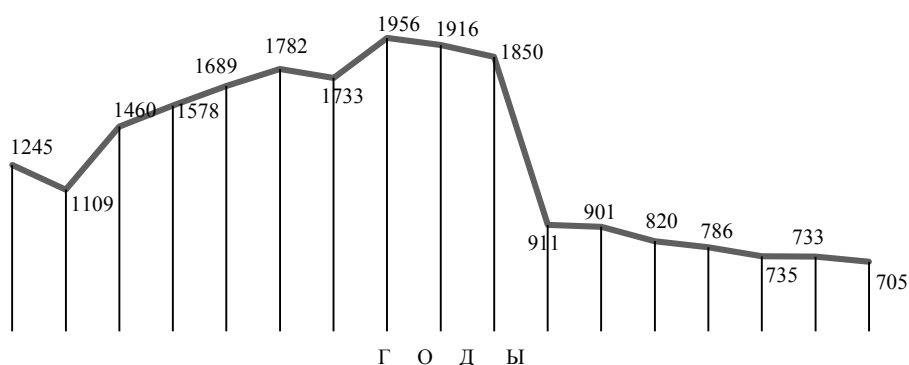


Рисунок 1. Динамика посевных площадей сельскохозяйственных культур на землях сельскохозяйственного назначения в границах Пермского края (1913-2022 гг.), тыс. га

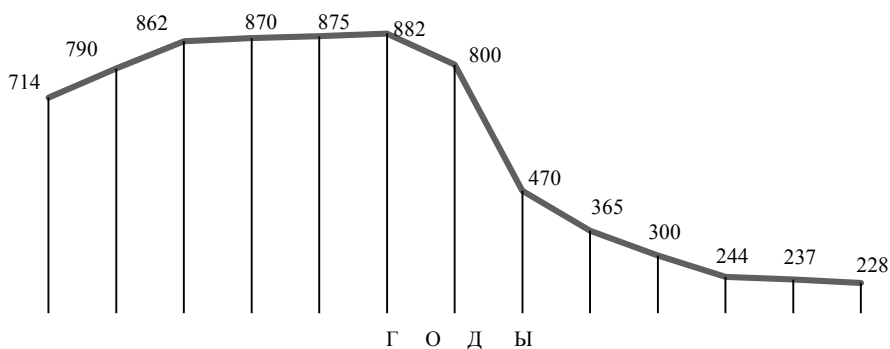


Рисунок 2. Динамика поголовья крупного рогатого скота в границах Пермского края (1965 – 2022 гг.), тыс. голов

Сегодня увеличение распашки земель невозможно без значительных материальных вложений – на приобретение техники для обработки земель, на раскорчевку заросших лесом угодий, на борьбу с сорняками (поля, заросшие борщевиком Сосновского – это отдельная значительная статья расходов). Климатические условия Западного Урала таковы, что производимая продукция растениеводства в основном должна быть использована на месте (кормовые

культуры, травы на сено, зеленый корм, фуражное зерно). Развитие отрасли напрямую зависит от развития животноводства.

Следовательно, для того, чтобы вовлечь неиспользуемые земли в оборот требуется увеличение поголовья сельскохозяйственных животных и, как следствие, строительство новых современных животноводческих ферм и комплексов. Следовательно, чтобы обеспечить растениеводческую отрасль гарантированным спросом на продукцию отрасли следует увеличить поголовье КРС в крае в четыре раза или на 650 тыс. голов. С достаточно высокой достоверностью можно рассчитать затраты на создание современных животноводческих комплексов с беспривязным содержанием и доением в доильном зале. Сегодня стоимость одного скотоместа составляет от 129,7 до 285,9 тыс. руб. Следовательно, только на реконструкцию животноводческой отрасли потребуется от 84,3 до 185,8 миллиардов рублей. В данную сумму не входит приобретение поголовья. Выполненные нами расчеты показывают, что вовлечение в оборот заросших лесом неиспользуемых угодий составляет в среднем от 0,5 до 1,0 миллиона и более рублей на один гектар. Для вовлечения в аграрное производство 1200 тыс.га пашни потребуется от 600 до 1200 млрд. рублей. Встает обоснованный вопрос о целесообразности таких капиталовложений, сроках окупаемости и исполнимости. Только в Пермском крае масштаб предстоящих работ по подъему сельского хозяйства потребует усилий и капиталовложений сравнимых с освоением целинных земель в 50-е годы прошлого столетия. Необходимость обоснования и проектных разработок намечаемых мероприятий очевидна.

Разработка мероприятий по привлечению трудовых ресурсов в составе общей программы вовлечения неиспользуемых земель в оборот так же требует отдельных проработок и значительных усилий.

Причем, по мнению многих специалистов, массовое вовлечение заброшенных земель в оборот не бесспорно. Многие ученые выражают сомнение в окупаемости указанных выше мероприятий. Для того, чтобы приступить к разработке региональной программы вовлечения в хозяйственный оборот неиспользуемых сельскохозяйственных угодий необходимо провести большую организационную работу с привлечением специалистов всех уровней, начиная с почвоведов. Именно они должны ответить на вопрос о том, какие земли и в какой последовательности необходимо вовлекать в хозяйственный оборот. Основной целью программы определение последовательности вовлечения в оборот земель исходя из качественных характеристик почв и состояния угодий.

Наряду с сохранением земель сельскохозяйственного назначения программа должна способствовать улучшению почвенного плодородия достижения максимальной продуктивности земель и обеспечение максимальной отдачи от введенных в хозяйственный оборот земель. В процессе реализации программы необходимо учитывать интересы государства, органов местного самоуправления, сельских жителей, частного бизнеса, обеспечить

государственную поддержку сопутствующих мероприятий совершенствование числа и размеров населенных пунктов, улучшение условий и качества жизни сельских жителей разработка механизмов привлечения трудовых ресурсов и т.д.

Для реализации программы необходимо определить:

- источники финансирования, последовательность и сроки выполнения работ;
- экономическую эффективность вовлечения угодий в оборот, включая сроки окупаемости;
- целесообразность выполнения работ с указанием очередности вовлекаемых территорий в границах субъекта.

Это и многое другое пока не определено. Программа вовлечения земель в оборот должна быть комплексной, затрагивающей не только сферу аграрной экономики, но и социальные и демографические вопросы, вопросы развития инженерной, транспортной инфраструктуры и т.п. Важную роль будет играть обеспечение государственной поддержки сопутствующих мероприятий по совершенствованию числа и размеров населенных пунктов, улучшению условий и качества жизни сельских жителей разработки механизмов привлечения трудовых ресурсов и т.д.

Пожалуй, самым главным вопросом, на который пока нет ответа – это организация, которая может и способна выполнить программы. Представляется, что это может должно быть государственное бюджетное учреждение – аналог проектных институтов системы «Гипрозем».

Литература

1. Волков С.Н., Хлыстун В.Н. Актуализация системы управления земельными ресурсами агропромышленного комплекса // Международный сельскохозяйственный журнал. 2018. № 6. С. 5-7.
2. Хлыстун В.Н., Алакоз В.В. О государственном регулировании сельскохозяйственного землепользования // Плодородие. 2022. № 3 (126). С. 61-67.
3. Хлыстун В.Н. Управление земельными ресурсами: состояние и приоритеты развития // Экономист. 2018. № 4. С.40-46.
4. Полунин Г.А., Квочкин А.Н. Эффективность использования сельскохозяйственных угодий в областях Центрально-черноземного экономического района России // Экономика, труд, управление в сельском хозяйстве. 2022. № 10 (92). С. 40-51.
5. Официальный сайт Федеральной службы государственной статистики по Пермскому краю [Электронный ресурс]. <http://www.permstat.gks.ru/>.

ON THE NEED TO DEVELOP REGIONAL PROGRAMS FOR INVOLVING UNUSED AGRICULTURAL LAND IN THE ECONOMIC TURNOVER (ON THE MATERIALS OF THE PERM REGION)

A.L. Zhelyaskov

Perm SATU, Perm, Russia

Abstract. The contention and ambiguity of the statement about the need to involve in the turnover of all, without exception, unused agricultural land in the Ural region is proved. On the example of the Perm Territory, the necessity of a serious analysis, calculation of economic efficiency and possible payback periods of the planned activities is proved.

Keywords: land use, unclaimed land, unused land, sown area, economic efficiency.

References

1. Volkov S.N., Khlystun V.N. Aktualizatsiya sistemy upravleniya zemel'nymi resursami agropromyshlennogo // International Agricultural Journal. 2018. № 6. P. 5-7.
2. Khlystun V.N., Alakoz V.V. O gosudarstvennom regulirovanii sel'skokhozyaistvennogo zemlepol'zovaniya // Fertility. 2022. № 3. P. 61-67.
3. Khlystun V.N. Upravlenie zemel'nymi resursami: sostoyanie i priority razvitiya // Economist. 2018. № 4. P. 40-46.
4. Polunin G.A., Kvochkin A.N. Effektivnost' ispol'zovaniya sel'skohozyajstvennykh ugodij v oblastyakh central'no-chernozemnogo ekonomicheskogo rajona Rossii // Ekonomika, trud, upravlenie v sel'skom hozyajstve. 2022. № 10. P. 40-51.
5. Official website of the Federal State Statistics Service for the Perm Territory [Electronic resource]. <http://www.permstat.gks.ru/>.

УДК 631.4

ТРАНСФОРМАЦИЯ ТЕМНО-СЕРЫХ ПОЧВ ТОМЬ-ЯЙСКОГО МЕЖДУРЕЧЬЯ В УСЛОВИЯХ АГРОГЕННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ

Е.В. Каллас, А.С. Курдавильцев

НИ ТГУ, Томск, Россия

e-mail: ekallas70@gmail.com

Аннотация. Под влиянием агрогенеза в темно-серых почвах снизилось содержание гумуса, ЛОВ, новообразованных ГК фракции 1, $C_{ГК}:C_{ФК}$ в составе подвижного гумуса, количество обменных оснований и величина гидролитической кислотности. Гранулометрический состав, $pH_{вод}$ и $pH_{сол}$ практически не изменились.

Ключевые слова: агротемно-серые почвы, трансформация свойств, лабильные формы гумуса

Изучение пахотных почв, несмотря на длительную историю их исследования, всегда будет актуальным в связи с необходимостью повышения их устойчивости к деградации, сохранения экологических функций и плодородия при агрогенных воздействиях. Данным проблемам посвящена обширная научная литература с обсуждением вопросов изменения физических, химических, биологических свойств почв разных типов. В зависимости от применяемой агротехники, систем удобрения, характера севооборотов, а также генетической специфики почв, обусловленной комплексом природных условий, трансформация их при антропогенном воздействии может быть разнонаправленной и сопровождаться как деградационными процессами, так и эволюцией в сторону увеличения плодородия.

Цель настоящей работы – выявление направленности трансформации состава, свойств и подвижных форм гумусовых веществ при агрогенном воздействии в ряду почв под пашней, лесополосой и лесом.

Объекты и методы. Объектами исследования явились агротемно-серые и темносерые почвы под березово-осиновой лесополосой и сосново-березовым

лесом с хорошо развитым травянистым покровом. Район исследования – окрестности оз. Совинское (микрорайон Степановка г. Томска) в пределах Томь-Яйского междуречья. Почвы сформированы в подтаежной зоне на бескарбонатных отложениях лессовидного облика.

Пахотный 20-см слой агротемно-серых почв, полностью образованный из материала темно-гумусового горизонта АU мощностью до 46 см, характеризуется темной окраской, комковато-порошистой структурой с некоторым распылением. Ниже выделяется уплотненный слой плужной подошвы с крупными плотными угловатыми агрегатами, что характерно для почв, подвергающихся ежегодным механическим обработкам на постоянную глубину. Наличие небольшого седого налета на гранях структурных отдельностей свидетельствует о некотором оподзоливании. В иллювиальной толще четко выражены текстурные горизонты ВТ бурой окраски с глинисто-гумусовыми кутанами на ореховатых агрегатах. Целинные почвы под лесом и лесополосой также имеют мощные (до 47-53 см) темно-серые гумусово-аккумулятивные горизонты комковато-зернистой структуры, что свидетельствует об активном дерновом процессе, связанном с разнотравным наземным покровом. Также присутствуют признаки оподзоливания и иллювиирования.

Поскольку при изучении агрогенных почв в первую очередь обращает на себя внимание изменение свойств, характеризующих почву как среду произрастания культурных растений, были определены по общепринятым методам и методикам такие показатели как гранулометрический состав, содержание гумуса и его подвижных форм, поглощенных оснований, актуальная и гидролитическая кислотность. Лабильные (подвижные) формы гумусовых веществ извлекались из почв непосредственной 0,1 н NaOH и 0,1 н H₂SO₄ вытяжками, в которых определялось содержание бурых гуминовых кислот (фракция ГК-1), связанных с ними фульвокислот (фракция ФК-1) и свободных ФК фракции ФК-1а [5].

Результаты и обсуждение. Исследованные почвы, согласно [3], относятся к типам агротемно-серых и темно-серых в отделе текстурно-дифференцированных почв, подтипу типичных, роду бескарбонатных насыщенных, виду сильно гумусированных, разновидности среднесуглинистых почв. Гранулометрический состав, начиная со второго полуметра, изменяется на тяжелосуглинистый. Доминирующей по всему профилю является фракция крупной пыли. Вторая по величине фракция в верхних горизонтах (агропреобразованных и гумусово-аккумулятивных) представлена мелким песком, а в иллювиальных и нижележащих – илом. В характере распределения тонких фракций отмечается четкая закономерность увеличения с глубиной, что обуславливает текстурную дифференциацию профилей по элювиально-иллювиальному типу и связано с оподзоливанием и лессивированием в условиях периодически промывного типа водного режима. Явных различий в содержании гранулометрических фракций в пахотных горизонтах агропочв и гумусовых

горизонтах целинных аналогов не выявлено, пределы колебаний величин довольно узкие. Так, например, доля ила в агропреобразованных слоях составляет 17-21%, в горизонтах АU темно-серых почв под лесополосой – 19-22%, под лесом – 16-20%, в горизонтах ВТ во всех почвах возрастает до 28-31%. Отсутствие заметных изменений гранулометрического состава в темно-серых пахотных почвах по сравнению с целинными аналогами отмечают и другие исследователи, в частности, В.М. Алифанов [1], объясняя устойчивостью этого свойства при окультуривании в почвах данного генезиса.

Важнейшим показателем агрономической оценки почв, определяющим их плодородие, является содержание гумуса. Как известно, разные типы почв за период агрогенного воздействия в результате перемешивания слоев и усиленной минерализации теряют разное количество гумусовых веществ. В исследованных агротемно-серых почвах содержание гумуса довольно высокое, в среднем составляет около 6% в пахотном горизонте, тем не менее это ниже, чем в целинных аналогах данной территории на 15-19%. В пахотных почвах отмечается и более резкое снижение уровня гумусированности с глубиной. Уменьшение содержания гумуса в почвах при распашке связано преимущественно с деструкцией лабильных фракций органического вещества (ЛОВ) [2, 4], выделяемых из почвы непосредственной щелочной 0,1 н NaOH вытяжкой. Согласно [4], это именно те фракции, которые представляют ближний резерв почвенного плодородия, поскольку имеют упрощенное строение макромолекул и наиболее обогащены азотом, находящемся в относительно простых формах связи и легко отщепляющемся при гидролизе и усваиваемом корнями растений. Проведенные исследования показывают, что содержание ЛОВ в пахотном горизонте агропочв составляет 19-20% от $C_{\text{общ}}$ (или 0,57-0,76% от массы почвы), что в 1,5-2,2 раза ниже, чем в гумусовых горизонтах почв под лесополосой и лесом. Снижение происходит за счет бурых ГК и связанных с ними ФК, тогда как доли ФК-1а во всех пахотных и целинных почвах в верхних горизонтах близки (1-3% от $C_{\text{общ}}$). С глубиной же картина меняется: в почвах пашни доля ЛОВ значительно возрастает (за счет ФК1а+1) и превышает таковую для целинных почв, что связано с более высокой степенью миграции подвижных компонентов гумуса в условиях ежегодной механической обработки и сдвига водного режима в гумидную сторону с более частым и глубоким промачиванием профиля пахотных почв. В результате в последних отмечается более интенсивный вынос вниз по профилю растворимых компонентов, в том числе лабильных гумусовых веществ.

Как показывают исследования [2, 6, 7], в процессе сельскохозяйственного использования в пахотных почвах происходит резкое снижение содержания фракции ГК-1. Эта закономерность подтверждается и в описываемых агропочвах, где доля бурых ГК в пахотных горизонтах составляет всего 3-5% от $C_{\text{общ}}$, тогда как в верхнем 20-см слое почв под лесополосой – 8-9% (в 1,8-2,6 раза больше), а под лесом – 19-21% от $C_{\text{общ}}$ (в 4-6 раз больше). С глубиной доли новообразованных свободных и непрочно связанных с полуторными оксидами ГК фракции 1

закономерно снижаются и полностью исчезают из состава гумуса с глубины 50-53 см в агропочвах, 60-65 см в почвах лесополосы и 80-85 см – под лесом. Полученные данные свидетельствуют о более активном процессе синтеза гумусовых веществ в естественных почвах по сравнению с пахотными на современном этапе их функционирования. Низкое содержание в агропочвах молодых ГК фракции 1 может быть связано не только с меньшим количеством органических остатков культурных растений, большая доля которых отторгается с урожаем, но и с высокой скоростью разложения органического вещества, значительно превышающей таковую в целинных почвах, о чем есть указания в научной литературе. Более высокое содержание ГК-1 в целинных почвах обуславливает расширение отношения $C_{гк}:C_{фк}$ в составе ЛОВ по сравнению с агропочвами. Так, в пахотном горизонте величина этого показателя составляет 0,35, в гумусовых горизонтах почв под лесополосой и лесом – 0,45 и 0,87 соответственно.

Таким образом, на основе анализа данных исследований можно выстроить закономерный ряд почв в сторону увеличения содержания и соотношения ГК и ФК в составе ЛОВ в верхних частях профилей от агротемно-серых почв к темно-серым под лесополосой и под лесом (пашня–лесополоса–лес). В иллювиальных же частях профилей отмечается обратная закономерность: в агропочве содержание лабильных форм гумусовых веществ превышает таковое в целинных почвах.

Важными показателями почвенного плодородия являются физико-химические свойства. В агротемно-серых почвах содержание поглощенных оснований меньше на 7-12% по сравнению с почвами под лесом и лесополосой, что связано с некоторым снижением гумусности почвы. Пониженное содержание характерно только для верхней части профиля, тогда как ниже по профилю сумма поглощенных Ca^{2+} и Mg^{2+} остается на том же уровне, что и для темно-серых почв. Снижение величины данного показателя связано главным образом с уменьшением доли Ca^{2+} , пределы колебания которого составляют 12-22 мг-экв/100 г почвы, в целинных почвах выше – 15-27 мг-экв/100 г почвы.

В пахотных почвах отмечается довольно низкая величина гидролитической кислотности (не превышает 2,5 мг-экв/100 г почвы), в почвах же под лесом и лесополосой она в 2 раза выше, что может быть обусловлено повышенным содержанием в последних обменного H^+ в связи с увеличением количества кислых продуктов разложения древесных органических остатков и потока корневых выделений, продуктивность которых здесь, вероятно, выше, чем в агропочве [6]. В связи со снижением гидролитической кислотности степень насыщенности основаниями в агропочвах несколько выше (90-93%) по сравнению с целинными почвами, в верхних горизонтах которых она не превышает 83-88%. На фоне снижения гидролитической кислотности в почвах пашни величины, характеризующие актуальную ($pH_{вод}$) и обменную ($pH_{сол}$) кислотности, близки таковым в почвах под лесом и лесополосой, что свидетельствует в пользу устойчивости этого признака при агрогенезе в условиях подтаежного почвообразования.

Заключение. Агротемно-серые почвы отличаются от целинных аналогов снижением в пахотном горизонте содержания гумуса (на 15-19%), ЛОВ (в 1,5-2,2 раза), ГК фракции 1 (в 2-6 раз), сужением отношения $C_{тк}:C_{фк}$ в составе подвижного гумуса (в 1,3-2,5 раза), уменьшением суммы обменных оснований (на 7-12%) и гидролитической кислотности (в 1,5-2 раза), что повысило степень насыщенности основаниями. В то же время такие параметры почвы как гранулометрический состав, распределение фракций по профилю, величины рН водной и солевой вытяжек на фоне агрогенеза практически не изменились, что, вероятно, свидетельствует в пользу устойчивости этих признаков в условиях зонального подтаежного почвообразования.

Литература

1. Алифанов В.М. Изменение серых лесных почв при сельскохозяйственном использовании // Почвоведение. 1979. №1. С. 37-47.
2. Ахтырцев Б.П., Ахтырцев А.Б. Изменение гумусного состояния лесостепных и степных черноземов под курганами и при длительной распашке // Почвоведение. 2002. №2. С. 140-149.
3. Классификация и диагностика почв России. Смоленск: Изд-во Ойкумена, 2004. 342 с.
4. Когут Б.М., Дьяконова К.В., Травникова Л.С. Состав и свойства гуминовых кислот различных вытяжек и фракций типичного чернозема // Почвоведение. 1987. №7. С. 38-45.
5. Пономарева В.В., Плотникова Т.А. Методические указания по определению содержания и состава гумус в почвах. Л., 1975. 106 с.
6. Щеглов Д.И. Черноземы центра Русской равнины и их эволюция под влиянием естественных и антропогенных факторов. М.: Наука, 1999. 214 с.
7. Филон И.И., Шеларь И.А. Влияние сельскохозяйственного освоения и длительного применения удобрений на гумусное состояние темно-серых лесных почв // Агрохимия. 2002. №1. С. 16-21.

TRANSFORMATION OF DARK GRAY SOILS OF THE TOM-YAYA INTERFLUVE UNDER CONDITIONS OF AGROGENIC IMPACT

E.V. Kallas, A.S. Kurdaviltsev

National Research Tomsk State University, Tomsk, Russia

Abstract. Under the influence of agrogenesis in dark gray soils, the content of humus, LOV, newly formed HA fraction 1, $Cha:C_{fa}$ in the composition of mobile humus, the number of exchange bases and the value of hydrolytic acidity decreased. The granulometric composition, pH have not changed much.

Keywords: agrodark-gray soils, transformation of properties, labile forms of humus.

References

1. Alifanov V.M. Changes in gray forest soils in agricultural use // Soil Science. 1979. №1. P. 37-47.
2. Akhtyrtsev B.P., Akhtyrtsev A.B. Changes in the humus state of forest-steppe and steppe chernozems under mounds and with long-term plowing // Soil Science. 2002. №2. P. 140-149.
3. Classification and diagnostics of soils in Russia. Smolensk: Publishing House of Oikumena. 2004. 342 p.
4. Kogut B.M., Dyakonova K.V., Travnikova L.S. Composition and properties of humic acids of various extracts and fractions of typical chernozem // Soil Science. 1987. №7. P. 38-45.
5. Ponomareva V.V., Plotnikova T.A. Guidelines for determining the content and composition of humus in soils. L., 1975. 106 p.
6. Shcheglov D.I. Chernozems of the center of the Russian Plain and their evolution under the influence of natural and anthropogenic factors. Moscow: Nauka, 1999. 214 p.
7. Filon I.I., Shelar I.A. Influence of agricultural development and long-term use of fertilizers on the humus state of dark gray forest soils // Agrochemistry. 2002. №1. P. 16-21.

УДК: 528.942

РЕГИОНАЛЬНОЕ КОМПЛЕКСНОЕ ПОЧВЕННОЕ КАРТОГРАФИРОВАНИЕ (НА ПРИМЕРЕ ПЕРМСКОГО КРАЯ)

М.А. Кондратьева¹, Н.В. Бажукова²

¹Пермский ГАТУ, г. Пермь, Россия.

²ПГНИУ, г. Пермь, Россия

e-mail: pochva@pgsha.ru

Аннотация. Созданная серия почвенных карт дает представление о разнообразии функций почв в биосфере, сельскохозяйственном и экологическом потенциале почв Пермского края, антропогенной нагрузке на почвенный покров и процессах деградации. Агроэкологические и почвенно-экологические карты имеют прикладное значение и будут полезны при планировании рационального использования территории.

Ключевые слова: тематическая картография, почвы, агроэкологические карты, почвенно-экологические карты.

Комплексное почвенное картографирование – динамично развивающееся направление современной атласной картографии. Широкие возможности для его развития открываются благодаря новым ресурсам – электронным версиям почвенных карт, базам данных свойств почв, имеющимся в свободном доступе, новым техническим возможностям, связанным с ГИС, программным обеспечением, упрощающим процедуру создания карт. Наряду с традиционными методическими приёмами создания карт в почвенно-экологическом картографировании разработан интерпретационный подход, согласно которому свойства и режимы почв интерпретируются как с позиций обеспечения плодородия сельскохозяйственных угодий, так и с точки зрения условий миграции, аккумуляции и трансформации химических веществ, определяющих устойчивость экосистем [2].

Целью работы стало создание серии карт почвенной тематики, дающих комплексную характеристику и оценку функций почв региона.

Объекты и методы исследования. Пермский край, занимая значительную площадь, характеризуется разнообразием почв, среди которых преобладают почвы подзолистого типа (71,5 %). Доля дерново-подзолистых почв составляет 42,7 % от общей площади края, серых лесных и черноземов оподзоленных – 3,5 %. Торфяные болотные и пойменные почвы занимают 11,5 %. Основной фон в горной части края составляют буро-таежные почвы (6,5%). Под альпийскими и субальпийскими лугами сформировались горные лесо-луговые почвы [8]. Неоднородный почвенный покров определяет разнообразие свойств и режимов почв.

Тематической основой для карт служила сборка почвенной карты РФ масштаба 1: 2 500 000, пакет файлов почвенной карты РФ масштаба 1: 2 500 000 в формате ESRIShape. База данных свойств почв составлена на основе данных ЕГППР с привлечением региональных источников. Карты и атрибутивные базы данных к ним созданы с помощью программы QGIS версии 3.2.2 (Maderia) в системе координат: EPSG:32640–WGS 84 / UTM zone 40N. Серия карт создана в едином масштабе 1: 2 500 000 по правилам шрифтового, штрихового и фоновое оформления. Все карты согласованы по тематическому наполнению.

Результаты исследований. Комплексный характер карт почвенной тематики условно отражают три группы: карты свойств и режимов почв, почвенного районирования; карты сельскохозяйственной тематики; почвенно-экологические карты (табл.).

Таблица

Группировка карт почвенной тематики

Группы карт	Тематика карт
Дополнение базовой почвенной карты	Факторы почвообразования Почвенно-экологическое районирование Почвенно-эрозионное районирование Мощность органогенных горизонтов Мощность гумусовых горизонтов Ёмкость катионного обмена
Агроэкологические	Распаханность почв Агроклиматический потенциал Содержание физической глины Содержание гумуса Лимитирующих факторов (переувлажненность почв)
Экологические	Условия миграции тяжёлых металлов в почвах Сорбционная способность почв Сенсорность почв к загрязнению тяжелыми металлами Почвенно-геохимические барьеры Запасы органического углерода в почвах Устойчивости почв к загрязнению углеводородами

Первая группа включает базовую почвенную карту и базовых характеристик почв, таких как мощность органогенных и органо-минеральных горизонтов, ёмкость катионного обмена. В эту же группу включены карты факторов почвообразования, почвенного районирования (рис. 1). Большинство карт данной группы являются аналитическими, ограничивающимися одним показателем, и просты по содержанию и способам отображения информации.

Карты сельскохозяйственной тематики относятся к прикладным (рис. 2). Как правило, эта группа включает в себя карты, раскрывающие характер и интенсивность использования сельскохозяйственных угодий, а также карты показателей плодородия пахотных почв, в том числе обеспеченности органическим веществом, подвижными формами фосфора и калия, кислотности.

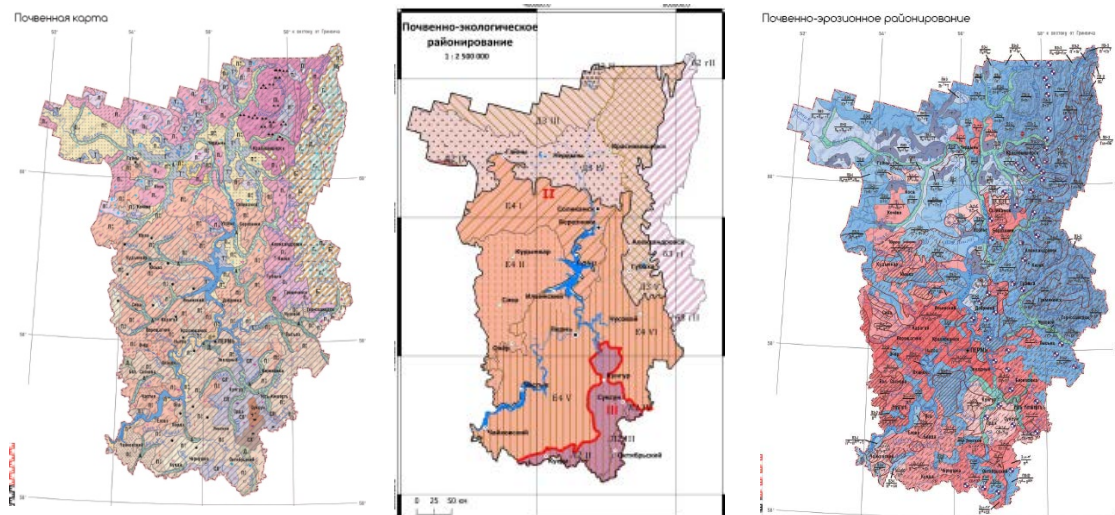


Рис. 1. Базовые почвенные карты

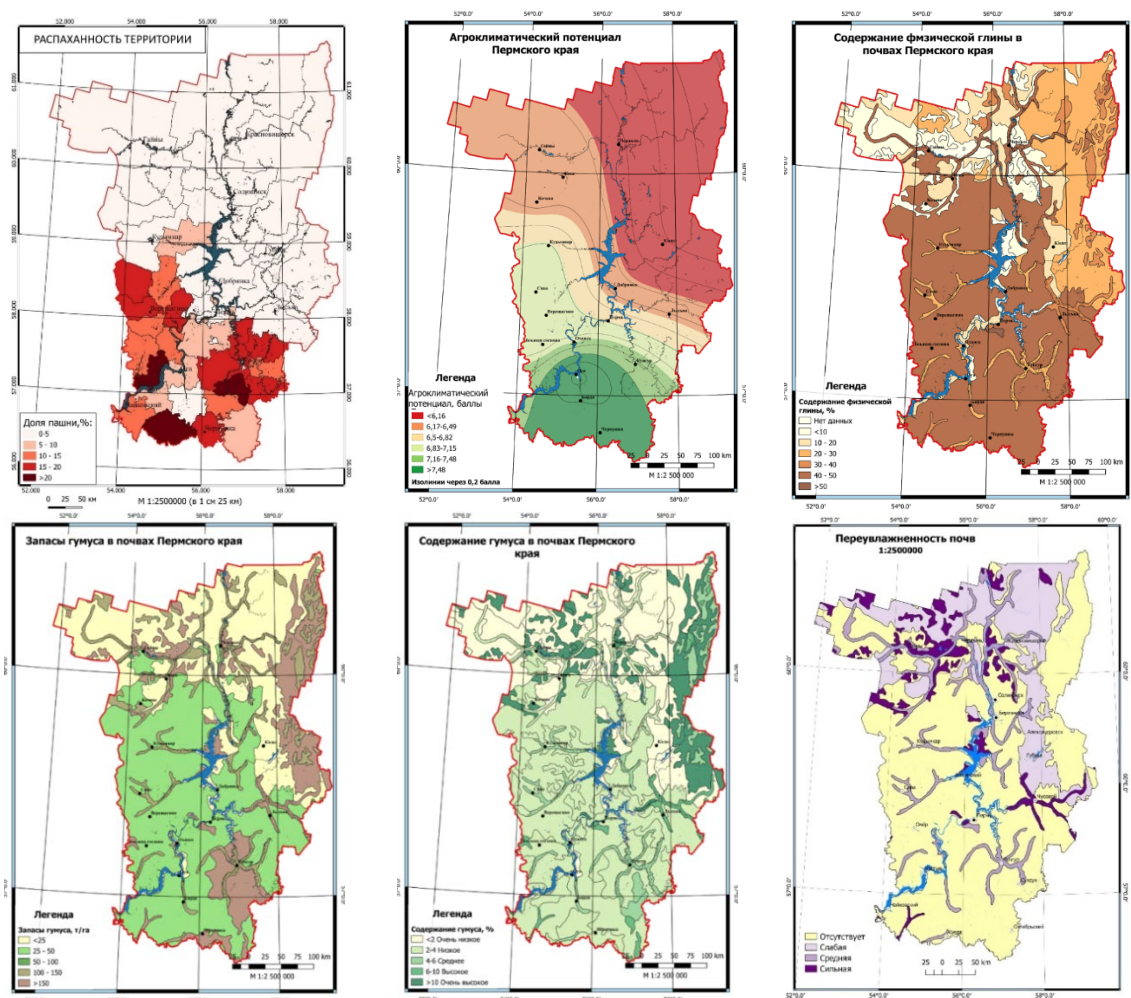


Рис. 2. Карты сельскохозяйственной тематики

Оценочный характер носят агроэкологические карты – карты экологически допустимого сельскохозяйственного природопользования, составляемые с учетом агроэкологических требований сельскохозяйственных культур. Для

агроэкологической оценки территорий используют три группы индикаторов: агроклиматических; свойств почв (содержания гумуса и др.); факторов, ограничивающих использование почв.

Почвенно-экологические карты часто имеют прикладной характер и отражают экологические проблемы региона (рис. 3). В настоящее время наметились несколько направлений почвенно-экологического картографирования: деградации почв и почвенного покрова; процессов функционирования почв; загрязнения почв; критических нагрузок по отношению к техногенным воздействиям; устойчивости почв [1].

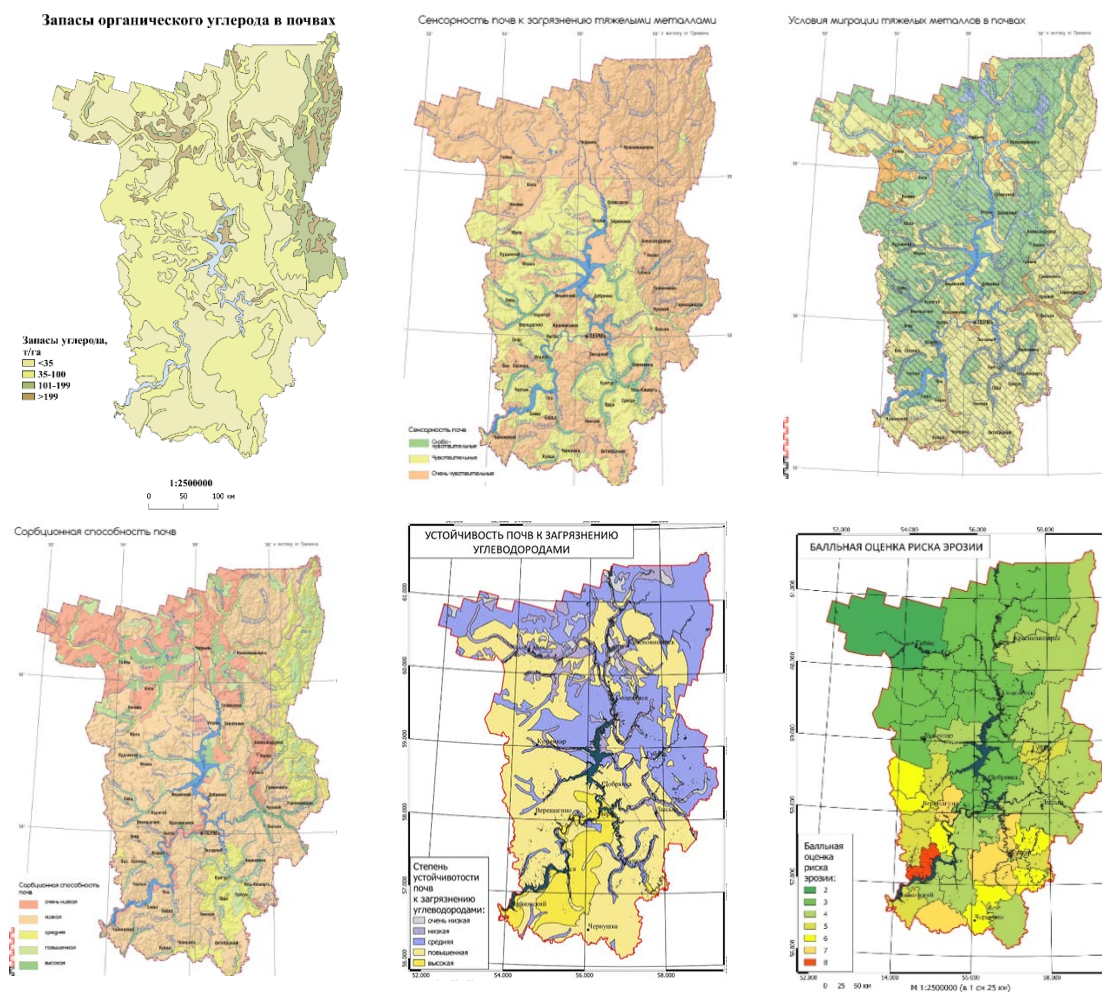


Рис. 3. Почвенно-экологические карты

Глобальные функции взаимодействия почвенного покрова с атмосферой отражает карта запасов углерода в почвах Пермского края [9]. По запасам органического углерода можно судить о потенциально возможной эмиссии CO_2 из почв в атмосферу за счет изменения скоростей процессов гумификации и минерализации органических веществ под влиянием антропогенных факторов.

Карта внутрипочвенных физико-химических барьеров характеризует геохимическую дифференциацию вертикального профиля элементарных

ландшафтов, анализ которой является важным этапом при эколого-геохимическом анализе территории [5].

Карта условий миграции тяжёлых металлов отображает главные факторы миграции – окислительно-восстановительные и кислотно-щелочные обстановки. Эти факторы контролируют формы нахождения химических элементов и подвижность их соединений, а также микробиологическую активность и интенсивность биохимических процессов.

Среди почвенно-экологических карт также встречаются оценочные и прогнозные карты. Карта сорбционных свойств почв позволяет судить о ёмкости иммобилизации химических элементов, поступающих в почву, о химических и физических свойствах почв, контролирующих уровень плодородия [4].

В условиях нарастающего антропогенного загрязнения почв и ландшафтов очень важное значение приобретает функция почв по устойчивости их к загрязнению и способности к самоочищению. Карта сенсорности (чувствительности) почв оценивает свойства почв относительно загрязнения тяжёлыми металлами. Понятие сенсорности почв введено М.А. Глазовской [2] в качестве одного из показателей устойчивости. Карта устойчивость почв региона к загрязнению углеводородами учитывает воздействие трёх групп факторов, определяющих вынос, рассеяние и возможность закрепления в ландшафтах продуктов техногенеза [3].

Значительный интерес представляют прогнозные карты, к числу которых относятся карты рисков, потенциалов самоочищения от загрязняющих веществ и т.д. Прогнозный характер имеет карта риска эрозии (рис. 3), при создании которой учитывался эрозионный потенциал рельефа региона [6] и степень антропогенной нагрузки на почвы.

Выводы: Разработанная серия карт может стать основой для почвенного атласа Пермского края или разделом «Почвы» в комплексном региональном атласе.

Литература

1. Герасимова М.И., Богданова М.Д. Почвенно-экологические карты в национальных и специализированных атласах //Атласное картографирование: традиции и инновации / Материалы X научной конференции по тематической картографии (Иркутск, 22-24 октября 2015 г.). Иркутск: Издательство Института географии им. В.Б. Сочавы СО РАН, 2015. С. 101-103.
2. Глазовская М.А. Методологические основы оценки эколого-геохимической устойчивости почв к техногенным воздействиям [Методическое пособие]. МГУ им. М.В. Ломоносова. М.: Изд-во Моск. ун-та. 1997. 101 с.
3. Ермакова Л.С., Кондратьева М.А. Оценка устойчивости почв Пермского края к загрязнению углеводородами // Всероссийская научно-практическая конференция «Молодежная наука 2022: технологии, инновации», 28 марта – 1 апреля 2022 г.: [посвящ. 120-летию со дня рождения профессора А.А. Ерофеева: материалы] В 3 ч. Ч 1. Пермь : Изд-во ИПЦ «Прокрость», 2022. С. 201-205.

4. Кондратьева М.А., Бажукова Н.В. Опыт регионального почвенно-геохимического картографирования // ИнтерКарто. ИнтерГИС: Материалы Междунар. конф. М.: Географический факультет МГУ. 2020. Т. 26. Ч. 1. С. 584-594.
5. Кондратьева М.А., Самофалова И.А. Радиальные геохимические барьеры в почвах Пермского края // ИнтерГИС. Геоинформационное обеспечение устойчивого развития территорий: Материалы Междунар. конф. М.: Географический факультет МГУ, 2022. Т. 28. Ч. 2. С. 901–912. DOI: 10.35595/2414-9179-2022-2-28-901-912.
6. Кондратьева М.А., Чашин А.Н. Оценка эрозионной опасности территории // ИнтерКарто. ИнтерГИС. Геоинформационное обеспечение устойчивого развития территорий: Материалы Междунар. конф. М.: Географический факультет МГУ, 2021. Т. 27. Ч. 2. С. 241-252. DOI: 10.35595/2414-9179-2021-2-27-241-252
7. Лебедянцева К., Кондратьева М.А. Запасы углерода в почвах Пермского края // Всероссийская науч.-практ. конф. «Молодёжная наука – 2023: технологии и инновации», 2023 г.: в 3 т. Т. 1. Пермь: Изд-во «ОТ и ДО», 2023. С. 328–330.
8. Национальный атлас почв Российской Федерации. М.: Астрель, 2011. 632 с.

REGIONAL INTEGRATED SOIL MAPPING (BY THE EXAMPLE OF THE PERM TERRITORY)

M.A. Kondratieva¹, N.V. Bazhukova²

¹Perm State Agro-Technological University, Perm, Russia

²Perm State University, Perm, Russia,

Abstract. The created series of soil maps gives an idea of the diversity of soil functions in the biosphere, the agricultural and ecological potential of soils in the Perm Territory, anthropogenic pressure on the soil cover, and degradation processes. Agro-ecological and soil-ecological maps are of practical importance and will be useful in planning the rational use of the territory.

Keywords: thematic cartography, soils, agro-ecological maps, soil-ecological maps.

References

1. Gerasimova M.I., Bogdanova M.D. Soil-ecological maps in national and specialized atlases // Atlas mapping: traditions and innovations / Proceedings of the X scientific conference on thematic cartography (Irkutsk, October 22-24, 2015). Irkutsk: Publishing house of the Institute of Geography. V.B. Sochavy SO RAN, 2015. P. 101-103.
2. Glazovskaya M.A. Methodological bases for assessing the ecological and geochemical resistance of soils to technogenic impacts [Methodological guide]. Moscow State University M.V. Lomonosov. M.: Publishing House of Moscow University, 1997. 101 p.
3. Ermakova L.S., Kondratieva M.A. Assessing the resistance of soils in the Perm Territory to hydrocarbon pollution // All-Russian scientific and practical conf. "Youth science 2022: Technologies, innovations", (Perm, March 28 - April 1, 2022): [materials]: in 3 vols. Part. 1. Perm: Publishing House of the IPC "Prokrost", 2022. P. 201-205.
4. Kondratyeva M.A., Bazhukova N.V. Experience of regional soil-geochemical mapping // InterKarto. InterGIS. Geoinformation support for sustainable development of territories: Proceedings of the Intern. conf. M.: Faculty of Geography of Moscow State University. 2020. V. 26. Part. 1. P. 584-594.
5. Kondratieva M.A., Samofalova I.A. Radial geochemical barriers in the soils of the Perm region // InterGIS. Geoinformation support for sustainable development of territories: Proceedings of the Intern. conf. Moscow: Faculty of Geography, Moscow State University, 2022. V. 28. Part 2. P. 901–912. DOI: 10.35595/2414-9179-2022-2-28-901-912.
6. Kondratieva M.A., Chashchin A.N. Erosion hazard assessment of the territory // InterKarto. InterGIS. Geoinformation support for sustainable development of territories: Proceedings of the Intern. conf. M.:

Faculty of Geography of Moscow State University, 2021. V. 27. Part 2. P. 241-252. DOI: 35595/2414-9179-2021-2-27-241-252

7. Lebedyantseva K., Kondratieva M.A. Carbon reserves in the soils of the Perm Territory // All-Russian scientific-practical. conf. "Youth science - 2023: technologies and innovations": [materials]. 2023: in 3 vol. Part.1. P. 328–330.

8. National atlas of soils of the Russian Federation. Moscow: Astrel, 2011.632 p.

УДК 631.85

ФОСФОРНЫЕ УДОБРЕНИЯ КАК ИСТОЧНИК ПОСТУПЛЕНИЯ ЛЕГКИХ РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ В ПОЧВУ

А.Д. Котельникова, К.А. Колчанова, М.А. Шишкин, О.Б. Рогова
ФИЦ «Почвенный институт им. В.В. Докучаева», Москва, Россия
e-mail: a.d.kotelnikova@gmail.com

Аннотация. Оценено содержание легких редкоземельных элементов (La, Ce, Nd, Pr, Sm, Eu) в образцах фосфорных удобрений – фосфоритной муке, простом суперфосфате, двойном суперфосфате – производимых и реализуемых в России. Показано, что удобрения могут значительно различаться по содержанию данных элементов.

Ключевые слова: минеральные удобрения, примеси, лантаноиды, фосфоритная мука, суперфосфат

Редкоземельные элементы (РЗЭ) группа металлов, активно изучаемая специалистами самых разных областей знания. Полезные свойства РЗЭ обуславливают их широкое применение в промышленности, медицине, чистой энергетике, агрономии и других [1, 3]. Как следствие активной добычи и применения увеличивается поступление РЗЭ в компоненты окружающей среды. Среди значимых источников поступления РЗЭ в почву часто отмечается производство и применение минеральных удобрений, в особенности фосфорных [2, 4]. Концентрация РЗЭ в апатитах, используемых для производства фосфорных удобрений, может превышать 1 600 мг/кг, по другим источникам 9 000 мг/кг за счет замены кальция этими элементами [6]. При этом при производстве удобрений из этого сырья до 50-60 % РЗЭ переходит в суперфосфат, с особенно высокими концентрациями Ce, La, Nd [5]. Подробный анализ содержания РЗЭ в фосфорных удобрениях и материалах для их производства проведен в Южной Америке, для России подобных работ нет, при этом концентрации РЗЭ могут существенно различаться. Таким образом, представляется актуальной оценка содержания РЗЭ, в особенности представителей подгруппы легких РЗЭ (La, Ce, Nd, Pr, Sm, Eu), в фосфорных удобрениях, производимых и реализуемых в России.

Объект исследования – образцы фосфорных удобрений различных производителей, представленные на местном рынке, суммарно 22 наименования. Удобрения относятся к трем категориям: 1) фосфоритная мука (ФМ) – 6 образцов, 2) простой суперфосфат (СФ) – 8 образцов, 3) двойной суперфосфат (СФД) – 8

образцов. Удобрения различаются между собой содержанием действующего вещества (фосфора), образуя ряд СФД>СФ>ФМ. По сути, в ряду от фосфоритной муки, которая представляет собой измельченный фосфорит, к двойному суперфосфату происходит концентрирование действующего вещества при промышленной обработке кислотами исходных пород, что может сопровождаться ростом концентрации РЗЭ.

Образцы удобрений измельчались в шаровой мельнице с чашами и шарами из агата. Для исключения кросс-контаминации образцов при просеивании было спроектировано и распечатано на 3D-принтере сито. В сито помещались вырезанные из ситовой ткани с диаметром отверстий 0.5 мм круги, используемые один раз, и закреплялся пакет для образца.

Для определения валового содержания легких РЗЭ в образцах удобрений, проводилось полное кислотное вскрытие образцов. Для определения содержания потенциально подвижных форм легких РЗЭ в образцах удобрений проводили экстракцию водой и раствором лимонной кислоты. Разложение образцов удобрений и экстрагирование потенциально подвижных форм РЗЭ проводили в трехкратной повторности. Элементный анализ полученных растворов осуществлялся методом оптико-эмиссионной спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой (ИСП-ОЭС) (5800 ICP-OES, Agilent Technologies, США).

В результате анализа образцов получены данные о содержании легких РЗЭ в образцах фосфорных удобрений (рис. 1). Группа образцов фосфоритной муки наиболее однородна по содержанию РЗЭ, максимальное суммарное содержание легких РЗЭ обнаружено в образце ФМ-3 (281 ± 49 мг/кг). В группах образцов простого суперфосфата и двойного суперфосфата присутствовали образцы со значительно более высокими концентрациями РЗЭ. Выделяется 4 образца суперфосфата (СФ-3, 4, 6, 7) и 3 образца двойного суперфосфата (СФД-2, 5, 8) с максимальным суммарным содержанием легких РЗЭ в образце СФ-7 – 2900 ± 345 мг/кг.

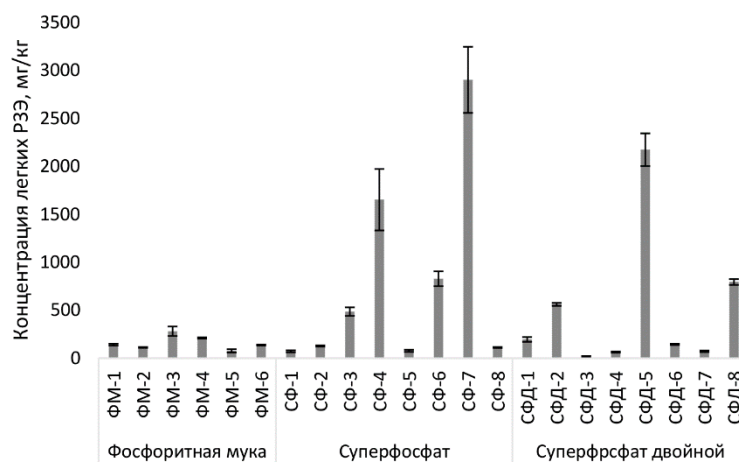


Рисунок 1. Суммарная концентрация легких РЗЭ (La, Ce, Nd, Pr, Sm, Eu) в образцах фосфорных удобрений. Показаны средние значения показателя (n=3) и 95-% доверительный интервал

В большинстве образцов содержание представителей РЗЭ укладывалось в закономерность $Ce > Nd \approx La > Pr > Sm > Eu$, что в целом соответствует распределению в земной коре (рис. 2). Исключение составляли два образца (СФ-3, СФД-2), в которых содержание Ce было ниже предела обнаружения, а преобладающим элементом был Nd. Примечательно, что оба образца продаются под одной торговой маркой.

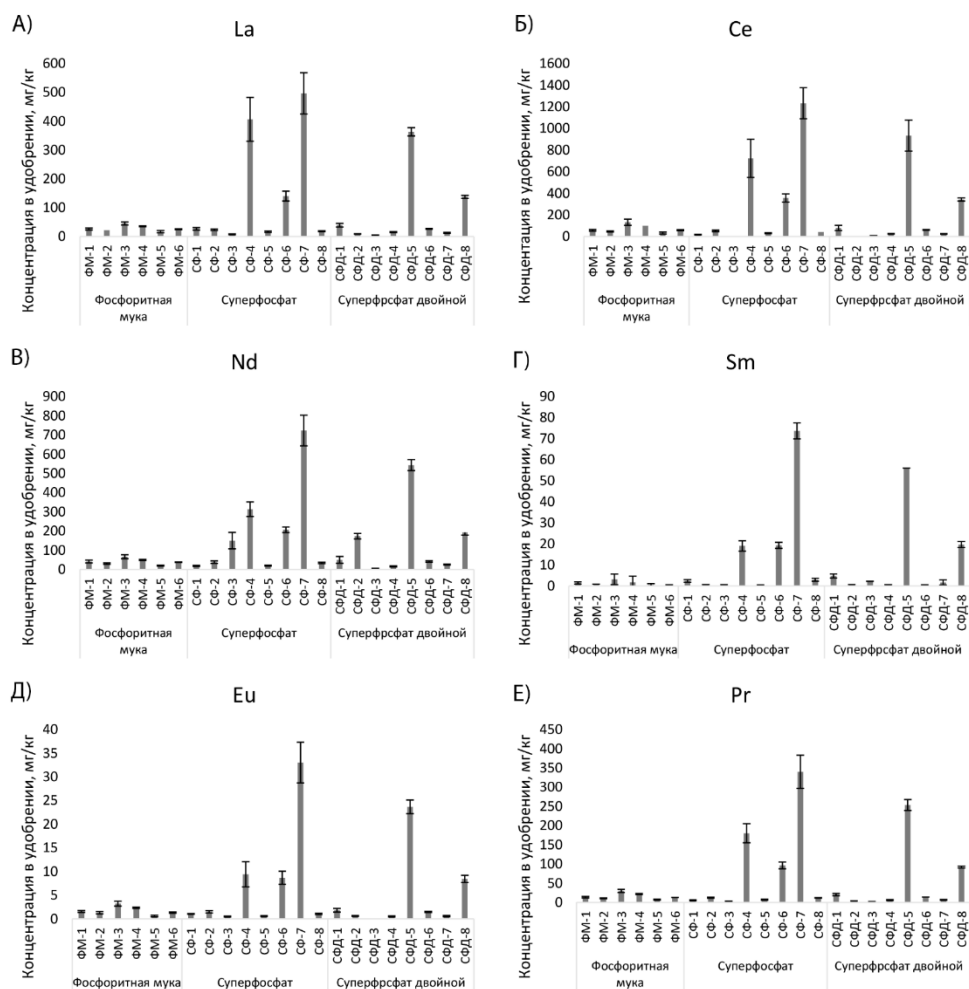


Рисунок 2. Валовая концентрация легких редкоземельных элементов в образцах фосфорных удобрений. Показаны средние значения показателя (n=3) и 95%-ый доверительный интервал

Рассчитано возможное поступление легких РЗЭ с удобрениями в почву в результате однократного внесения на единицу площади (гектар). Поскольку различным почвам и растениям могут требоваться разные дозы фосфора, для расчета были выбраны две ориентировочные дозы удобрений с внесением фосфора 30 и 90 кг/га (исходя из указанного производителем содержания фосфора), а также минимальная и максимальная доза, рекомендованная производителем на упаковке удобрения. Несмотря на различающиеся массы удобрений, которые требуются для поступления одинаковой дозы действующего вещества, максимальное возможное поступление легких РЗЭ с удобрениями на единицу площади также отмечается для образцов, для которых было показано

наиболее высокое содержание РЗЭ. Эти значения составляют сотни г/га в случае отдельных представителей РЗЭ и доходят до 2000 г/га суммарно по всем легким РЗЭ (для образца СФ-7 в максимальной рекомендованной производителем дозе). Однако, за счет сравнительно высокого содержания фосфора по данным производителя (а значит меньшей требуемой массе удобрения) среди этого ряда образцов с максимальной концентрацией РЗЭ, отмеченных ранее (ФМ-3, СФ-3, 4, 6, 7 и СФД-2, 5, 8), образцы СФ-3 и СФД-2 отличаются более низким потенциальным поступлением РЗЭ в почву. Следует отметить, что эти два образца под одной торговой маркой выше выделялись как образцы с низким содержанием Се.

Полученные данные о валовом содержании РЗЭ в образцах удобрений и содержании растворимых форм позволили рассчитать растворимость РЗЭ, содержащихся в удобрениях. Растворимость выражена в процентах от валового содержания РЗЭ. Растворимость РЗЭ, содержащихся в удобрениях, в воде низкая и не превышает 1% для всех изученных образцов. Растворимость в растворе лимонной кислоты для большинства образцов значительно выше. Для ряда образцов группы простого суперфосфата (СФ-5, СФ-6, СФ-8) и двойного суперфосфата (СФД-1, СФД-3, СФД-4, СФД-7, СФД-8) растворимость РЗЭ превышает 80%. При этом для ряда образцов удобрений (СФ-3, СФ-7, СФД-3, СФД-6), в том числе для образца простого суперфосфата с максимальной валовой концентрацией легких РЗЭ (СФ-7), растворимость РЗЭ оказалась достаточно низкой – 1-3%.

По результатам исследования получены данные о содержании легких РЗЭ в образцах трех групп фосфорных удобрений, а также их растворимости. Показано, что фосфорные удобрения, производимые в России, могут существенно различаться по содержанию легких РЗЭ. Группа образцов фосфоритной муки в этом отношении наиболее однородна, но при этом суммарное валовое содержание легких РЗЭ различалось до 3,5 раз в диапазоне средних значений от 77 до 281 мг/кг. Среди образцов простого суперфосфата и двойного суперфосфата выделены образцы со значительно более высоким содержанием легких РЗЭ – до 2900 мг/кг в простом суперфосфате и до 2173 мг/кг в двойном суперфосфате, при минимальных средних значениях 72 и 19 мг/кг соответственно. Оценена возможность поступления легких РЗЭ в почву при внесении фосфорных удобрений, которая в отдельных случаях может доходить до сотен и тысяч г/га.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 22-74-00003.

Литература

1. Gonzalez V., Vignati D.A.L., Leyval C., Giamberini L. Environmental fate and ecotoxicity of lanthanides: Are they a uniform group beyond chemistry? // Environ Int. 2014. Vol. 71 P. 148–157.
2. Hu Z., Haneklaus S., Sparovek G., Schnug E. Rare earth elements in soils // Commun Soil Sci Plant Anal. 2006. Vol. 37 P. 1381–1420.
3. Lerat-Hardy A., Coynel A., Dutruch L., Pereto C., Bossy C., Gil-Diaz T., Capdeville M.-J., Blanc G.,

Schäfer J. Rare Earth Element fluxes over 15 years into a major European Estuary (Garonne-Gironde, SW France): Hospital effluents as a source of increasing gadolinium anomalies // *Sci Total Environ.* 2019. Vol. 656. P. 409–420.

4. Pang X., Li D., Peng A. Application of rare-earth elements in the agriculture of China and its environmental behavior in soil // *Environ Sci Pollut Res.* 2022. Vol. 9. P. 143–148.

5. Ramos S.J., Dinali G.S., de Carvalho T.S., Chaves L.C., Siqueira J.O., Guilherme L.R. Rare earth elements in raw materials and products of the phosphate fertilizer industry in South America: Content, signature, and crystalline phases // *J Geochemical Explor.* 2016. Vol. 168. P. 177–186.

6. Ribeiro P.G., Dinali G.S., Boldrin P.F., de Carvalho T.S., de Oliveira C., Ramos S.J., Siqueira J.O., Moreira C.G., Guilherme L.R.G. Rare Earth Elements (REEs) Rich-Phosphate Fertilizers Used in Brazil are More Effective in Increasing Legume Crops Yield Than Their REEs-Poor Counterparts // *Int J Plant Prod.* 2021. P. 1–11.

PHOSPHORUS FERTILIZERS AS A SOURCE OF LIGHT RARE EARTH ELEMENTS IN THE SOIL

A.D. Kotelnikova, K.A. Kolchanova, M.A. Shishkin, F.S. Egorov, O.B. Rogova
Federal Research Centre V.V. Dokuchaev Soil Science Institute, Moscow, Russia

Abstract. The content of light rare earth elements (La, Ce, Nd, Pr, Sm, Eu) in samples of phosphate fertilizers – phosphate rock, simple superphosphate, double superphosphate – produced and sold in Russia has been estimated. It is shown that fertilizers can significantly differ in the content of these elements.

Keywords: mineral fertilizers, impurities, lanthanides, phosphate rock, superphosphate

References

1. Gonzalez V., Vignati D.A.L., Leyval C., Giamberini L. Environmental fate and ecotoxicity of lanthanides: Are they a uniform group beyond chemistry? // *Environ Int.* 2014. Vol. 71 P. 148–157.

2. Hu Z., Haneklaus S., Sparovek G., Schnug E. Rare earth elements in soils // *Commun Soil Sci Plant Anal.* 2006. Vol. 37 P. 1381–1420.

3. Lerat-Hardy A., Coynel A., Dutruch L., Pereto C., Bossy C., Gil-Diaz T., Capdeville M.-J., Blanc G., Schäfer J. Rare Earth Element fluxes over 15 years into a major European Estuary (Garonne-Gironde, SW France): Hospital effluents as a source of increasing gadolinium anomalies // *Sci Total Environ.* 2019. Vol. 656. P. 409–420.

4. Pang X., Li D., Peng A. Application of rare-earth elements in the agriculture of China and its environmental behavior in soil // *Environ Sci Pollut Res.* 2022. Vol. 9. P. 143–148.

5. Ramos S.J., Dinali G.S., de Carvalho T.S., Chaves L.C., Siqueira J.O., Guilherme L.R. Rare earth elements in raw materials and products of the phosphate fertilizer industry in South America: Content, signature, and crystalline phases // *J Geochemical Explor.* 2016. Vol. 168. P. 177–186.

6. Ribeiro P.G., Dinali G.S., Boldrin P.F., de Carvalho T.S., de Oliveira C., Ramos S.J., Siqueira J.O., Moreira C.G., Guilherme L.R.G. Rare Earth Elements (REEs) Rich-Phosphate Fertilizers Used in Brazil are More Effective in Increasing Legume Crops Yield Than Their REEs-Poor Counterparts // *Int J Plant Prod.* 2021. P. 1–11.

ЦИНК В ЧЕРНОЗЕМЕ ЮЖНОМ В УСЛОВИЯХ ПЛОДОВОГО АГРОЦЕНОЗА

А.В. Кучеренко, О.А. Бирюкова

Южный федеральный университет, Академия биологии и биотехнологии им. Д.И. Ивановского, Ростов-на-Дону, Россия

e-mail: alkucherenko@bk.ru

Аннотация. Приведены результаты исследований содержания и распределения валовых и подвижных форм цинка в черноземе южном в плодовых агроценозах. Обеспеченность чернозема южного подвижной формы цинком – низкая. Выявлена общая закономерность в распределении валовых и подвижных соединений цинка в условиях ампелоценоза, обусловленная его постепенным снижением вниз по почвенному профилю и активным накоплением в гумусо-аккумулятивных горизонтах.

Ключевые слова: чернозём южный, подвижные и валовые формы цинка, черешня, плодовой агроценоз.

Черешня, являющаяся ценной сельскохозяйственной плодовой культурой, имеет большой ряд преимуществ: вкусовые качества, запасы витаминов (С, В1, В2, β-каротин) и биологически активных соединений (легкоусвояемых сахаров, органических кислот, пектиновых, дубильных, Р-активных веществ, минеральных солей), многолетняя периодичность плодоношения, а также большой спрос на рынке [1]. В садоводстве часто недостаточное количество микроэлементов является причиной проявления различного рода заболеваний, снижения продуктивности деревьев и получение некачественной продукции. Различные формы цинка представляют большой интерес как для мониторинга содержания и распределения в почвенном профиле под изучаемой культурой, так и для получения высоких и устойчивых урожаев при возделывании. По обобщенным данным содержание цинка в растениях составляет около 15,0-60,0 мг/кг сухого вещества [2, 8].

Одним из основных лимитирующих факторов возделывания черешни является зимостойкость. Самые не зимостойкие органы черешни - генеративные почки, повреждающиеся обычно при - 24,0°С, а при - 29,0°С полностью гибнущие. Поэтому, повреждения плодовых почек морозами бывают часто. Цинк повышает морозоустойчивость растений, участвует в образовании предшественников хлорофилла, а также способствует формированию устойчивости к грибковым и бактериальным заболеваниям [10, 12, 13].

Природно-климатические условия Ростовской области в достаточной мере позволяют возделывать и получать плодовую продукцию высокого качества. В последнее время в области отмечается рост садов интенсивного типа. В связи с этим возрастает актуальность изучения содержания и распределения разных форм биомикроэлементов.

Полученные данные имеют практическое применение в области контроля регулирования качества почвы, её агроэкологического состояния и мониторинга почвенного плодородия.

Исследования проведены в производственных условиях на базе ОАО «Янтарное» Мартыновского района Ростовской области. Климат района относится к умеренно континентальной области умеренного климатического пояса, характеризующийся недостаточным увлажнением, жарким и сухим летом, умеренно холодной зимой.

На территории хозяйства было заложено четыре полнопрофильных разреза на двух производственных участках общей площадью около 17,7 га. На протяжении 20 лет на исследуемых земельных участках сельскохозяйственного назначения ведётся возделывание черешни.

Объект исследования – чернозём южный среднemocный тяжелосуглинистый на лёссовидном суглинке. Согласно «Полевому определителю почв России» [11] исследуемый чернозём следует отнести к агрочернозёму текстурно-карбонатному. По Международной реферативной базе почвенных ресурсов (World Research Base) исследованная почва относится к Calcic Chernozems.

Почвенные пробы отобраны согласно ГОСТ Р 58595-2019. Лабораторные исследования почвенных образцов проводили в трехкратной повторности. Для определения подвижных соединений цинка в почве использовали ацетатно – аммонийный буферный раствор (рН 4,8) с последующим применением атомно – абсорбционной спектроскопии (отношение почвы к раствору 1:10) [7]. Содержание валовых форм соединений изучаемых элементов определяли с помощью рентгено – флуоресцентного анализа на приборе «Спектроскан МАКС - GV» [9]. Органическое вещество определяли в соответствии с ГОСТ 26213-2021; рН водной вытяжки - ГОСТ 26423-85; подвижные соединения калия и фосфора – ГОСТ 26205-91.

Процесс аккумуляции – миграции Zn по профилю изучали путём расчёта коэффициента радиальной дифференциации по формуле:

$$R = \frac{C_{г.п.}}{C_{п.о.п.}}$$

где $C_{г.п.}$ – количество элемента в верхнем горизонте, мг/кг, $C_{п.о.п.}$ – количество элемента в нижнем слое почвы, мг/кг. Если $R > 1$, то элемент накапливается в поверхностном слое почвы, если же $R < 1$ происходит его вынос.

Корреляционный и регрессионный анализы полученных результатов проводили в программе Microsoft Excel. Аппроксимация экспериментальных данных реализована путем построения диаграммы по исходным данным с последующим подбором подходящей аппроксимирующей функции (линии тренда) [4].

Оценку загрязнения чернозема южного валовыми и подвижными соединениями цинка проводили согласно ПДК, установленной в СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания».

В ходе лабораторным исследований установлено, что средневзвешенное содержание органического вещества в гумусо-аккумулятивном слое 0-60 см составляет 2,0 %, что характеризуется низким уровнем. Реакция почвенной среды с глубиной возрастает от 7,1 до 7,7 рН и характеризуется как слабощелочная. Исследуемая территория характеризуется низкой и очень низкой степенью обеспеченности подвижными формами фосфора, а также низкой и средней степенью обеспеченности обменным калием.

Внутрипрофильное распределение валового Zn в чернозёме южном под плодовым агроценозом характеризуется снижением концентрации по мере увеличения глубины. Средневзвешенное содержание общего цинка на глубине 0-40 см составляет 98,3 мг/кг, уменьшаясь с глубиной до 82,3 мг/кг (рис. 1а). Цинк легко адсорбируется как минералами, так и органическими компонентами, поэтому в большинстве типов почв наблюдается его аккумуляция в поверхностных горизонтах.

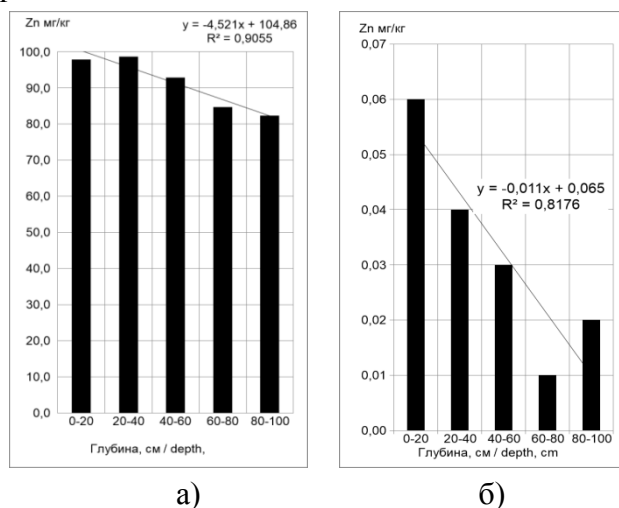


Рисунок 1. Профильное распределение валовой (а) и подвижной (б) формы цинка в чернозёме южном под плодовым агроценозом, мг/кг почвы

Для представления полученных данных была использована аппроксимирующая функция, также называемая линией тренда. Коэффициент детерминации для валового цинка составляет 0,9055 (рис.1а), что говорит об адекватном описании явления ($0,75 \leq R^2 < 0,95$).

Гуминовые и фульвокислоты способны образовывать устойчивые комплексы с Zn, что указывает на важную роль органического вещества в процессах трансформации этого элемента питания. Выявлена прямая корреляционная связь между цинком и содержанием гумуса ($r = 0,95$). Вычисленные коэффициенты радиальной дифференциации свидетельствуют о постепенном снижении валовой формы цинка по профилю почвы с наибольшей его аккумуляцией в гумусовых горизонтах на всех исследуемых производственных участках (рис. 2а).

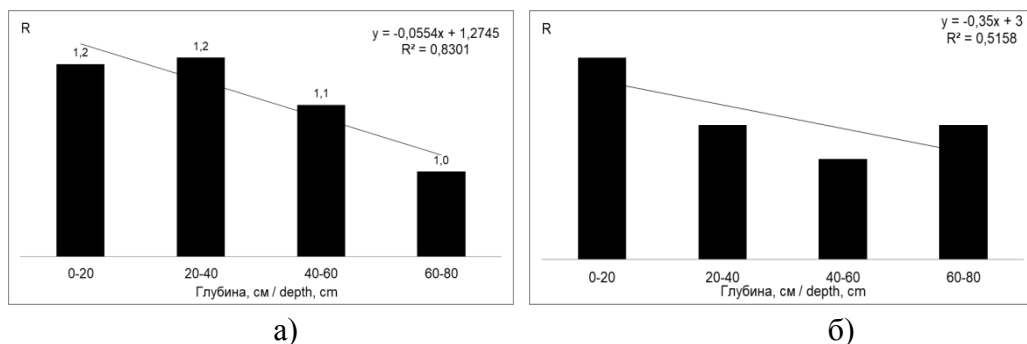


Рисунок 2. Коэффициент радиальной дифференциации валовой (а) и подвижной (б) формы цинка в почвенном профиле чернозёма южного

Изучение подвижных форм микроэлементов является основополагающим фактором для научного расчета потребности почв в микроудобрениях. Установлено, что с увеличением глубины происходит постепенное снижение содержания подвижного цинка: на глубине 0-20 см составляет 0,06 мг/кг, снижаясь на 66,7 % вниз по профилю до 0,02 мг/кг (80-100 см). Небольшое увеличение содержания микроэлемента с 80 см может быть связано с подщелачиваем почвенного раствора и образованием растворимых цинкатов [6]. Коэффициент детерминации свидетельствует об удовлетворительной аппроксимации ($0,75 \leq R^2 < 0,95$) (рис. 1б).

Полученные коэффициенты радиальной дифференциации указывают на постепенное снижение подвижных форм цинка вниз по профилю чернозёма южного (рис. 2б). Согласно группировке почв по содержанию подвижных форм микроэлементов обеспеченность чернозема южного цинком низкая ($< 2,0$ мг/кг). Данное обстоятельство связано с отсутствием сбалансированного восполнения почвенных запасов микроудобрениями. Ежегодно 8-10-летние деревья черешни поглощают 74 г цинка на 1 га [2].

Карбонатные роды чернозема южного характеризуются соответственно и высокими значениями рН, при которых биомикроэлементы переходят в труднодоступную для растений форму [3, 5, 14].

В зависимости от концентрации цинка его можно отнести как к жизненно необходимым элементам, так и тяжелым металлам 1 класса опасности. Ориентировочно допустимая концентрация валовой формы цинка для территории обследования составляет 220 мг/кг, для подвижной формы предельно допустимая концентрация равна 23,0 мг/кг. В соответствии с СанПиН 1.23684-21 была проведена оценка степени загрязнения чернозёма южного соединениями цинка. Превышений гигиенических нормативов по содержанию подвижных и валовых форм цинка по всему профилю чернозёма южного не было обнаружено.

В результате проведенных исследований установлено, что содержание и распределение валовых и подвижных форм цинка под плодовым агроценозом в черноземе южном (агрочернозём текстурно-карбонатный) характеризуется активным накоплением в гумусо-аккумулятивных горизонтах, что подтверждают

рассчитанные коэффициенты радиальной дифференциации, свидетельствующие о постепенном снижении микроэлемента вниз по профилю почвы с наибольшей его аккумуляцией в гумусовых горизонтах.

Обеспеченность чернозема южного подвижными формами цинка низкая, что связано с активным выносом черешней в период формирования урожая и указывает на необходимость внесения в почву микроудобрений, содержащих цинк. Содержание валовых и подвижных соединений Zn в черноземе южном в условиях плодового агроценоза соответствует региональному уровню и не превышает предельно допустимых концентраций, что имеет важное агроэкологическое значение.

Литература

1. Берлова, Т.Н. Степень изученности вопроса хозяйственно-ценных признаков черешни // Бюллетень Государственного Никитского ботанического сада. № 137. 2020. С. 112-117. DOI 10.36305/0513-1634-2020-137-112-117.
2. Гуляева А.А. Вишня и черешня. ВНИИСПК. Орел: Всероссийский научно-исследовательский институт селекции плодовых культур. 2022. 90 с.
3. Жуйков Д.В. Мониторинг содержания цинка в агроценозах Белгородской области // Агрехимический вестник. 2021. 4. С. 14-19. doi: 10.24412/1029-2551-2021-4-003
4. Курзаева Л.В. Регрессионный анализ в электронных таблицах. //Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2016. 12 (7): С. 1234-1238.
5. Кучеренко А. В., Бирюкова О. А., Кучменко Е. В. 2021. Содержание и распределение Mn в черноземе южном при возделывании различных сельскохозяйственных культур. Живые и биокосные системы. 36. doi: 10.1822/2308-9709-2021-36-1.
6. Лукин С.В., Четверикова Н.С. Микроэлементы в черноземах: содержание, биогенная миграция, нормирование // Достижения науки и техники АПК. 2015. Т.29. №6. С. 11-14.
7. Методические указания по определению тяжелых металлов в почвах сельхозугодий и продукции растениеводства. М.ЦИНАО. 1992. 61 с.
8. Минеев В. Г. Агрехимия: Учебник. – 2-е изд., перераб. и доп. М.: Изд-во МГУ, Изд-во «КолосС».2004. 720 с.
9. Минеев В.Г., Сычев В.Г., Амелянчик О.А., Большева Т.Н., Гомонова Н.Ф., Дурынина Е.П., Егоров В.С., Егорова Е.В., Едемская Н.Л., Карпова Е.А., Прижукова В.Г. Практикум по агрохимии. Москва. МГУ. 2001. 689 с.
10. Михайлова Л.А., Субботина М.Г., Алешин М.А. Удобрение и диагностика минерального питания плодово-ягодных культур : учебное пособие. Пермь: ИПЦ Прокрость, 2019. 247 с.
11. Полевой определитель почв России / Российская акад. с.-х. наук, Гос. науч. учреждение Почвенный ин-т им. В. В. Докучаева, О-во почвоведов им. В. В. Докучаева. Москва : Почвенный ин-т В. В. Докучаева, 2008. 182 с.
12. Роева Т. А. Минеральное питание как фактор продуктивности и качества плодов вишни, черешни // Современное садоводство. 2018. № 2(26). С. 48-69. DOI 10.24411/2312-6701-2018-10208.
13. Самофалова И.А. Химический состав почв и почвообразующих пород / М-во с.-х. РФ, ФГОУ ВПО «Пермская ГСХА». Пермь: Изд-во ФГОУ ВПО «Пермская ГСХА», 2009. 132 с.
14. Baghdadi M., Sadowski A. Estimation of nutrient requirements of sour cherry // Acta Hort. 1998. N 468. P. 515–522 DOI: 10.17660/ActaHortic.1998.468.64
15. Medvedeva A. M., Biryukova O. A., Kucherenko A. V., Ilchenko Y.I., Minkina T.M., Mandzhieva S.S., Mazarji M. 2022. The effect of resource-saving tillage technologies on the mobility, distribution and migration of trace elements in soil. Environmental Geochemistry and Health. 45: 85–100. doi: 10.1007/s10653-021-01193-6.

ZINC IN CALCIC CHERNOZEM UNDER CONDITIONS OF FRUIT AGROCOENOSIS

A.V. Kucherenko, O.A. Biryukova

Southern Federal University, Academy of Biology and biotechnology, Rostov-on-Don

Abstract. The results of studies of the content and distribution of total and mobile forms of zinc in calcic chernozem in fruit agrocenoses are presented. The availability of zinc in calcic mobile form of chernozem is low. A general pattern was revealed in the distribution of total and mobile zinc compounds under ampelocenosis conditions, due to its gradual decrease down the soil profile and active accumulation in humus-accumulative horizons.

Keywords: calcic chernozem, mobile and gross forms of zinc, sweet cherry, fruit agrocenosis.

References

1. Berlova, T. N. The degree of study of the issue of economically valuable signs of cherries // Bulletin of the State Nikitsky Botanical Garden. No. 137. 2020. P. 112-117. DOI 10.36305/0513-1634-2020-137-112-117.
2. Gulyaeva A. A. Cherry and cherry. VNIISPK. Orel: All-Russian Scientific Research Institute of Fruit Crop Breeding. 2022. 90 p.
3. Zhuikov D. V. Monitoring of zinc content in agrocenoses of the Belgorod region // Agrochemical Bulletin. 2021. № 4. P. 14-19. doi: 10.24412/1029-2551-2021-4-003
4. Kurzaeva L.V. Regression analysis in spreadsheets // International Journal of Applied and Fundamental Research. 2016. № 12 (7). P. 1234-1238.
5. Kucherenko A.V., Biryukova O. A., Kuchmenko E. V. 2021. The content and distribution of Mn in the southern chernozem during the cultivation of various agricultural crops. Living and biocontainable systems. 36. doi: 10.1822/2308-9709-2021-36-1.
6. Lukin S.V., Chetverikova N.S. Trace elements in chernozems: content, biogenic migration, rationing // Achievements of science and technology of the agro-industrial complex. 2015. Vol.29. No. 6. P. 11-14.
7. Methodological guidelines for the determination of heavy metals in the soils of farmland and crop production. M.TSINAO. 1992. 61 p.
8. Mineev V. G. Agrochemistry: Textbook. – 2nd ed., reprint. and additional. M.: Publishing House of Moscow State University, Publishing house "Colossus". 2004. 720 p.
9. Mineev V.G. Sychev V.G., Amelianchik O.A., Bolysheva T.N., Gomonova N.F., Durykina E.P., Egorov V.S., Egorova E.V., Edemskaya N.L., Karpova E.A., Prizhukova V.G. Workshop on agrochemistry. Moscow. MSU. 2001. 689 p.
10. Mikhailova, L.A., M.G. Subbotina, M.A., Alyoshina. Fertilization and diagnostics of mineral nutrition of fruit and berry crops : a textbook / Perm : CPI of the Kama region, 2019. 247 p.
11. Field determinant of soils of Russia / Russian Academy of Agricultural Sciences, State Scientific Institution Soil Institute named after V. V. Dokuchaev, O-va of Soil Scientists named after V.V. Dokuchaev. Moscow: Soil Institute V. V. Dokuchaeva, 2008. 182 p.
12. Roeva T.A. Mineral nutrition as a factor of productivity and quality of cherry fruits, cherries // Modern gardening. 2018. No. 2(26). P. 48-69. DOI 10.24411/2312-6701-2018-10208.
13. Samofalova I.A. Chemical composition of soils and soil-forming rocks / Moscow Agricultural Academy of the Russian Federation, FGOU VPO "Perm State Agricultural Academy". – Perm: Publishing house of FGOU VPO "Perm State Agricultural Academy", 2009. 132 p.
14. Baghdadi M., Sadowski A. Estimation of nutrient requirements of sour cherry // Acta Hort. 1998. N 468. P. 515–522 DOI: 10.17660/ActaHortic.1998.468.64
15. Medvedeva A. M., Biryukova O. A., Kucherenko A. V., Ilchenko Y.I., Minkina T.M., Mandzhieva S.S., Mazarji M. 2022. The effect of resource-saving tillage technologies on the mobility, distribution and migration of trace elements in soil. Environmental Geochemistry and Health. 45: 85–100. doi: 10.1007/s10653-021-01193-6.

ПРОТИВОЭРОЗИОННАЯ УСТОЙЧИВОСТЬ АГРОДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТЫХ ПОЧВ

Н.В. Кылосова, М.А. Кондратьева
ФГБОУ ВО Пермский ГАТУ
e-mail: nadegda.kylosova@yandex.ru

Аннотация. Агродерново-подзолистые почвы хозяйства имеют средне- и тяжелосуглинистый состав, на фракцию пыли приходится 34–68 % гранулометрических элементов, не участвующих в образовании водопрочной структуры. Почвы отличаются очень низким содержанием гумуса 0,82–1,17 %. Содержание водопрочных агрегатов в слабосмытых почвах – 58–69%, среднесмытых – 47 %, что характеризует водопрочность структуры как хорошую и отличную. Однако содержание мелкокомковатой фракции в составе водопрочных агрегатов пахотных горизонтов значительно ниже и сильно варьирует в диапазоне 3–29 %.

Ключевые слова: агроландшафты, водопрочность структуры, деградация почв, противоэрозионная устойчивость почв.

Актуальность. Одной из проблем агроландшафтов Пермского края является развитие водной эрозии. Согласно доклада Минсельхоза РФ за 2020 год [1], в Пермском крае 35 % от площади обследованных почв подвержены водной эрозией. Развитию водной эрозии в ландшафтах способствует ряд факторов: высокое содержание в составе гранулометрического состава крупнопылеватых частиц, неудовлетворительное структурное состояние пахотных горизонтов с низким содержанием водопрочных агрегатов (10–30 %); широкое развитие склоновых поверхностей; высокий эрозионный потенциал осадков [2].

Методы и объекты исследований. Объектами исследования являются почвы пахотных угодий одного из фермерских хозяйств, расположенного в Ильинском районе Пермского края. Территория района располагается в пределах Верещагинско-Васильевских увалов, рельеф представлен возвышенностями с высотами 200–316 м, на севере преобладают плоские почти пологие склоны (2–4°) и пологие на юге (6–7°). Почвообразующие породы – преимущественно элювиально-делювиальные суглинки [3]. Почвы угодий представлены агрودерново-подзолистыми слабо- и среднесмытыми.

В рамках полевых исследований было заложено 4 полнопрофильных почвенных разреза на полях под разными культурами: ячмень, рожь, клевер 2 года пользования. На полях 1 и 2 разрез заложены в приводораздельной части склонов с углами наклона 3–5°. На поле 3 разрез 3 и 4 были заложены в нижней и верхней части склона соответственно при крутизне 1–3°.

Лабораторные исследования почвенных проб включали определение содержания гумуса методом Тюринга в модификации Симакова с использованием

0,4 н. раствора двуххромовокислого калия ($K_2Cr_2O_7$) [4]. Гранулометрический состав почв изучался методом пипетки (вариант Н.А. Качинского с подготовкой почвы к анализу пирофосфатным методом по С.И. Долгову и А.И. Личмановой) [5], агрегатный состав – по методу Н.И. Саввинова.

Оценка структурного состояния почвы проводилась по следующим признакам. Содержание агрономически ценных агрегатов 0,25-10 мм, % (С.И. Долгова и П.У. Бахтина). Водоустойчивость агрегатов (суммарное количество агрегатов >0,25 мм при мокром просеивании, %) оценивалась по шкале предложенной И.В. Кузнецовой (1979) [6].

Обсуждение результатов. Агродерново-слабоподзолистые почвы исследуемых угодий отличаются очень низким содержанием гумуса 0,82-1,17 %, что является следствием их смывости; имеют низкую емкость катионного обмена 17–25 мг-экв./100 г, почвенный поглощающий комплекс не насыщен основаниями 72–93 %. Можно предположить, что указанные свойства исследуемых почв должны оказывать негативное влияние на формирование водопрочной структуры. Поскольку органическое вещество представляет собой основную субстанцию, "склеивающую" гранулометрические элементы в микро- и макроагрегаты почв [7], что должно сказываться и на противозэрозийной стойкости почв. Влияние состава обменных катионов на противозэрозийную стойкость почв определяются поверхностными свойствами почвенных частиц [7]. Почвы богатые коллоидами имеют более высокую водопрочность структуры, если они насыщены обменным кальцием, а для почв бедных коллоидами наблюдается обратная связь [8].

Гранулометрический состав почв оказывает значительное влияние на противозэрозийную стойкость. Из двух почв одинакового генетического типа большей противозэрозийной стойкостью обладает более тяжелая по гранулометрическому составу почва, содержащая больше илистой фракции, способной к структурообразованию. Пахотные горизонты исследуемых почв имеют средне- и тяжелосуглинистый состав (табл. 1). В составе фракций значительно участие пыли и песка. Так, в почвенных образцах из гор. Р разрезов 1 и 4 на долю фракций пыли, не участвующей в образовании водопрочной структуры, приходится 67-68 % гранулометрических элементов, в том числе содержание крупной пыли, значительно понижающей водопрочность структуры [9], достигает 37–39 %.

Неотъемлемым показателем противозэрозийной устойчивости почв является степень ее оструктуренности, водопрочности и механической прочности структурных агрегатов, а также межагрегатное сцепление, особенно в уплотненных и в скрепленных корнями растений горизонтах. Оструктуренные почвы меньше подвержены водной эрозии. Результаты оценка структурного состояния почвы представлены в таблице 2.

Таблица 1

Гранулометрический состав почв

Горизонт, глубина см	Размер частиц, мм, Содержание, %						Сумма частиц < 0,01, мм, %
	1-0,25	0,25- 0,05	0,05- 0,01	0,01- 0,005	0,005- 0,001	< 0,001	
Разрез №1. Агродерново-слабоподзолистая среднепахотная тяжелосуглинистая слабосмытая							
P (0-25)	0,94	13,96	39,1	13,01	15,6	17,38	46
BEL (25-39)	0,77	9,89	30,6	8,95	15,61	34,2	59
Разрез №2. Агродерново-слабоподзолистая среднепахотная тяжелосуглинистая слабосмытая							
P (0-24)	1,42	31,8	21,89	4,04	13,4	27,45	45
BEL (24-62)	0,88	50,93	0,17	1,61	5,0	43,27	50
Разрез №3. Агродерново-слабоподзолистая глубокопахотная среднесуглинистая среднесмытая							
P (0-35)	0,28	46,91	17,62	6,37	10,11	18,71	35
BT (35-67)	0,22	30,38	18,00	3,04	7,03	41,34	51
Разрез №4. Агродерново-слабоподзолистая среднепахотная тяжелосуглинистая остаточной карбонатная слабосмытая							
P (0-25)	0,94	13,4	37,48	11,15	15,55	21,49	48
BEL (25-61)	0,36	11,13	31,65	15,21	4,7	36,96	57

Таблица 2

Оценка структурного состояния почвы

Горизонт, глубина, см	Размер фракций, мм, содержание, %									0,25-10, мм, %	>1, мм, %
	>10	10-7	7-5	5-3	3-2	2-1	1-0,5	0,5-0,25	<0,25		
Разрез №1. Агродерново-слабоподзолистая среднепахотная тяжелосуглинистая слабосмытая											
P (0-25)	8,1	14,9	10,5	16,8*	3,9	19,8	9,9	4,6	11,5	80,4	-
	-	-	-	1,4	1,2	5,6	14,4	35,6	41,8	58,2	8,2
BEL (25-39)	12,1	9,3	13,4	19	3,8	14,6	9,3	6,2	12,3	75,6	-
	-	-	-	0,4	2,0	12,8	15,4	27,4	42,0	58,0	15,2
Разрез №2. Агродерново-слабоподзолистая среднепахотная тяжелосуглинистая слабосмытая											
P (0-24)	28,8	17,7	12,8	13,6	2,2	13,2	5,6	2,2	3,9	67,3	-
	-	-	-	6,0	6,6	16,2	17,8	23,2	30,2	69,8	28,8
BEL (24-62)	20,2	19,8	15	19,2	3,6	17,4	2,4	1,3	1,1	78,7	-
	-	-	-	1,8	11,0	35,4	15,8	14,8	21,2	78,8	48,2
Разрез №3. Агродерново-слабоподзолистая глубокопахотная среднесуглинистая среднесмытая											
P (0-35)	25,3	18,3	11,1	14,3	2,5	12,6	6,2	2,6	7,1	67,6	-
	-	-	-	0,2	0,6	2	11,8	32,0	53,4	46,6	2,8
BT (35-67)	19,0	17,4	16,8	17,8	3,5	15,0	5,4	1,4	3,7	77,3	-
	-	-	-	0,6	4,0	14,8	19,0	23,6	38	62,0	19,4
Разрез №4. Агродерново-слабоподзолистая среднепахотная тяжелосуглинистая остаточной карбонатная слабосмытая											
P (0-25)	21,9	16,9	14,5	15,7	3,3	15,7	6,8	2,1	3,1	75,0	-
	-	-	-	3,6	4,6	12,6	22,6	21,0	35,6	64,4	20,8
BEL (25-61)	3,0	12,1	17,9	26,1	6,1	25,8	5,0	1,8	2,2	94,8	-
	-	-	-	0,6	6,6	23,4	16,8	20,0	32,6	67,4	30,6

*В числителе значения по «сухому» просеиванию, в знаменателе по «мокрому» просеиванию.

С агрономической точки зрения структурное состояние почв оценивается как хорошее. Суммарное содержание агрегатов 0,25–10 мм в пахотном слое почв составляет 67–80 %. Хорошее структурное состояние исследуемых почв может быть связано с вовлечением в распашку нижележащих горизонтов BEL и BT. За счет ореховатой структуры данных горизонтов, пахотный горизонт может иметь отличные структурные характеристики. Однако ореховатые агрегаты, почти

лишены главного «клеящего» компонента – гумуса, испытывая постоянное деструктивное воздействие атмосферных осадков, ходовых систем сельскохозяйственных машин, они будут разрушаться [10].

Содержание водопрочных агрегатов размером $>0,25$ мм в пахотных горизонтах составило 58-70 % в слабосмытых почвах и 47 % – в среднесмытой. В подпахотных горизонтах данный показатель возрастает до 58-79 %. Наибольшее содержание водопрочных агрегатов в пахотном горизонте содержится в образцах из разрезов 2 и 4 – 64–69 %, при суммарном содержании фракций размерами более 1 мм – 21–29 %. Установлено, что почвы с высоким содержанием мелкокомковатой (зернистой) фракций размером от 1 до 10 мм с водопрочной структурой не набухают, не расплываются и сохраняют хорошую водопроницаемость, во время дождя не подвергаются смыву даже при значительной крутизне склона [11]. Наименьшее содержание водопрочных агрегатов фракции более 1 мм – 3 % в пахотном горизонте среднесмытой почвы (разрез 3). Таким образом, с увеличением смытости почв водопрочность структуры ухудшается.

Установлена связь между содержанием водопрочных агрегатов в исследуемых почвах и содержанием пыли и ила, о чем свидетельствуют значения парного коэффициента корреляции (r) ($-0,47$) и $0,64$ соответственно. Зависимость между показателями водопрочности (суммой агрегатов более $0,25$ мм) и указанными компонентами гранулометрического состава может быть описана линейным уравнением с коэффициентами при переменных $0,407$ и $1,469$. Значимость уравнения подтверждается F-тестом $117,73$, при этом уравнение описывает 80 % изменчивости признака ($R^2(\text{норм.})=0,80$).

Литература

1. Доклад о состоянии и использовании земель сельскохозяйственного назначения Российской Федерации в 2020 году. М: ФГБНУ «Росинформагротех», 2022. 384 с.
2. Скрыбина О. А. Водная эрозия почв и борьба с ней. Пермь: Пермское книжное издательство, 1990. 246 с.
3. Шимановский Л.А., Алексеева О.Л. Неотектоника Пермской области // Физико-географические основы развития и размещения производительных сил Нечерноземного Урала: Межвуз. сб. науч. тр. Пермь, 1987. С. 59–68.
4. Аринушкина Е.В. Руководство по химическому анализу почв: учеб, пособие для вузов. М.: МГУ, 1970. С.
5. Качинский Н. А. Физика почв. М., 1965 Т. 1 С. 155–161; М., 1970 Т. 2 С. 88
6. Кузнецова И. В. О некоторых критериях оценки физических свойств почв // Почвоведение. 1979. № 3. С. 81–88.
7. Орлов Д.С., Овчинникова М.Ф., Аымосова Я.М. Изменение гумусового состояния дерново-подзолистых почв под влиянием различных факторов //Комплексная химическая характеристика почв Нечерноземья. М.: Изд-во МГУ, 1987. С. 43-58.
8. Титова М.А., Травникова Л.С., Куваева Ю.В., Володарская И.В. Состав компонентов тонкодисперсных частиц пахотной дерново-подзолистой почвы //Почвоведение. 1989. № 6. С. 89-97.
9. Кузнецов М. С., Глазунов Г.П. Эрозия и охрана почв. М.: Изд-во МГУ. 1996. 335 с.

10. Скрыбина О.А. Эродированные почвы: особенности картирования, свойства, приемы повышения плодородия. Учебное пособие. Пермь, 2004. 103 с.
11. Вершинин П. В. Методы определения водопрочности почвенных агрегатов // Сб. работ по методике исследований в области физики почв. Л., 1964. С. 43–51.

ANTI-EROSION STABILITY OF AGROSODS-PODZOL SOILS

N.V. Kylosova, M.A. Kondratieva
Perm State Agro-Technological University

Abstract. The agrosoddy-podzolic soils of the farm have a medium and heavy loamy composition; the silt fraction accounts for 34-68% of granulometric elements that do not participate in the formation of a water-resistant structure. The soils have a very low humus content of 0.82–1.17%. The content of water-resistant aggregates in slightly eroded soils is 58–69%, in moderately eroded soils – 47%, which characterizes the water stability of the structure as good and excellent. However, the content of the fine-clump fraction in the composition of water-stable aggregates of arable horizons is much lower and varies greatly in the range of 3–29%.

Keywords: agricultural landscapes, waterproof structure, soil degradation, soil erosion resistance.

References

1. Report on the state and use of agricultural land in the Russian Federation in 2020. M: FGBNU "Rosinformagrotech", 2022. 384 p.
2. Skryabina O.A. Water erosion of soils and its control. Perm: Perm book publishing house, 1990. 246 p.
3. Shimanovsky L.A., Alekseeva O.L. Neotectonics of the Perm region // Physical and geographical bases for the development and distribution of the productive forces of the Non-Chernozem Ural: Interuniversity. Sat. scientific tr. Perm, 1987. P. 59–68
4. Arinushkina E.V. Guide to the chemical analysis of soils: textbook, manual for universities. 2nd ed., rev. and additional Moscow: Moscow State University, 1970
5. Kachinsky N.A. Physics of soils. M., 1965 T. 1 P. 155–161; M., 1970. T. 2. P. 88.
6. Kuznetsova I.V. On some criteria for evaluating the physical properties of soils, Eurasian Soil Sci. 1979. No. 3. P. 81–88.
7. Orlov D.S., Ovchinnikova M.F., Aymosova Ya.M. Changes in the humus state of soddy-podzolic soils under the influence of various factors // Comprehensive chemical characteristics of soils in the Non-Chernozem Region. M.: Moscow State University Publishing House, 1987. P. 43-58.
8. Titova M.A., Travnikova L.S., Kuvaeva Yu.V., Volodarskaya I.V. Composition of components of finely dispersed particles of arable sod-podzolic soil // Pochvovedenie. 1989. No. 6. P. 89-97.
9. Kuznetsov M.S., Glazunov G.P. Erosion and soil protection. M.: Publishing House of Moscow State University. 1996. 335 p.
10. Skryabina O.A. Eroded soils: mapping features, properties, methods of increasing fertility. Tutorial. Perm, 2004. 103 p.
11. Vershinin, P.V. Methods for determining the water resistance of soil aggregates: Collection of works on research methods in the field of soil physics. L., 1964. P. 43–51.

ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА СЕРЫХ ЛЕСНЫХ ПОЧВ

КУНГУРСКОГО МУНИЦИПАЛЬНОГО ОКРУГА ПЕРМСКОГО КРАЯ

Е.С. Лобанова, К.А. Исаева

ФГБОУ ВО Пермский ГАТУ, г. Пермь, Россия

e-mail: evgeniyalobanova83@mail.ru

Аннотация. Серые лесные почвы Кунгурского муниципального округа Пермского края характеризуются неудовлетворительными общими физическими свойствами. Число пластичности находится в диапазоне 7-17 – почвы пластичные. По липкости почвы предельно пластичные и сильновязкие (6,3-18,3 г/см²).

Ключевые слова: общие физические свойства, пластичность, липкость.

Серые лесные почвы в Пермском крае распространены на юго-востоке равнинной части и занимают значительные площади в Кунгурском и других округах [2]. Большая их часть используется под пашню, но имеются территории и под залежью. В последние годы залежные почвы активно переводят под пашню, соответственно, является важным изучением их различных свойств. Общие физические свойства влияют на произрастание и питание растений, аэрацию и влагообеспечение в почве, микробиологическую активность. Качество обработки почв зависит и от их физико-механических свойств: липкости и пластичности [1, 3].

Цель работы – изучить общие физические и физико-механические свойства серых лесных почв Кунгурского муниципального округа Пермского края.

Объектами исследования являлись серые лесные почвы, расположенные в д. Снегири (разр. 23, 35) и на окраине города Кунгур Кунгурского муниципального округа (разр. 29, 39). Общие физические свойства определялись по профилю почв, а физико-механические в гумусовых горизонтах в лаборатории кафедры почвоведения Пермского ГАТУ [1]. Изучаемые серые лесные почвы залегают на залежи.

Ранее было установлено, что данные почвы характеризуются в гумусовом горизонте среднесуглинистым и тяжелосуглинистым гранулометрическим составом, низким и средним содержанием гумуса, низкой и средней емкостью катионного обмена, повышенной степенью насыщенности основаниями, от среднекислой до близкой к нейтральной реакцией среды [4].

Гумусовые горизонты серых лесных почв имеют сильно уплотненную плотность (1,3-1,4 г/см³), горизонты средней и нижней части профиля – очень сильно уплотненную (табл. 1). Плотность твердой фазы типична для почв подзолистого ряда, вниз по профилю увеличивается от 2,4-2,5 г/см³ в гумусовом горизонте до 2,6-2,7 г/см³ в иллювиальных горизонтах и почвообразующей породе. Общая пористость в верхних гумусовых горизонтах серых лесных почв составляет 44-46% и характеризуется неудовлетворительной. В нижних горизонтах – 35-40%, чрезвычайно низкая.

Таблица 1

Общие физические свойства серой лесной почвы

Горизонт, глубина, см	d_v , г/см ³	d , г/см ³	Общая пористость, %
Разрез 23. Светло-серая лесная среднемошная тяжелосуглинистая			
A ₁ (3-20)	1,3	2,5	48
A ₁ B (20-27)	1,4	2,5	44
B ₁ (27-50)	1,5	2,6	42
B ₂ (50-87)	1,6	2,6	38
BC (87-105)	1,6	2,6	38
C (105 и >)	1,6	2,6	38
Разрез 29. Светло-серая лесная среднемошная тяжелосуглинистая			
A ₁ (2-32)	1,4	2,5	44
B ₁ (32-48)	1,7	2,5	32
B ₂ (48-74)	1,7	2,6	35
BC (74-84)	1,7	2,6	35
C (84-111)	1,6	2,6	38
D (111 и >)	1,6	2,7	41
Разрез 39. Светло-серая лесная среднемошная среднесуглинистая			
A ₁ (4-13)	1,3	2,4	46
A ₁ A ₂ (13-35)	1,4	2,5	44
A ₂ (35-51)	1,5	2,5	40
A ₂ B (51-77)	1,6	2,5	36
B (77-99)	1,7	2,6	35
BC (99-120)	1,7	2,6	35
C (120 и >)	1,7	2,6	35

По данным таблицы 2 установлено, что все изученные почвы в гумусовом горизонте являются пластичными, так как значения находятся в диапазоне 7-17. Влажность почв при верхнем пределе пластичности составила 17,8-26 %, нижнем пределе пластичности – 30,9-39,7%. Липкость светло-серых лесных почв 6,3-12,8 г/см² и характеризует их как сильновязкие, а серой лесной более 15 г/см² – предельная.

Таблица 2

Физико-механические свойства серых лесных почв

Горизонт, глубина, см	V _{нп} , %	V _{вп} , %	Пластичность	Липкость, г/см ²
Разрез 23. Светло-серая лесная среднемошная тяжелосуглинистая				
A ₁ (3-20)	23,5	39,7	16,2	12,8
Разрез 39. Светло-серая лесная среднемошная среднесуглинистая				
A ₁ (4-13)	19,3	30,9	11,6	8,3
Разрез 29. Светло-серая лесная среднемошная тяжелосуглинистая				
A ₁ (2-32)	17,8	31,3	13,5	6,3
Разрез 35. Серая лесная мощная тяжелосуглинистая				
A ₁ (4-38)	26,0	37,7	11,8	15,8

Таким образом, серые лесные почвы Кунгурского муниципального округа Пермского края обладают неудовлетворительными физическими свойствами. Они плотные, пластичные и липкие, что является неблагоприятным при использовании их в сельском хозяйстве.

Литература

1. Вадюнина А.Ф., Корчагина З.А. Методы исследования физических свойств почв и грунтов. М.: Высш. шк., 1986. 416 с.
2. Вологжанина Т.В. Серые лесные почвы зоны широколиственных лесов Русской равнины: монография. Пермь: ПГСХА, 2005. 454 с.
3. Николаев В.А., Мазиров М.А., Зинченко С.И. Влияние разных способов обработки на агрофизические свойства и структурное состояние почвы // Земледелие. 2015. № 5. С. 18-20.
4. Исаева К.А. Характеристика серых лесных почв Кунгурского муниципального округа Пермского края / Всероссийская научно-практическая конференция «Молодежная наука 2023: технологии, инновации». Пермь : Изд-во ИПЦ «ОТ и ДО», 2023. С. 299-302.

PHYSICAL PROPERTIES OF GRAY FOREST SOILS OF KUNGURSKY MUNICIPAL DISTRICT OF PERM KRAI

E.S. Lobanova, K.A. Isaeva

Perm State Technical University, Perm, Russia

Annotation. The gray forest soils of the Kungur municipal district of the Perm Territory are characterized by unsatisfactory general physical properties. The plasticity number is in the range of 7-17 - the soils are plastic. In terms of stickiness, the soils are extremely plastic and highly viscous (6.3-18.3 g/cm²).

Keywords: general physical properties, plasticity, stickiness.

References

1. Vadyunina A.F., Korchagina Z.A. Methods for studying the physical properties of soils and soils. M.: Higher. school, 1986. 416 p.
2. Vologzhanina T.V. Gray forest soils of the broad-leaved forest zone of the Russian Plain: monograph. Perm: PGSHA, 2005. 454 p.
3. Nikolaev V.A., Mazirov M.A., Zinchenko S.I. Influence of different methods of processing on the agrophysical properties and structural state of the soil // Agriculture. 2015. No. 5. P. 18-20.
4. Isaeva K.A. Characteristics of gray forest soils of the Kungur municipal district of the Perm Territory / All-Russian scientific and practical conference "Youth science 2023: technologies, innovations". Perm: Publishing House of the IPTs "OT i TO", 2023. P. 299-302.

УДК 631.81. 631.86

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОРГАНИЧЕСКИХ УДОБРЕНИЙ В ЗЕМЛЕДЕЛИИ РОССИИ

С.М. Лукин

ВНИИ органических удобрений и торфа - филиал

ФГБНУ "Верхневолжский ФАНЦ", г. Владимир

e-mail: vnion@vtsnet.ru

Аннотация. В статье представлены данные по использованию органических удобрений в сельскохозяйственных организациях России за последние 30 лет. Показана роль органических удобрений в балансе питательных веществ в земледелии России.

Ключевые слова: органические удобрения, минеральные удобрения, баланс питательных веществ в земледелии.

В России за последние 30 лет применение органических удобрений снизилось в 7 раз. В последние годы оно стабилизировалось на уровне 70 -71 млн. т или 1,6 т на 1 га посева. В 2021 г. они применялись на 9,6 % площади посева, однако средняя доза внесения органических удобрений на удобренную площадь, по сравнению с 1990 годом, снизилась с 45 до 17 т/га. В настоящее время с органическими удобрениями в сельскохозяйственных организациях поступает около 900 тыс. т д.в. NPK (17 кг/га) или 21 % от общего количества, внесенного с удобрениями (табл.1) [1, 2]. Доля органических удобрений в общем поступлении азота с минеральными и органическими удобрениями составляет 16 %, фосфора - 23 %, калия - 43 %.

Для оптимизации режима органического вещества в пахотных почвах необходимо вносить в среднем по России 6 т/га стандартного (подстилочного) навоза или 480 млн. тонн в год. В настоящее время в выход навоза и помета по всех категориях хозяйств Российской Федерации составляет 294 млн. тонн в физической массе или 211 млн. тонн в пересчете на подстилочный навоз. При этом около 90 млн.тонн навоза и помета производится в личных подсобных хозяйствах населения и в крестьянских (фермерских) хозяйствах. Общее содержание азота, фосфора и калия в навозе и помете составляет 2,9 млн. тонн, в том числе в сельскохозяйственных организациях – 1,5 млн. тонн.

При существующих ценах на минеральные удобрения стоимость питательных веществ в навозе и помете превышает 185 млрд. руб, в том числе в сельскохозяйственных организациях - 120 млрд. руб.

Таблица 1

Использование органических удобрений
в сельскохозяйственных организациях России

Показатель	1986-1990 гг.	2010 г.	2020 г.	2021 г.
Внесено органических удобрений, всего, млн. тонн	481,6	53,1	70,5	70,2
на 1 га посева, т	4,0	1,1	1,6	1,6
на 1 га удобренной площади, т	47,3*	14,7	17,0	17,0
Поступление питательных веществ с органическими удобрениями, всего, тыс.тонн д.в.	5716,1	693,0	902,4	898,6
на 1 га посева, кг	48	14	20	20
на 1 га удобренной площади, кг	563	188	218	208
Доля питательных веществ органических удобрений в общем поступлении с удобрениями, %	30	27	23	21
Площадь, удобренная органическими удобрениями, в % к посевной площади	7,4*	7,5	9,4	9,6

* 1990 г.

**использовано торфа в 1986-1990 гг. 91,8 млн. тонн в год

С учетом наметившейся тенденции роста поголовья скота к 2030 г. выход навоза в сельскохозяйственных организациях в физической массе может достигнуть 314 млн. т, а в пересчете на подстилочный навоз – 169 млн. т.

Использование этих ресурсов позволит увеличить поступление питательных веществ с навозом и пометом в сельскохозяйственных организациях до 2,2 млн. тонн, а с учетом имеющихся ресурсов торфа, побочной продукции растениеводства, сидератов - до 5,5 млн.тонн (табл. 2).

Таблица 2

Ресурсы органических удобрений в сельскохозяйственных организациях России

Наименование мероприятий	2020 г.	2030 г.
Выход навоза и компостов, в пересчете на подстилочный навоз (млн. тонн)	108	169
Использование на удобрение торфа (млн. тонн)	1,0	10,0
Использование соломы на удобрение: (млн. га) (млн. тонн)	30,0 70,0	32,0 112,0
Использование сидератов: (млн. га) (млн. тонн)	0,5 10,0	2,0 40,0
Всего в пересчете на подстилочный навоз (млн. тонн)	256	431
Дополнительно выращенная продукция, млн.т з. е.	26,4	44,0
Стоимость дополнительной продукции, млрд. руб (в ценах 2021 г)	369,6	616,0
Поступление в почву с органическими удобрениями: органического вещества, млн. т элементов минерального питания, млн. т	79,4 3,3	132,6 5,5

Научными учреждениями страны разработаны многочисленные нормативы и технологии производства, хранения и внесения навоза и помета, соблюдение которых позволяет обеспечить высокую эффективность их использования и предотвратить загрязнение окружающей среды. С целью снижения запаха и потерь питательных веществ предлагается оборудование систем навозоудаления охладительными установками; подкисление бесподстилочного навоза до значений рН дождевой воды (не более 5,5); хранение бесподстилочного навоза в накопителях закрытого типа; укрытие в обязательном порядке буртов, штабелей твердых видов органических удобрений полимерными пленками, сорбентами и влагопоглощающими материалами, в частности торфом; использование фосфогипса для приготовления компостов и подстилки; сокращение сроков хранения навоза и помета посредством внедрения эффективных технологий их обеззараживания; внедрение технологий ускоренного компостирования; производство гранулированных органических и органоминеральных удобрений; использование «микробных» технологий для ускорения биотрансформации и обеззараживания навоза и помета; применение жидкого навоза и стоков внутрпочвенно; обеспечение заделки твердых органических удобрений в почву непосредственно после внесения их на поле.

Заключение. Использованию органических удобрений принадлежит важная роль в круговороте и балансе питательных веществ в земледелии России. С принятием Федерального закона от 14 июля 2022 года № 248-ФЗ «О побочных продуктах животноводства и внесении изменений в отдельные законодательные

акты Российской Федерации» в значительной мере устраняются административные барьеры к использованию навоза и помета. С учетом перспектив развития животноводства к 2030 году ресурсы навоза, помета, компостов в сельскохозяйственных организациях могут составить 169 млн. тонн, а при использовании на удобрение ресурсов растительных остатков (соломы), сидератов, торфа - до 431 млн. тонн в пересчете на подстилочный навоз.

Литература

1. Внесение минеральных удобрений под посевы в сельскохозяйственных организациях. Росстат, 2022. https://rosstat.gov.ru/enterprise_economy.
2. Внесение органических удобрений под посевы в сельскохозяйственных организациях. Росстат 2022. https://rosstat.gov.ru/enterprise_economy.

USE OF ORGANIC FERTILISERS IN RUSSIAN AGRICULTURE

S.M. Lukin

All-Russian Scientific Research Institute of Organic Fertilizers and Peat - Branch of the Federal Budget Scientific Institution "Verkhnevolzsky FASC"

Abstract. The article presents data on the use of organic fertilisers in agricultural organisations in Russia for the last 30 years. The role of organic fertilisers in the balance of nutrients in Russian agriculture is shown.

Keywords: organic fertilisers, mineral fertilisers, nutrient balance in agriculture.

References

1. Use of mineral fertilisers under crops in agricultural enterprises. Rosstat, 2022. https://rosstat.gov.ru/enterprise_economy.
2. Use of organic fertilisers under crops in agricultural enterprises. Rosstat 2022. https://rosstat.gov.ru/enterprise_economy.

УДК 631.417

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ РАЗЛИЧНЫХ ПОДХОДОВ К ХАРАКТЕРИСТИКЕ КАЧЕСТВЕННОГО СОСТАВА ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА ПОСТАГРОГЕННЫХ ПОЧВ

Т.А. Макарова, К.Г. Гиниятуллин, Е.В. Смирнова, А.А. Закирова
ФГБОУ ВО Казанский (Приволжский) Федеральный университет, Казань, Россия
e-mail: t.deni1797@gmail.com

Аннотация. Изучено содержание органического вещества (ОВ) и его отдельных фракций в старопахотных горизонтах залежных почв. Для проведения исследований использовали разработанный авторами оригинальный метод ступенчатого выделения ОВ в смеси растворителя (0,1 моль/л водного раствора NaOH) и осадителя (этанола).

Ключевые слова: щелочнорастворимое органическое вещество, органическое вещество растворимое в горячей воде, лабильные фракции.

Введение. В России за последние десятилетия структура пахотных угодий претерпела значительные изменения, что привело к увеличению залежных почв.

Общая площадь земель в Российской Федерации, выведенных из сельскохозяйственного оборота, по различным данным колеблется от 9.3 млн. га до 34 млн. га [1, 3].

В настоящий момент в химии почв является актуальным изучение качественного состава ОВ, различные фракции которого извлекаются растворами с различной экстрагирующей способностью и которые попадают в один пул по лабильности и стабильности в почвах. Информативным объектом для подобных исследований являются старопашотные горизонты залежных почв, которые в результате постагрогенной трансформации сильно дифференцируются по количественному содержанию, качественному составу и устойчивости почвенного органического вещества [6]. Цель данной работы: оценка качественного состава ОВ старопашотных горизонтов постагрогенных почв с использованием различных подходов.

Материалы и методы. Объектом исследования является участок залежных светло-серых лесных почв (возраст 20-25 лет), расположенный в Предкамье Республики Татарстан, приуроченный к слабополотому склону юго-восточной экспозиции. Залежная растительность представлена стабильным разнотравно-злаковым луговым ценозом в разных стадиях зарастания древесной растительностью. Почвенные образцы отбирали послойно (через каждые 5 см) на глубину старопашотного горизонта. После тщательного отбора остатков корней растений пробы измельчали и просеивали через сито 0,1 мм. В образцах определяли содержание общего углерода по методу Тюрина. Лабильные фракции почвенного органического вещества выделяли горячей водой по Korschens [5] и смесью $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$ - NaOH с определением содержания углерода гуминовых и фульвокислот по М.М. Кононовой и Н.Б. Бельчиковой [2]. Качественный состав ОВ также определяли авторским методом последовательного растворения, который основан на обработке почвы 0,1 моль/л водным раствором H_2SO_4 (для декальцирования), затем последовательных обработках смесью водного раствора NaOH 0,1 моль/л (растворитель) с этанолом (осадитель), при уменьшающейся концентрации этанола - 40% (фракция 1), 20% (фракция 2), 5% (фракция 3). После добавления каждого реагента к навеске почвы, смесь встряхивали в течение 30 мин, затем фракции растворенного ОВ отделяли от почвы центрифугированием при $g=6000$ об/мин. Выход фракций ОВ определяли по оптической плотности при $\lambda=450$ нм и $l=1$ см, а также по содержанию во фракциях органического углерода. Для характеристики качественного состава выделенных фракций снимали спектры элюатов в видимом и УФ диапазонах на двухлучевом спектрофотометре Lambda 35 (PerkinElmer, США). По спектрам рассчитывали коэффициенты цветности E_{465}/E_{650} и критерий SUVA_{254} .

Результаты. В таблице 1 представлены результаты определения количественного содержания и характеристика качественного состава ОВ старопашотного горизонта залежной светло-серой лесной почвы традиционными методами. Из анализа данных можно сделать вывод, что накопление ОВ

происходит преимущественно в верхнем слое (0-5 см) старопашотного горизонта, дифференциация происходит, прежде всего, за счет накопления подвижного ОБ фульватной природы.

Таблица 1

Содержание общего углерода, углерода растворимого в кипящей воде ($C_{\text{вод}}$) и в $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7\text{-NaOH}$ ($C_{\text{щел}}$), в том числе гуминовых кислот и фульвокислот в послойных образцах из старопашотного горизонта

Слой старопашотного горизонта	Общий углерод, $C_{\text{орг}}$ в %	Углерод растворимый в кипящей воде ($C_{\text{вод}}$)		Углерод растворимый в $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7\text{-NaOH}$ ($C_{\text{щел}}$)		В том числе в составе $C_{\text{щел}}$ углерод:	
		в %	в % к $C_{\text{орг}}$	в %	в % к $C_{\text{орг}}$	ГК, в %	ФК, в %
0-5	2,79	0,075	3,76	1,11	39,6	0,29	0,56
5-10	1,69	0,058	3,43	0,69	40,7	0,23	0,30
10-15	1,31	0,044	3,36	0,53	40,8	0,26	0,15
15-20	1,21	0,035	2,89	0,60	49,5	0,35	0,11

На рисунке 1 представлены результаты фракционирования ОБ из послойных образцов старопашотного горизонта залежной почвы методом ступенчатого растворения. При оценке выхода фракций по оптической плотности элюатов при $\lambda=450$ нм и $l=1$ см видно, что в верхних слоях 0-5 и 5-10 см содержание всех фракций выше, чем в нижних слоях 10-15 и 15-20 см. Однако, если в слоях 0-5 см и 5-10 см содержание фракций 1 и 2 (хорошо растворимых, подвижных) в 2 раза выше, чем в слое 15-20 см, то послойное содержание фракции 3 отличается только на 20%.

На рисунке 2 представлены результаты фракционирования ОБ из послойных образцов Аспах, при оценке выхода фракций через определение содержания в них органического углерода ($C_{\text{орг}}$). Из рисунка видно, что происходит значительное накопление трех лабильных выделяемых фракций и нерастворимого остатка ОБ в верхних слоях старопашотного горизонта, по сравнению с нижними. Вместе с тем, количественные параметры дифференциации Аспах по содержанию отдельных фракций несколько отличаются при определении содержания в них ($C_{\text{орг}}$) и оптической плотности. Можно сделать вывод, что оценка выхода фракций ОБ с применением различных методов дает несколько отличающиеся результаты, которые могут быть связаны с качественной неоднородностью выделяемых фракций, что сказывается как на содержании во фракциях ($C_{\text{орг}}$), так и на показателях оптической плотности. Данные, полученные с использованием метода последовательного растворения, в целом соответствуют результатам определения количественного содержания и качественного состава ОБ старопашотного горизонта, полученным с применением традиционных методов.

Для характеристики качественного состава выделяемых из старопашотных горизонтов залежных светло-серых почв фракций ОБ получали спектры щелочных вытяжек в видимом и УФ диапазоне, по которым рассчитывали

критерии, характеризующие качественную неоднородность растворимого окрашенного ОВ – коэффициент цветности E_{465}/E_{650} и критерий $SUVA_{254}$ (табл. 2).

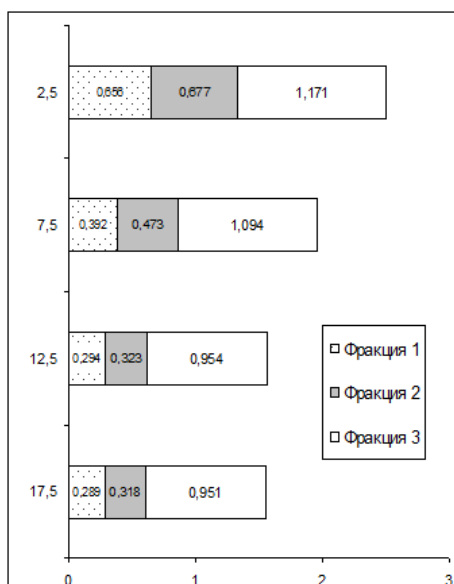


Рисунок 1. Зависимость оптической плотности ($l=1$ см, $\lambda=450$ нм) от глубины отбора образца из старопашотного горизонта (h , см) во фракциях ОВ, выделяемых 0,1 моль/л водным раствором NaOH в присутствии осадителя (этанола) – 40% (фракция 1), 20% (фракция 2), 5% (фракция 3)

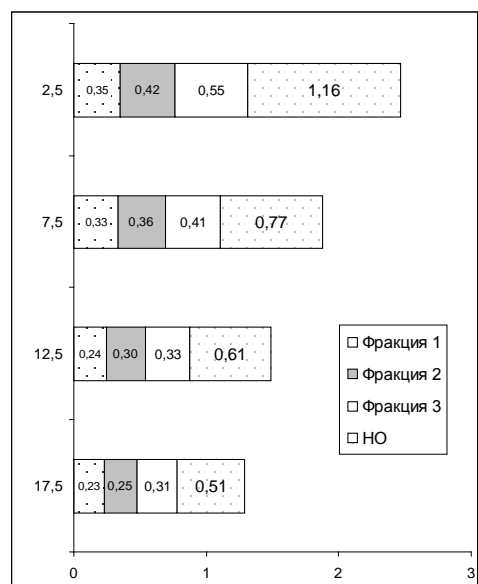


Рисунок 2. Зависимость содержания органического углерода ($C_{org}, \%$) от глубины отбора образца из старопашотного горизонта (h , см) во фракциях ОВ, выделяемых 0,1 моль/л водным раствором NaOH в присутствии осадителя (этанола) – 40% (фракция 1), 20% (фракция 2), 5% (фракция 3) и нерастворимого остатка (НО)

Таблица 2

Зависимость критериев (E_{465}/E_{650} и $SUVA_{254}$) вычисленных по спектрам поглощения в видимом и УФ диапазонах фракций ОВ, выделяемых 0,1 моль/л водным раствором NaOH в присутствии осадителя (этанола) – 40% (фр 1), 20% (фр 2), 5% (фр 3)

Глубина отбора образца из Аспах, см	E_{465}/E_{650}			$SUVA_{254}$		
	Фр 1	Фр 2	Фр 3	Фр 1	Фр 2	Фр 3
0-5	7,1	5,3	3,9	2,7	3,5	4,7
5-10	7,3	5,2	3,9	2,7	2,9	4,8
10-15	7,4	5,5	4,0	2,4	2,5	4,8
15-20	7,4	5,4	3,8	2,2	2,1	5,8

Из данных таблицы видно, что значение критерия цветности E_{465}/E_{650} выше для фракции 1 и составляет в среднем 7 ед., для фракции 2 значение коэффициента соответствует 5,4 ед., для фракции 3 – 4 ед. и меньше. Хотя поглощение в ультрафиолетовой и видимой областях электромагнитного спектра не дает характеристических полос для гуминовых соединений [8], отношение $E_4:E_6$ между поглощением при 465 (E4) и 665 нм (E6) часто используют для характеристики гумусовых веществ, значения ниже 5 ед. типичны для гуминовых кислот, 7-8 ед. для фульвокислот [7]. В целом можно сделать вывод, что фракции ОВ 1 и 2 по своей природе близки к фульвокислотам, а фракция 3 – к гуминовым

кислотам. Глубина отбора образца из старопашотного горизонта существенного влияния на E_{465}/E_{650} не оказывает.

Для характеристики выделенных фракций ОВ по спектрам поглощения рассчитывали критерий $SUVA_{254}$, который в последнее время находит широкое применение для быстрой оценки качественных показателей в химии гумусовых веществ почв и некоторых других природных объектов [4].

Из данных таблицы 2 видно, что значение $SUVA_{254}$ существенно ниже для фракций 1 и 2 и выше для фракции 3. Это также свидетельствует о том, что при высокой концентрации осадителя (этанола) – 40% (фракция 1), 20% (фракция 2) в элюирующей смеси выделяются с относительно низкой ароматичностью, а при 5% содержании этанола (фракция 3) ароматичность выделяемого ОВ выше. Наблюдается также зависимость показателя $SUVA_{254}$ от слоя старопашотного горизонта: ароматичность фракций 1 и 2, выделяемых из верхних слоев заметно выше, чем из нижнего. По содержанию фракции 3 картина обратная.

Из анализа критериев (E_{465}/E_{650} и $SUVA_{254}$) можно сделать вывод, что ОВ старопашотных горизонтов представляет собой сложную систему органических соединений унаследованных и накопленных под залежной растительностью.

Закключение. На основе проведенного исследования можно сделать вывод, что дифференциация старопашотного горизонта залежных светло-серых лесных почв происходит за счет накопления в его верхней части подвижного ОВ фульватной природы с низкой ароматичностью соединений и высоким коэффициентом цветности. Можно также отметить, что характеристика качественного состава ОВ, полученная с применением разработанного метода последовательного фракционирования в смеси водный раствор щелочи и спирта, соответствует результатам оценки качественного состава, полученными с применением традиционных методов.

Исследование выполнено при финансовой поддержке Российского научного фонда, проект № 22-24-00242.

Литература

1. Динамика сельскохозяйственных земель России в XX веке и постагрогенное восстановление растительности и почв / Д.И. Люри, С.В. Горячкин, Н.А. Караваева, Е.А. Денисенко, Т.Т. Нефедова. М. : ГЕОС, 2010. 416 с.
2. Кононова М.М., Бельчикова Н.П. Ускоренные методы определения состава гумуса минеральных почв // Почвоведение. 1961. № 10. С.75-87.
3. Курганова И.Н., Лопес де Гереню В.О., Швиденко А.З., Сапожников П.М. Изменение общего пула органического углерода в залежных почвах России в 1990–2004 гг. // Почвоведение. 2010. № 3. С. 361–368.
4. Evaluation of specific ultraviolet absorbance as an indicator of the chemical composition and reactivity of dissolved organic carbon / J. L., Weishaar, G. R. Aiken, B. A. Bergamaschi, M. S. Fram, R. Fugii, K. Mopper // Environmental Science & Technology. 2003. № 37. P. 4702–4708.
5. Korschens, M., Schulz, E., Behm, R. Heißwasserlöslicher C und N im Boden als Kriterium für das N-Nachlieferungsvermögen // Zentralbl. Mikrobiol. 1990. № 145. P. 305-311.
6. Mueller C.W., Koegel-Knabner I. Soil organic carbon stocks, distribution, and composition affected by historic land use changes on adjacent sites // Biology and Fertility of Soils. 2009. № 45. P. 347–359.

7. Pansu M., Gautheyrou J. Handbook of soil analysis. Mineralogical, organic and inorganic methods. Heidelberg: Springer-Verlag, 2006. 993 p.
8. Schnitzer M., Kahn S.U. Humic substances in the environment / New York : Marcel Dekker, 1972. 327 p.

USE OF DIFFERENT APPROACHES TO THE QUALITATIVE COMPOSITION OF ORGANIC MATTER IN POSTAGROGENIC SOILS

T.A. Makarova, K.G. Giniyatullin, E.V. Smirnova, A.A. Zakirova
Kazan (Volga Region) Federal University, Kazan, Russia

Abstract. The content of organic matter (OM) and its individual fractions in the old arable horizons of fallow soils was studied. The original method developed by the authors for the stepwise isolation of OM in a mixture of a solvent (0.05 mol/l NaOH aqueous solution) and a precipitant (ethanol) was used for the research.

Keywords: *alkali-soluble organic matter, hot water-soluble organic matter, labile fractions.*

References

1. Dynamics of Russian agricultural lands in the XX century and post-agrogenic restoration of vegetation and soils / D.I. Lury, S.V. Goryachkin, N.A. Karavaeva, E.A. Denisenko, T.T. Nefedov. M. : GEOS, 2010. 416 p.
2. Kononova M.M., Belchikova N.P. Accelerated methods for determining the composition of humus in mineral soils // Eurasian Soil Science. 1961. No. 10. P.75-87.
3. Kurganova I.N., Lopez de Guérenu V.O., Shvidenko A.Z., Sapozhnikov P.M. Changes in the total pool of organic carbon in fallow soils of Russia in 1990–2004 // Soil Science. 2010. No. 3. P. 361–368.
4. Evaluation of specific ultraviolet absorbance as an indicator of the chemical composition and reactivity of dissolved organic carbon / J. L., Weishaar, G. R. Aiken, B. A. Bergamaschi, M. S. Fram, R. Fugii, K. Mopper // Environmental Science & Technology. 2003. No. 37. P. 4702–4708
5. Korschens, M., Schulz, E., Behm, R. Heißwasserlöslicher C und N im Boden als Kriterium für das N-Nachlieferungsvermögen // Zentralbl. Microbiol. 1990. No. 145. P. 305-311.
6. Mueller C.W., Koegel-Knabner I. Soil organic carbon stocks, distribution, and composition affected by historic land use changes on adjacent sites // Biology and Fertility of Soils. 2009. No. 45. P. 347–359.
7. Pansu M., Gautheyrou J. Handbook of soil analysis. Mineralogical, organic and inorganic methods. Heidelberg: Springer-Verlag, 2006. 993 p.
8. Schnitzer M., Kahn S.U. Humic substances in the environment / New York: Marcel Dekker, 1972. 327 p.

УДК 631.4

ИЗМЕНЕНИЕ СМАЧИВАЕМОСТИ ОБЫКНОВЕННЫХ ЧЕРНОЗЕМОВ ПОД РАЗНЫМИ ТИПАМИ УГОДИЙ И СРОКАМИ ЗЕМЛЕПОЛЬЗОВАНИЯ

Н.В. Матвеева¹, Б.Ф. Апарин², Е.В. Мингарева², О.Б. Рогова¹

¹ФГБНУ ФИЦ «Почвенный институт им. В.В. Докучаева», Москва, Россия

²ЦМП им. В.В. Докучаева, Москва, Россия

e-mail: Nataliy_Matveeva@list.ru

Аннотация. Определена смачиваемость черноземов при разной агрогенной нагрузке. Распашка черноземов приводит к увеличению смачиваемости их твердой фазы. Длительное воздействие на почву лесных насаждений возвращает величину краевого угла смачивания к величине свойственной для нативных почв исследуемой территории.

Ключевые слова: *смачиваемость, гидрофобность, гидрофильность, агрогенная нагрузка.*

Антропогенные факторы приводят к изменению физических, физико-химических и химических свойств агропочв, определяющих условия жизни

растений и почвенной биоты, устойчивость к деградационным изменениям. В настоящее время исследователи уделяют большое внимание нахождению новых маркеров состояния системы, определение которых позволило бы при минимальных затратах дать оценку и прогноз устойчивого функционирования почв. Одним из таких диагностических маркеров является смачиваемость поверхности твердой фазы почв (ТФП). Именно смачиваемость поверхности ТФП определяет поведение воды в почве, что влияет на доступность элементов питания для растений, получающих питательные вещества в растворенном виде. Поведение воды, формирование и водоустойчивость агрегатной структуры напрямую связаны с характеристиками поверхности ТФП. Смачиваемость (либо обратное свойство – водоотталкивание) ТФП, ее гидрофобно-гидрофильные свойства играют значимую роль в плодородии и устойчивости почвенной структуры [10]. Показателем смачиваемости ТФП является краевой угол смачивания (КУС). КУС поверхности твердой фазы определяют не природа и расположение атомов внутри (под внешней поверхностью) твердой фазы [11], а генезис и пространственное распределение органических соединений, сорбированных на внешней поверхности ТФП, формирование которых происходило в условиях разной агрогенной нагрузки.

Цель работы – исследовать изменение краевого угла смачивания обыкновенных черноземов под разными типами угодий и сроками землепользования.

Объектами исследования явились образцы обыкновенных черноземов, отбравшиеся на 2 полигонах почвенно-экологического мониторинга «Белые пруды» и «Козловский». Полигоны расположены на севере Волгоградской области. Все исследуемые почвы сформировались при одинаковых климатических условиях и на одном типе литологических отложений – лессовидные глины. Образцы почв на Козловском полигоне были заложены по трансекте. Исследовались почвенные образцы из разрезов: 1) на пашнях в 200 м от края лесополосы (Северная пашня и Южная пашня); 2) под лесонасаждением, ближе к южному краю леса (Лес); 3) в качестве естественного аналога пахотных и лесных почв был заложен разрез под разнотравно-злаковой степью (Степь). Ориентировочный возраст пашни около 200 лет, а лесного массива, созданного на пахотных почвах, 125 лет. Исследуемые почвы полигона Белые пруды закладывались по трансекте под тремя защитными лесополосами (ЛП1.21, ЛП2.21, ЛП4.21) и двумя пашнями (П5.21 и П3.21), расположенными между этими лесополосами. Посадка лесонасаждений (Государственная защитная лесополоса Пенза-Каменская) производилась в 1949 г. на второй год после лесопосадки Афанасьевой Е.А. [9] было заложено три глубоких разреза (р.209, р.210, р.211), из которых до глубины 3 м были отобраны образцы, которые хранятся в фондах Центрального музея почвоведения им. В.В. Докучаева. Таким образом, образцы этих разрезов, по существу, сохраняют все признаки пашни и практически не отражают влияние леса. В тоже время следует учитывать, что при

посадке лесонасаждений проводилась предварительная обработка почвы. Были исследованы профили почв до глубины 50 см.

В исследуемых черноземах были определены: рН водной суспензии, содержание органического углерода (Сорг), определяемое по методу Тюрина (с пересчетом на содержание гумуса), измерен краевой угол смачивания. Определение КУС проводилось методом статической сидячей капли [5, 9] на цифровом гониометре (OCA 15EC DataPhysics, Germany), оснащенный видеокамерой и программным обеспечением SCA 20. Подробное описание схемы эксперимента описано в работе [10]. Результаты представлены в таблице.

Таблица

Физико-химические свойства исследуемых черноземов

Разрез	Глубина, см	рН	Гумус, %	Медиана КУС	Дов. Инт.
Полигон «Белые пруды»					
р.211	0-10	7,0	5,7	41,1	1,6
	10-20	6,9	5,7	47,1	2,0
	20-30	7,2	4,0	40,9	2,5
	30-40	7,3	3,2	25,8	1,9
	40-50	7,3	2,1	22,4	1,7
р.209	0-10	7,5	5,0	24,2	2,1
	10-20	7,7	4,7	35,4	2,2
	20-30	7,8	4,5	43,5	2,3
	30-40	8,2	3,8	31,5	2,7
	40-50	8,2	3,6	24,2	1,5
р.210	0-10	6,9	4,8	39,6	1,8
	10-20	6,8	4,5	38,8	1,4
	20-30	7,1	4,1	37,0	2,7
	30-40	7,8	3,5	31,5	3,1
	40-50	8,0	2,5	22,4	2,2
П 3.21	0-5	7,3	5,0	47,7	1,7
	5-10	7,2	4,3	47,0	2,4
	10-20	7,3	4,3	20,9	2,5
	15-20	7,3	4,3	18,2	1,5
	20-25	7,5	3,5	29,9	4,2
	25-30	7,5	3,5	29,9	3,8
	30-40	8,1	2,6	13,4	1,4
	40-50	8,2	2,4	14,2	1,6
П 5.21	0-5	7,29	5,0	23,6	2,3
	5-10	6,92	4,2	28,4	2,8
	10-20	7,02	4,0	22,7	1,6
	20-30	6,97	3,9	26,7	2,2
	30-40	7,25	3,3	21,0	2,2
	40-50	8,16	2,1	17,1	3,2
ЛП 1.21	0-5	7,09	4,7	49,8	2,2
	5-10	6,33	4,1	50,6	2,0
	10-20	6,6	4,1	40,8	2,2
	20-30	7,27	3,5	30,7	2,2
	30-40	8,27	2,7	24,4	2,0
	40-50	8,47	1,9	17,6	1,7

Продолжение таблицы

Разрез	Глубина, см	pH	Гумус, %	Медиана КУС	Дов. Инт.
ЛП 2.21	0-5	6,93	3,5	46,4	2,2
	5-10	6,57	3,3	46	1,6
	10-20	6,38	3,5	45,9	2,6
	20-30	6,45	3,6	26,9	3,7
	30-40	7,42	3,6	17,0	3,1
	40-50	8,41	2,6	19,7	2,4
ЛП 4.21	0-5	6,56	8,3	55,3	1,8
	5-10	6,72	5,7	43,8	2,0
	10-20	7,1	4,4	30,7	2,5
	20-30	6,75	4,2	27,3	1,8
	30-40	7,09	3,4	22,8	2,5
	40-50	7,77	3,3	20,1	2,0
Полигон «Козловский»					
Степь	0-5	6,69	13,8	59,0	2,3
	5-10	6,43	5,8	33,9	2,4
	10-20	6,7	5,3	37,0	4,2
	20-30	7,0	4,1	29,7	2,8
	30-40	7,7	3,5	20,6	2,4
	40-50	8,17	2,3	12,3	1,2
Северная пашня	0-5	7,59	4,9	45,5	2,1
	5-10	8,22	4,4	41,9	1,4
	10-20	8,22	5,0	33,8	1,7
	20-30	7,43	4,3	18,7	1,9
	30-40	7,41	3,4	22,0	3,1
	40-50	7,4	2,9	19,1	1,5
Южная пашня	0-5	7,35	5,6	35,9	2,1
	5-10	7,45	5,2	32,8	2,9
	10-20	7,34	4,9	22,7	2,5
	15-20	7,36	4,9	31,7	1,4
	20-25	7,56	4,7	21,0	2,8
	25-30	7,62	4,7	24,6	2,5
	30-40	7,66	3,3	20,0	3,1
	40-50	7,63	2,2	24,1	2,3
Лес	0-5	7,22	11,7	55,4	1,8
	5-10	7,21	8,1	51,0	1,5
	10-20	6,93	6,4	46,6	3,0
	15-20	6,18	5,9	54,9	3,0
	20-25	6,08	5,1	25,8	2,1
	25-30	5,93	3,8	22,6	1,9
	30-40	6,05	3,9	19,0	1,8
	40-50	6,22	3,3	20,1	1,7

Величина КУС в исследуемых почвах изменяется в широком диапазоне от 12 до 59°. Максимальные и минимальные значения отмечены на глубине 0-5 и 40-50 см, соответственно. По характеру профильного распределения КУС можно выделить общие особенности: 1) значения КУС в большинстве разрезах уменьшаются с глубиной, достигая минимальных значений на глубине 40-50 см (12,3 – 24,2°). При этом, КУС распределяются по профилю в виде кривой линии; 2) все профили можно разделить на 2 части: верхнюю (0-25 см) и нижнюю (25-45 см). Верхняя часть отличается большим разбросом значений КУС (диапазон 18,2 – 59°) по глубинам, по сравнению с нижней частью (диапазон 12,3 – 38,1°). Резкие

изменения значений КУС в большинстве разрезов приурочены к глубинам 5, 15 и 25 см, что, вероятно, связано с особенностями корневых систем. Например, профильное распределение величины КУС в разрезе Степь показывает резкий переход под дерниной – величина КУС меняется с 59,0 в слое (0-5 см) до 33,9 в слое (5-10 см). Распахиваемые участки из-за механического перемешивания имеют меньшие перепады значений величины КУС в пахотном слое. В разрезе Лес в отличие от разреза Степь резкое изменение в величине КУС наблюдается на глубине ниже от 54,9° в слое (15-20 см) до 25,8° в слое (20-25 см). Судя по не высоким колебаниям значений КУС на глубине 30-40 и 40-50 см ($V_{\sigma} < 28,5\%$), глубину 40-50 см можно считать нижней границей изменчивости КУС. Глубина 0 - 25 см ограничивает зону максимальной изменчивости (диапазоны) КУС, независимо от типа угодий.

Попарное сравнение образцов почв, отобранных из разрезов, заложенных при посадке и спустя 70 лет (полигон «Белые пруды»), выявило, что наиболее существенные различия произошли в почве средней лесополосы (р.209 – ЛП 2.21) в верхнем слое 0-10 см, а минимальная – в р.210-ЛП 1.21. при общей тенденции (характере) изменения КУС под влиянием лесонасаждений (более высокие значения КУС в слое 0-10 см и низкие значения глубже 25 см). Наблюдаются различия в степени и характере изменения величины КУС в разных лесополосах, что может быть связано с пространственной неоднородностью почвенного покрова по трансекте, и как следствие, разным содержанием органического вещества. Взаимосвязь между содержанием Сорг и величиной КУС была выявлена для всех типов угодий: коэффициент корреляции между Сорг и КУС для молодых лесонасаждений (р. 209, р. 2010 и р. 211) составил 0,74; для пашни полигона «Белые пруды» $R=0,60$; для лесополос полигона «Белые пруды» $R=0,64$; в почвах «Козловского» полигона коэффициент корреляции Сорг и КУС составил 0,81. Данную взаимосвязь отмечают многие исследователи [3,4, 6,7,8], однако величина КУС определяется не только количеством, но и качественным составом органического вещества, которое в свою очередь зависит от вида агрогенной нагрузки. Распашка черноземов приводит к снижению содержания Сорг и уменьшению величины КУС (Степь по сравнению с Северной и Южной пашней). Посадка лесополос и длительное воздействие на почву лесных насаждений возвращает показатели смачиваемости к их естественному состоянию, свойственному для данной территории (Степь и Лес «Козловского» полигона; Лесополосы и Пашни полигона «Белые пруды»). С величиной рН выявлена обратная взаимосвязь, наиболее выраженная в почвах современных лесополос полигона «Белые пруды», $R=-0,72$.

Изменение химического состава почв, обусловленное разной агрогенной нагрузкой, отражается в изменении физических свойств поверхности их твердой фазы. Как видно из представленных результатов, величина краевого угла смачивания закономерно изменяется как по профилю исследованных почв, так и

во времени, и при смене вида использования земель. Поэтому данный показатель можно использовать при мониторинге состояния сельскохозяйственных земель.

Литература

1. Афанасьева Е. А. Водно-солевой режим обыкновенных и южных черноземов юго-востока европейской части СССР. М.: Изд-во «Наука». 1980.
2. Матвеева Н.В., Милановский Е.Ю., Рогова О.Б. Способ подготовки образцов почв для определения контактного угла смачивания методом сидячей капли. Бюллетень Почвенного института имени В.В. Докучаева. 2019. № 97. С. 91-112.
3. Матвеева Н.В., Милановский Е.Ю., Хайдапова Д.Д., Рогова О.Б. Краевой угол смачивания как интегральный показатель физико-химических свойств черноземов Каменной степи // Бюллетень Почвенного института имени В.В. Докучаева. 2020. № 101. С. 76-123.
4. Bachmann J., Guggenberger G., Baumgartl T., Ellerbrock R.H., Urbanek E., Goebel M.O., Kaiser K., Horn R., W.R. Fischer W.R. Physical carbon-sequestration mechanisms under special consideration of soil wettability // Journal of Plant Nutrition and Soil Science. 2008. Vol. 171. № 1. P. 14-26.
5. Burghardt W. Determination of the wetting characteristics of peat soil extracts by contact-angle measurements // Zeitschrift Fur Pflanzenernahrung Und Bodenkunde. 1985. Vol.148. № 1. P. 66-72.
6. Ellerbrock R.H., Gerke H.H., Bachmann J., Goebel M.O. Composition of organic matter fractions for explaining wettability of three forest soils // Soil Science Society of America Journal. 2005. Vol. 69. № 1. P. 57-66.
7. Haas C., Gerke H.H., Ellerbrock R.H., Hallett P.D., Horn R. Relating soil organic matter composition to soil water repellency for soil biopore surfaces different in history from two Bt horizons of a Haplic Luvisol // Ecohydrology. 2018. Vol. 11. № 6. P. 1-35.
8. Hajnos M., Calka A., Jozefaciuk G. Wettability of mineral soils // Geoderma. 2013. Vol. 206. P. 63–69.
9. Ryley D.J., Khoshaim B.H. New method of determining contact-angle made by a sessile drop upon a horizontal surface (sessile drop contact-angle) // Journal of Colloid and Interface Science. 1977. Vol. 59. № 2. P. 243-251.
10. Von Lützw M., Kögel-Knabner I., Ekschmitt K., Matzner E., Guggenberger G., Marschner B., Flessa H. Stabilization of organic matter in temperate soils: mechanisms and their relevance under different soil conditions – a review // European journal of soil science. 2006. Vol. 57. № 4. P. 426-445.
11. Zisman W.A., Relation of equilibrium contact angle to liquid and solid construction, in Contact Angle, Wettability and Adhesion, edited by R.F. Gould, Adv. Chem. Ser. 1964. Vol. 43. P. 1–51.

CHANGES IN THE WETTABILITY OF ORDINARY CHERNOZEM UNDER DIFFERENT TYPES OF LANDS AND TERMS OF LAND USE

N.V. Matveeva¹, B.F. Aparin², E.V. Mingareeva², O.B. Rogova¹

¹FGBNU FRC "Soil Institute named after V.V. Dokuchaev", Moscow, Russia

²CMP im. V.V. Dokuchaeva, Moscow, Russia

References

1. E. A. Afanas'eva, "Water-salt regime of ordinary and southern chernozems in the southeast of the European part of the USSR". M.: Nauka. 1980 p.
2. Matveeva N.V., Milanovsky E.Yu., Rogova O.B. A method for preparing soil samples for determining the contact angle of wetting by the sessile drop method. Bulletin of the Soil Institute named after V.V. Dokuchaev. 2019. № 97. P. 91-112.
3. Matveeva N.V., Milanovsky E.Yu., Khaidapova D.D., Rogova O.B. The contact angle as an integral indicator of the physicochemical properties of the chernozems of the Kamennaya Steppe // Bulletin of the Soil Institute named after V.V. Dokuchaev. 2020. No. 101. P. 76-123.
4. Bachmann J., Guggenberger G., Baumgartl T., Ellerbrock R.H., Urbanek E., Goebel M.O., Kaiser K., Horn R., W.R. Fischer W.R. Physical carbon-sequestration mechanisms under special consideration of soil wettability // Journal of Plant Nutrition and Soil Science. 2008. Vol. 171. № 1. P. 14-26.

5. Burghardt W. Determination of the wetting characteristics of peat soil extracts by contact-angle measurements // Zeitschrift Fur Pflanzenernahrung Und Bodenkunde. 1985. Vol.148. № 1. P. 66-72.
6. Ellerbrock R.H., Gerke H.H., Bachmann J., Goebel M.O. Composition of organic matter fractions for explaining wettability of three forest soils // Soil Science Society of America Journal. 2005. Vol. 69. № 1. P. 57-66.
7. Haas C., Gerke H.H., Ellerbrock R.H., Hallett P.D., Horn R. Relating soil organic matter composition to soil water repellency for soil biopore surfaces different in history from two Bt horizons of a Haplic Luvisol // Ecohydrology. 2018. Vol. 11. № 6. P. 1-35.
8. Hajnos M., Calka A., Jozefaciuk G. Wettability of mineral soils // Geoderma. 2013. Vol. 206. P. 63–69.
9. Ryley D.J., Khoshaim B.H. New method of determining contact-angle made by a sessile drop upon a horizontal surface (sessile drop contact-angle) // Journal of Colloid and Interface Science. 1977. Vol. 59. № 2. P. 243-251.
10. Von Lützow M., Kögel-Knabner I., Ekschmitt K., Matzner E., Guggenberger G., Marschner B., Flessa H. Stabilization of organic matter in temperate soils: mechanisms and their relevance under different soil conditions – a review // European journal of soil science. 2006. Vol. 57. № 4. P. 426-445.
11. Zisman W.A., Relation of equilibrium contact angle to liquid and solid construction, in Contact Angle, Wettability and Adhesion, edited by R.F. Gould, Adv. Chem. Ser. 1964. Vol. 43. P. 1–51.

УДК 631.6

ОЦЕНКА МЕЛИОРАТИВНЫХ РЕЖИМОВ ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТЫХ ПОЧВ БЕЛАРУСИ В УСЛОВИЯХ КЛИМАТИЧЕСКИХ ИЗМЕНЕНИЙ

О.П. Мешик¹, Ю.А. Мажайский²

¹УО БрГТУ, Брест, Беларусь

²Мещерский филиал ФГБНУ «ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова», Рязань, Россия

e-mail: omeshyk@gmail.com

Аннотация. Происходящие климатические изменения приводят к необходимости интенсификации мелиоративных мероприятий. В Республике Беларусь обострилась проблема весенних засух и возросла потребность в проведении оросительных мелиораций на осушенных дерново-подзолистых почвах.

Ключевые слова: потепление климата, засуха, мелиорация, орошение, дерново-подзолистая почва.

Введение. Как известно, эффективность сельского хозяйства определяется производством сельскохозяйственной продукции, численные показатели которого зависят от урожайности сельскохозяйственных культур. Потенциальное плодородие почв Беларуси повсеместно возрастало с повышением уровня агротехники и улучшением водно-воздушного и питательного режимов почв в ходе проведенной крупномасштабной мелиорации, пик которой пришелся на 60-70-е годы XX века. Однако с конца 80-х годов наблюдается устойчивая тенденция снижения урожайности большинства сельскохозяйственных культур. Первоначальной причиной являлось постепенное снижение уровня внесения минеральных удобрений на 83 % и органических на 13 % к началу 2000-х годов [6]. Однако в последствие присоединилась проблема, связанная с неудовлетворительным состоянием водно-воздушного режима осушенных почв в

результате происходящего потепления климата. В итоге, в настоящее время мы имеем среднюю урожайность по республике за многолетний период, ц/га: зерновых и зернобобовых – 29,9, льноволокна – 7,8, сахарной свеклы – 404,0, рапса – 13,8, картофеля – 195,7, овощей – 229,8. В то же время, опыт эксплуатации мелиоративных систем показывает, что в условиях регулируемой гидромелиорации в Беларуси на дерново-подзолистых почвах можно получать, ц/га: зерна – 50-60, картофеля – 380-400, корнеплодов – 650-700.

Материалы и методы. В работе использованы: материалы Национального статистического комитета Республики Беларусь, характеризующие урожайность основных сельскохозяйственных культур за 1954-2018 гг.; данные Республиканского центра по гидрометеорологии, контролю радиоактивного загрязнения и мониторингу окружающей среды за 2008-2022 гг., характеризующие влажность на отдельных участках дерново-подзолистых почв под зерновыми культурами, картофелем, многолетними травами, сахарной свеклой и др., суммы атмосферных осадков, температуры воздуха и почвы. Основным методом исследований являлся водно-балансовый.

Результаты и обсуждение. Происходящее потепление привело к тому, что на территории Беларуси резко обострилась проблема засух. Засушливыми явлениями считают отсутствие в течение 30 и более дней осадков, превышающих 5 мм в сутки, при высокой температуре воздуха (в дневные часы выше 25 °С) не менее чем в половине дней периода. Засушливым периодом в Беларуси принято считать период, когда в течение более 5 дней подряд температура воздуха превышает 25 °С, а относительная влажность днем составляет 30 % и ниже. Такие условия отмечаются практически ежегодно. На территории Беларуси засушливым может быть любой из месяцев года с марта по октябрь (в среднем один раз в 5-10 лет), а один раз в 10-15 лет засушливыми бывают два месяца подряд. Ежегодно в Беларуси бывает 3-4 периода, когда отсутствуют осадки на протяжении 10 суток, один раз в два года – 20-25, один раз в 10 лет – 30-35 суток. Чаще всего засуха отмечается в центральной и южной части Беларуси, в июле – на юге и севере страны, в августе – в центральной и северной части, в сентябре – в центральной и южной части [1]. В мае засушливые явления чаще наблюдаются в Гомельской области (12 % дней). В июне в Гомельской и Могилевской областях чаще, чем в других областях, отмечаются засушливые явления (30 и 28 % от общего числа дней с явлением), редко – в Брестской и Витебской областях (9 и 3 % от общего числа дней с явлением, соответственно). В июле засушливые явления чаще всего отмечаются в Витебской и Брестской областях (63 и 59 %, соответственно). В Минской и Гродненской областях около 15 дней в августе могут быть засушливыми. Меньше всего засушливых дней наблюдается в сентябре. Продолжительность засушливого периода составляет от 7 до 60 и более дней. Все это приводит к тому, что почвенные влагозапасы снижаются ниже критических отметок – влажности разрыва капиллярных связей ($W_{врк}$). На рисунке приведена наиболее типичная ситуация для юго-западной части Беларуси за многолетний период.

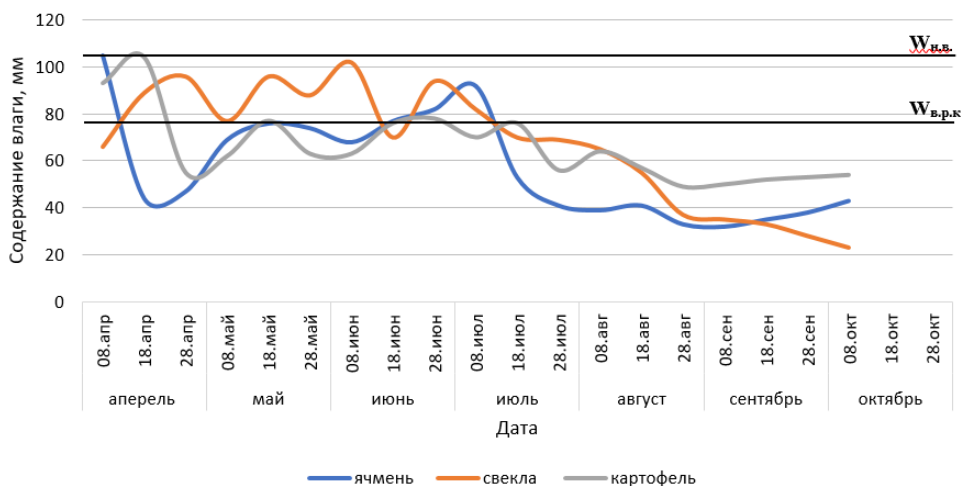


Рисунок. Содержание продуктивных влагозапасов в почве

В отдельные периоды, после выпадения продолжительных атмосферных осадков, почвенные влагозапасы на короткое время могут достигать наименьшей влагоемкости ($W_{нв}$) и более, однако в большую часть месяцев и лет почва испытывает недостатки влаги, что сказывается на конечной урожайности сельскохозяйственных культур и качестве сельскохозяйственной продукции. Атмосферная засуха не всегда приводит к почвенной, особенно на почвах тяжелого гранулометрического состава.

Обобщение результатов работ [2-4, 6 и др.] позволяет сделать выводы о том, что на территории Беларуси ожидается увеличение температуры воздуха на 1-6 °C к концу текущего столетия, увеличение годовых сумм осадков в пределах 5-15 %, увеличение максимальных сумм осадков на 20 %, снижение на 10-40 дней числа дней с твердыми осадками, увеличение продолжительности засушливых периодов на 1-2 дня, незначительные изменения годовой скорости ветра и разнонаправленные изменения числа дней с сильным ветром в пределах 1-3 дней. Прогнозируется резкая дифференциация объема стока между северной и южной частями республики, между малыми и большими реками. При незначительном изменении стока в среднем за год, высока вероятность его неравномерности и разнонаправленности в отдельные сезоны и месяцы. Особенно значительно может измениться сток в летние месяцы с его снижением во все сезоны на юге Беларуси. Вместе с тем для севера Беларуси прогнозируются не столь значительные изменения стока, как для юга. Прогнозные оценки показывают дальнейшие колебания годового стока рек Припять, Западная Двина, Днепр, Неман в пределах 10 %, снижение максимального и увеличение минимального стока летне-осенней межени.

Ранее нами установлено увеличение годовых сумм атмосферных осадков в периоде 1975-2004 гг. по сравнению с периодом 1945-1974 гг. до 7,2 % в центральной части Белорусского Полесья (до 9,5 % за вегетационный период) [5]. Наряду с ростом сумм активных температур воздуха $> 10^{\circ}C$ на 3,8 % это привело к снижению дефицитов водопотребления основных сельскохозяйственных

культур на 8,0 %, что позволило сократить оросительные нормы для среднезасушливого года до 18,0 % (150-200 м³/га). Однако уже с 2001 года имеет место опережающий рост сумм активных температур воздуха по сравнению с периодом до современного потепления на 7,4 %. При этом годовые суммы атмосферных осадков в последнее десятилетие практически не изменились. Все это свидетельствует о чрезвычайной важности проведения оросительных мероприятий на ранее осушенных землях.

В 80-е годы XX века даны рекомендации по поливным и оросительным нормам на территории Беларуси (РПИ – 82, Часть III «Оросительные системы»). Однако при разработке и введении в действие 2010 году ТКП 45-3.04-178-2009 «Оросительные системы. Правила проектирования» данные рекомендации не претерпели изменений. Так, например для лет различной обеспеченности оросительных норм (50-5 %) величина оросительной нормы в южной гидролого-климатической зоне на дерново-подзолистой супесчаной почве составляет для: сахарной свеклы – 75-165 мм, яровой пшеницы 60-150 мм. Проведенные нами исследования за период с 2008 по 2022 гг. позволили установить следующие значения оросительных норм: для сахарной свеклы – 60-300 (175) мм, яровой пшеницы 30-210 (105) мм. Во все годы исследований требовались поливы.

В таблице приведены рекомендуемые поливные и оросительные нормы сахарной свеклы и яровой пшеницы на дерново-подзолистой супесчаной почве для среднезасушливого года.

Таблица

Поливные и оросительные нормы сельскохозяйственных культур на дерново-подзолистой, супесчаной почве, мм

Источник	Распределение поливов по декадам и величина поливной нормы													Оросительная норма
	май		июнь			июль			август			сентябрь		
	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	
Свекла сахарная														
РПИ – 82, Часть III «Оросительные системы»	–	–	25	–	25	25	–	–	25	–	–	–	–	100
Авторы		15	25		30	30		35	35	20				190
Яровая пшеница														
РПИ – 82, Часть III «Оросительные системы»	–	20	–	25	25	25	–	–	–	–	–	–	–	60
Авторы	15	25		25	30	25								120

Поливы проводятся исходя из расчетной глубины промачивания 50 см, соответствующей корнеобитаемому слою почвы. Влагозапасы поддерживаются для сахарной свеклы на уровне 0,7 W_{нв}, а яровой пшеницы 0,75 W_{нв}. Как видно из таблицы, оросительные нормы по сравнению с рекомендациями 80-х годов практически удвоились.

Заключение. Анализ трендов исследуемых характеристик показал, что имеет место положительная динамика естественной тепловлагообеспеченности.

Территория Беларуси получает дополнительные термические ресурсы (более 200 °С сумм активных температур воздуха), что увеличивает продолжительность вегетационного периода и расширяет возможности введения в оборот теплолюбивых культур. В то же время возрастает потребность в проведении оросительных мероприятий. Необходима разработка рекомендаций по орошению сельскохозяйственных культур дождеванием в условиях изменяющегося климата.

Литература

1. Атлас опасных метеорологических явлений на территории Беларуси: учеб. Пособие / В. Ф. Логинов [и др.]. М.: Мещер. ф-л ВНИИГиМ им. А. Н. Костякова, 2016. 58 с.
2. Данилович И.С., Логинов В.Ф. Текущие и ожидаемые изменения климата на территории Беларуси // Центральноазиатский журнал географических исследований. 2021. № 1-2. С. 35-48.
3. Логинов В.Ф. Современные изменения климата Беларуси // Фундаментальная и прикладная климатология. 2022. Т. 8. № 1. С. 51-74.
4. Лысенко С.А., Буяков И.В. Особенности современного изменения климата в Республике Беларусь // Фундаментальная и прикладная климатология. 2020. № 3. С. 22-41.
5. Мешик О.П. Влияние изменения климата на режимы гидромелиораций (на примере юго-западной части Беларуси // Вестник Брестского государственного технического университета. 2006. № 2. С. 5-10.
6. Природообустройство Полесья : монография : в 4 кн. / под общ. науч. ред. Ю. А. Мажайского, А. Н. Рокочинского, А. А. Волчека, О. П. Мешика, Е. Езнаха. Рязань: Мещер. ф-л ФГБНУ «ВНИИГиМ им. А. Н. Костякова», 2019. Кн. 1 : Белорусское Полесье. Т. 2 : Преобразование и использование природных ресурсов. М. : ООО «Сам Полиграфист», 2019. 504 с.

ASSESSMENT OF AMELIORATION REGIMS IN BELARUS' SODDY-PODZOLIC SOILS UNDER THE CLIMATE CHANGE CIRCUMSTANCES

A.P. Meshyk¹, Yu.A. Mazhayskiy²

¹ BrSTU, Brest, Belarus

² Meshchersk office of VNIIGIM of A.N. Kostyakov, Ryazan, Russia

Abstract. The climate change observed today drives the need for intensive amelioration activities. The Republic of Belarus faces a problem of spring droughts so there has been a necessity to irrigate areas with soddy-podzolic soil.

Keywords: climate warming, drought, amelioration, irrigation, soddy-podzolic soil.

References

1. Atlas opasnyh meteorologicheskikh yavlenij na territorii Belarusi : ucheb. Posobie / V. F. Loginov [i dr.]. M.: Meshcher. f-l VNIIGiM im. A. N. Kostyakova, 2016. 58 p.
2. Danilovich I.S., Loginov V.F. Tekushchie i ozhidaemye izmeneniya klimata na territorii Belarusi // Central'noaziatskij zhurnal geograficheskikh issledovaniy. 2021. № 1-2. P. 35-48.
3. Loginov V.F. Sovremennye izmeneniya klimata Belarusi // Fundamental'naya i prikladnaya klimatologiya. 2022. T. 8. № 1. P. 51-74.
4. Lysenko S.A., Buyakov I.V. Osobennosti sovremennogo izmeneniya klimata v Respublike Belarus' // Fundamental'naya i prikladnaya klimatologiya. 2020. № 3. P. 22-41.
5. Meshik O.P. Vliyanie izmeneniya klimata na rezhimy gidromelioracij (na primere yugo-zapadnoj chasti Belarusi // Vestnik Brestskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. 2006. № 2. P. 5-10.
6. Prirodoobustrojstvo Poles'ya : monografiya : v 4 kn. / pod obshch. nach. red. YU. A. Mazhajskogo, A. N. Rokochinskogo, A. A. Volcheka, O. P. Meshika, E. Eznaha. Ryazan' : Meshcher. f-l FGBNU «VNIIGiM im. A. N. Kostyakova», 2019. Kn. 1 : Belorusskoe Poles'e. T. 2 : Preobrazovanie i ispol'zovanie prirodnyh resursov. M. : ООО «Сам Полиграфист», 2019. 504 p.

СОСТАВ И СВОЙСТВА ПОЧВ В ОЧАГАХ РАЗМНОЖЕНИЯ НАСЕКОМЫХ ДЕНДРОФАГОВ

А.Н. Никифоров

ФГБУН Институт мониторинга климатических и экологических систем СО РАН,
Томск, Россия.

e-mail: a.nik-n@mail.ru

Аннотация. В работе приводятся данные некоторых индикационных показателей почвенного плодородия лесных почв, рассмотренных в условиях влияния насекомых дендрофагов на пихтовые леса. Проявление почвенных сукцессий обусловлено коренными трансформациями лесорастительного компонента коренных темнохвойных лесов южно-таежной подзоны Западной Сибири.

Ключевые слова: пихтовые леса, биогенная сукцессия, свойства почв, динамичность почвообразования, трансформация биогеоценоза, запасы углерода.

Лесные экосистемы – это сложный, поликомпонентный, многофункциональный компонент ландшафта. Они одновременно выполняют функцию аккумуляции, трансформации и продуцирования вещества и энергии. Как открытая система, нарушение динамического равновесия в ней, под влиянием биотических и абиотических факторов, может привести к смещению баланса продукционно-деструкционных процессов. Одним из основных биогенных факторов, приведших, за последние 15-20 лет, к существенной деградации пихтовых лесов юга таежной зоны Западной Сибири стала инвазия уссурийского полиграфа (*Polygraphus proximus*) [3].

Этот чужеродный вид очень агрессивен и практически не имеет естественных врагов. Эти его особенности привели к ряду вспышек численности популяции и, сначала ослабили древостой, а затем привели к распаду пихтовых насаждений. Последствия проявились, прежде всего, в импактных нарушениях: снижение сомкнутости крон, смена напочвенного покрова, увеличение объема мортмассы.

Целью исследования послужило выявление наиболее динамичных свойств и признаков почв на разных стадиях биогенной сукцессионной динамики коренных темнохвойных лесов юга таежной зоны Западной Сибири.

В качестве объектов исследования выбраны почвы коренных пихтовых лесов юга Томской области.

Для оценки состояния объектов применялся комплексный биогеоценологический анализ, включающий сопряженное описание почв, напочвенного покрова и древесного яруса, учитывающего стадии трансформации древостоя под влиянием зоогенной сукцессии.

Лесные экосистемы довольно мозаичны и динамичны. Это связано с влиянием факторов биотических, абиотических и антропогенных, оказывающих

существенное влияние на компоненты биогеоценоза (растительный покров, почву, гидротермические условия) и часто приводят к коренным изменениям [1]. Почва, как неотъемлемый компонент лесной экосистемы, обладает сенсорностью и рефлекторностью [5], отражая изменения как в морфологических, так и в физико-химических свойствах.

Рассматриваемый объект расположен в подтаежной и южно-таежной подзонах Западной Сибири, в пределах Томской области. Не смотря на различные локальные условия формирования, все они обладают близким обликом почвенного профиля, а также свойствами и признаками.

В почвенном покрове исследуемой территории преобладают почвы с текстурной дифференциацией профиля (дерново-подзолистые и серые), не редко с признаками остаточной (реликтовой) гумусированности. Исследованные пихтовые леса отражают три стадии (рис.) зоогенно обусловленных сукцессионных трансформаций: начало ослабления пихтового компонента; начало гибели пихтового компонента и его частичный распад; полный распад пихтового компонента и образование окна.

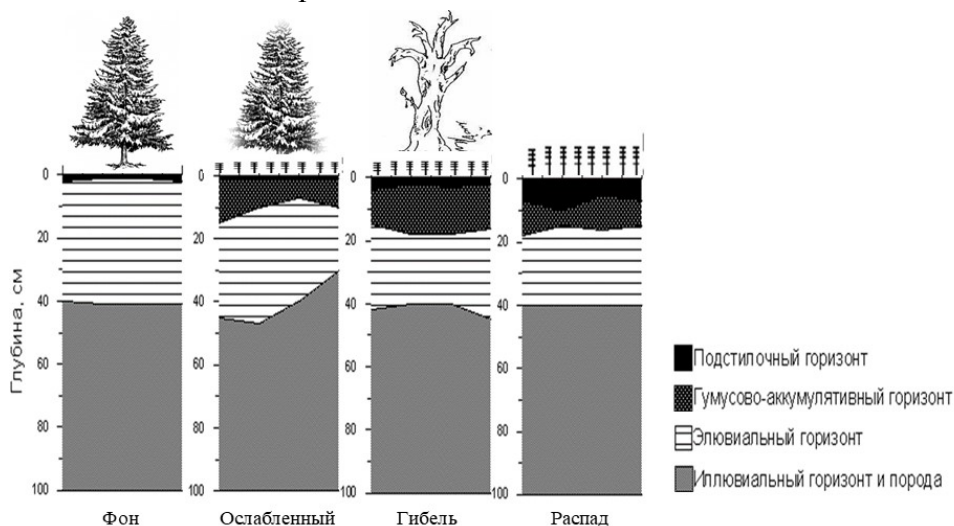


Рисунок. Общая схема трансформации компонентов пихтового леса при импактных биогенных нарушениях.

На стадии начала ослабления пихтового компонента леса напочвенный покров сохраняет типичный таежный облик, с преобладанием мелкотравных и мелкотравно-зеленомошных ассоциаций. Почва характеризуется малой мощностью грубогумусового горизонта (1-3 см), представленного, преимущественно, хвойным опадом. Укороченный гумусово-аккумулятивный горизонт резко сменяется элювиальной толщиной мощностью до 40-45 см. В условиях гибели пихтового компонента леса при начальной стадии отмирания древостоя, под его пологом таежное мелкотравье сменяется разнотравьем с преобладанием сныти и крапивы. Снижение сомкнутости крон за счет усыхания древостоя, принос на поверхность почв опада и частичный отпад, способствуют увеличению мощность подстилки до 3-5 см. Происходит деструкция мортмассы, а

продукты гумификации прокрашивают минеральную массу вглубь почвенного профиля. Мощность гумусово-аккумулятивного горизонта увеличивается за счет оттеснения границы элювированной толщи. При полном отмирании и гибели древостоя пихты начинается образование ячеистой структуры леса. На этой стадии происходит полная трансформация как лесорастительного, так и почвенного компонента биогеоценоза. Полный распад древостоя приводит к выходу из-под полога разнотравья с абсолютным доминированием крапивы и малины. Колоссальный принос на поверхность почв мертвого органического вещества в виде крупных древесных остатков (КДО) и полная смена напочвенного покрова приводят к резкому возрастанию мощности грубогумусового горизонта до 7-15 см. Однако длительность его существования ограничивается несколькими годами, после чего его мощность резко сокращается. Вместе с тем интенсивная гумификация способствует еще большему растягиванию границ гумусово-аккумулятивного горизонта, оттесняя элювированную толщу вниз.

А.И. Кузнецовой с соавторами [4] выявлено, что наиболее динамичными свойствами почв, выступающими индикаторами трансформационных процессов, является актуальная, потенциальная и гидролитическая кислотность, обменные катиона щелочных земель, подвижный марганец, содержание гумуса и азота.

Полученные данные (табл.) свидетельствуют, что все индикационные показатели динамично изменяются в сторону деградации коренных пихтовых лесов.

Таблица

Усредненные значения индикационных показателей трансформации почв

Стадия трансформации	Горизонт	рН _{вод}	Гидр.к.	Σ осн.	Гумус	Азот	Марганец
			Мг*экв/100г	%			
Ослабление	АО	5,7	27,4	36,5	33,8	2,8	н/о
	АУ	5,2	13,7	18,2	3,4	0,3	0,06
Гибель	АО	6,3	11,1	43,0	47,7	3,1	н/о
	АУ	5,4	10,0	20,7	3,7	0,3	0,08
Распад	АО	6,5	6,1	50,4	68,5	3,6	н/о
	АУ	5,6	7,5	25,3	3,9	0,3	0,12

Так значения актуальной кислотности сдвигаются в хроноряду в сторону подщелачивания реакции следы. На стадии ослабления древесного яруса значения этого показателя в органогенном горизонте соответствуют слабокислой реакции почвенного раствора и кислой в минеральном. На следующей стадии значения рН водной вытяжки в обоих горизонтах соответствуют слабокислой реакции, а уже на стадии полного распада древостоя в грубогумусовом горизонте отмечается реакция близкая к нейтральной.

Содержание почвенного органического углерода и его запасы также весьма показательны на каждой из стадий трансформации биогеоценоза. Так суммарные запасы углерода в слое 0-50 см, на каждой из стадий, составили: ослабление – 10,5

кг/м²; гибель – 12,3 кг/м²; распад – 15,7 кг/м². Не менее полезным, в интерпретации данных, является соотношение C/N. Так Ф. Дюшафур [2] отмечает, что оптимальное соотношение равно 10. На первых двух стадиях темпы минерализации органического вещества высоки и составляют для органогенных и минеральных горизонтов соответственно: ослабление – 7,0 и 6,6; гибель – 8,9 и 7,2. При этом четко прослеживается тенденция увеличения диапазона соотношения, что свидетельствует об относительном затухании скорости минерализации органики. Стадия распада древостоя характеризуется самыми высокими величинами соотношения C/N (11,0 и 7,5 соответственно), что связано с резким увеличением мощности поверхностных органогенных горизонтов.

Таким образом, импактные изменения лесного компонента биогеоценоза, связанные с влиянием агрессивных инвазионных видов дендрофагов, приводят к резкой смене подчиненного яруса (напочвенный покров). Смена растительного покрова и изменение его флористического состава способствует проявлению почвенных сукцессий, на начальных стадиях проявления которых происходят изменения морфологических признаков, а затем и наиболее лабильных (индикационных) свойств. В сравнении с естественными сукцессионными циклами, происходящими в коренных темнохвойных лесах и охватывающими более длительные временные интервалы (150 лет), физико-химические свойства почв изменяются несущественно, однако даже эти изменения могут быть положены в основу идентификации стадий зоогенных сукцессий темнохвойных лесов.

Работа выполнена в рамках научной темы: «Развитие системы мониторинга и комплексного анализа пулов и потоков парниковых газов болотных и лесных экосистем Западной Сибири», код научной темы: FWRG – 2022-0001.

Литература

1. Биоразнообразие и функционирование лесных экосистем/под ред. Н.В. Лукиной. М.: Товарищество научных изданий КМК. 2021. 327 с.
2. Дюшафур Ф. Основы почвоведения. Эволюция почв / под ред. И.П. Герасимова. М.: Прогресс. 1970. 591 с.
3. Кривец С.А., Бисирова Э.М., Волкова Е.С. [и др.]. Технологии мониторинга пихтовых лесов в зоне инвазии уссурийского полиграфа в Сибири / отв. ред. А.Г. Дюкарев, С.А. Кривец. Томск: УМИУМ. 2018. 74 с.
4. Кузнецова А.И., Лукина Н.В., Горнов А.В. [и др.]. Характеристики плодородия почв как индикаторы сукцессионного статуса лесов // Почвы – стратегический ресурс России: Тезисы докладов VIII съезда Общества почвоведов им. В.В. Докучаева и школы молодых ученых по морфологии и классификации почв. Москва-Сыктывкар, 2021. Ч.3. С. 543-545.
5. Соколов И.А. Теоретические проблемы генетического почвоведения / отв. ред. М.И. Дергачева. Новосибирск: Гуманитарные технологии. 2004. 288 с.

COMPOSITION AND PROPERTIES OF SOILS IN THE BREEDING AREAS OF INSECT DENDROPHAGES

A.N. Nikiforov

Institute for Monitoring Climatic and Ecological Systems of the SB RAS, Tomsk, Russia.

Abstract. The paper presents data on some indicator indicators of soil fertility of forest soils, considered

under the influence of dendrophagous insects on fir forests. The manifestation of soil successions is due to the radical transformations of the forest-vegetation component of the primary dark coniferous forests of the southern taiga subzone of Western Siberia.

Keywords: fir forests, biogenic succession, soil properties, dynamics of soil formation, transformation of biogeocenosis, carbon reserves.

References

1. Biodiversity and functioning of forest ecosystems / ed. N.V. Lukina. M.: Association of Scientific Publications KMK. 2021. 327 p.
2. Dushafur F. Fundamentals of soil science. Soil evolution / ed. I.P. Gerasimov. M.: Progress. 1970. 591 p.
3. Krivets S.A. Technologies for monitoring fir forests in the zone of invasion of the Ussuri polygraph in Siberia / S.A. Krivets, E.M. Bisirova, E.S. Volkova [and others]; resp. ed. A.G. Dyukarev, S.A. Krivets. Tomsk: UMIUM. 2018. 74 p.
4. Kuznetsova A.I. Characteristics of soil fertility as indicators of the successional status of forests / A.I. Kuznetsova, N.V. Lukina, A.V. Gornov [et al.] // Soils - a strategic resource of Russia: Abstracts of the VIII Congress of the Society of Soil Scientists named after. V.V. Dokuchaev and the School of Young Scientists on Soil Morphology and Classification. Moscow-Sykt'yvkar, 2021. Part 3. P. 543-545.
5. Sokolov I.A. Theoretical problems of genetic soil science / resp. ed. M.I. Dergachev. Novosibirsk: Humanitarian technologies. 2004. 288 p.

УДК: 631.82: 631.95] : 633.34 (470.62)

АГРОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ НА БАЛАНСОВЫЕ КОЭФФИЦИЕНТЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ ПИТАНИЯ В АГРОЦЕНОЗЕ СОИ, ВЫРАЩИВАЕМОЙ НА КУБАНИ

Л.М. Онищенко, В.А. Разгулин, В.К. Голубова, А.А. Белозор
ФГБОУ ВО Кубанский ГАУ имени И. Т. Трубилина, Краснодар, Россия
e-mail: dekanatxp@mail.ru

Аннотация. Представлены результаты полевых исследований по влиянию доз минеральных удобрений – единичных (P₄₀, K₄₀), одинарных (N₂₀P₄₀K₂₀), двойных (N₄₀P₈₀K₄₀) и тройных (N₆₀P₁₂₀K₆₀) – на балансовые коэффициенты использования фосфора и калия для различных сортов сои – Быстрица и Вилана.

Ключевые слова: соя, удобрения, калий, фосфор, балансовый коэффициент.

Введение. Распространение в мире и в России соя получила за счет редчайшего свойства химического состава семян – сочетания белковости и масличности, а также адаптационности, пластичности растений, экологичности выращивания, многофункциональности использования зерна и высокой эффективности при его переработке. Значимость данной сельскохозяйственной культуры трудно переоценить. Она улучшает физические и физико-химические свойства почвы, обогащает почву азотом за счет биологического извлечения его из атмосферы и способствует сохранению плодородия почвы и увеличению урожая последующих культур, выращиваемых в севообороте.

В настоящее время остается актуальным высказывание Д. Н. Прянишникова, отметившего, что «фосфорно-калийные удобрения в общей системе удобрения культур занимают несколько особое место, так как обеспечивают лучшие условия роста и способствуют большему связыванию азота и улучшения свойств почвы» [2, 3]. Для расчета фосфорно-калийных норм удобрений балансовым методом необходима информация о коэффициентах использования питательных веществ из удобрений.

Многолетние наблюдения за агрометеорологическими условиями показывают, что июль на юго-востоке Кубани по количеству осадков уступает не только маю и июню, но и октябрю. Вследствие нестабильного выпадения осадков в июле и августе в регионе, урожайность сои нестабильна и сильно варьирует. [1, 5]. Поэтому возникла необходимость за счет научно обоснованного применения минеральных удобрений стабилизировать продуктивность одной из уникальных, древних и ценных бобовых культур – сои.

Цель исследований – рассчитать коэффициент выноса (балансовый) фосфора или калия от внесенного минерального удобрения в агроценозе сои, выращиваемой на черноземе выщелоченном для последующего усовершенствования системы удобрения культур зернотравяно-пропашного севооборота за счет сбалансированного применения удобрений в агробиоценозе.

Методика. Исследования проводились во второй и третьей ротациях зернотравяно-пропашного севооборота на многофакторном стационарном опыте в рамках плана научно-исследовательских работ кафедры агрохимии в учхозе «Кубань» Кубанского ГАУ. Опыт входит в систему Географической сети опытов с удобрениями Всероссийского НИИ имени Д. Н. Прянишникова. Создан он с целью установления региональных закономерностей действия агрохимических средств на плодородие почвы, урожайность культур и качество сельскохозяйственной продукции в системе *почва – растение – удобрение – климат*.

Объекты исследований. Почва – чернозем выщелоченный (изначально классифицировался как малогумусный) слабогумусный сверхмощный легкоглинистый на лессовидных тяжелых суглинках, нормы минеральных удобрений – одинарные ($N_{20}P_{40}K_{20}$), двойные ($N_{40}P_{80}K_{40}$) тройные ($N_{60}P_{120}K_{60}$), растения сои – распространенные, засухоустойчивые и среднеспелые сорта Вилана и Быстрица.

Химические анализы растений выполнялись по общепринятым стандартным методикам. Балансовый коэффициент (коэффициент выноса) показывает какую часть составляет вынос фосфора или калия от внесенного удобрения. В связи с этим изменения балансового коэффициента по фосфору и калию под влиянием минеральных удобрений в агроценозе сои стало основой для проведения нашего исследования.

Результаты исследований. Балансовый коэффициент изменяется в зависимости от сорта сои (Быстрица и Вилана) и норм вносимых минеральных удобрений. Коэффициент использования фосфора показывает, что соя сорта

Быстрица значительно меньше использует фосфор из удобрений, чем соя сорта Вилана. У сои сорта Вилана повышенный коэффициент баланса калия сохраняется при внесении полного удобрения в одинарной, двойной и тройной норме – $N_{20}P_{40}K_{20}$, $N_{40}P_{80}K_{40}$ и $N_{60}P_{120}K_{60}$. Причем при выращивании обоих сортов с увеличением нормы удобрения прослеживается четкая закономерность его уменьшения с 39,0 и 63,5 на варианте P_{40} , до 20,8 и 23,9 при максимальной норме в опыте – $N_{60}P_{120}K_{60}$ (табл.).

Таблица

Балансовые коэффициенты по выносу фосфора и калия под влиянием минеральных удобрений в агроценозе сои

Вариант	Фосфор		Вариант	Калий	
	Быстрица	Вилана		Быстрица	Вилана
P_{40}	39,0	63,5	K_{40}	65,1	40,3
$N_{20}P_{40}K_{20}$	38,5	60,5	$N_{20}P_{40}K_{20}$	40,1	72,5
$N_{40}P_{80}K_{40}$	22,3	37,9	$N_{40}P_{80}K_{40}$	32,6	45,0
$N_{60}P_{120}K_{60}$	20,8	23,9	$N_{60}P_{120}K_{60}$	17,8	28,7

Обеспеченность калием растений сои, выращиваемых на черноземе выщелоченном, лучше по сравнению с обеспеченностью фосфором. Балансовые коэффициенты по калию снижаются соответственно по сортам от 40,1 и 72,5 при внесении одинарной нормы $N_{20}P_{40}K_{20}$ – до 17,8 и 28,7 на варианте с тройной – $N_{60}P_{120}K_{60}$.

При мониторинге одного из наиболее значимых показателей плодородия почвы – содержания доступного фосфора и калия рассчитанные коэффициенты означают, что при оптимальной норме минерального удобрения для региона ($N_{40}P_{80}K_{40}$) соя сорта Быстрица и Вилана формирует свой урожай за счет фосфора удобрений на 22,3 и 37,9 % и калия удобрений – на 32,6 и 45,0 % соответственно. За счет мобилизации запасов фосфора и калия из почвы растениями сои усваивались оставшиеся части элементов: за счет фосфора – 77,7 и 62,1 % и калия – 67,4 и 55,0 %. С увеличением нормы внесения удобрения до $N_{60}P_{120}K_{60}$ происходит его повышение по фосфору до 79,2 и 76,2 % и по калию до 82,2 и 71,3 % соответственно.

Выводы. Минеральные удобрения, увеличивая расход питательных веществ на формирование урожая зерна сои, повышают количество вовлекаемых в малый биологический круговорот питательных веществ. В условиях чернозема, выщелоченного Кубани в зоне достаточного и неустойчивого увлажнения при использовании различных норм минеральных удобрений коэффициент использования фосфора из почвы растениями сои находится в обратной зависимости с содержанием подвижного элемента в ней. Для фосфора они наилучшие при использовании P_{40} и $N_{20}P_{40}K_{20}$ на посевах сои сорта Вилана, выращиваемой после кукурузы на зерно (третья ротация севооборота) – 63,5 и 60,5, а для сои сорта Быстрица после озимой пшеницы – 39,0 и 38,5. Наибольшие балансовые коэффициенты на посевах сои сорта Вилана в третьей ротации для калия обеспечивает внесение $N_{20}P_{40}K_{20}$ и $N_{40}P_{80}K_{40}$ – 72,5 и 45,0 соответственно. Для наиболее эффективного использования фосфора и калия из удобрений в агроценозе

сои сорта Вилана оптимальным нижним пределом содержания подвижного фосфора в почве можно считать 104,4 мг/кг, а обменного калия – 236,9 мг/кг.

Литература

1. Агроклиматические ресурсы Краснодарского края. Л.: Гидрометеиздат. 1975. 276 с.
2. Онищенко Л.М. Соя: биолого-экологические особенности, почва и удобрения: монография / под общ. ред. А.Х. Шеуджена. Краснодар: КубГАУ, 2019. 154 с.
3. Онищенко Л.М. Агрохимические основы воспроизводства плодородия чернозема выщелоченного Западного Предкавказья и повышение продуктивности сельскохозяйственных культур. Диссертация на соискание ученой степени доктора с.-х. наук. Краснодар, 2016. 668 с.
4. Прянишников Д.Н. Избранные произведения. В 3 т. Агрохимия. Т. 1.. М.: Колос, 1965. 767 с.

AGROECOLOGICAL ASSESSMENT OF THE EFFECT OF MINERAL FERTILIZERS ON THE BALANCE COEFFICIENTS OF THE USE OF NUTRITION ELEMENTS IN THE AGRO-CENOSIS OF SOYBEANS GROWN IN THE KUBAN

L.M. Onishchenko, V.A. Razgulin, V.K. Golubova, A.A. Belozor
FGBOU VO Kuban State University named after I. T. Trubilin, Krasnodar, Russia

Abstract. The results of field studies on the effect of doses of mineral fertilizers - single (P₄₀, K₄₀), single (N₂₀P₄₀K₂₀), double (N₄₀P₈₀K₄₀) and triple (N₆₀P₁₂₀K₆₀) – on the balance coefficients of phosphorus and potassium use for various soybean varieties – Bystrica and Vilana are presented.

Keywords: soybeans, fertilizers, potassium, phosphorus, balance coefficient.

References

1. Agro-climatic resources of the Krasnodar Territory. L.: Hydrometeorological publishing house. 1975. 276 p.
2. Onishchenko L.M. Soy: biological and ecological features, soil and fertilizers: monograph / under the general editorship of A.H. Sheudzhena. Krasnodar: KubGAU, 2019. 154 p.
3. Onishchenko L.M. Agrochemical bases of reproduction of the fertility of leached black soil of the Western Caucasus and increasing the productivity of agricultural crops. Dissertation for the degree of Doctor of Agricultural Sciences. Krasnodar, 2016. 668 p.
4. Pryanishnikov D.N. Selected works. In 3 t. Agrochemistry. Vol. 1. M.: Kolos, 1965. 767 p.

УДК 528.88

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИНДЕКСОВ ВЕГЕТАЦИИ ДЛЯ ОЦЕНКИ НЕОДНОРОДНОСТИ ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА НА ПРИМЕРЕ ПОЧВ ОРЕНБУРГСКОЙ ОБЛАСТИ

А.А. Прохоров

ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, Москва

e-mail: artem.prokhorov.2016@inbox.ru

Аннотация. В рамках данной работы, произведена оценка возможностей использования данных дистанционного зондирования (ДДЗ) для уточнения контуров почвенных разностей. Было установлено, что визуализация среднемноголетних индексов вегетации NDVI позволяет уточнять актуальную информацию о контурах зон продуктивности. Использование данного подхода позволяет уточнять границы почвенных разностей и идентифицировать актуальные границы литогенных земель, солонцеватых почв и солонцов, а также

иных земель с более низкой средней продуктивностью сельскохозяйственных культур.

Ключевые слова: черноземы, NDVI, продуктивность, литогенные земли, данные дистанционного зондирования.

В соответствии с почвенно-географическим районированием исследуемые участки приурочены к территории: Кинель-Токского округа чернозёмов обыкновенных и чернозёмов остаточно-карбонатных (Александровский район), Самаро-Уральскому округу чернозёмов южных и чернозёмов глубоковскипающих (Ташлинский район, Курманаевский район). Пространственное распределение по Оренбургской области представлено на рисунке 1.

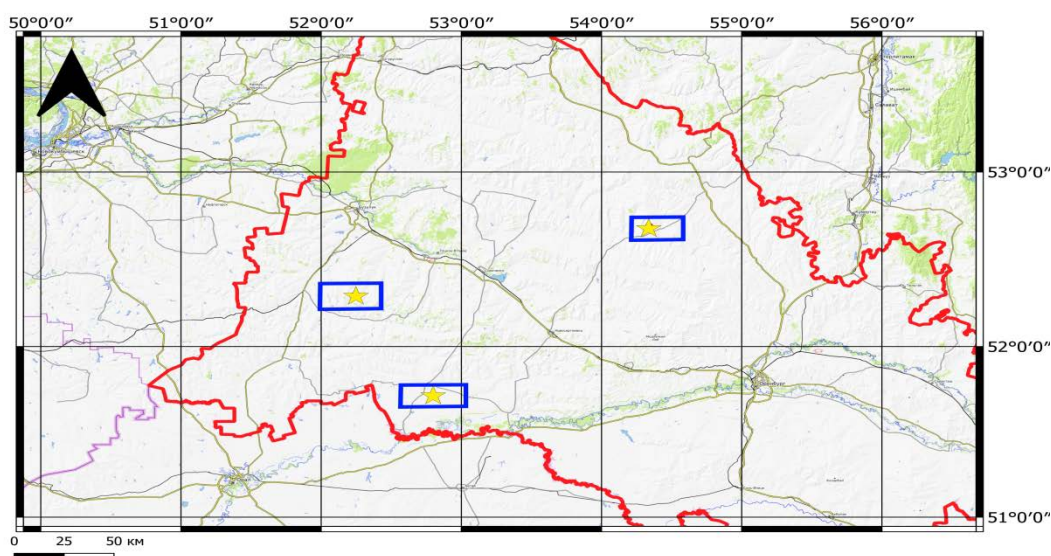


Рисунок 1. Пространственное распределение участков на территории области

В соответствии с данными модели ERA5-Land с разрешением 11,1 км для данных участков характерны следующие климатические характеристики (табл.).

Таблица

Климатические параметры			
Район	Александровский	Ташлинский	Курманаевский
Сумма осадков (среднее 2000-2022), мм	540	469	504
Сумма темп. > 10° (среднее 2000-2022)	2893	3319	3095
Сумма темп. > 15° (среднее 2000-2022)	2305	2769	2511

С учетом среднего количества осадков до 500 мм и средней суммы активных температур > 10° на уровне 2500°, продуктивность растений в агроландшафтах во многом будет ограничена дефицитом доступной влаги в почве. Опираясь на эту гипотезу при анализе растровых изображений визуализирующих информацию о количественных параметрах различных индексов вегетации, возможно проведение корректировки контуров: эрозионно-полугидроморфных

земель (дно и склоны мелких лощин), замкнутых понижений, литогенных комплексов, сформированных на породах более легкого механического состава, так как одной из важных характеристик объектов, изображённых на спутниковом снимке, является их спектральная отражательная способность [2].

Для проведения исследований был использован набор данных Sentinel-2 MSI: MultiSpectral Instrument, Level-2A с пространственным разрешением 10 м и временным с 2015 г. С использованием облачной геоинформационной системы "Google Earth Engine" были получены коллекции снимков за период 2015-2022 г. При работе с коллекциями использовали маскирование облаков, работали со снимками, облачность которых в метаданных не превышала 30%, использовали фильтрацию данных за период 15 мая - 15 августа, что соответствует пикам значений NDVI за вегетационный период для Оренбургской области с учетом озимых и яровых культур. Для расчётов использовали значения индексов NDVI: $(NIR-RED)/(NIR+RED)$ или каналы B_8 (835.1 nm) и B_4 (664.5 nm) [1]. На основании данных коллекций были получены растровые изображения средней устойчивой вегетации – рисунок 2.

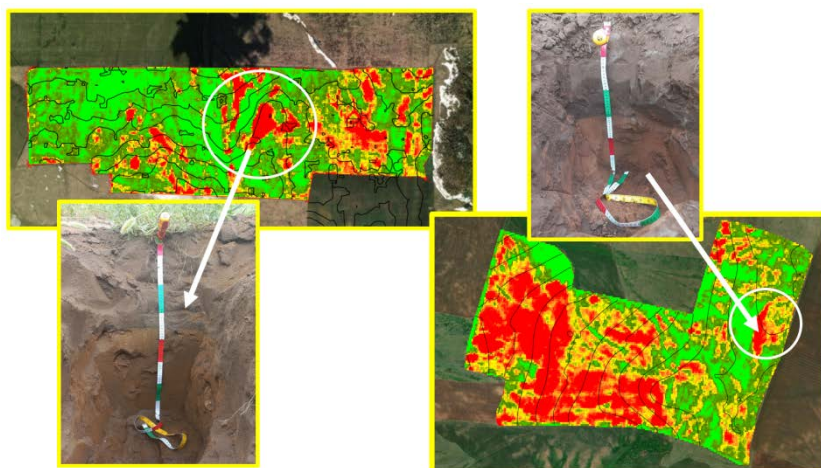


Рисунок 2. Визуализация индексов устойчивой вегетации при расчете NDVI

Зеленый цвет соответствует зонам высокой продуктивности, красный - зонам низкой продуктивности. На полях, приуроченных к территории Курманаевского и Александровского районов отчётливо можно выделить небольшие пятна и протяженные вытянутые участки, площадью до 2-3 га с характерной низкой продуктивностью. На подобных типичных участках были заложены и описаны почвенные разрезы. Было установлено, что для данных участков характерно формирование почв на породах легкого гранулометрического состава (почвенные профили представлены на рисунке 2) с неполно развитым профилем. Причина сниженных показателей вегетации по данным NDVI заключается в уменьшении показателей продуктивности растений, за счет недостатка влаги, причем контура данных почвенных контуров соответствуют зонам пониженной вегетации на полученных изображениях.

Литература

1. Голубева Е.И., Каширина Е.С., Новиков А.А., Глухова А.В. Использование индекса NDVI для геоэкологической оценки особо охраняемых природных территории на примере города Севастополя // ИнтерКарто. ИнтерГИС. 2019. Т. 25. № 1. С. 320-331. DOI 10.35595/2414-9179-2019-1-25-320-331.
2. Фомин Д.С., Чашин А. Н. Идентификация борщевика Сосновского (*Heracleum sosnowskyi* Manden) по данным дистанционного зондирования Земли в Среднем Предуралье // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2019. № 1(75). С. 68-70.

USE OF VEGETATION INDICES TO ASSESS THE HETEROGENEITY OF SOIL COVER ON THE EXAMPLE OF SOILS OF THE ORENBURG REGION

A.A. Prokhorov

K.A. Timiryazev Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow, Russia

Abstract. Within the framework of this work, the possibilities of using remote sensing data (RSD) to clarify the contours of soil differences were evaluated. It was found that visualization of mean annual vegetation indices NDVI allows to specify actual information on the contours of productivity zones. The use of this approach allows to clarify the boundaries of soil differences and identify actual boundaries of lithogenic lands, solonetz soils and solonets, as well as other lands with lower average crop productivity.

Keywords: *chernozems, NDVI, productivity, lithogenic soils, remote sensing data.*

References

1. Golubeva E.I., Kashirina E.S., Novikov A.A., Glukhova A.V. Use of NDVI index for geo-ecological assessment of specially protected natural areas on the example of Sevastopol // InterKarto. InterGIS. 2019. V. 25. № 1. P. 320-331. DOI 10.35595/2414-9179-2019-1-25-320-331.
2. Fomin, D. S., Chashchin A. N. Identification of Sosnowsky's borscht (*Heracleum sosnowskyi* Manden) according to remote sensing data in the Middle Urals S. // Izvestiya Orenburgogo gosudarstvennogo agrarnogo universitet. 2019. № 1(75). P. 68-70.

УДК 631.811.93:633

ВЛИЯНИЕ КРЕМНИЕВЫХ ПОРОД НА УРОЖАЙНОСТЬ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР И ПЛОДОРОДИЕ ПОЧВЫ

А.А. Пятова, Е.С. Волкова

ФГБОУ ВО Ульяновский ГАУ, Ульяновск, Россия

e-mail: aliska.pyatova@mail.ru

Аннотация. В статье приведены результаты изучения эффективности цеолита – высококремнистой породы – в качестве удобрения сои и озимой пшеницы, а также применение удобрения на его основе, полученного обогащением породы аминокислотами и карбамидом. Установлено благоприятное влияние, как цеолита, так и удобрения на его основе на урожайность сельскохозяйственных культур, а также плодородие почвы.

Ключевая слова: *цеолит, соя, озимая пшеница, урожайность.*

Длительное сельскохозяйственное использование земель и продолжающаяся дегумификация почв сопровождается их деградацией. Для повышения плодородия почвы и создания оптимальных условий для роста и

развития растений регулирование агрофизических и агрохимических свойств почвы имеет первостепенное значение.

Важная роль кремниевых пород (соединений) в системе «почва-растение» и применение их в качестве удобрений является перспективным направлением в сфере сельскохозяйственного производства. Цеолит называют «наиболее интеллектуальным минералом», обладающим адсорбционными свойствами, благодаря своей пористой открытой микроструктуре. Эффективен как мелиорант, материал для синтеза органического вещества почвы, структуросохраняющий агент в почве [1, 2, 3].

Исходя из вышеизложенного, целью исследований являлось влияние кремнистых пород на питательный режим почвы и как следствие урожайность сельскохозяйственных культур.

Экспериментальные исследования проведены на опытном поле ФГБОУ ВО Ульяновского ГАУ 2022 г. Объектами исследований являлись:

– соя сорта УГСХИ–6. Выведен в Ульяновском ГСХА Дырда Я. Ф. Vegetационный период на уровне раннеспелых стандартов (101 день), средняя урожайность семян 1,8-2,0 т/га (по данным Чердаклинского ГАУ в 1992-2009 гг.);

– озимая пшеница сорта Саратовская 17. Данный сорт обладает следующими свойствами: устойчивостью к полеганию, морозоустойчивостью, засухоустойчивою.

– цеолит Юшанского месторождения Ульяновской области. Средний химический состав: SiO₂ общ. – 56,60 %, SiO₂ аморф. – 26,71 %, CaO – 19,31 %, MgO – 1,90 %, K₂O – 1,25 %, P₂O₅ – 0,23 %, SO₃ – 0,23 %.

– почва чернозем выщелоченный среднесуглинистый среднесиловый, агрохимическая характеристика его: содержание гумуса 4,7 %, подвижного фосфора 181 мг/кг (по Чирикову), обменного калия 148 мг/кг (по Чирикову), реакция почвенного раствора 6,42 единиц рН_{KCl}.

Схема опыта включала 8 вариантов: 1 вариант – контроль (без удобрений), 2 вариант – цеолит 250 кг/га; 3 вариант – цеолит 500 кг/га, 4 вариант – цеолит, обогащенный аминокислотами, 250 кг/га, 5 вариант – цеолит, обогащенный аминокислотами, 500 кг/га, 6 вариант – цеолит, обогащенный карбамидом, 250 кг/га, 7 вариант – цеолит, обогащенный карбамидом, 500 кг/га, 8 вариант – NPK.

Озимая пшеница предъявляет высокие требования к плодородию почвы, ее питательному режиму и очень отзывчива на удобрения. При этом на создание одной тонны зерна и соответствующее количество соломы она использует примерно 37 кг азота, 13 кг фосфора и 23 кг калия, при урожайности 5 т/га вынос данных элементов соответственно составит 185, 65 и 115 кг с одного гектара. Поэтому практически при выращивании озимой пшеницы на всех типах почв применение удобрений является обязательным элементом ее технологии [2,4].

Одной из востребованных культур в Ульяновской области является соя, которая в свою очередь занимает первое место среди культур по содержанию сбалансированного и легкорастворимого белка (35-45 %), благоприятного по

жироокислотному составу масла (20-25 %), углеводов (20-25 %), минеральных солей (5-6 %) и витаминов [5].

В связи с этим разработана система удобрений с применением цеолита как в чистом виде, так и обогащенного аминокислотами и карбамидом.

На рисунках 1-4 приведена зависимость урожайности озимой пшеницы и сои от содержания азота, фосфора и калия в почве.

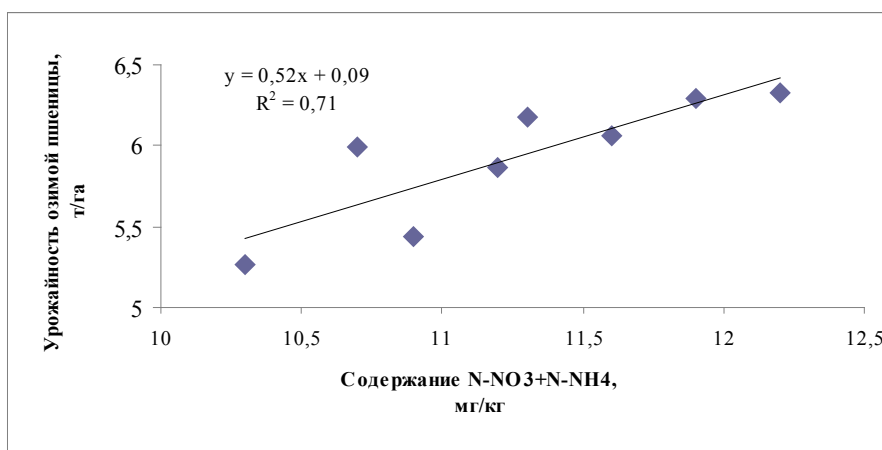


Рисунок 1. Зависимость урожайности озимой пшеницы от содержания азота

Стоит отметить, что внесение цеолита, как в чистом виде, так и при обогащении его карбамидом и аминокислотами благоприятно влияет не только на содержание питательных элементов в почве, но и на урожайность сельскохозяйственных культур.

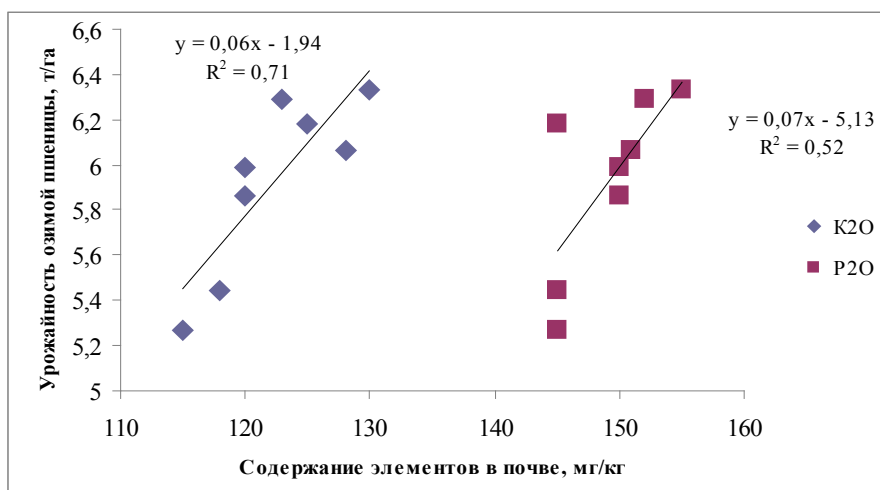


Рисунок 2. Зависимость урожайности озимой пшеницы от содержания фосфора и калия

Высокая урожайность озимой пшеницы была достигнута (6,29 т/га) при применении цеолита, обогащенного карбамидом в дозе 500 кг/га. Содержание азота на данном варианте увеличивалось до 11,9 мг/кг, доступного фосфора до 152 мг/кг и обменного калия до 123 мг/кг. Также на варианте NPK - 6,33 т/га при увеличении минерального азота до 12,2 мг/кг, фосфора до 155 мг/кг и обменного калия до 130 мг/кг.

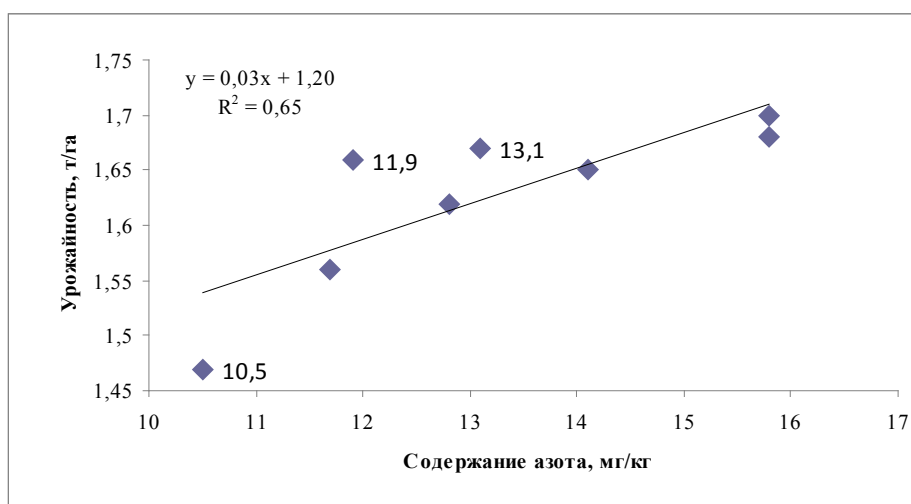


Рисунок 3. Зависимость урожайность сои от содержания азота

В среднем за вегетационный период содержание аммонийного и нитратного азота в пахотном слое почвы под посевами сои превышало контроль от 11,4 % на варианте с использованием цеолита в дозе 250 кг/га до 50,5 % при использовании цеолита, обогащенного карбамидом в дозе 500 кг/га. Содержание подвижного фосфора увеличивалось на 3,4-15,5 %, обменного калия на 3,4-16,9 %

Лучшие показатели по урожайности остаются за вариантами с использованием обогащенного аминокислотами и мочевиной цеолита, где прибавка урожайности семян сои составила в 0,15-0,21 т/га. Особенно усиливается действие цеолита при обогащении его аминокислотами и карбамидом.

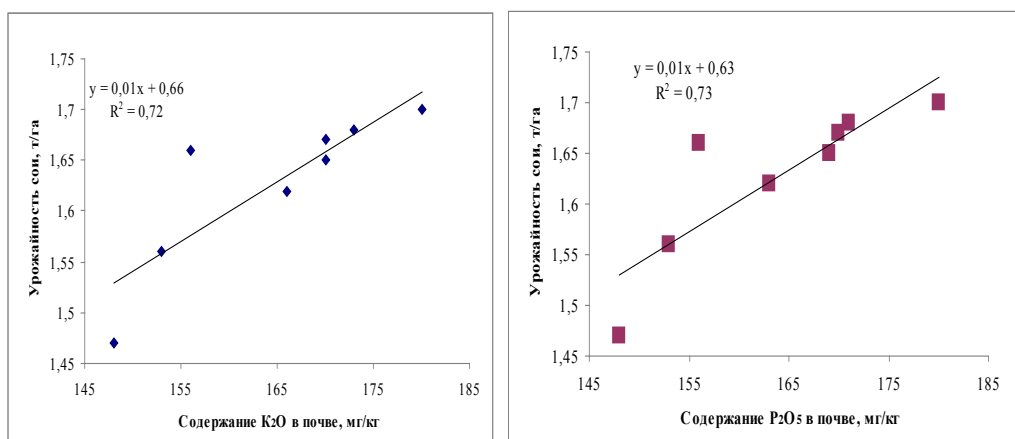


Рисунок 4. Зависимость урожайность сои от содержания фосфора и калия

Проведенные расчеты показали, что между урожайностью зерна озимой пшеницы и сои и содержанием минерального азота, обменного калия и подвижного фосфора в пахотном слое почвы отмечена положительная взаимосвязь, описанная уравнениями регрессии, представленными на рисунках 1-4.

В среднем за вегетацию сельскохозяйственных культур, при внесении в почву удобрений на основе цеолита, содержание всех элементов питания

поддерживалось на более высоком уровне.

Улучшение агрохимического состояния пахотного слоя почвы, соответственно, способствовало формированию более высокой урожайности зерна сои и озимой пшеницы.

Литература

1. Куликова, А.Х. Кремний и высококремнистые породы в системе удобрения сельскохозяйственных культур. Ульяновск: Ульяновской ГСХА, 2013. 176 с.
2. Матыченков В.В., Бочарникова Е.А., Аммосова Я.М. Влияние кремниевых удобрений на растения и почву // *Агрохимия*. 2002. № 2. С. 86-93.
3. Zellner W., Tubaña V., Rodrigues F., Datnoff E. Silicon's Role in Plant Stress Reduction and Why This Element Is Not Used Routinely for Managing Plant Health // *The American Phytopathological Society*. 2021. № 17. P. 2033-2039.
4. Волкова Е.С. Баланс элементов питания в почве и урожайность озимой пшеницы на фоне внесения кремниевых удобрений на черноземах лесостепи Поволжья // В сборнике: Кремний и жизнь. Кремнистые породы в сельском хозяйстве. Материалы Национальной научно-практической конференции с Международным участием. Ульяновск, 2021. С. 32-40.
5. Куликова А.Х., Захаров Н.Г., Хайртдинова Н.А. Удобрение сои в условиях Среднего Поволжья. Ульяновск: УлГАУ, 2022. 168 с.

INFLUENCE OF SILICON ROCKS ON YIELD OF AGRICULTURAL CROPS AND SOIL FERTILITY

A.A. Pyatova, E.S. Volkova

Ulyanovsk State Agrarian University, Ulyanovsk, Russia

Abstract. The article presents the results of studying the effectiveness of zeolite - a high-silica rock - as a fertilizer for soybeans and winter wheat, as well as the use of an organo-mineral fertilizer based on it, obtained by enriching the rock with amino acids. A favorable effect of both zeolite and fertilizers based on it on crop yields, as well as soil fertility, has been established.

Keywords: zeolite, soybean, winter wheat, yield.

References

1. Kulikova, A. H. Silicon and highly siliceous rocks in the fertilizer system of agricultural crops / A. H. Kulikova. – Ulyanovsk: Ulyanovsk State Agricultural Academy, 2013. 176 p.
2. Matychenkov V.V., Bocharnikova E.A., Amosova Ya.M. Influence of silicon fertilizers on plants and soil // *Agrochemistry*. 2002. No. 2. P. 86-93.
3. Zellner W., Tubaña V., Rodrigues F., Datnoff E. Silicon's Role in Plant Stress Reduction and Why This Element Is Not Used Routinely for Managing Plant Health // *The American Phytopathological Society*. 2021. No. 17. P. 2033-2039.
4. Volkova E.S. The balance of nutrients in the soil and the yield of winter wheat against the background of the introduction of silicon fertilizers on the chernozems of the Volga forest-steppe // In the collection: Silicon and Life. Siliceous rocks in agriculture. Materials of the National Scientific and Practical Conference with International participation. Ulyanovsk, 2021. P. 32-40.
5. Kulikova A.H., Zakharov N.G., Khairutdinova N.A. Soybean fertilizer in the conditions of the Middle Volga region. Ulyanovsk: Ulspu, 2022. 168 p.

УДК 631.4

**ЭФФЕКТИВНОСТЬ СОЗДАНИЯ ВЕДОМСТВЕННОГО КАДАСТРА ООПТ
НА ПРИМЕРЕ ФГБУ « ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ЗАПОВЕДНИК
«ВИШЕРСКИЙ»**

Ю.А. Рогизная, А.Д. Рогизная
ФГБОУ ВО Пермский ГАТУ, Пермь, Россия
e-mail: yuliya_rogiznaya@mail.ru

Аннотация. Выработаны критерии эффективности использования имеющихся ресурсов заповедника, которые позволяют целенаправленно управлять федеральной собственностью. Работа выполнена на примере ФГБУ «Государственный заповедник «Вишерский» по внедрению ведомственного кадастра.

Ключевые слова: ведомственный кадастр, ООПТ, управление, базы данных, системы учета

Особое место в структуре земельного фонда занимает категория земель особо охраняемых природных территорий (ООПТ), являющиеся основой территориальной охраны природы России в сохранении уникального природно-экологического комплекса ресурсов и объектов общенационального достояния для будущих поколений. Биологические виды существуют в них в безопасности от прямого антропогенного воздействия.

Управление любым типом недвижимости обязывает владением полной исчерпывающей информацией об объекте недвижимости, о её состоянии, актуальных данных и изменениях происходящих с недвижимостью. Поэтому необходима серьёзная информационная поддержка и инструментарий анализа данных для обеспечения эффективного управления лицу принимающего решение для правильного выбора действия.

Эффективным решением возникающих проблем сбора, анализа, оперативного предоставления информации может помочь система ведения отраслевого реестра недвижимости – ведомственного кадастра.

Научная эффективность связана не только с возможностью позволить осуществлять экологический и правовой контроль использования особо охраняемых природных территорий, а так же объективно давать оценку путей сохранения и воспроизводства объектов растительного и животного мира для будущих поколений и для различных целей управления заповедника.

В решении этих проблем поможет ведомственный кадастр, спланирует природоохранную эффективность, которая выделяется как:

-текущая, то есть отражающую полноту реализации указанных задач в текущих условиях;

-перспективная, которая может возникнуть при ожидаемых изменениях условий или глобальных изменениях окружающей среды [1].

Создание ведомственного кадастра требуют объединения информационных ресурсов и знания специфики деятельности особо охраняемой природной территории, которые позволят создать систему включающую в себя: объективность, фактологическую актуальную информацию описательного и статистического характера, непрерывность его ведения и принцип экономичности, не менее важное значение отводится точной топографической информации связанной с объектами в совокупности формирующих всю необходимую информацию по единицам кадастрового учета, поэтому проблема создания ведомственного кадастра встает еще более остро

Особенностью ведомственного кадастра особо охраняемых природных территории состоит в публичности и простоте использования, что сделает возможным взаимодействовать со смежными информационными ресурсами (Росреестр, ЕГРН, Минприроды).

Собранные в единой отдельные информационные системы находящиеся в ведении различных ведомств повышают эффективность принятия управленческих решений на локальном уровне. Поэтому предприятия и компании разрабатывают автоматизированные информационные системы для ведения ведомственного кадастра это в своих работах отмечают Иванова Е.Н., Колюжин В.А., Жемеря А.В. [2-7].

Управление подразумевает контроль за достижением запланированных результатов посредством сравнения показателей среды до начала преобразований и после реализации определённых программно-целевых мероприятий, зная информацию, описав их современное состояние можно начать процесс управления, выстраивая процесс планирования, организации, кадрового обеспечения, мотивации и контроля за изменением состояния.

Чтобы начать реализацию проекта необходима адаптация накопленного теоретического и практического опыта в соответствии с конкретными потребностями функционирования сферы, её специфических потребностей и индивидуальности.

Организационные вопросы на всех этапах жизненного цикла благодаря системе ведомственного кадастра станут легко решаемы и актуальны, тем более при таких огромных масштабах.

При создании автоматизированной системы ведомственного кадастра нужно поставить общие цели:

- сбор, учет, регистрация, оценка;
- обеспечение информацией необходимой для внутренним и внешним пользователям для контроля за соблюдением законодательства Российской Федерации;
- предотвращение возможных отрицательных последствий хозяйственной деятельности;
- выявление внутрихозяйственных резервов обеспечения её финансовой устойчивости.

Исходя из вышеизложенных показателей, создана предварительная схема системы ведомственного кадастра для заповедника «Вишерский» Красновишерского района Пермского края (рис.). В котором мы постарались всесторонне проанализировать заповедник и выработать критерии для статистических данных.

Представленная на рисунке схема включает в себя основные модули и требует доработки на месте с учетом особенностей объекта. Рассмотрим статистическую схему, пока без вариантов использования. По возможности в ней были учтены все возможные потребности пользователя и блоки для проведения анализа. Функциональные требования могут быть подвергнуты дальнейшей декомпозиции, то есть представлять подсервисы исходного варианта использования.

Многомерная статистика с целью получения объективных количественных критериев эффективности использования различается по функциональному назначению. Для которого необходимо выполнение следующих этапов:

- создание отчетов и модулей обработки;
- создание форм для работы с объектами;
- создание основных объектов;
- создание и формирование запросов.



Рисунок. Схема ведомственного кадастра для ФГБУ «Государственный заповедник «Вишерский»»

В управлении заповедником очень важно знать не только его природные характеристики, а в большей степени его правовой подтекст. Именно эта база данных занимается этим вопросом. Следует отметить, что перед самой системой управления стоит задача постоянного мониторинга самой управленческой сферы, для этого в системе ведомственного кадастра должно происходить обновление данных. Для полноценного управления таким объектом, как заповедник данных об объекте недвижимости мало, необходимо учитывать состав, структуру и состояние отдельных

комплексных объектов учета на основе сведений как внутренних, так и внешних. Адаптация накопленного теоретического и практического опыта в соответствии с конкретными потребностями функционирования сферы особо охраняемой природной территории позволит управлять эффективно заповедной зоной.

Таким образом, применение оценки эффективности использования инструмента познания и освоения информационного потенциала недвижимого имущества является объективной необходимостью. Для эффективного решения проблемы сбора, анализа и оперативного представления ведомственной информации создана модель ведомственного кадастра для управления заповедником. Внедрение ведомственного кадастра позволит получить экономический, экологический и социальный эффект.

Литература

1. Варламов А.А., Д. Шаповалов Совершенствование системы управления земельно-имущественным комплексом как информационная основа устойчивого экономического развития РФ // Власть. 2012. №1. С. 69-73.
2. Жемеря А.В. Автоматизация в геодезии, фотограмметрии и картографии // Известия высших учебных заведений: геодезия и аэрофотосъемка. 2003. № 5. С.117-127.
3. Жемеря А.В. Усовершенствование методов удаленного доступа к топографической составляющей АИС «Ведомственный кадастр» Федерального агентства по образованию РФ: автореферат дис. на соиск.канд.тех.наук. Московский государственный университет геодезии и кадастра. Москва. 2004.
4. Иванова Е.Н. Вопросы государственного кадастрового учета земель особо охраняемых природных территорий //Журн. Российского права. 2010. №12(168). С.110-116.
5. Калюжин В.А., Мушич Ю.А., Савченко П.В., Бугаков П.Ю., Рябекова О.Б., Лукашевич Г.А. Исследования подходов интеграции системы ведомственного кадастра в систему бухгалтерского учета учреждения // Интерэкспо Гео-Сибирь. 2008. Том 2. Вып. 1. С.116-120.
6. Калюжин В.А., Мушич Ю.А., Савченко П.В. Разработка принципов и подходов интеграции системы ведомственного кадастра в систему бухгалтерского учета образовательных учреждений. // Интерэкспо Гео-Сибирь. 2008. Т. 2. Вып. 2. С.64.
7. Калюжин В.А., Мушич Ю.А., Савченко П.В. Функциональные схемы интеграции системы ведомственного кадастра в систему бухгалтерского учета //Интерэкспо Гео-Сибирь. 2007. Т. 2. Вып. 2. С.106-112.
8. Автоматизированная информационная система «Кадастра предприятия» [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.geocad.ru/new/site/Products/Aisent.html>.
9. Проекты DATA+ за 1999-2005 годы [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.dataplus.ru/Projects/Ukos01kad.htm>.
10. Разработки ГИСУМР [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://drkb.vvsu.ru>.

THE EFFECTIVENESS OF CREATING A DEPARTMENTAL CADASTRE OF PROTECTED AREAS ON THE EXAMPLE OF THE FEDERAL STATE BUDGETARY INSTITUTION "VISHERSKY STATE RESERVE"

Yu.A. Rogiznaya, A.D. Rogiznaya

Perm State Technical University, Perm, Russia

Abstract: Criteria for the effective use of the reserve's available resources have been developed, which make it possible to purposefully manage federal property. The work was carried out on the example of the Federal State Budgetary Institution "Vishersky State Reserve" on the implementation of the departmental cadastre.

Keywords: departmental cadastre, protected areas, management, databases, accounting systems

References

1. Varlamov A.A., Shapovalov D. Improving the management system of the land and property complex as an information basis for sustainable economic development of the Russian Federation // Power. 2012. No. 1. P. 69-73.
2. Zhemerya A.V. Automation in geodesy, photogrammetry and cartography // News of higher educational institutions: geodesy and aerial photography. 2003. No.5. P. 117-127.
3. Zhemerya A.V. Improvement of remote access methods to the topographic component of AIS "Departmental Cadastre" of the Federal Agency for Education of the Russian Federation: abstract of the dis. For the Candidate of Technical Sciences. Moscow State University of Geodesy and Cadastre. Moscow. 2004.
4. Ivanova E.N. Issues of state cadastral registration of lands of specially protected natural territories. // Journal. Russian law. 2010. №12(168). P.110-116.
5. Kalyuzhin V.A., Mushich Yu.A., Savchenko P.V., Bugakov P.Y., Ryabekova O.B., Lukashevich G.A. Research of approaches to the integration of the departmental cadastre system into the accounting system of the institution // Interexpo Geo-Siberia. 2008. Vol. 2. Issue 1. P. 116-120.
6. Kalyuzhin V.A., Mushich Yu.A., Savchenko P.V. Development of principles and approaches for integrating the departmental cadastre system into the accounting system of educational institutions // Interexpo Geo-Siberia. 2008. Vol. 2. Issue 2. P. 64
7. Kalyuzhin V.A., Mushich Yu.A., Savchenko P.V. Functional schemes of integration of the departmental cadastre system into the accounting system // Interexpo Geo-Siberia. 2007. Vol. 2. Issue 2. P. 106-112.
8. Automated information system "Cadastre of the enterprise" [Electronic resource]. - Access mode: <http://www.geocad.ru/new/site/Products/Aisent.html> .
9. DATA+ projects for 1999-2005 [Electronic resource]. Access mode: <http://www.dataplus.ru/Projects/Ukos01kad.htm> .
10. GISUMR developments [Electronic resource]. Access mode: <http://drkb.vvsu.ru> .

УДК 631.41

ВЛИЯНИЕ ЛЕСОМЕЛИОРАЦИИ НА ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА СВЕТЛО-КАШТАНОВЫХ ПОЧВ ТЕМИРСКОГО РАЙОНА АКТЮБИНСКОЙ ОБЛАСТИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

М.А. Сатыбалдин^{1,2}, Л.В. Яковлева²

¹ ТОО «Janinvest», г. Актобе, Республика Казахстан

² Астраханский государственный университет им. В.Н. Татищева, г. Астрахань, Россия

e-mail: satybaldin.maksat@mail.ru

Аннотация. В статье приведены результаты исследования изменения химического состава почв под насаждениями возрастом 5-ти и 9-ти лет в сравнении с целиной. Исследования проводились путем закладки почвенных разрезов. Почва под лесными насаждениями отличаются от целины: по величине рН почвенного раствора, содержанию гумуса, отсутствием солевых отложений.

Ключевые слова: лесные насаждения, химические свойства почв.

Введение. Темирский район, согласно схеме физико-географического районирования Республики Казахстан, приурочена к полупустынной ландшафтной зоне умеренного пояса, Северо-Прикаспийской области, Узень-

Уральско-Эмбенской провинции, Уил-Эмбинскому округу, Сагыз-Эмбинскому району [1, 4].

Растительный покров представлен грудницево-типчаково-тырсиковыми, полынными, ксерофитноразнотравно-типчаково-полынными сообществами. Среди светло-каштановых почв отмечается значительное, по сравнению с сухостепной зоной, увеличение солонцов с камфоросмово-чернополынными, биюргуновыми сообществами [15].

В настоящее время почвы испытывают большую сельскохозяйственную нагрузку в виде выпаса скота и сенокоса. Так же на территории района действуют крупные месторождения нефти и природного газа. На территории района агролесомелиоративные мероприятия проводит КГУ «Темирское лесное хозяйство». Насаждения высаживаются кулисным методом в виде поле-почвозащитных лесных полос.

Цель работы – изучение влияния защитных лесных полос на химические свойства почв на территории Темирского района Актюбинской области.

Задачи исследования - изучить особенности почвообразования и почвенный покров территорий, отведенных под лесомелиоративное возделывание, провести химическое изучение свойств почв, выявить влияние защитных лесных полос на химические свойства и плодородие почв.

Материалы и методы. Исследуемые территории находятся в пустынно-степной (полупустынной) зоне на светло-каштановых, солонцеватых, малогумусных, тяжелосуглинистых (Толганайское лесничество) и супесчаных (п. Кенкияк) почвах. Почвообразующие породы представляют глинистые и супесчаные отложения.

Для сопоставления изменения свойств почв в искусственных лесных насаждениях выбраны два участка Темирского района Актюбинской области:

- возле поселка Кенкияк: разрез №1 на целине, №2 в насаждениях вяза перистоветвистого (возраст 5 лет), на светло-каштановых солонцеватых почвах.

- в квартале №57 Толганайского лесничества: разрез №1 в насаждениях вяза перистоветвистого (возраст 9 лет), разрез №2 на прогалине.

Основные почвенные разрезы заложены непосредственно в насаждениях на расстоянии 50-70 см от деревьев. Разрезы на целине были заложены на участках непокрытых лесом. В процессе закладки разрезов были отобраны 12 почвенных образцов в соответствии с ГОСТ 12071-2014, ГОСТ 25100-2020 [5, 6]. Почвенные образцы отбирались методом конверта. Для последующего проведения химического анализа пробы почвенных образцов отбирали по всей ширине каждого горизонта почвенного профиля и высушивали до воздушно-сухого состояния. Анализы почвенных образцов были произведены в лаборатории ТОО «АГЛ-Актобе» (Республика Казахстан, город Актобе) по общепринятым методикам согласно нормативным документам: ГОСТ 27753.2-88 [7], ГОСТ 26423-85 [8], ГОСТ 26426-85 [9], ГОСТ 26424-85 [10], ГОСТ 27753.9-88 [11], ГОСТ 27753.11-88 [12], ГОСТ 27753.6-88 [13], ГОСТ 23740-79 [14].

Экспериментальная часть и обсуждение результатов. Проведенные исследования показывают, что лесомелиоративные мероприятия в целом благоприятно влияют на химический состав почвенного покрова. Рассматривая химический состав почвенных горизонтов на целине и в насаждениях, следует отметить, что почвенные горизонты за время произрастания деревьев подверглись очевидному их влиянию. Оценить влияние лесомелиорации на изменение свойств почв, можно изучив их химические показатели (табл.). В первую очередь заметны изменения в содержании гумуса в почве: возле поселка Кенкияк в насаждениях гумус больше на 0,39% чем на целине, в насаждении Толганайского лесничества гумус больше чем на прогалине на 0,6%. Почвы под насаждениями возле поселка Кенкияк имеют нейтральную реакцию, тогда как на целине почва слабощелочная. Почвы на прогалине в Толганайском лесничестве промываются на меньшую глубину и имеет сильнозасоленную степень по содержанию хлора и сульфата на глубине 60 см, тогда как почва под насаждениями почва промывается на большую глубину и не имеет признаков засоления. Так же в почвах на целине возле поселка Кенкияк обнаружены засоления в нижних горизонтах, почвы под насаждениями не имеют признаков засоления, на что также указывали в своих работах и другие авторы [2, 3].

Таблица

Результаты анализа водной вытяжки и содержание гумуса в почвенных образцах с территории Темирского района Актюбинской области [16].

№ ПР	Горизонт, см	Плотный остаток, %	рН	Гумус, %	Содержание ионов, ммоль / 100 г					Степень засоления
					K ⁺ + Na ⁺	Ca ²⁺	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	HCO ₃ ⁻	
Разрез №1 (п. Кенкияк), светло-каштановая почва, целина										
1.	A (0–15)	0,172	7,4	0,3	1,601	0,5	0,600	0,351	1,4	Незасоленная
	BC (15–27)	-	7,5	-	-	-	1,20	3,75	1,42	Слабозасоленная
	C (27–91)	-	7,7	-	-	-	1,20	6,701	1,32	Слабозасоленная
Разрез №2 (п. Кенкияк), светло-каштановая солонцеватая почва, под лесонасаждениями, возраст 5 лет										
2.	A (0–15)	0,093	6,6	0,69	0,285	1,00	0,125	0,66	0,5	Незасоленная
	BC (15–45)	-	7,1	-	-	-	0,125	0,437	0,45	Незасоленная
	C (45–145)	-	7,5	-	-	-	0,125	0,548	0,35	Незасоленная
Разрез №1 (квартал 57 Толганайского лесничества), светло-каштановая солонцеватая почва, под лесонасаждениями, возраст 9 лет										
3.	A (0–32)	0,084	7,1	0,78	0,872	0,25	0,125	0,497	0,5	Незасоленная
	BC (32–46)	-	7,9	-	-	-	0,125	0,291	1,00	Незасоленная
	C (46–86)	-	8,0	-	-	-	0,125	0,317	0,5	Незасоленная
Разрез №2 (квартал 57 Толганайского лесничества), светло-каштановая солонцеватая почва, прогалина										
4.	A (0–19)	0,116	7,7	0,18	1,35	0,125	0,125	0,3	1,05	Незасоленная
	BC (19–31)	-	8,3	-	-	-	0,5	0,351	1,00	Незасоленная
	C (31–60)	-	7,9	-	-	-	11,0	36,343	0,5	Сильнозасоленная

Заключение. Полученные результаты позволяют сделать следующие выводы:

1. Содержание гумуса на светло-каштановых почвах под лесными насаждениями выше по сравнению с почвами на непокрытых лесом угодьях. Листовой опад и более густая травянистая растительность способствует большему накоплению гумуса в почве.

2. Почвы под насаждениями можно отнести к нейтральным, тогда как почвы на целине имеют слабощелочную и щелочную реакцию.

3. В нижних горизонтах почвы на целине отмечаются слабое и сильное засоление сульфатно-хлоридного типа, тогда как почва под насаждениями не имеет признаков засоления. Корневая система деревьев способствует более глубокому промачиванию почвы, тем самым ускоряет процесс рассоления почвенного покрова.

Проведенные исследования по определению влияния лесных насаждений на свойства почв позволяет определить перспективу лесомелиоративных мероприятий. Оздоровление почв в условиях интенсивного опустынивания наиболее эффективна и долговечна путем воспроизводства защитных лесных насаждений. Поэтому исследований в рамках данной проблемы имеют большие перспективы для дальнейшего изучения.

Литература

1. Атлас Казахской ССР. Главное управление геодезии и картографии при Совете министров СССР. Москва, 1990.
2. Белых Ю.В., Сизов Е.Г., Лёвин А.А. Физические свойства чернозема выщелоченного под различными древесными породами полей защитных лесных полос // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2015. №8 (130). С. 61-65.
3. Васильченко Н.И., Звягин Г.А., Петрова А.А. Влияние полей защитных лесополос на основные показатели плодородия черноземов южных Северного Казахстана // Вестник РГАТУ. 2020. №1 (45). С. 9-14.
4. Вилесов Е.Н., Науменко А.А., Веселова Л.К., Аубекеров Б.Ж. Физическая география Казахстана: учебное пособие. Алматы: Изд-во «Казак университет», 2009. 362 с.
5. ГОСТ 12071-2014. Грунты. Отбор, упаковка, транспортирование и хранение образцов. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200116021>.
6. ГОСТ 25100-2020. Грунты. Классификация. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200174302>
7. ГОСТ 27753.2-88. Грунты тепличные. Метод приготовления водной вытяжки. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200023534>.
8. ГОСТ 26423-85. Методы определения удельной электрической проводимости, рН и плотного остатка водной вытяжки. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200023484>
9. ГОСТ 26426-85. Почвы. Методы определения иона сульфата в водной вытяжке. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200023487>.
10. ГОСТ 26424-85. Почвы. Методы определения ионов карбоната и бикарбоната в водной вытяжке. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200023485>.
11. ГОСТ 27753.9-88. Грунты тепличные. Методы определения водорастворимых кальция и магния. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200023544>.
12. ГОСТ 27753.11-88. Грунты тепличные. Методы определения хлорида. URL:

<https://docs.cntd.ru/document/1200023546>.

13. ГОСТ 27753.6-88. Грунты тепличные. Методы определения водорастворимого калия. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200023540>.

14. ГОСТ 23740-79. Грунты. Методы лабораторного определения содержания органических веществ. URL: <https://docs.cntd.ru/document/871001089>.

15. Кудрин Р.Д. Агроклиматический справочник по Актыбинской области. Алма-Ата: Изд-во «Казгосиздат», 1960. 119 с.

16. Рабочий проект подготовки дендрологического плана Кенкиякского сельского округа. Проектировщик: ТОО «Jan invest». Актобе. 2021.

INFLUENCE OF FOREST RECLAMATION ON THE CHEMICAL PROPERTIES OF LIGHT CHESTNUT SOILS IN THE TEMIR DISTRICT OF THE AKTOBE REGION OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

M.A. Satybalдин^{1,2}, L.V. Yakovleva²

¹Janinvest LLP, Aktobe, Republic of Kazakhstan

²Astrakhan State University V.N. Tatishchev, Astrakhan, Russia

Abstract. The article presents the results of a study of changes in the chemical composition of soils under plantations aged 5 and 9 years in comparison with virgin soil. The studies were carried out by laying soil cuts. The soil under forest plantations differs from virgin soil in terms of the pH value of the soil solution, the content of humus, and the absence of salt deposits.

Keywords: forest plantations, chemical properties of soils.

References

1. Atlas of the Kazakh SSR. Main Directorate of Geodesy and Cartography under the Council of Ministers of the USSR. Moscow 1990.
2. Belykh Yu.V., Sizov E.G., Levin A.A. Physical properties of leached chernozem under various tree species of field-protective forest belts. Bulletin of the Altai State Agrarian University No. 8 (130), 2015. P. 61-65.
3. Vasilchenko N.I., Zvyagin G.A., Petrova A.A. Influence of shelterbelts on the main indicators of fertility of southern northern Kazakhstan chernozems. Bulletin of RSATU, No. 1 (45), 2020. P. 9-14.
4. Vilesov E. N., Naumenko A. A., Veselova L. K., Aubekero B. Zh. Physical geography of Kazakhstan: textbook. - Almaty: Publishing House «Cossack University», 2009. 362 p.
5. Standartinform(Interstate council for standardization) (2014) Soils. Selection, packaging, transportation and storage of samples, 12071-2014.
6. Standartinform(Interstate council for standardization) (2021) Soils. Classification, 25100-2020
7. Standartinform(Gosstandart of the USSR) (1988)Greenhouse soils. Water extract preparation methods, 27753.2-88.
8. Standartinform(Gosstandart of the USSR) (1985) Soils. Methods for determining the specific electrical conductivity, pH and dense residue of aqueous extract, 26423-85.
9. Standartinform(Gosstandart of the USSR) (1985) Soils. Methods for determining the sulfate ion in water extract, 26426-85.
10. Standartinform(Gosstandart of the USSR) (1985) Soils. Methods for determination of carbonate and bicarbonate ions in water extract, 26424-85.
11. Standartinform(Gosstandart of the USSR) (1988) Greenhouse soils. Methods for determining water-soluble potassium and magnesium, 27753.9-88.
12. Standartinform(Gosstandart of the USSR) (1988) Greenhouse soils. Methods for the determination of chloride, 27753.11-88.
13. Standartinform(Gosstandart of the USSR) (1988) Greenhouse soils. Methods for the determination of water-soluble potassium (as amended), 27753.6-88
14. Standartinform(Gosstandart of the USSR) (1988) Soils. Methods for laboratory determination of organic matter content, 23740-79.

15. Kudrin R.D. Agro-climatic guide for the Aktobe region. Alma-Ata: Publishing house «Kazgosizdat», 1960. 119 p.
16. Working draft of the preparation of the dendrological plan of the Kenkiyak rural district. Designer: Jan invest LLP. Aktobe, 2021.

УДК 631.416.4: 631.445.9

ВЛИЯНИЕ КАЛИМАГА НА КАЛИЙНЫЙ РЕЖИМ АЛЛЮВИАЛЬНОЙ ДЕРНОВОЙ КИСЛОЙ ПОЧВЫ НЕЧЕРНОЗЕМНОЙ ЗОНЫ

А.А. Старкова, М.Г. Субботина
ФГБОУ ВО Пермский ГАТУ, Пермь, Россия
e-mail: astarkova40@gmail.com

Аннотация. В работе рассмотрены результаты исследований агрохимических свойств аллювиальной дерновой кислой маломощной малогумусной почвы Пермского края Карагайского муниципального округа и влияние подкормки калимагом на её калийный режим.

Ключевые слова: легкоподвижный калий, подвижный калий, необменный калий, калимаг.

Площадь аллювиальных дерновых почв в Пермском крае составляет 807,8 тыс. га или 5,1 % площади, сельскохозяйственные предприятия используют 308,3 тыс. га, из которых 34,2 тыс. га заняты пашней, а остальное приходится в основном на сенокосы, пастбища и леса [5].

В поймах рек нечерноземной зоны России наблюдается большая пестрота почв. Она обусловлена несколько отличными от водораздельных участков природными условиями. В Пермском крае это прежде всего чрезвычайно разнообразный рельеф, представляющий систему валов, понижений, бугров. Кроме известных процессов почвообразования, здесь проявляется еще аллювиальный процесс, заключающийся в отложении полыми водами реки аллювиального наноса. В Карагайском муниципальном округе большая часть аллювиальных почв сформирована в пойме реки Обва. Почвообразующей породой в поймах является современный аллювий, цоколь толщи которого на исследуемой территории состоит из песчаных аллювиальных отложений. С увеличением толщины аллювий по механическому составу становится более тяжёлым, а его слои тонкими, менее заметными.

Основная часть пойменных лугов Карагайского муниципального округа на сегодняшний день используется в качестве сенокосов и пастбищ. В засушливые годы, случаи которых участились за последние 10 лет на исследуемой территории, такие участки дают основные запасы сена и сенажа для обеспечения кормами животноводства в стойловый период. Пастбищные нагрузки, изменяют структуру и условия функционирования пойменных лугов (проективное покрытие, видовой состав, запасы ветоши и живых корней), постепенно снижают содержание гумуса, ухудшается водно-воздушный режим, снижается

микробиологическая активность. Происходит разрушение верхнего горизонта почвы, смывается плодородный слой на склонах и ухудшаются физико-химические свойства почв. В результате этого пойменные биогеоценозы слабо выполняют барьерные функции в ландшафтах пойм.

Исследования проводили на территории ООО «Поле» с. Козьмодемьянск Карагайского муниципального округа в 2023 г. на затопляемом пойменном участке площадью 20 га используемом под сенокос на протяжении 15 лет, который обычно после второго укоса хозяйством используется под пастбище. Для характеристики почвы и отбора проб были заложены 2 разреза и прикопки. Растительный покров представлен луговым разнотравьем, основные представители: тимофеевка луговая, ежа сборная, мятлик луговой, клевер луговой, клевер белый, райграс пастбищный, люцерна изменчивая и др. Проектное покрытие травами на уровне 92%. Лабораторные исследования почвы проводили по стандартным методикам.

По агроэкологической классификации почв России (В.И. Кирюшин, 2010) почва исследуемого участка является аллювиальной дерновой кислой маломощной малогумусной. В таблице 1 представлена агрохимическая характеристика гумусового горизонта (0-22 см). На глубине 36 см отмечены следы давней вспашки плугом. Почва характеризуется среднекислой и слабокислой реакцией среды, повышенным содержанием подвижного фосфора и очень низким подвижного калия. Сумма поглощённых оснований высокая, емкость катионного обмена средняя.

Таблица 1

Агрохимическая характеристика гумусового горизонта аллювиальной дерновой кислой маломощной малогумусной почвы (0-22 см)

Гумус, %	S	Hг	ЕКО	V, %	pH _{KCl}	K ₂ O, мг/кг	P ₂ O ₅ , мг/кг
	мг-экв/100г почвы						
1,59-2,32	24,9-32,2	1,1 - 2,7	27,6 - 33,2	90 - 97	5,4 – 5,8	34 - 40	103-110

По данным агрохимического обследования почвы участка в 2016 г., группа обеспеченности подвижным калием была низкая (41-80 мг/кг). За 7 лет произошло значительное снижение содержания подвижного калия за счет постоянного выноса многолетними травами с отчуждаемой кормовой продукцией. Внесения удобрений за указанный период хозяйством не осуществлялось.

При использовании лугов в качестве сенокосов, ежегодно происходит вынос питательных веществ. Луговые травы потребляют большое количество элементов питания, что обусловлено длительным вегетационным периодом и использованием травостоя в ранние фазы развития (период максимального поглощения азота и калия). С 1 т сена на улучшенных сенокосах выносятся 16,1 кг азота, 4,9 кг фосфора и 22,0 кг калия, на культурных пастбищах вынос с 1 т зеленой массы составляет: азота – 5,3, фосфора – 0,8, калия – 4,9 кг [8, 11]. В зависимости от состояния лугов (проектное покрытие, ботанический состав, режим использования, обеспеченность влагой и питательными веществами и т.д.) в качестве

мер по повышению продуктивности сенокосов и пастбищ необходим своевременной подсев многолетних трав и внесение удобрений в запас и подкормки, в частности калийных и магниевых удобрений, так данные элементы интенсивнее поглощаются многолетними культурами и выносятся с зеленой массой [2, 3].

Калий в почве и растениях содержится в катионной форме, а его соединения хорошо растворимы, что обуславливает его основную физиологическую функцию. Содержание калия в почвах наследуется от почвообразующей породы, условий ее выветривания, условий почвообразования и химических свойств самого элемента. В результате этих процессов в почвах различают несколько форм калия (калий минерального скелета, калий необменный, калий обменный, калий почвенного раствора), по степени подвижности и пригодности для поглощения корневой системой растений, калий в формах находится в равновесном состоянии и способен переходить из одной формы в другую. Для питания растений наиболее важными являются водорастворимая и обменная формы калия, а также часть необменного – легкогидролизуемый калия [1, 9, 12].

После диагностики обеспеченности элементами питания проведено внесение удобрения калимаг в разброс без заделки в период весеннего отрастания трав в дозе 40 кг K₂O/га. Содержание форм калия в исследуемой аллювиальной дерновой кислой маломощной малогумусной почвы до и после внесения калимага представлены в таблице 2.

Таблица 2

Содержание различных форм калия в гумусовом горизонте аллювиальной дерновой кислой маломощной малогумусной почвы (0-22 см), мг/кг

Водорастворимый калий	Легкоподвижный калий по Скофилду	Подвижный калий по Кирсанову	Необменнопоглощенный калий по Гедройцу	Отношение обменного калия к необменному
<i>Смешанный образец до внесения калимага</i>				
14	5,4	34	189	0,21
<i>Смешанный образец через 30 дней после внесения калимага</i>				
32	4,9	81	190	0,45

Доступность калия растениям зависит от превращений его подвижных и неподвижных форм в почвах, т.е. процессов мобилизации и иммобилизации питательного элемента. Выраженность этих процессов определяется: типом почвы, степенью насыщенности ее калием, минералогическим составом, содержанием илстой фракции и энергией связи калия с гранулометрическими фракциями, внесением удобрений, фиксирующей способностью, а также их водным режимом [6, 7].

Наиболее подвижная и доступная для растений форма калия – это легкоподвижная, извлекаемая солевой вытяжкой 0,01M CaCl₂. Эта форма калия находится на поверхностном слое почвенно-поглощающего комплекса и создает равновесную концентрацию между жидкой и твердой фазой почвы [4].

По результатам исследования содержание легкоподвижного калия в почве низкое, после внесения калимага не изменилось и находилось на уровне от 4,9 до 5,4 мг/кг почвы. Содержание водорастворимой формы калия увеличилось на 18 мг/кг, обеспеченность средняя. Эта форма лучше и легче усваивается растениями, но его содержимое не полностью отражает условия калийного питания. Для более точного обследования необходимо учитывать обменную (подвижную) и необменную формы калия.

Подвижная форма калия остается важнейшим диагностическим показателем, определяющим уровень калийного питания растений, он находится в почвенно-поглощающем комплексе и доступен растениям наряду с водорастворимой формой. Содержание подвижного калия в гумусовом горизонте исследуемой аллювиальной дерновой кислой маломощной малогумусной почвы увеличилось после внесения калимага на 47 мг/кг, а группа обеспеченности этим элементом изменилась с очень низкой до низкой.

Калий необменный – это часть калия почвы, находящаяся в слюдоподобных минералах и органоминеральных комплексах, частично доступных для растений [9, 10]. Содержание необменного калия по Гедройцу зависит от гранулометрического состава почвы, для супесчаных почв содержание необменно-поглощенного калия от 130 до 250 мг/кг, для среднесуглинистых от 251 до 350 мг/кг, тяжелосуглинистых >351 мг/кг. Данные почвы имеют оптимальный калийный запас необменной формы калия. Отношение обменной формы калия к обменной говорит о доступности K_2O растениям, в исследуемых гумусовых горизонтах наблюдается тенденция к повышению доступности почвенного калия в образцах после внесения калийно-магниевого удобрения.

В заключении можно отметить, что при интенсивном использовании аллювиальной дерновой кислой маломощной малогумусной почвы под сенокосы и пастбища без внесения калийных удобрений, можно наблюдать процесс деградации калийного режима гумусового горизонта почвы. Внесение калимага способствует быстрому улучшению обеспеченности растений калием в подвижной форме и может быть рекомендовано для ежегодного внесения весной после схода воды на затопляемых лугах с целью оптимизации калийного режима аллювиальных дерновых почв, сохранения дальних запасов в составе органоминеральных комплексов и предупреждения их деградации.

Литература

1. Важенин И.Г., Карасева Г.И. О формах калия в почве и калийном питании растений // Почвоведение. 1959а. №3. С. 11-21.
2. Голованов А. И., Айдаров И.П., Григоров М.С. Мелиорация земель. М.: Колос, 2011. 824 с.
3. Голубева А.П. Обменный калий из разных вытяжек // Химия в сельском хозяйстве. 1968. №8. С. 66.
4. Ковриго В.П., Бурламова Л.М. Почвоведение с основами геологии. М.: Колос, 2000. 140 с.
5. Коротчаев Н.Я. Почвы Пермской области. Пермь: Пермское книжное издательство, 1962. 280 с.

6. Меркушева М.Г., Убугунов Л.Л., Болонева Л.Н. Калийное состояние неорошаемых и орошаемых аллювиальных дерновых почв Забайкалья // *Агрохимический вестник*. 2008. №4. С.1-3.
7. Меркушева М.Г., Убугунов Л.Л., Корсунов В.М. Биопродуктивность почв сенокосов и пастбищ сухостепной зоны Забайкалья. Улан-Удэ: Изд-во БНЦ СО РАН, 2006. С. 513-518.
8. Прокошев В.В., Дерюгин И.П. Калий и калийные удобрения. М.: Ледум, 2000. 185 с.
9. Пухальская Н.В., Сычев В.Г., Собачкин А.А., Павлова Н.И. Особенности калийного питания сельскохозяйственных растений в оптимальных и неблагоприятных условиях. М.: ВНИИА, 2009. 27-34 с.
10. Пчёлкин В.У. Почвенный калий и калийные удобрения. М.: Колос, 1966. 336 с.
11. Сискевич Ю.И., Никонова Г.Н. Мониторинг содержания калия в почвах Липецкой области // *Агрохимический Вестник*. 2006. № 6. С. 2-4.
12. Якименко В.Н. Эффективность регулирования режима калия в агроценозах // *Проблемы агрохимии и экологии*. 2008. № 2. С.3-6.

INFLUENCE OF KALIMAG ON THE POTASSIUM REGIME OF THE ALLUVIAL SOIL OF THE NECHERNOZEMIE

A.A. Starkova, M.G. Subbotina
Perm SATU, Perm, Russia

Abstract. In the paper considering the results of studies of the agrochemical properties of the alluvial acidic thin low-humus soil of the Permskii krai of the Karagay Municipal okrug and the effect of feeding with kalimag on its potassium regime.

Keywords: *easily mobile potassium, exchangeable potassium, non-exchangeable potassium, kalimag.*

References

1. Vazenin I.G., Karaseva G.I. About forms of potassium in the soil and potassium nutrition of plants // *Soil science*. 1959a. №3. P. 11-21.
2. Golovanov A.I., Aidarov I.P., Grigorov M.S. Land reclamation. М.: Kolos, 2011. 824 p.
3. Golubeva A.P. Exchangeable potassium from different extracts // *Chemistry in agriculture*. 1968. №8. P. 66.
4. Kovrigo V.P., Burlamova L.M. Soil science with the basics of geology. М.: Kolos, 2000. 140 p.
5. Korotaev N.IA. Soils of Perm region. Perm: Perm Book Publishing House, 1962. 280 p.
6. Mercusheva M.G., Ubugunov L.L., Boloneva L.N. Potassium status of non-irrigated and irrigated alluvial soddy soils in Zabaikalie // *Agrochemical Herald*. 2008. №4. P.1-3.
7. Mercusheva M.G., Ubugunov L.L., Korsunov V.M. Soil bioproductivity of hayfields and pastures in the dry steppe zone in Zabaikalie. Ulan-Ude: Izdatelstvo BNC SO RAN, 2006. P. 513-518.
8. Prokoshev V.V., Derugin I.P. Potassium and potassium fertilizers. М.: Ledum, 2000. 185 p.
9. Pukhalskaya N.V., Sychev V.G., Sobachkin A.A., Pavlova N.I. Features of potassium nutrition of agricultural plants in optimal and unfavorable conditions. М.: VNIIA, 2009. 27-34 p.
10. Pchelkin V.U. Potassium of soils and potassium fertilizers. М.: Kolos, 1966. 336 p.
11. Siskevich I.U.I., Nikonova G.N. Monitoring of potassium content in soils of the Lipetsk region // *Agrochemical Herald*. 2006. № 6. P. 2-4.
12. Iakimenko V.N. Efficiency of potassium regime regulation in agrocenoses // *Agrochemistry and ecology problems*. 2008. № 2. P.3-6.

**ВЛИЯНИЕ УДОБРЕНИЙ И ДЕФЕКТА
НА ТРАНСФОРМАЦИЮ ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКИХ ФРАКЦИЙ
ЧЕРНОЗЁМА ВЫЩЕЛОЧЕННОГО**

К.Е. Стекольников

ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ, Воронеж, Россия

e-mail: soil@agrochem.vsau.ru

Аннотация. Применение удобрений снижает содержание ила, наиболее существенное снижение на вариантах с дефектом, в 2 и 1,6 раза, в чернозёме выщелоченном. Снижается содержание физической глины. Развивается процесс обезиливания. Процесс сопровождается 2-х кратным повышением содержания фракции тонкой пыли на вариантах с дефектом.

Ключевые слова: удобрения дефект гранулометрические фракции чернозём выщелоченный

Поводом для данной работы послужила реакция автора на монографию Ларионова Ю.С. «Закон плодородия почв. Теоретические и методологические основы» [1]. Она опубликована в 2021 году. Работа, безусловно, интересная, но и столь же, несомненно, спорная. Но для автора важны два положения Ларионова, на которых базируется его парадигма о законах почвенного плодородия и биологического земледелия.

1. Как видим в основе биоземледелия лежит корнеоборот, обеспечивающий подъём элементов минерального питания из нижних слоёв почвы (материнская порода является **неисчерпаемым источником** элементов минерального питания – фосфора, калия и др. для растений) в верхний, испытывающий их постоянный дефицит, в связи с ежегодным отторжением с урожаем и где наиболее активно работают все типы корневых систем, создавая этот дефицит [1, С. 193].

2. Способность гуминовых соединений растворять многие почвенные минералы приводит к мобилизации труднодоступных растениям элементов минерального питания [1, С. 224]. На тяжёлых глинистых почвах гуматы способствуют взаимному отталкиванию глинистых частиц за счёт удаления излишних солей и разрушение трёхмерной структуры глины [1, С. 225].

По первому положению, где ключевым определением является вовлечение элементов питания материнских пород (добавим и всего профиля почвы), должно следовать допущение о существенном изменении минералогического и гранулометрического состава почв под влиянием деятельности микроорганизмов, корневых эксудатов и гумусовых кислот, а также минеральных и органических удобрений и дефеката. Однако возразим Ларионову по его утверждению о неисчерпаемости минеральной части почвы как источника элементов питания. Нет в природе неисчерпаемых источников. Всё конечно. Но длительное

потребление элементов питания из минеральной части почв неминуемо должно сопровождаться изменениями минералогического и гранулометрического состава. Эти изменения мы наблюдаем повсеместно, особенно в чернозёмных почвах, в которых за последние десятилетия интенсивно развиваются процессы слитизации [2]. Так называемая, биологизация современного российского земледелия направленная на истощение почв (а вернее грабёж) только усугубит эту ситуацию. Нельзя уповать на природу не соблюдая её элементарные законы, прежде всего **закон возврата**. В естественных ценозах, круговорот химических элементов **замкнутый**, ведь вся созданная органика остаётся на месте. В агроценозах, как сам же совершенно верно отмечает Ларионов, отчуждаемые с биомассой элементы питания обуславливают **разомкнутый** характер их круговорота. Никакая биологизация не в состоянии компенсировать этот вынос. Следовательно, растения будут вынуждены затрачивать продукты фотосинтеза на формирование мощной корневой системы и корневые эксудаты для разрушения минеральной фазы, и тем самым покрывать дефицит элементов питания. Как следствие будет изменяться минералогический и гранулометрический состав наших почв. У всего живого есть только одна стратегия выживания – **дать потомство, воспроизвести себя**. Тут вполне уместно одно популярное российское выражение – «За ценой не постоим». Но за это придётся заплатить низкой продуктивностью с.-х. культур и разрушающим истощением пахотных почв. Поборники биологизации признают более низкую урожайность биологизированных систем земледелия, но их это нисколько не смущает. Ведь низкая урожайность компенсируется высокой ценой продукта. Главная цель биологизаторов **маржа**, а не горячее желание накормить население «экологически чистой» продукцией. Карман, прежде всего, но не здоровье населения.

Минералогические исследования вследствие отсутствия соответствующего оборудования, мы выполнить не можем. А вот методика определения гранулометрического состава вполне доступна. Поэтому для выявления влияния живых организмов, удобрений и дефеката на трансформацию гранулометрических фракций мы выполнили настоящее исследование.

В качестве рабочей гипотезы мы предполагаем изменение содержания тонкодисперсных фракций под влиянием вышеперечисленных факторов.

Объект и методы исследования. Объектом исследований является чернозём выщелоченный в стационарном опыте с удобрениями и мелиорантами, заложенный в 1987 году. Опыт включает 15 вариантов, из них выбраны следующие варианты: 1 – контроль, 2 – органический фон – 60 т/га навоза КРС, 3 – фон +N₆₀P₆₀K₆₀, 5 – фон + N₁₂₀P₁₂₀K₁₂₀, 13 – фон + дефекат, 15 – дефекат + N₆₀P₆₀K₆₀. В опыте освоен 6-польный севооборот со следующим чередованием культур: пар, озимая пшеница, сахарная свёкла, вико-овсяная смесь, ячмень. Навоз вносился в чёрном пару, дефекат вносили трижды, в начале первой (1987 г.), третьей (1999 г.) ротации. В четвертой (2005 г.) ротации севооборота дефекат

был внесен в дозе 22 т/га на 13 и 15 вариантах. В опыте применялись аммиачная селитра, двойной суперфосфат, хлористый калий.

Образцы почв отбирались послойно до глубины 1 метр с шагом 20 см. Гранулометрический состав был определен в 2017 году по методу Качинского.

Результаты исследований. Результаты исследований представлены на рисунках 1-3. То, что деструкция отдельных гранулометрических фракций возможна, подтверждается и полученными нами данными. Содержание и характер их распределения определяется несколькими факторами. В нашем случае это органические, минеральные удобрения и дефектат. Рассмотрим изменения содержания и характера распределения фракций мелкого песка (0,25-0,05 мм), крупной и средней пыли (0,05-0,01 мм) и (0,01-0,005 мм) соответственно. Так на контроле содержание мелкого песка в пахотном слое составляет 15,03%. На варианте органического фона оно снижается до 10,71%, а на вариантах с удобрениями и дефектатом повышается до 19,82, 45,82, 23,76 и 34,12% соответственно. Содержание крупной пыли на контроле составляло 43,68%, а на удобренных вариантах и с дефектатом 46,90, 20,91, 45,82, 21,88 и 17,80% соответственно. Таким образом, если минеральные удобрения повышали содержание мелкого песка и крупной пыли, а органические удобрения и дефектат снижали долю крупной пыли (рис. 1).

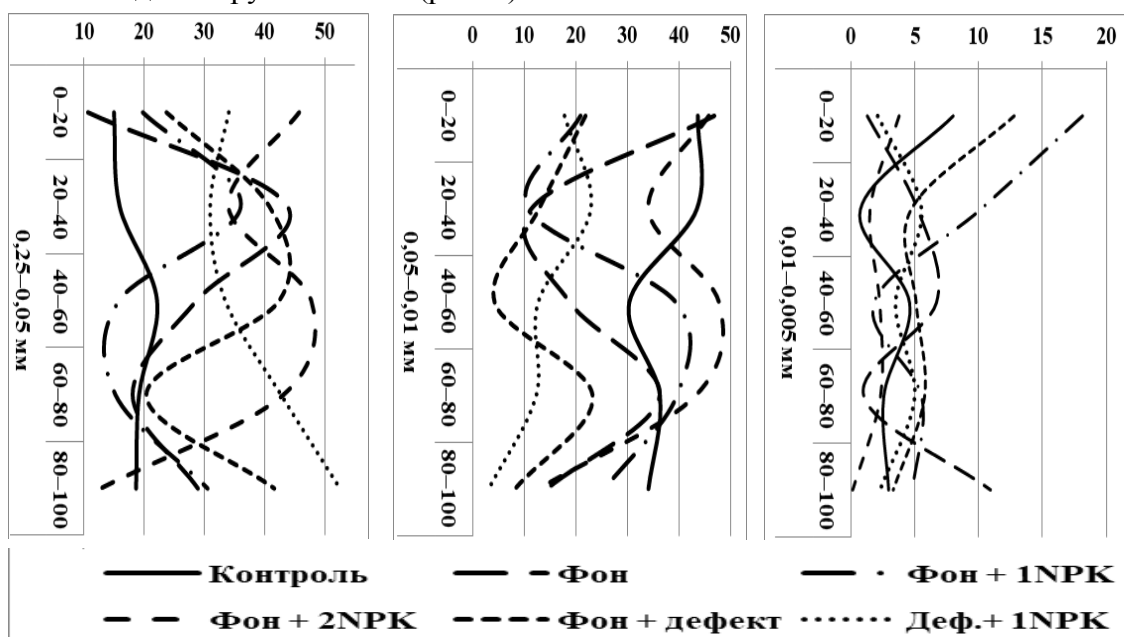


Рисунок 1. Влияние удобрений и дефектата на содержание фракций песка крупной и средней пыли, %

Распределение по профилю мелкого песка и крупной пыли элювиально-иллювиальное. Трансформация фракции средней пыли (0,01-0,005 мм) имеет неоднозначный характер. На контроле её содержание составляет 8,02%. Внесение навоза и двойной дозы минеральных удобрений по органическому фону и дефектата с минеральными удобрениями резко снижает содержание средней пыли. Внесение одинарной дозы минеральных удобрений по органическому фону и

дефектата в 2-1,5 соответственно раза повышает содержание средней пыли. Распределение этой фракции по профилю элювиально-иллювиальное.

Изменения в содержании фракций мелкой пыли (0,005-0,001 мм) ила (<0,001 мм), и физической глины (<0,01 мм) представлены на рисунке 2.

Как следует из данных рисунка 2, содержание фракции мелкой пыли в пахотном слое на контроле составляет 8,02%. Внесение навоза и двойной дозы минеральных удобрений по органическому фону минеральных удобрений резко, в 2,4 и 3,3 раза снижает содержание мелкой пыли.

Внесение одинарной дозы минеральных удобрений по органическому фону практически не изменяет содержание мелкой пыли, а внесение дефектата по органическому фону и совместно с одинарной дозой минеральных удобрений более чем в 2 раза повышает её содержание. Характер распределения по профилю мелкой пыли элювиально-иллювиальный.

Содержание ила в пахотном слое на контроле 21,20%. Внесение навоза и минеральных удобрений по органическому фону повышает содержание ила, а на вариантах с дефектатом оно снижается до 15,36 и 18,50% соответственно. Распределение ила по профилю элювиально-иллювиальное, однако, степень дифференциации профиля слабая. Содержание физической глины в пахотном слое на контроле составляет 32,12%. Внесение органики и двойной дозы минеральных удобрений по органическому фону практически не влияет на содержание физической глины. Внесение одинарной дозы минеральных удобрений по органическому фону и дефектата по этому фону и дефектата совместно с одинарной дозой минеральных удобрений повышает содержание физической глины до 49,86, 43,92 и 37,60% соответственно. Распределение физической глины по профилю элювиально-иллювиальное.

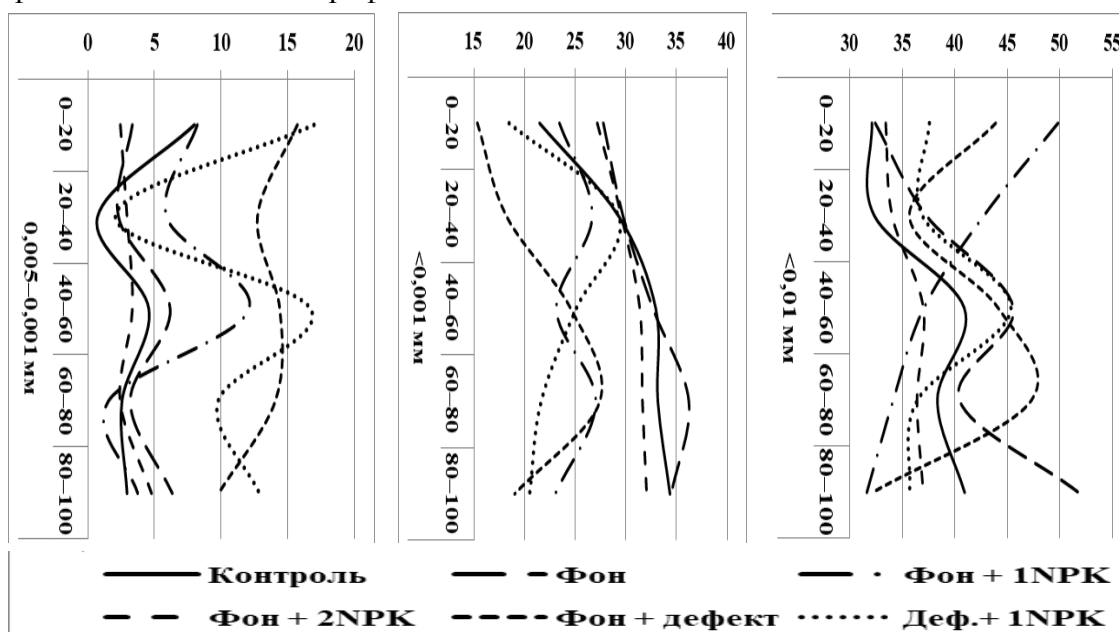


Рисунок 2. Влияние удобрений и дефектата на содержание фракций мелкой пыли, ила и физической глины, %

На вариантах с минеральными удобрениями по органическому фону степень дифференциации профиля минимальная. Как следует из полученных нами данных, внесение органических, органоминеральных удобрений и дефектата по органическому фону и с минеральными удобрениями оказывают неоднозначное влияние на трансформацию гранулометрических фракций за 30 лет наблюдений.

На рисунке 3 для выявления изменений мы добавили сведения по содержанию ила и физической глины на момент закладки опыта (1987 г.), что позволит выяснить изменения гранулометрических фракций не только по отношению к контролю, но и к исходному состоянию. И в этом случае выявляются иные закономерности.

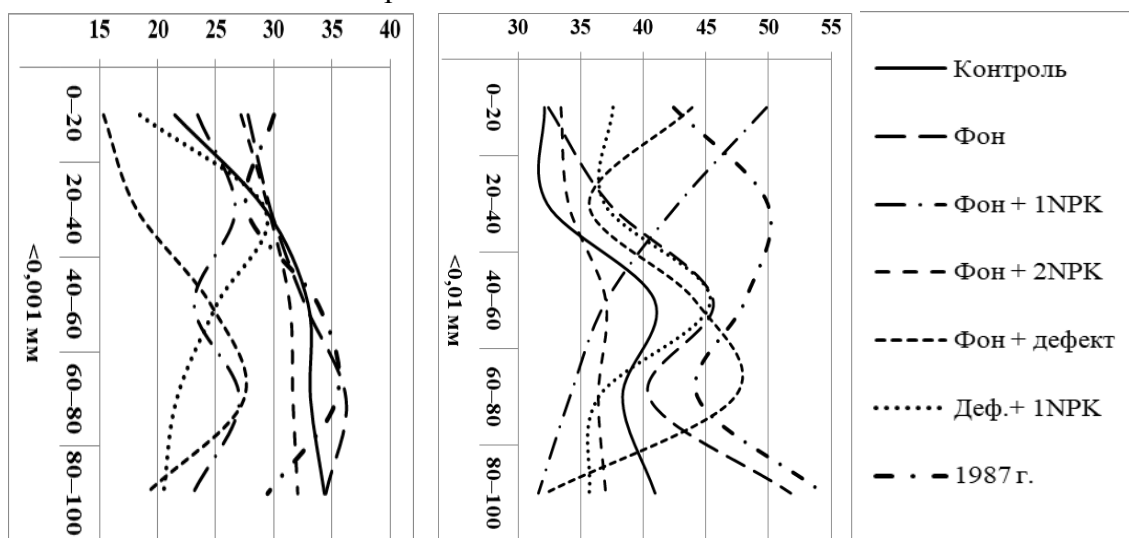


Рисунок 3. Влияние удобрений и дефектата на содержание фракций ила и физической глины, % с учётом исходного состояния (1987 г.)

Как следует из данных рисунка 3, содержание ила в пахотном слое изучаемой почвы составило 30,04%. Внесение органических и органоминеральных удобрений, снижает содержание ила в пахотном слое изучаемой почвы. Но и на контроле наблюдается снижение его содержания примерно на 1/3 (на 8,54%). Однако минимальное содержание ила относительно исходного состояния выявлено на варианте с дефектатом по органическому фону – 15,36%, т.е. почти в 2 раза. Несколько меньшее снижение содержания ила – в 1,6 раза, наблюдается на варианте с дефектатом совместно с одинарной дозой минеральных удобрений. Это позволяет нам сделать вывод о развитии процесса обезиливния профиля чернозёма выщелоченного под влиянием удобрений и дефектата.

Содержание физической глины относительно исходного состояния в пахотном слое неоднозначное. На вариантах с дефектатом по органическому фону и одинарной дозой минеральных удобрений по органическому фону оно выше на 1,48 и 7,42%, а на остальных вариантах, включая и контроль, заметно ниже (на 5-10%). В исходном состоянии по содержанию физической глины в профиле наблюдаются два максимума – в слое 20-40 и 80-100 см. На вариантах контроля,

органического фона, с двойной дозой минеральных удобрений по органическому фону и с дефекатом совместно с одинарной дозой минеральных удобрений этот максимум наблюдается в слое 40-60 см, а с дефекатом по органическому фону в слое 60-80 см.

Нами выявлено снижение содержания физической глины, т.е. под действием удобрений и дефеката происходит облегчение гранулометрического состава чернозёма выщелоченного. Однако это, как и обезиливание, наблюдается и на контрольном варианте, причём очень существенное, как это и должно быть вследствие дефицита элементов питания.

Выводы.

1. Установлено, что длительное применение различных систем удобрения и дефеката снижает содержание ила. Наиболее выражено оно на вариантах с дефекатом. Есть основание для констатации процесса обезиливания профиля чернозёма выщелоченного.

2. Системы удобрения и дефекат снижают содержание физической глины, т.е. способствуют облегчению гранулометрического состава чернозёма выщелоченного. Однако обезиливание и облегчение гранулометрического состава выявлено и на контрольном варианте. Поэтому требуются дальнейшие исследования.

3. Обезиливание на вариантах с дефекатом сопровождается 2-х кратным повышением содержания фракции мелкой пыли.

Литература

1. Ларионов Ю.С. Закон плодородия почв. Теоретические и методологические основы [Текст]: монография. Новосибирск: СГУГиТ, 2021. 322 с.

2. Хитров Н.Б. Генезис, диагностика и функционирование глинистых набухающих почв Центрального Предкавказья. Москва, 2003. 505 с.

THE EFFECT OF FERTILIZERS AND DEFECATE ON TRANSFORMATION GRANULOMETRIC FRACTIONS OF CHERNOZEM LEACHED

K.E. Stekolnikov

Voronezh GAU, Voronezh, Russia

e-mail: soil@agrochem.vsau.ru

Abstract. The use of fertilizers reduces the silt content, the most significant reduction in the variants with a defect, by 2 and 1.6 times, in the leached chernozem. The content of physical clay is reduced. The degreasing process is developing. The process is accompanied by a 2-fold increase in the content of the fine dust fraction on variants with a defect.

Keywords: fertilizers defecate granulometric fractions leached chernozem

References

1. Larionov Yu. S. The law of soil fertility. Theoretical and methodological foundations [Text]: monograph. Novosibirsk: SGUGiT, 2021. 322 p.

2. Khitrov N.B. Genesis, diagnostics and functioning of clay swelling soils of the Central Caucasus. Moscow, 2003. 505 p.

**ФРАКЦИОННЫЙ СОСТАВ ФОСФАТОВ
ДЕРНОВО-МЕЛКОПОДЗОЛИСТОЙ ТЯЖЕЛОСУГЛИНИСТОЙ ПОЧВЫ
ВСЛЕДСТВИЕ ИНТЕНСИВНОГО ФОСФОРИТОВАНИЯ
И ВНЕСЕНИЯ ОРГАНИЧЕСКИХ УДОБРЕНИЙ**

М.Г. Субботина¹, К.В. Ковачевич¹, Б.А. Борисов²

¹ФГБОУ ВО Пермский ГАТУ, Пермь, Россия, e-mail: subbotina@mail.ru

²ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА, Москва, Россия, e-mail: borisov@rgau-msha.ru

Аннотация. Исследования фракционного состава фосфатов показали, что фосфор внесенный с фосфоритной мукой и минерализованный из навоза переходит преимущественно в характерные для дерново-подзолистой тяжелосуглинистой почвы фракции фосфатов алюминия и железа. Доля фосфатов алюминия составляет 38,4 %, а фосфатов железа - 46,8 %.

Ключевые слова: фосфаты алюминия и железа, подвижные формы фосфатов, органофосфаты, навоз, фосфоритная мука

Одним из важнейших показателем окультуренности почв является обеспеченность фосфором, в связи с тем, что фосфор оказывает положительное влияние на продуктивность сельскохозяйственных культур и их устойчивость к негативным факторам. Вопрос о формах фосфорных соединений в почве, их растворимости и доступности растениям является весьма сложным. Сложность его обусловлена тем, что трехосновная ортофосфорная кислота может образовывать соли с катионами щелочноземельных оснований и полуторными окислами с разной степенью основности и растворимости [3, 5].

В последние тридцать лет применение удобрений в России снизилось, однако доля почв с высокой обеспеченностью фосфором снижается медленнее. Одной из причин накопления фосфатов в почве, низкая усвояемость фосфора растениями и его высокая способность к поглощению почвой [1, 4]. Иногда в качестве возможной причины называют специфику метода определения подвижных соединений фосфора в почве (вытяжка 0,2 н HCl, ГОСТ Р 54650-2011), которая отражает завышенные показания по доступности фосфора растениям.

В исследованиях Небытова В.Г. (2012) отражено положительное влияние органических удобрений и фосфоритной муки на урожайность сельскохозяйственных культур, при высокой обеспеченности фосфором, при этом угнетения и превышения содержания элемента в растениях не наблюдалось. Внесение навоза и фосфоритной муки повышало содержание подвижного фосфора, в мало- и недоступной фракциях фосфатов изменений не было [6].

В дерново-подзолистых почвах содержится большое количество алюминия и железа, в связи с этим анионы фосфорной кислоты могут образовывать менее доступные для растений соединения фосфора, которые аккумулируются в почве.

Избыток фосфора в почве нарушает ионный баланс, повышает экологическое неблагополучие, ведет к образованию нетипичных для естественных почв соединений, увеличивает эвтрификацию водных источников [7].

В исследованиях Титовой В.И. (2017), подтверждается, что высокое содержание фосфора не оказывает негативного влияния, а наоборот положительно влияет на урожайность в концентрации не выше 1300 мг/кг (в 0,2н HCl) [8].

Опираясь на литературные данные, анализ фосфатного режима почв детально раскрывает вопрос о целесообразности применения органических и фосфорных удобрений.

Цель исследования – изучение влияния давнего интенсивного фосфоритования и внесения органических удобрений на фракционный состав фосфатов в дерново-мелкоподзолистой тяжелосуглинистой почве.

Отбор проб проводили в 2022 году в полевом опыте заложенном на агрополигоне Пермского НИИСХ – филиала ПФИЦ УрО РАН по ГОСТ 277531-88. Агрохимические свойства изучали по общепринятым методам для нечерноземной полосы (табл. 1). Подвижные формы фосфора и калия определяли по Кирсанову. Фракционный состав минеральных фосфатов определяли методом Гинзбург–Лебедевой.

Почва на опытном поле дерново-мелкоподзолистая тяжелосуглинистая сформированная на покровной глине. Пахотный горизонт почвы характеризовался среднекислой реакцией среды (pH_{KCl} 4,8), низким содержанием гумуса (3,7%), высоким содержанием подвижного калия (342 мг/кг) и очень высоким подвижного фосфора (1830 мг/кг), умеренно высокой емкостью катионного обмена (38,7 мг-экв./100 г почвы) и высокой степенью насыщенности основаниями (88 %).

Таблица 1

Агрохимическая характеристика пахотного горизонта дерново-мелкоподзолистой тяжелосуглинистой почвы

Гумус, %	мг-экв./100 г почвы			pH_{KCl}	V, %	мг/кг почвы	
	S	Нг	ЕКО			P ₂ O ₅	K ₂ O
3,7	34,1	4,7	38,7	4,8	88	1830	342

Увеличенная емкость катионного обмена дерново-подзолистой почвы сформировалась за счет длительного окультуривания: внесения навоза, калия в запас, фосфоритования порядка 30 лет назад. В целом почву можно отнести к сильно окультуренной. Перед проведением полевого опыта в 2022 году поле находилось под залежью около пяти лет. При проведении опыта вносили только азотные удобрения.

Наиболее полную характеристику фосфатного состояния почвы дает учет запасов подвижных форм фосфатов и фракционный состав минеральной группы. Результаты исследований представлены в таблице 2 на рисунке.

На основе полученных данных можно отметить, что в дерново-мелкоподзолистой тяжелосуглинистой почве преобладают фракции фосфатов алюминия и железа. Суммарное содержание этих фракций составило 2020 мг/кг почвы. Доля фосфатов алюминия составляет 38,4%, а фосфаты железа - 46,8 %. Эти фракции недоступны для большинства культур, фосфор может перейти в подвижные формы только после их трансформации в результате микробиологической деятельности, выветривания и т. д.

Таблица 2

Фракционный состав фосфатов дерново-мелкоподзолистой тяжелосуглинистой почвы, мг/кг

Ca-P _I	Ca-P _{II}	Ca-P _{III}	Al-P	Fe-P	Всего	∑Ca-P _{I+II}	∑Ca-P _{I+II+III}	∑Al-P+Fe-P
64,9	54,5	233,9	910,2	1109,8	2373,3	119,4	353,3	2020

Фракция наиболее биодоступной формы (Ca-P_I) фосфатов составляет очень незначительную часть в структуре минеральных фосфатов (2,7%), двух- и трехзамещенные фосфаты кальция составляют 2,3 и 9,9 % от общего содержания минеральных соединений фосфора. Однако суммарное содержание рыхлосвязанных фосфатов составляет 119 мг/кг, что является достаточным для питания полевых культур Среднего Предуралья в начальные фазы развития при формировании корневой системы.

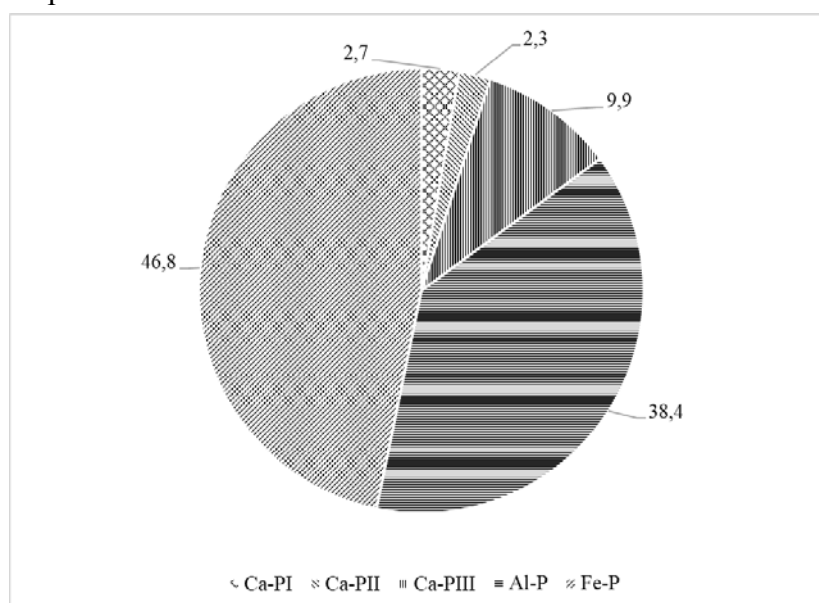


Рисунок. Доли минеральных фосфатов в дерново-мелкоподзолистой тяжелосуглинистой почве, %

Для фракции фосфатов кальция характерна довольно длительная доступность для растений, снижение их содержания в начале вегетации, затем увеличение в конце вегетационного периода [2]. Доля труднорастворимых фосфатов кальция (Ca-P_{III}) среди фосфатов кальция является преобладающей и составляет 9,9%.

Фосфор трехзамещенных фосфатов кальция, полуторных окислов железа и алюминия доступен для питания сельскохозяйственных культур, способных к формированию особой ризосферной среды за счет корневых выделений и симбиозов. К таким культурам в первую очередь относят зернобобовые и многолетних бобовые травы не чувствительные к высокому содержанию алюминия и железа в почве.

При сопоставлении полученных данных содержания подвижного фосфора в вытяжке по Кирсанову и фракционному составу фосфатов можно отметить, что в солянокислую вытяжку переходят не только рыхлосвязанные фосфаты основных катионов, но и фосфаты алюминия и железа.

Таким образом, в следствие интенсивного фосфоритования дерново-подзолистой тяжелосуглинистой почвы и внесения органических удобрений 30-ти летней давности при среднекислой реакции среды и высокой степени насыщенности почв основаниями основная часть фосфора переходит в характерные для данного типа почвы формы - фосфаты алюминия и железа (38 и 47 %). Содержание рыхлосвязанных фосфатов кальция (одно- и двухзамещенные формы), доступных для питания сельскохозяйственных культур, остается на достаточно высоком уровне 119 мг/кг.

Литература

1. Андрианов С.Н. Формирование фосфатного режима дерново-подзолистой почвы в разных системах удобрений. М.: ВНИИА, 2004. 296 с.
2. Балгабаев А.М., Елешев Р.Е., Умбетов А.К., Иванов А.Л., Рогова О.Б., Колобова Н.А. Запасы и групповой состав фосфатов почв предгорной зоны Илийского Алатау и их изменение при длительном использовании // Бюллетень Почвенного института им. В.В. Докучаева. 2020. № 101. С. 124–158.
3. Васбиева М.Т., Завьялова Н.Е. Фосфатный режим дерново-подзолистой почвы естественных и агрофитоценозов // Бюллетень Почвенного института им. В.В. Докучаева. 2021. № 107. С. 92-115.
4. Волынкина О.В. Баланс питательных веществ на посевах сельскохозяйственных культур // Плодородие. 2020. № 4. С. 13–16.
5. Касицкий Ю.И. Общие вопросы установления оптимального содержания подвижного фосфора в почвах // Агрохимия. 1988. № 10. С. 129-140.
6. Небытов В. Г., Кузнецова Е. А. Влияние фосфорных и органических удобрений на фосфатное состояние почвы и урожай культур в севообороте // Вестник ОрелГАУ. 2012. №2. С. 87-93.
7. Соколов А.В. Зафосфачивание почв и последствие фосфорных удобрений // Агрохимия. 1976. № 2. С. 3-6.
8. Титова В.И. К вопросу о рациональном использовании почв с очень высоким содержанием фосфора в интенсивном земледелии // Агрохимический вестник. 2017. №1. С. 2-6.

FRACTIONAL COMPOSITION OF PHOSPHATES IN DERNOVO-PODZOL HEAVY LOAM SOIL DUE TO INTENSIVE PHOSPHORITING AND INTRODUCTION OF ORGANIC FERTILIZERS

M.G. Subbotina¹, K.V. Kovachevich¹, B.A. Borisov²

¹Perm SATU, Perm, Russia

²Russian Agrarian University, Moscow, Russia

Abstract. Studies of the fractional composition of phosphates have shown that phosphorus introduced with phosphate row material and mineralized from manure passes into fractions of aluminum and iron

phosphates characteristic of derno-podzolic heavy loamy soil. The share of aluminum phosphates is 38.4%, and iron phosphates - 46.8%.

Keywords: aluminum and iron phosphates, mobile forms of phosphates, organophosphates, manure, phosphate row material

References

1. Andrianov S.N. Formation of the phosphate regime of podzolic soil in different fertilizer systems. M.: VNIIA, 2004. 296 p.
2. Balgabaev A.M., Eleshev R.E., Umbetov A.K., Ivanov A.L., Rogova O.B., Kolobova N.A. Stocks and fraction composition of phosphorus in the Ili Alatau foothill soils and their change under long-term use. Dokuchaev Soil Bulletin. 2020. № 101. P. 124-158.
3. Vasbieva M.T., Zavyalova N.E. Phosphate regime of sod-podzolic soil in natural and agrophytocenoses. Dokuchaev Soil Bulletin. 2021. № 107. P. 92-115.
4. Volynkina O.V. The nutrient balances on sowing of agricultural crops // Plodorodie. 2020. № 4. P. 13-16.
5. Kasitskii YU.I. General issues of establishing the optimal content of mobile phosphorus in soils // Agricultural Chemistry. 1988. № 10. P. 129-140.
6. Nebytov V.G., Kuznetsova E. A. Influence of phosphorus and organic fertilizers on the phosphate state of the soil and crop yield in crop rotation // Vestnik Orel State Agrarian University. 2012. №2. P. 87-93.
7. Sokolov A.V. Soil phosphating and aftereffect of phosphate fertilizers // Agricultural Chemistry. 1976. № 2. P. 3-6.
8. Titova V.I. To the question about soil management with a very high content of phosphorus in intensive farming // Agrochemical Herald. 2017. №1. P. 2-6.

УДК 631.812.12:631.445.24:631.453:631.95

ВЛИЯНИЕ ДОЗ ХЛОРИСТОГО КАЛИЯ НА УРОЖАЙНОСТЬ КАРТОФЕЛЯ НА ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ ПОЧВЕ

В.И. Титова, Е.Г. Белоусова, Л.Д. Варламова, А.А. Ветчинников

ФГБОУ ВО Нижегородский ГАТУ, Нижний Новгород, Россия

e-mail: titovavi@yandex.ru

Аннотация. Увеличение дозы калия до 220 кг/га и соотношения N:K с 1:0,71 до 1:0,92 за счет довнесения хлористого калия перед нарезкой гребней по фону $N_{239}P_{156}K_{170}$ способствует повышению урожайности на 6,75 т/га, или 19% к фону. Двойная доза калия – 100 кг/га и расширение соотношения между азотом и калием до 1:1,13 урожайность не увеличивает.

Ключевые слова: картофель, хлористый калий, дозы, структура урожая.

Введение в проблему. Картофель – одна из важнейших культур во многих странах минера, а в России, по свидетельству С.В. Жевора с соавт. [1], по объему производства для внутреннего потребления, занимает 3-е место после зерновых с зернобобовыми и сахарной свеклы. Как и при получении урожая любой культуры, при выращивании картофеля уделяется внимание многим факторам, обеспечивающим его продуктивность, но вопросам удобрения уделяется особое внимание. Система удобрения этой культуры различается в зависимости от характеристики сорта [3] и агрохимической характеристики почвы [7], системы

комплекса защитных мероприятий от вредителей, болезней и сорняков [4] и системы обработки почвы [5,6]. Во многих публикациях отмечается роль в формировании урожая картофеля микроудобрений [10] и стимуляторов роста [9], значение присутствия основных питательных элементов в общей дозе удобрений [2,8] и даже их соотношения. Так, например, В.Н Якименко [8] отмечает высокое значение доли азота и калия в общей дозе удобрения: согласно его исследованиям, оно должно приближаться к 1:1, а увеличение доли калия ведет к снижению не столько количества, сколько качества продукции. В этой же публикации констатируется, что внесение хлористого калия дает большую прибавку урожайности картофеля, чем сульфат калия, особенно в годы с дефицитом увлажнения, но негативно влияет на качество клубней.

Целью исследований была оценка влияния дозы внесения калия в форме КСl на урожайность картофеля сорта Инноватор.

Методика проведения исследований. Опыт заложен в производственных посевах ООО «Аксентис» Городецкого района Нижегородской области, в 3-х кратной повторности. Общая площадь делянки 2 га (18 м x 1110 м), учет урожая проводили методом пробных площадок (8 площадок по длине гона, каждая площадью 1,8 кв.м). Посадка картофеля 14-15 мая, норма высадки 53000 клубней на 1 га. Сорт картофеля Инноватор (голландская селекция), среднеранний, столового назначения. Сорт включен в реестр для выращивания в Волго-Вятском регионе.

Почва дерново-подзолистая легкосуглинистая, содержание гумуса 1,4%, рН солевой вытяжки 4,6 единиц, подвижных соединений фосфора и калия (по Кирсанову) 182 мг/кг и 157 мг/кг соответственно.

Фоновые удобрения по всему опытному участку вносили в соответствии с разработанной в хозяйстве схемой следующим образом: с осени вразброс под вспашку внесен хлористый калий в дозе 170 кг д.в./га; весной при нарезке гребней вразброс внесена аммиачная селитра (100 кгN/га) и аммофос (доза азота в расчете на 1 га 39 кг, фосфора – 156 кг). При достижении растениями высоты 10 см проведена подкормка аммиачной селитрой, вразброс по гребням, дозой 100 кгN/га. На опытных вариантах весной перед нарезкой гребней был внесен КСl дозой по действующему веществу 50 кг/га (вар. 2) или 100 кг/га (вар. 3). Итоговая доза удобрений, таким образом, составила: вар. 1 (фон) – N₂₃₉P₁₅₆K₁₇₀, вар. 2 – N₂₃₉P₁₅₆K₂₂₀ и вар. 3 – N₂₃₉P₁₅₆K₂₇₀.

Комплекс защитных мероприятий включал предпосадочную обработку клубней препаратом Престиж (против колорадского жука и ризоктониоза) и препаратом Форс (против проволочника); использование гербицидов Дуал Голд (до всходов), Стомб и Титус (после всходов, по вегетации), а также фунгицидов Инфинито (от фитофтороза), Ридомил Голд (против фузариоза и альтернариоза).

Результаты исследований. На дату уборки картофеля были учтены некоторые показатели структуры товарного урожая и урожайность клубней, результаты чего приведены в таблице.

Таблица

Влияние калийных удобрений на урожайность клубней картофеля

Варианты опыта	Данные по годам		Среднее за 2020-2021 гг.		
	2020 г.	2021 г.	среднее	+, - к вар.1	
				ед.изм.*	%
<i>Число клубней, шт./раст.</i>					
1. Контроль – N ₂₃₉ P ₁₅₆ K ₁₇₀	7,8	8,1	7,95	-	-
2. N ₂₃₉ P ₁₅₆ K ₁₇₀ + K ₅₀	8,3	8,5	8,40	0,45	6
3. N ₂₃₉ P ₁₅₆ K ₁₇₀ + K ₁₀₀	8,1	8,3	8,20	0,25	3
<i>HCP₀₅</i>	<i>0,29</i>	<i>0,26</i>	<i>0,31</i>		
<i>Средняя масса клубня, г</i>					
1. Контроль – N ₂₃₉ P ₁₅₆ K ₁₇₀	60,6	63,9	62,25	-	-
2. N ₂₃₉ P ₁₅₆ K ₁₇₀ + K ₅₀	73,9	76,6	75,25	13,0	21
3. N ₂₃₉ P ₁₅₆ K ₁₇₀ + K ₁₀₀	72,3	80,0	76,15	13,9	22
<i>HCP₀₅</i>	<i>3,0</i>	<i>3,7</i>	<i>5,8</i>		
<i>Урожайность, т/га</i>					
1. Контроль – N ₂₃₉ P ₁₅₆ K ₁₇₀	34,9	37,0	35,95	-	-
2. N ₂₃₉ P ₁₅₆ K ₁₇₀ + K ₅₀	41,3	44,1	42,70	6,75	19
3. N ₂₃₉ P ₁₅₆ K ₁₇₀ + K ₁₀₀	40,8	42,4	41,60	5,65	16
<i>HCP₀₅</i>	<i>2,8</i>	<i>3,2</i>	<i>4,1</i>		

* - в соответствии с единицей измерения показателя

Данные свидетельствуют, что до внесение калийного удобрения весной перед нарезкой гребней и доведение соотношения N:K с 1:0,71 (вар. 1) до 1:0,92 (вар. 2) существенно увеличило число клубней, приходящееся на одно растение. Повышение дозы внесения калия до 100 кг/га и увеличение отношения между азотом и калием до 1:1,13 привело к некоторому повышению числа клубней в кусте, но несущественно.

Масса клубня от весеннего внесения дополнительных доз калия до нарезки гребней в сравнении с фоновым вариантом (вар.1) достоверно повысилась, но различий между изучаемыми дозами хлористого калия не отмечено. При этом средняя масса клубня не достигла величины массы товарного клубня, данной в описании к сорту (минимум 83 г), что, возможно, есть следствие повышения числа клубней в кусте.

Урожайность клубней картофеля в опыте, даже на варианте с существующей в хозяйстве системой удобрения (вар.1), превышает величину товарной урожайности, приведенной в описании к сорту (15,5-32,9 т/га).

Дополнительное внесение калия в дозе 50 кг/га достоверно повысило урожайность на 6,75 т/га (19% к варианту 1), а увеличение дозы до внесения калия до 100 кг/га обеспечило прибавку урожайности клубней на уровне 5,65 т/га (16% к фону).

Однако увеличение соотношения между азотом и калием в общей дозе удобрения с 1:0,92 до 1:1,13 к увеличению урожайности клубней не привело.

Выводы:

1. Используемая в хозяйстве система применения удобрений под картофель сорта Инноватор, выращиваемого на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве, с общей дозой N₂₃₉P₁₅₆K₁₇₀, обеспечивает получение массы клубней на

свойственном сорту уровне – в среднем за 2 года 35,95 т/га.

2. Довнесение калия в почву перед нарезкой гребней и доведение соотношения N:K с 1:0,71 (вар. 1) до 1:0,92 (вар. 2) способствует достоверному увеличению числа клубней в кусте и массы одного клубня, что приводит к повышению урожайности на 6,75 т/га (19%).

3. Увеличение дозы весеннего допосадочного внесения калия вдвое (до 100 кг/га) в виде хлористого калия и расширение соотношения между азотом и калием до 1:1,13 по влиянию на урожайность эффективно в сравнении с существующей в хозяйстве системой удобрения, но в сравнении с одинарной дозой калия (50 кг/га) выход товарной продукции и структуру урожая не увеличивает.

Литература

1. Жевора С.В., Анисимов Б.В., Симаков Е.А., Овыс Е.В., Зебрин С.Н. Картофель: проблемы и перспективы // Картофель и овощи. 2019. №7. С. 2-7.
2. Ильюшенко И.В. Эффективность применения минеральных удобрений под картофель и сахарную свеклу в различных зонах Российской Федерации // Плодородие. 2022. №4(127). С. 29-32.
3. Сергеева А.Н., Скрябин А.А., Елисеев С.Л. Урожайность раннеспелых сортов картофеля в зависимости от дозы азотного удобрения и нормы посадки // Пермский аграрный вестник. 2019. №1(25). С. 69-75.
4. Титова В.И., Чудоквасов А.А. Влияние удобрений и комплекса защитных мероприятий на урожайность и качество клубней разных сортов картофеля // Российская сельскохозяйственная наука. 2018. № 6. С. 9-12. DOI: 10.31857/S250026270001824-1
5. Титова В.И., Акопджанян Э.Т. Влияние удобрений и способа осенней обработки почвы под картофель на его урожайность и фитопатологическую характеристику клубней // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2021. Т. 22. № 3. С. 393-400. doi.org/10.30766/2072-9081.2021.22.3.393-400
6. Титова В.И., Акопджанян Э.Т. Влияние удобрений, почвенного гербицида и обработки почвы на семенную продуктивность картофеля сортов Коломба и Инноватор // Пермский аграрный вестник. 2021. №1 (33). С. 44-52. DOI: 10.12345/2307-2873_2021_33_44
7. Шафран С.А. Совершенствование нормативно-справочной базы для определения потребности сельскохозяйственных культур в минеральных удобрениях // Агрохимия. 2019. №7. С. 27-34
8. Якименко В.Н. Влияние калийных удобрений на урожайность и качество клубней картофеля в Лесостепи Западной Сибири / Агрохимия. 2017. №9. С. 39-48.
9. Idrees M. Potassium Humate and NPK Application Rates Influence Yield and Economic Performance of Potato Crops Grown in Clayey Loam Soils // Soil and Environment. 2018. Vol. 37. I.1. P. 53-61. DOI:10.25252/SE/18/51384
10. Kumar K., Kumar M. Effect of Foliar Micronutrients Application on Potato Cultivation // Just agriculture. 2020. №1 (3). С. 1-4.

EFFECT OF POTASSIUM CHLORIDE DOSES ON YIELDS OF POTATOES ON SOD-PODZOLIC SOIL

V.I. Titova, E.G. Belousova, L.D. Varlamova, A.A. Vetchinnikov

Nizhny Novgorod State Agrotechnological University, Nizhny Novgorod, Russia

Abstract. Increasing the dose of potassium to 220 kg/ha and the ratio N:K from 1:0,71 to 1:0,92 by addition of potassium chloride before ridge-cutting on the background N239P156K170 contributed to increasing the yield by 6.75 t/ha, or 19% to the background. Double dose of potassium - 100 kg/ha and expanding the ratio between nitrogen and potassium to 1:1,13 does not increase the yield.

Keywords: potato, potassium chloride, doses, yield structure.

References

1. Zhevora S.V., Anisimov B.V., Simakov E.A., Ovys E.V., Zebrin S.N. Potatoes: problems and prospects // Potatoes and Vegetables. 2019. №7. P. 2-7.
2. Ilyushenko I.V. Effectiveness of mineral fertilizers under potato and sugar beet in different zones of the Russian Federation // Fertility. 2022. №4(127). P. 29-32.
3. Sergeeva AN, Skryabin AA, Eliseev SL Yield of early maturing potato varieties depending on the dose of nitrogen fertilizer and planting rate // Perm Agrarian Bulletin. 2019. №1(25). P. 69-75.
4. Titova V.I., Chudokvasov A.A. Influence of fertilizers and complex protective measures on yield and quality of tubers of different potato varieties // Russian Agricultural Science. 2018. № 6. P. 9-12. DOI: 10.31857/S250026270001824-1
5. Titova V.I., Akopjanyan E.T. Influence of fertilizers and method of autumn tillage under potato on its yield and phytopathological characteristics of tubers // Agrarian Science of Euro-North-East. 2021. Т. 22. № 3. P. 393-400. doi.org/10.30766/2072-9081.2021.22.3.393-400
6. Titova V.I., Akopjanyan E.T. Influence of fertilizers, soil herbicide and tillage on seed productivity of potato varieties Kolomba and Innovator // Perm Agrarian Bulletin. 2021. №1 (33). P. 44-52. DOI: 10.12345/2307-2873_2021_33_44
7. Shafran S.A. Improvement of regulatory and reference base for determining the needs of agricultural crops in mineral fertilizers // Agrochemistry. 2019. №7. С. 27-34
8. Yakimenko V.N. Influence of potassium fertilizers on the yield and quality of potato tubers in the Forest-steppe of Western Siberia / Agrochemistry. 2017. №9. P. 39-48.
9. Idrees M. Potassium Humate and NPK Application Rates Influence Yield and Economic Performance of Potato Crops Grown in Clayey Loam Soils // Soil and Environment. 2018. Vol. 37. I.1. P. 53-61. DOI:10.25252/SE/18/51384
10. Kumar K., Kumar M. Effect of Foliar Micronutrients Application on Potato Cultivation // Just agriculture. 2020. №1 (3). P. 1-4.

УДК631.4

ПОВЕРХНОСТНЫЕ СВОЙСТВА ПОЧВ ПРИ ИХ ДЛИТЕЛЬНОЙ РАСПАШКЕ

З. Тюгай, М.М. Широян

ФГБОУК ВО МГУ им. М.В. Ломоносова, факультет почвоведения. Москва, Россия

e-mail: zemfira53@yandex.ru

Аннотация. Исследованы поверхностные свойства серой лесной, чернозема обыкновенного и темно каштановой почв в двух вариантах: пашня и их целинный аналог с использованием современных инструментальных методов исследования. Длительная распашка почв привела к изменению свойств почв как на мезо- так и на микроуровнях их структурной организации.

Ключевые слова: удельная поверхность, краевого угол смачивания, органическое вещество, гранулометрический состав

Введение. На важную роль исследований поверхностных явлений в почве указывал А.Д. Воронин. Он отмечал, что «... изучение поверхностных явлений в почве – это в сущности, изучение процессов и свойств почв и управление ими на молекулярном уровне» [1]. Постоянно развивающаяся инструментальная техника,

особенно современные методы изучения дают возможность изучения почвенных свойств на новом уровне и с новых позиций. Одним из таких подходов является изучение поверхностных свойств почв с привлечением аналитического комплекса для определения текстурных характеристик дисперсных систем Vapor 100, Meso 222, 3P Instruments (Германия) и изучение краевого угла смачивания с использованием анализатора формы капли воды фирмы KRUSS (Германия) [2]

Цель нашего исследования - изучить влияние длительной распашки на поверхностные свойства почв с использованием современных инструментальных методов исследования.

Объекты и методы исследования. Исследования были проведены на серых лесных (Тульская область) почвах, черноземе обыкновенном (Воронежская область) и темно-каштановых почвах (Волгоградская область). Для выявления изменений свойств почв каждый тип почв рассматривался в двух вариантах: 1) почва, которая долгое время подвергалась распашке с использованием тяжелой сельскохозяйственной техники – пашня и 2) ее целинный аналог- почва, которая не испытывала на себе никакой антропогенной нагрузки. В образцах были определены: гранулометрический состав на лазерном дифракционном анализаторе размера частиц «Mastersizer 30003» (Англия), содержание углерода органического вещества – методом сухого сжигания в токе кислорода на экспресс – анализаторе на углерод АН 7529М (Белоруссия). Удельную поверхность общую – по сорбции паров воды по Кутилеку, внешнюю – по адсорбции паров азота на аналитическом комплексе определения текстурных характеристик дисперсных систем Vapor 100, Vesso 222, 3P INSTRUMENTS (Германия). Краевой угол смачивания определяли на анализаторе формы капли воды DSA-100 (Германия) [2].

Результаты и обсуждение. Согласно классификации Н.А. Качинского оба варианта серой лесной почвы относятся к суглинку среднему. Содержание физической глины (фракции < 10 около 40%) Содержание тонких фракций < 1 мкм - 1,5-4,3%. Из всех фракций преобладает фракция крупной пыли (10-50 мкм). В черноземе обыкновенном (пашня и целинный аналог относятся к средней глине). Содержание физической глины (фракции < 10мкм) по всему профилю разрезов составляет около 66 %. Содержание тонких фракций < 1 мкм составляет 4.9 – 8.7 %. Из всех фракций преобладает фракция крупной пыли. (фракция 10-50 мкм). Оба варианта темно-каштановой почвы относятся к средней глине. Содержание физической глины (фракции < 10 мкм) составляет около 66%. Содержание тонких фракций < 1 мкм – 4.9-8.7 %. Из всех фракций преобладает фракция крупной пыли (фракции 10-50 мкм). Гранулометрический состав всех 3-х типов исследованных почв в результате длительной распашки не изменился.

Изменился агрегатный состав почв. Так в серой лесной почве в результате длительной распашки почва из градации «хорошая» (по содержанию агрономически ценных агрегатов) перешла в градацию «удовлетворительная» и снизилось содержание водоустойчивых агрегатов (на 17 %). В черноземе обыкновенном содержание агрономически ценных агрегатов снизилось на 10 %

на пашне, а содержание водопрочных агрегатов - на 21 %. В темно-каштановой почве содержание агрономически ценных агрегатов на варианте целина и пашня относятся к категории «неудовлетворительное» и не различаются, а по содержанию водопрочных агрегатов почва под целинным вариантом относится к категории «хорошая», а на пашне – к категории «неудовлетворительная». Обычно с возрастанием антропогенной нагрузки водопрочность структуры почвы снижается. В связи с этим, величины краевых углов смачивания, связанные с водопрочностью, могут с одной стороны служить численным выражением степени антропогенной нагрузки, а с другой помогут глубже понять природу антропогенного воздействия на структуру почв.

В таблице представлены данные по поверхностным свойствам исследованных почв. Известно, что все почвенные процессы происходят в первую очередь на границе раздела фаз и эти процессы изменяют свойства поверхности твердой фазы почв.

Таблица

Физико-химические свойства почв

Горизонт, глубина в см	pH водная вытяжка	C, %	S общая м ² /г	S внешняя м ² /г	Краевой угол смачивания в градусах
Серая лесная почва - целина					
AУ 1-15	5.45	1.99	51.4	2.8	83.6
AEL 15-32	5.14	1.04	36.8	3.6	81.8
BEL 32-63	4.86	0.72	86.6	26.7	76.2
BT 63-90	4.88	0.26	90.2	14.5	73.8
BC >90	4.54	0.21	72.2	15.9	68.5
Серая лесная почва - пашня					
PУ 0-32	5.18	1.03	48.4	5.8	63.2
BEL 32-70	5.15	0.37	91.6	27.9	62
BT 70-92	5.13	0.37	99	32.3	57.8
BC > 92	4.73	0.32	104.1	24.3	48.2
Чернозем обыкновенный - целина					
AU1 1-15	6.64	6.09	187	5.3	35.3
AU2 _{CA} 15-32	6.04	6.11	190	5.3	40.6
B1 32-63	7.36	2.18	134.2	18.7	42.8
Чернозем обыкновенный –пашня					
PU1 _{CA} 0-32	6.5	3.26	167.2	13.6	19.7
AUB _{CA} 32-70	7.1	4.61	171.9	8.2	42.7
BCA _{CA} 70-92	7.63	2.35	134.3	16.2	42
Темно-каштановая почва- целина					
AJ 1-15	7.5	1.42	101.1	11.94	42.35
BMK _{CA} 15-32	7.3	0.73	137.1	38.67	24.4
CAT 32-63	7.9	2.01	89.6	24.97	25.7
BC 63-90		1.98	86.7	22.84	39.2
Темно-каштановая почва - пашня					
PУ 1-32	7.3	0.85	101.0	101.0	35.1
CAT 32-70	7.7	1.34	89.8	89.8	40.2
BC 70-92	8.1	1.54	102.0	102	65.4

Наиболее чутко реагируют на все изменения внешней среды такие поверхностные характеристики почв как величина удельной поверхности, краевой угол смачивания. Величина удельной поверхности почв является интегральной характеристикой как минералогического состава почв, так и степени их оструктуренности. Длительная распашка в исследованных нами почвах не привела к резкому увеличению величины общей степени дисперсности. Так в серой лесной почве величина общей удельной поверхности на варианте целина составляет 51,4 м²/г., а на пашне – 48,4 м²/г. В черноземе обыкновенном на варианте целина – 187 м²/г., а на пашне – 167 м²/г. А в темно-каштановой почве удельная поверхность общая на варианте целина и пашня не отличаются и составляют 101 м²/г. Для всех исследованных нами почв на пашне величина внешней удельной поверхности увеличилась в 1,5-2 раза. Об изменении микроагрегированности почв при распашке свидетельствуют и данные по величинам краевых углов смачивания. Почвенные частицы при длительной распашке характеризуются более низкими величинами углов смачивания по сравнению с их целинными аналогами. То есть происходит гидрофилизация поверхности почвенных частиц, что отражает потерю органического вещества почв при их антропогенном влиянии и изменение микрооструктуренности почвенных частиц [3].

Выводы. Длительная распашка почв привела к изменению их структурно-функциональных свойств:

1. На мезо –уровне в пахотном горизонте отмечается более плотное сложение, увеличение глыбистости структуры, потеря агрономически ценных водоустойчивых агрегатов.
2. На микроуровне: изменение структуры порового пространства; исчезновение крупных пор аэрации, биогенных ходов и межагрегатных пор и трещин.
3. Определение поверхностных свойств почвы: внешней удельной поверхности по азоту и краевых углов смачивания диагностировало уменьшение микроагрегированности почв и гидрофилизацию поверхности твердой фазы почв при длительной распашке.

Работа выполнена по теме НИР: Физические основы экологических функций почв: технологии мониторинга, прогноза и управления (№ 121040800146-3). Авторы выражают благодарность заведующей кафедрой физики и мелиорации почв факультета почвоведения МГУ профессору Умаровой А.Б., за предоставленную возможность провести исследования на Аналитическом комплексе для определения текстурных характеристик дисперсных систем Vapor 100, Vesso 222, 3P INSTRUMENTS (Германия), приобретенных по программе развития Московского университета имени М.В. Ломоносова.

Литература

1. Воронин А.Д. Поверхностные явления в почвах и направленное изменение свойств почв // Научные доклады Высшей школы. Биологические науки. 1975. 312. С. 7-15.

2. Хайдапова Д.Д., Милановский Е.Ю., Тюгай З.Н., Бутылкина М.А., Шеин Е.В., Дембовецкий А.В. Практикум по физике твердой фазы почв. Москва: Изд-во «Буки-Веди», 2022. 132 с.
3. Tyugai Zemfira, Evgeny Milanovskiy. The contact angle of wetting of solid phase of soil before and after chemical modification // Eurasian Journal of Soil Science. 2015. V.4. N 3. P. 191-197.

SURFACE PROPERTIES OF SOILS DURING THEIR PROLONGED PLOWING

Z. Tyugay, M.M. Shiroyn

Moscow State University, Faculty of Soil Science. Moscow, Russia

Abstract. The surface properties of gray forest soil, ordinary chernozem and dark chestnut soils were studied in two variants: arable land and their virgin analogue using modern instrumental research methods. Long-term plowing of soils has led to a change in the properties of soils both at the meso- and micro-levels of their structural organization.

Keywords: surface area, wetting edge angle, organic matter, granulometric composition.

References

1. Voronin A.D. Surface phenomena in soils and directional changes in soil properties // Scientific reports of the Higher School. Biological Sciences. 1975. 312. P. 7-15
2. Khaidapova D.D., Milanovsky E.Yu., Tyugai Z.N., Butylkina M.A., Shein E.V., Dembovetsky A.V. Workshop on the physics of the solid phase of soils. Moscow: Publishing house "Buki-Vedi", 2022. 132 p.
3. Tyugai Zemfira, Evgeny Milanovskiy. The contact angle of wetting of solid phase of soil before and after chemical modification // Eurasian Journal of Soil Science. 2015. V.4. N 3. P. 191-197.

УДК 631.4

ПОВЫШЕНИЕ ПЛОДОРОДИЯ ЧЕРНОЗЕМНЫХ ПОЧВ В УСЛОВИЯХ БАШКОРТОСТАНА ПРИЕМАМИ БИОЛОГИЗАЦИИ

Р.Ф. Хасанова, И.К. Хабиров, Р.С. Кираев, И.Г. Мустафин

ОСП Опытная станция «Уфимская» Уфимского федерального исследовательского центра РАН, Уфа, Россия

e-mail: rezed78@mail.ru

Аннотация. В статье рассматривается роль зеленых удобрений и соломы в повышении плодородия почв. Использование сидератов и соломы способствуют уменьшению засоренности полей, повышению урожайности сельскохозяйственных культур, обеспечивают влагонакопление, оптимизацию органического вещества и микробиологической активности почвы, бобовые культуры вовлекают в круговорот биологически связанный азот, выполняют почвозащитную функцию.

Ключевые слова: сидерация, солома, плодородие почв, Республика Башкортостан.

Длительное сельскохозяйственное использование земель в Республике Башкортостан способствует истощению земельных ресурсов, поэтому все более актуальным становится применение агроэкологических приемов систем земледелия. Во всем мире все большее внимание обращается на те приемы ведения сельского хозяйства, которые направлены на обеспечение максимальной урожайности сельскохозяйственных культур с минимальным воздействием на окружающую среду. В современной экономической ситуации биологизация земледелия является наиболее дешевым и эффективным приемом производства

экологической чистой продукции и воспроизводства плодородия почв агроэкосистем. Важным условием при применении биологизированных технологий является эффективное использование внутренних энергетических ресурсов и восполнение почвы органическим веществом. К таким источникам относятся органические удобрения, в том числе зеленые удобрения и внесение соломы.

Экологически безопасным источником восполнения почвы органическим веществом является применение сидератов и соломы. Сидерация способствует накоплению влаги и очищению поля от сорняков, обогащению почвы органическими и питательными веществами, улучшению агрофизических, микробиологических свойств и значительному уменьшению развития эрозионных процессов [1].

По своему действию сидераты и солома почти равноценны свежему навозу. Используемые в качестве укосных и отавных зеленых удобрений многолетние бобовые и злаковые травы оставляют после себя большое количество органических остатков – 4,5-6,5 т/га [2]. Применение бобовых сидератов в почву, в условиях лесостепи Башкортостана, в количестве 150-200 ц зеленой массы соответствует внесению 20 т навоза на 1 га. [3]. В тоже время 1 тонна соломы, оставшейся после уборки урожая, равнозначна внесению 4-5 тонн навоза [4].

Цель исследования - изучить влияние сидератов и соломы на свойства почв и урожайность яровой пшеницы в условиях Южной лесостепи Республики Башкортостан.

Исследования проводились в условиях опытной станции «Уфимская» Уфимского научного центра РАН. Почвенный покров опытного поля представлен черноземом выщелоченным среднемощным, тяжелосуглинистым. Содержание гумуса в пахотном слое варьировало от 7,6 до 8,3%, подвижного фосфора - 5,2-5,7 мг, обменного калия - 13,7- 14,8 мг на 100 г почвы, рН солевой вытяжки - 5,2-6,3.

В качестве сидеральной культуры использовали рапс, который запахивали в фазе цветения. Дозы внесения соломы соответствовали схеме: без внесения соломы (контроль); 2; 4; 6 т/га с последующей обработкой почвы плоскорезными орудиями на глубину 25-27 см. Солому вносили в августе-сентябре после уборки предшествующей культуры.

Применение сидерации повлияло на улучшение агрохимических показателей чернозема выщелоченного: наблюдалось незначительное увеличение содержания гумуса от 7,8 до 7,9%. Содержание подвижного фосфора и обменного калия в контроле составляло 54,2 и 140,1 мг/кг, при запахивании сидерата показатели достигли 64,3 и 153,1 мг/кг соответственно.

При сидерации наблюдается существенное повышение урожайности. Урожайность яровой пшеницы возросла с 23,4 ц/га до 25,9 ц/га.

В поддержании почвенного плодородия большую роль играют микробиологические процессы иммобилизации азота, обуславливающие накопление в почве подвижных форм органического азота, который может использоваться растениями в течение длительного периода. Запахивание зеленого

рапса оказала положительное влияние на биологическую активность пахотных почв. Максимальное количество бактерии, использующие органические формы азота (на МПА) выявлены в варианте с сидератом 200000, без сидерата - 40300 тыс. в 1 г. абсолютно-сухой почвы. Численность микроорганизмов, ассимилирующих минеральные формы азота (на КАА) также были выше под сидератами: 151350 и 16800 тыс. в 1 г. абсолютно-сухой почвы (соответственно).

Олигонитрофильные микроорганизмы влияют на круговорот углерода, так как способны ассимилировать большие его количества при небольшой потребности в азотистых веществах. Они активно развиваются при недостатке связанного азота и высоком содержании углерода [5]. Количественный состав данной группы микроорганизмов (на среде Эшби) также был выше на варианте с внесением сидератов: 6455 и 5400 тыс. в 1 г. абсолютно-сухой почвы (соответственно).

Внесение различных доз соломы повлияло на водные и химические свойства почвы. Применение соломы в дозе 4 и 6 т/га оказало положительное влияние на запасы продуктивной влаги в почве, разница составила 27,4 и 26,2 мм в сравнении с контролем. Использование соломы положительно отразилось на водопроницаемости почвы. За четыре часа наблюдений в варианте с внесением 2 т/га соломы водопроницаемость, в сравнении с контролем, увеличилась в 1,4 раза, а при 4 и 6 т/га - в 1,7 раза.

Следует отметить, что хотя солома способствует увеличению запасов продуктивной влаги и водопроницаемости почвы, ее азотный режим ухудшается. Количество нитратного азота перед посевом в слое 0-40 см составила: в контроле 35,6 кг/га, в вариантах с внесением соломы 2 т/га - 25,6, 4 т/га- 25,4 и 6 т/га- 22,4.

Внесение соломы способствовало повышению гумуса и урожайности яровой пшеницы. В контроле содержание общего гумуса составляла 7,8 %, в вариантах внесения соломы 2 т/га - 7,9%, 4 т/га- 8,1 и 6 т/га- 8,3. Урожайность яровой пшеницы составил 15,0 мг/кг в контроле (без соломы), при внесении 2 т/га -17,3, 4 т/га - 19,4 и 6 т/га – 21,7 мг/кг.

Таким образом, применение сидеральных культур и соломы является важным экологическим фактором адаптивно-ландшафтного земледелия. Оно играют важную роль в повышении урожайности сельскохозяйственных культур, и является эффективным средством воспроизводства плодородия сельскохозяйственных угодий.

Литература

1. Сираев М., Ханьяров Ю. Комбинированный пар // Уральские нивы. 1991. № 6. С. 8-9.
2. Серeda Н.А. Тарасов А.Л. Воспроизводство плодородия выщелоченного чернозема в севооборотах с сидеральным паром и многолетними травами. Достижения науки и техники. 11. 2007. С. 14-15.
3. Хазиев Ф.Х., Мукаганов А.Х., Хабиров А.К. и др. Почвы Башкортостана. Т. 1. Уфа: Гилем, 1995. 384 с.

4. Сергеев В.С. Воспроизводство плодородия черноземов Башкортостана на основе биологизации земледелия. В сборнике: Системы высокоурожайного земледелия и биотехнологии как основа инновационной модернизации АПК в условиях климатических изменений. Материалы Всероссийской научно-практической конференции. 2011. С. 223-225.
5. Фомина Н.В. Микробиологическая оценка агропочв лесных питомников лесостепной зоны // Вестник КрасГАУ. 2015. №1. С.3-8

INCREASING THE FERTILITY OF CHERNOZEM SOILS IN THE CONDITIONS OF BASHKORTOSTAN BY METHODS OF BIOLOGIZATION

R.F. Khasanova, I.K. Khabirov, R.S. Kiraev, I.G. Mustafin

Experimental Station "Ufa" of the Ufa Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences, Ufa, Russia

Abstract. The article discusses the role of green fertilizers and straw in increasing soil fertility. The use of siderates and straw helps to reduce the contamination of fields, increase crop yields, provide moisture accumulation, optimize organic matter and microbiological activity of the soil, legumes involve biologically bound nitrogen in the cycle, perform a soil protection function.

Keywords: sideration, straw, soil fertility, Republic of Bashkortostan.

Referece

1. Siraev M., Khanyarov Yu. Combined steam // Ural fields. 1991. No. 6. P. 8-9.
2. Sereda N.A. Tarasov A.L. Reproduction of the fertility of leached chernozem in crop rotations with green manure fallow and perennial grasses. Achievements of science and technology. 11. 2007. P. 14-15.
3. Khaziev F.Kh., Mukatanov A.Kh., Khabirov A.K. and others. Soils of Bashkortostan, T. 1. Ufa: Gilem, 1995. 384 p.
4. Sergeev V.S. Reproduction of the fertility of the chernozems of Bashkortostan on the basis of the biologization of agriculture. In the collection: Systems of high-yielding agriculture and biotechnology as the basis for innovative modernization of the agro-industrial complex in the context of climate change. Materials of the All-Russian scientific-practical conference. 2011. P. 223-225.
5. Fomina N.V. Microbiological assessment of agricultural soils of forest nurseries in the forest-steppe zone // Bulletin of KrasGAU. 2015. No. 1. P. 3-8.

УДК 631.4

ОЦЕНКА ПРИРОДНО-РЕСУРСНОГО ПОТЕНЦИАЛА ДЕГРАДИРОВАННЫХ АГРОЛАНДШАФТОВ

А.А. Шпедт, В.В. Злотникова

ФИЦ «КНЦ СО РАН», Красноярск, Россия

e-mail: zlotnikova.v.v@mail.ru

Аннотация. На примере землепользования «Минино» выполнена оценка деградированных агроландшафтов для выявления их природно-ресурсного потенциала. Было установлено, что значение средневзвешенного ПРП в среднем снижено на 4,4 единицы, в результате развития деградационных процессов слабой и средней степени на территории хозяйства.

Ключевые слова: природно-ресурсный потенциал, агроландшафты, почвы, деградация, ГИС

Постановка проблемы. Одной из главных проблем в сельском хозяйстве остается деградация почв. С одной стороны, это естественный природный

процесс, вызванный воздействием осадков и ветра, а с другой, возрастающая антропогенная деятельность, усугубляющая природные явления [2].

Защиту почв от деградации, в целях создания условий для достижения высокой продуктивности агроландшафтов без нарушения экологического равновесия, необходимо осуществлять с помощью адаптивно-ландшафтного подхода. Данный подход предусматривает назначение каждому земельному выделу свою программу функционирования в единой системе агроландшафта [1].

Оценка ПРП деградированных агроландшафтов подразумевает комплексную характеристику, которая учитывает особенности почвенного покрова, степень деградации земель, агроклиматические условия, в совокупности, влияющие на продуктивность сельскохозяйственных растений. Использование метода оценки ПРП агроландшафтов, используемых для проектирования адаптивно-ландшафтных систем земледелия, позволяет получить сравнительную оценку плодородия полей землепользования с однородным и неоднородным почвенным покровом, организовать сбалансированное с.-х. производство, подобрать соответствующие мероприятия для повышения экологической и экономической эффективности земледелия.

Цель исследования - оценить ПРП деградированных агроландшафтов ОПХ «Минино».

Метод(ы) проведения эксперимента. В качестве объекта исследования выбраны с.-х. участки ОПХ «Минино», в большей степени представленные черноземами выщелоченными (ЧВ), обыкновенными (ЧО), оподзоленными (ЧОп); лугово-черноземными солонцеватыми (ЛЧС), темно-серыми лесными почвами (ТСЛ), с развитием эрозионных процессов слабой и средней степени (рис.).



Рисунок. Схематическая картограмма дефляции и эрозии землепользования ОПХ «Минино»

Оценку ПРП деградированных агроландшафтов выполняли по формуле:

$$\text{ПРП (1-27)} = T \vee (O \vee (П \times Д)),$$

где: ПРП – природно-ресурсный потенциал, балл (в скобках порядковый номер почв);

T – баллы за сумму температур выше 10°C;

O – баллы за годовую сумму осадков;

П – баллы за почву;

Д – поправочный коэффициент на степень деградации почв;

∨ – знак нелинейного логического сложения;

× – знак умножения.

В результате нелинейного логического сложения частных потенциалов итоговый природно-ресурсный потенциал оценивали по следующей градации (балл): 1-20 – низкий; 21-40 – пониженный; 41-60 – средний; 61-80 – повышенный; 81-100 – высокий.

Ранжирование баллов за почву, сумму температур выше 10°C и годовую сумму осадков представлено в методике оценки природно-ресурсного потенциала агроландшафтов России [3]. Поправочные коэффициенты снижающие агропроизводительную способность почв представлены в таблице 1.

Таблица 1

Балльная оценка степени деградации

Степень деградации	Поправочный коэффициент
0-недеградированные	1
1-слабодеградированные	0,80
2-среднедеградированные	0,60
3-сильнодеградированные	0,40
4-очень сильнодеградированные	0,20

Описание результатов. Оценку ПРП деградированных агроландшафтов выполняли в следующей последовательности: 1. Получение информации о почвах, условиях тепло- и влагообеспеченности, наличии деградационных процессов; с помощью ГИС-технологий было определено долевое участие типов почв в границах каждого поля, степени деградации. 2. Балльная оценка параметров посредством таблиц ([3], табл. 1) (для получения корректных результатов при оценке почв, пользовались формулой средневзвешенного значения). 3. Оценка итогового значения ПРП с помощью формулы (табл. 2).

Почвенный потенциал хозяйства высокий, преобладают плодородные почвы черноземы выщелоченный и обыкновенный (74,37 % территории), оцененные в 100 баллов. Климатический потенциал имеет пониженное значение. Эрозионные процессы, на территории исследуемого хозяйства, характеризуются в основном слабой и средней степенью развития.

Пониженным ПРП обладает поле №24, представленное темно-серыми лесными, слабодеградированными почвами, максимальные баллы ПРП получили полевые участки №№ 1, 2, 4, 5, 7, 8, 9, 11, 22, 23, 26, 30, 31, 32, 33,

представленные высокоплодородными почвами, с развитием деградационных процессов слабой степени.

Таблица 2

Оценка ПРП деградированных агроландшафтов

№ поля	Площадь поля, га	Наименование почв и их содержание	Баллы за				Итоговый балл TV(Ov(П*Д))
			П	О	Т	Д	
1	48,84	ЧО (81), ЧВ (19)	100,00	35	35	0,80	46,25
2	101,72	ЧО (49), ЧВ (51)	100,00	35	35	0,80	46,25
3	41,56	ЧО (53), ЧВ (28), ЧК (19)	96,46	35	35	0,80	45,49
4	104,47	ЧО (27), ЧВ (55), Чоп (6), ЧК (12)	96,93	35	35	0,82	46,12
5	23,22	ЧО (36), ЧВ (61), ЧК (3)	99,27	35	35	0,82	46,65
6	93,90	ЧО (81), ЧВ (14), Чоп (6)	95,08	35	35	0,79	44,93
7	124,24	ЧВ (87), Чоп (11), ЛЧС (2)	97,91	35	35	0,82	46,42
8	68,49	ЧВ (97), Чоп (3)	99,73	35	35	0,81	46,35
9	85,20	ЧО (52), ЧВ (41), Чоп (4), ЛЧС(3)	98,38	35	35	0,81	46,27
10	54,93	ЧО (43), ЧВ (35), Чоп (6) ЛЧС(15)	93,22	35	35	0,84	45,92
11	19,05	ЧВ (100)	100,00	35	35	0,80	46,25
12	59,03	ЧО (58), ЛЧС (42)	77,29	35	35	0,89	43,37
13	14,20	ЧО (30), ЛЧС (70)	72,20	35	35	1,00	44,30
14	186,98	ЧО (71), ЧВ (4), Чоп (9), ЧК (15)	95,90	35	35	0,67	42,41
15	25,65	ЧВ (39), ТСО (61)	79,22	35	35	0,80	42,09
16	33,95	ЧВ (70), Чоп (3), ТСО (28)	89,98	35	35	0,80	44,25
17	119,33	ЧВ (80), Чоп (3), ТСО (14)	94,54	35	35	0,81	45,49
18	51,77	ЧВ (59), Чоп (4), ТСО (36)	86,84	35	35	0,81	43,79
19	23,59	ЧВ (77), Чоп (7), ТСО (16)	93,64	35	35	0,81	45,31
20	27,77	ЧВ (80), Чоп (7), ТСО (14)	94,53	35	35	0,81	45,49
21	21,44	ЧВ (85), Чоп (5), ТСО (10)	96,16	35	35	0,81	45,67
22	5,44	ЧВ (100)	100,00	35	35	0,80	46,25
23	47,35	ЧВ (88), Чоп (12),	98,80	35	35	0,82	46,55
24	3,65	ТСО (100)	65,00	35	35	0,80	39,25
25	10,71	ЧВ (35), ЧО (5) Чоп (6), ТСО (54)	80,74	35	35	0,82	42,88
26	29,69	ЧО (100)	100,00	35	35	0,80	46,25
27	26,09	ЧО (90), ЛЧС (10)	96,00	35	35	0,82	45,93
28	88,44	ЧО (65), ЧВ (5), ЛЧС (10), ЧС (20)	94,85	35	35	0,82	45,74
29	69,58	ЧО (22), ЧВ (45), Чоп (12), ЧС (21)	95,02	35	35	0,83	45,87
30	23,84	ЧВ (100)	100,00	35	35	0,80	46,25
31	37,20	ЧВ (100)	100,00	35	35	0,80	46,25
32	37,49	ЧВ (100)	100,00	35	35	0,80	46,25
33	18,25	ЧВ (100)	100,00	35	35	0,80	46,25
34	104,58	ЧО (5), ЧВ (49), ТСО (46)	83,82	35	35	0,80	43,01
35	126,20	ЧВ (20), ТСО (75), СО (5)	71,43	35	35	0,81	40,75
36	116,78	ЧО (13), ЧВ (20), ЧС (42), СО (25)	82,96	35	35	0,78	42,34
Средневзвешенный ПРП							42,73

Поле № 14, расположенное на южном склоне, характеризуется высоким почвенным потенциалом, но итоговый балл ПРП снижен вследствие развития деградации средней степени, существенное влияние на подверженность почв эрозионным процессам оказали морфометрические характеристики и местоположение в рельефе, склоны данной экспозиции хозяйства эродированы больше, чем северные и северо-восточные, так как в весеннее время они более прогреваемы, вследствие чего на них происходит более интенсивное снеготаяние. В результате негативного прессинга средневзвешенное значение ПРП территории снижено с 47,17 до 42,73 балла.

Первым шагом к переходу к адаптивно-ландшафтной системе земледелия является противоэрозионная организация землепользования, предусматривающая типизацию земель и использование на них соответствующих технологий и мероприятий.

Выводы и предложения. Деградация является не только причиной снижения плодородия почв, но и способствует ухудшению экологической обстановки в целом. Установлено, что значение средневзвешенного ПРП ОПХ «Минино» снижено на 4,4 единицы, в результате развития деградационных процессов на территории. Землепользование нуждается в проведении противоэрозионных мероприятий для восстановления ПРП агроландшафтов и повышения продуктивности земледелия.

Литература

1. Барабанов А. Т., Дронова Т. Н., Павловский Е. С., Степанов А. М. Научные основы разработки почвозащитных мероприятий в адаптивно-ландшафтной системе земледелия // Известия НВ АУК. 2012. №1.
2. Дубовик Д.В. Эрозия почв – глобальная угроза для человечества // Актуальные проблемы земледелия и защиты почв от эрозии. Сборник докладов Международн. Науч.-практ. конф. 2017. С 3-7.
3. Шпедт А.А., Трубников Ю.Н., Методика оценки природно-ресурсного потенциала агроландшафтов России // Живые и биокосные системы. 2020. № 31.

ASSESSMENT OF THE NATURAL RESOURCE POTENTIAL OF DEGRADED AGRICULTURAL LANDSCAPES

A.A. Spedt, V.V. Zlotnikova

FRC "KSC SB RAS", Krasnoyarsk, Russia

Abstract. Using the example of land use "Minino", an assessment of degraded agricultural landscapes was carried out to identify their natural resource potential. It was found that the value of the weighted average NRP was reduced by 4.4 units on average, as a result of the development of degradation processes of a weak and medium degree on the territory of the economy.

Keywords: natural resource potential, agricultural landscapes, soils, degradation, GIS

References

1. Barabanov A. T., Dronova T. N., Pavlovsky E. S., Stepanov A. M. Scientific bases for the development of soil protection measures in the adaptive landscape system of agriculture. Izvestiya NV AUK. 2012. №1.
2. Dubovik D.V. Soil erosion is a global threat to mankind // Actual problems of agriculture and soil protection from erosion. Collection of reports International. Scientific-practical. conf. 2017. P. 3-7.
3. Shpedt A. A., Trubnikov Yu. N., Methodology for assessing the natural resource potential of agrolandscapes in Russia // Living and biokosnye sistemy. 2020. No. 31.

**СЕКЦИЯ 3. ГОРОДСКИЕ И ТЕХНОГЕННЫЕ ПОЧВЫ И
ИХ ЭКОЛОГО-ГЕОХИМИЧЕСКАЯ СИСТЕМА, ФОРМИРОВАНИЕ,
КЛАССИФИКАЦИЯ И ЭВОЛЮЦИЯ**

**SECTION 3. URBAN AND ANTHROPOGENIC SOILS: ECOLOGICAL AND
GEOCHEMICAL SYSTEM, FORMATION, CLASSIFICATION, AND
EVOLUTION**

УДК 631.4

**ТРАНСФОРМАЦИЯ ФОРМ СОЕДИНЕНИЙ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ
В ПОЧВАХ УРБАНИЗИРОВАННЫХ ЛАНДШАФТОВ ЦЧР**

Т.И. Борисочкина, К.А. Колчанова, Н.С. Никитина

ФИЦ ФГБНУ Почвенный институт им. В.В. Докучаева, Москва, Россия

e-mail: geotibor@gmail.com

Аннотация. Исследованы фракционный состав тяжелых металлов агроселитебных ландшафтов Курска и Липецка, почв пойменных ландшафтов реки Воронеж, а также песчаных почв на боровых песках лесопарковых ландшафтов в импактных зонах воздействия промышленных комплексов.

Ключевые слова: тяжелые металлы, формы соединений, трансформация, почвы, урбанизированные ландшафты.

Длительное функционирование на урбанизированных территориях промышленных предприятий, связанных с производством или использованием в технологических процессах тяжелых металлов, часто влечет за собой процессы серьезной химической трансформации ландшафтов, а также приводит к трансформации форм соединений тяжелых металлов в компонентах ландшафтов. Задачей проводимых работ являлось исследование форм соединений тяжелых металлов и их трансформации в почвах в зонах воздействия промышленных агломераций для оценки состояния окружающей среды, качества почв и разработки критериев оценки рисков деградационных процессов.

Исследования проводились на почвах урбанизированных ландшафтов Центрально-Черноземного района (ЦЧР), находящихся в сфере воздействия промышленных комплексов. ЦЧР богат земельными ресурсами, и в то же время характеризуется развитой промышленностью. Особого внимания требуют городские и пригородные агроландшафты, а также урбанизированные рекреационные ландшафты, которые также испытывают антропогенную нагрузку и оказываются загрязненными ТМ. Предварительные экспертные оценки показали значительную роль урбанизированных агроландшафтов в обеспечении овощной продукцией населения малых и средних городов России.

Объекты и методы. Объектом исследований являлись почвы импактных зон воздействия Курского аккумуляторного завода (КАЗа), Липецкого

трубопрокатного завода “Свободный Сокол” и Новолипецкого металлургического комбината (НЛМК). Работы проводились в соответствии с Методическими рекомендациями по оценке загрязнения городских почв и снежного покрова, разработанных в Почвенном институте им. В.В. Докучаева [3]. Разложение почвенных проб для определения валового содержания ТМ велось с использованием микроволновой системы Milestone Start D. Определение ТМ выполнялось атомно-абсорбционным методом на анализаторе Agilent AA240. В процессе исследований был использован метод экстрагирования по Тессьеру [6] и выделены фракции:

1 фракция ТМ, извлекаемая растворами нейтральных солей (**Ex**), в авторской методике носит название обменной.

2 фракция ТМ, экстрагируемая ацетатом натрия при pH 5 (**AcNa**), в авторской интерпретации характеризует группу тяжелых металлов, связанных с карбонатами. Вопрос о связях элементов, переходящих в эту фракцию, является дискуссионным [6], поэтому ограничимся термином - непрочно связанные (экстрагируемые ацетатом натрия).

3 фракция (**Ox**) представлена соединениями тяжелых металлов, связанных с несиликатными соединениями Fe и Mn.

4 фракция (**Or**) характеризует тяжелые металлы, связанные с органическим веществом.

5 фракция, именуемая остаточной (**Rs**), представлена металлами прочно связанными с силикатами, карбидами, устойчивыми органоминеральными соединениями.

Полученные результаты. Исследованиями показано, что почвы агроселитебных ландшафтов Курска в импактной зоне КАЗа значительно загрязнены Cd, Pb, Ni, Zn. При этом в ряде случаев загрязнен не только верхний аккумулятивный горизонт, но и почвенный профиль (табл. 1).

Таблица 1

Средние значения содержаний подвижных форм ТМ, извлекаемых ацетатно-аммонийным буфером (pH4,8) в почве агроселитебного ландшафта Южного района Курска (мг/кг)

Глубина, см	Cd	Pb	Ni	Zn	Cu	Co	Mn
Агроселитебный ландшафт, 1 км к северу от КАЗа							
0-20	1,85	10,7	4,28	24,2	0,22	0,17	80,9
20-40	1,42	9,09	3,84	22,4	0,03	0,16	71,8
40-60	0,71	2,27	2,29	12,6	0,01	0,12	72,6
Курский биосферный заповедник, степь, фоновая территория (мг/кг).							
0-20	<0,01	0,86	0,27	0,79	0,01	0,13	71,9
ПДК	-	6	4	23	3	5	140

В верхних аккумулятивных горизонтах наблюдается превышение ПДК для Cd, Pb, Ni, Zn. По всему профилю отмечено превышение концентраций ТМ по сравнению с концентрациями элементов в почве фоновой территории. Загрязнение кадмием фиксировалось до глубины 60 см.

Фракционирование по методу Тессьера показало, что в загрязненных почвах Курска (по сравнению с почвами незагрязненных фоновых ландшафтов) происходит трансформация форм соединений, при этом резко увеличивается доля непрочно связанных форм ТМ (фракции Ex и AcNa) и соответственно возрастает их биодоступность и подвижность, что проиллюстрировано на примере цинка на рисунке.

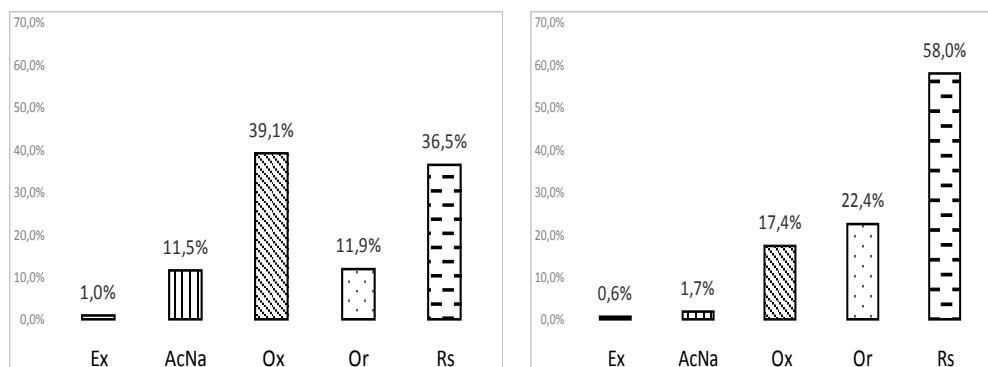


Рисунок. Сравнительный анализ фракционного состава цинка в почвах агроселитебного (А) и степного (В) ландшафтов Курского региона

Увеличение подвижности ТМ приводит к загрязнению растительной продукции, выращиваемой на почвах агроселитебных ландшафтов, находящихся в импактной зоне КАЗа. Наиболее опасно загрязнение кадмием, который является наиболее мобильным и токсичным элементом [2]. В почвах импактной зоны КАЗа непрочно связанные соединения Cd достигают 30-50 % от валового содержания.

Проведены эколого-геохимические исследования почв урбанизированных ландшафтов импактных зон завода “Свободный сокол” и Новолипецкого металлургического комбината Липецкой промышленной агломерации. Исследованиями установлено, что коэффициенты концентрации валовых содержаний ТМ в почвах агроландшафтов (огородов и садов частных домов, прилегающих к заводу “Свободный сокол”) по отношению к фону составили для цинка - 1,5 - 2,3, для кадмия - 2,6 - 4,4, для меди - 1,6 - 3,1 [1]. Показано, что почвы городских агроландшафтов, прилегающие к заводу “Свободный сокол”, характеризуются низкой обеспеченностью доступными и важными для питания растений микроэлементами (табл. 2), такими как Zn, Cu, Co, Mn.

Таблица 2

Содержание подвижных форм тяжелых металлов в почвах агроселитебного ландшафта в импактной зоне завода “Свободный сокол” (мг/кг)

Тяжелые металлы	Fe	Mn	Zn	Cd	Cu	Pb	Co
Средние содержания подвижных форм ТМ	<0,01	8,2	<0,01	0,06	<0,001	0,52	<0,001
ПДК (ААБ)	-	140	23	-	3,0	6,0	5,0
Низкая обеспеченность подвижными формами ТМ [5]	-	< 10,0	< 2,0	-	< 0,2	-	< 0,15

Фракционный анализ (проведенный по методу Тессьера) соединений тяжелых металлов почв агроселитебного ландшафта Липецка, примыкающего к

заводу “Свободный Сокол”, показал, что основная часть ТМ приурочена к остаточной фракции (R_s), что объясняет низкую обеспеченность почв приусадебных участков микроэлементами. При этом на долю Fe в этой фракции приходится порядка 90% металла. Основная доля марганца в почвах ландшафта концентрируется оксидами и гидроксидами железа (O_x).

В почвах лесопарковых ландшафтов и почвах прирусловой поймы, находящихся в импактной зоне НЛМК, зафиксированы повышенные концентрации валовых содержаний и подвижных форм цинка, свинца и кадмия.

Анализ фракционного состава почв лесопаркового и пойменного ландшафтов импактной зоны воздействия НЛМК, показал, что максимальное количество марганца, цинка, свинца, кадмия связываются гидроксидами железа и марганца. При этом порядка 22 % от валового содержания кадмия приходится на фракции непрочно связанные почвой - легко обменные (E_x) и специфически сорбированные, извлекаемые ацетатом натрия (AcNa). Установлено, что максимальная доля меди (44-54% от валового содержания) связана с органическим веществом.

Заключение. Проведенными исследованиями выявлены зоны экологического риска, к которым отнесены почвы приусадебных участков в импактной зоне КАЗа, почвы поймы реки Воронеж и сосновых лесопарковых ландшафтов на борových песках в импактной зоне Новолипецкого металлургического комбината. Проведенное эколого-геохимическое обследование Южного района Курска показало, что в импактной зоне завода “Аккумулятор” сформировалась геохимическая аномалия, основными загрязнителями которой являются кадмий, свинец, цинк и никель. Под воздействием выбросов завода находятся коллективные садовые товарищества, и приусадебные участки частных домов, обеспечивающие своей продукцией население города. С увеличением интенсивности загрязнения почв Cd значительно возрастает его доля в лабильной фракции, что влечет за собой загрязнение почвенного профиля и растительной продукции в импактной зон КАЗа.

В почвах поймы возрастает количество легко обменных (E_x) и экстрагируемых AcNa (специфически сорбированных) соединений кадмия – фракций непрочно связанных почвой, суммарная доля которых составляет 21 %. В почвах поймы максимальная доля основных металлов связана с гидроксидами железа и марганца. В то время как в суглинистых слабо загрязненных почвах агроселитебного ландшафта тяжелые металлы преимущественно приурочены к остаточной фракции прочно связанных соединений.

Исследование трансформации соединений ТМ и их связи с почвенными компонентами необходимы для прогнозной оценки последствий техногенеза.

Литература

1. Борисочкина Т.И., Колчанова К.А. Геохимия тяжелых металлов почв урбанизированных ландшафтов зон воздействия металлургических предприятий // Экология и промышленность России. 2021. Т. 25. №10. С. 50-56.

2. Жидеева В.А. Загрязнение тяжелыми металлами почв садовых агроценозов Курской области // Автореферат диссертации на соиск. уч. степ. канд. биол. н.. 2000. Курск. 24 с.
3. Методические рекомендации по оценке загрязненности городских почв и снежного покрова тяжелыми металлами / В.А. Большаков, Ю.Н. Водяницкий, Т.И. Борисочкина и др. М.: Почвенный ин-т им. В.В. Докучаева, 1999. 32 с.
4. Методические указания по проведению комплексного мониторинга плодородия почв земель сельскохозяйственного назначения. М: ФГНУ “Росинформагротех”, 2003. 240 с.
5. Переломов Л.В., Пинский Д.Л. Формы Mn, Pb и Zn в серых лесных почвах Среднерусской возвышенности // Почвоведение. 2003. № 6. С. 682-691.
6. Tessier A., Campbell P.G.C., Bisson M. Sequential extraction procedure for speciation of particulate trace metals // Analytical chemistry. 1979. V. 51. N.7. P. 844-850.

**TRANSFORMATION OF FORMS OF HEAVY METALS COMPOUNDS IN THE SOILS
OF URBANIZED LANDSCAPES OF THE CENTRAL BLACK EARTH REGION**

T.I. Borisochkina, K.A. Kolchanova, N.S. Nikitina
Soil Science Institute V.V. Dokuchaev, Moscow, Russia

Abstract. The fractional composition of heavy metals was studied: in agrolandscapes of Kursk and Lipetsk, in soils of floodplain landscapes of the Voronezh River, in sandy soils of forest-park landscapes in impact zones of industrial complexes.

Keywords: heavy metals, compound forms, transformation, soils, urban landscapes

References

1. Borisochkina T.I. Geochemistry of heavy metals in soils of urban landscapes in the impact area of metallurgical plants // Ecology and Industry in Russia. 2021. Vol. 25. N 10. P.50-56.
2. Zhideeva V.A. Contamination of garden agrocenoses with heavy metals Kursk region// (abstract of dissertation on competition of a scientific degree of candidate of biological sciences), 2000. Kursk. 24 p.
3. Bolshakov V.A., Vodianitsky Ju.N., Borisochkina T.I. et al. Methodological recommendations for evaluating the contamination of urban soils and snow cover with heavy metals. М.: Soil Science Institute V.V. Dokuchaev, 1999. 32 p.
4. Methodical instructions for conducting complex monitoring of soil fertility of agricultural land. М: FGNU “Rosinformagrotech”, 2003. 240 p.
5. Peremolov L.V., Pinsky D.L. Forms of Mn, Pb and Zn in grey forest soils of Central Russian Upland // Soil science. 2003. N 6. P. 682-691.
6. Tessier A., Campbell P.G.C., Bisson M. Sequential extraction procedure for speciation of particulate trace metals//Analytical chemistry. 1979. V. 51. N.7. P. 844-850.

УДК 631.437.8+631.416

**МАГНИТНАЯ ФРАКЦИЯ ПЕСЧАНИКОВ
КАК ПРИРОДНЫЙ ИСТОЧНИК ПОСТУПЛЕНИЯ
ТЯЖЁЛЫХ МЕТАЛЛОВ В УРБО-АЛЛЮВИАЛЬНЫЕ ПОЧВЫ ПОЙМ
МАЛЫХ РЕК ГОРОДА ПЕРМИ**

А.А. Васильев, М.Н. Власов
ФГБОУ ВО Пермский ГАТУ, Пермь, Россия
e-mail: a.a.vasilev@list.ru

Аннотация. Рассмотрено влияние минералогических и химических особенностей магнитной фракции коренных пород – песчаников нижнешешминской свиты на эколого-геохимическое состояние урбо-аллювиальных почв поймы реки Егошиха на территории города Перми.

Ключевые слова: песчаник, магнитная фракция, сферулы, тяжёлые металлы, урбо-аллювиальные почвы, город Пермь.

Введение. Почвы пойм малых рек города Перми испытывают природно-техногенное загрязнение тяжёлыми металлами (ТМ) [4]. В почвах носителями ТМ являются магнитные частицы и сферулы техногенного [1] и литогенного происхождения. Работ, исследующих литогенные магнитные частицы и сферулы заметно меньше, что определяет дополнительный интерес к последним. Литогенные магнитные частицы, несущие ТМ, поступают в почвы пойм малых рек города Перми из обнажений коренных пород при их денудации. Исследование частиц магнитной фракции в составе почвообразующих и коренных пород позволяет понять особенности их происхождения, морфологии, геохимии и оценить их влияние на эколого-геохимическое состояние почв пойм.

Цель: охарактеризовать особенности строения, минералогии и элементного состава магнитных частиц и сферул песчаников для уточнения их генезиса и влияния на эколого-геохимическое состояние почв пойм.

Объекты – магнитные частицы и сферулы входящие в состав серых полимиктовых, среднезернистых, известковых песчаников нижнешешминской подсвиты, шешминской свиты (P_{1ss}), одноимённого горизонта уфимского яруса приуральского отдела пермской геологической системы палеозоя. Песчаники обнажаются в долине реки Егошихи на территории г. Перми. Продукты выветривания песчаников несут в своём составе магнитные частицы и сферулы, которые поступают в урбо-аллювиальные почвы.

Методика. Из разрушенных песчаников ферритовым магнитом, выделяли магнитную фракцию, содержащую обломочные минеральные агрегаты и сферулы. Морфологию и элементный химический состав частиц магнитной фракции песчаников диагностировали электронно-микронным и энергодисперсионным анализом на комплексе Tescan Vega II (Tescan, Чехия). Валовое содержание Fe, Mn, Cr, Ni, Cu, Zn и Pb в магнитной фазе и мелкозёме песчаника и почв определено рентгенфлуоресцентным методом.

Результаты. Доля магнитной фракции в песчанике составляет 0,4%. Магнитная фаза песчаника представлена частицами сферической (сферулы) и неправильной форм (рис.). Сферулы размером от 10 до 60 мкм сложены минералами группы шпинели. Сферулы имеют кору и центральную часть (рисунок б, е). Кора сферул магнетитовая на что указывает ярко-серебристый цвет и содержание железа от 60 до 90%. Наличие магнетита в песчаниках подтверждается средней удельной магнитной восприимчивостью (147×10^{-8} м³/кг). Химический состав коры сферул чаще сложный. Но есть сферулы с корой из оксидов железа и интерметаллического сплава Fe-Na-Zn. Магнетит коры сферул имеет изоморфные примеси: Cr (0,5-12,1%), Zn (11,7%) и Ti (0,6-2,7%). Морфология поверхности кор сферул гладкая (снимок б, спектр 1; снимок д, спектр 2), бороздчатая (снимок а), гексогонально- и полигонально-зернистая, скелетная и дендритовидная (снимок б, спектр 3). В

верхней части снимка Γ поверхность сферулы сложена октаэдрическими кристаллами магнетита с заметными гранями и вершинами. Центральная часть у вскрытых сферул тёмно-серая с алюмосиликатным составом и незначительным включением высокомагнитных минералов железа. Содержание алюминия и кремния варьирует от 4 до 26% и от 23 до 39% соответственно. Среди примесей присутствуют: Cr (0,5-12,1%) и Ti (0,7-2,7%).

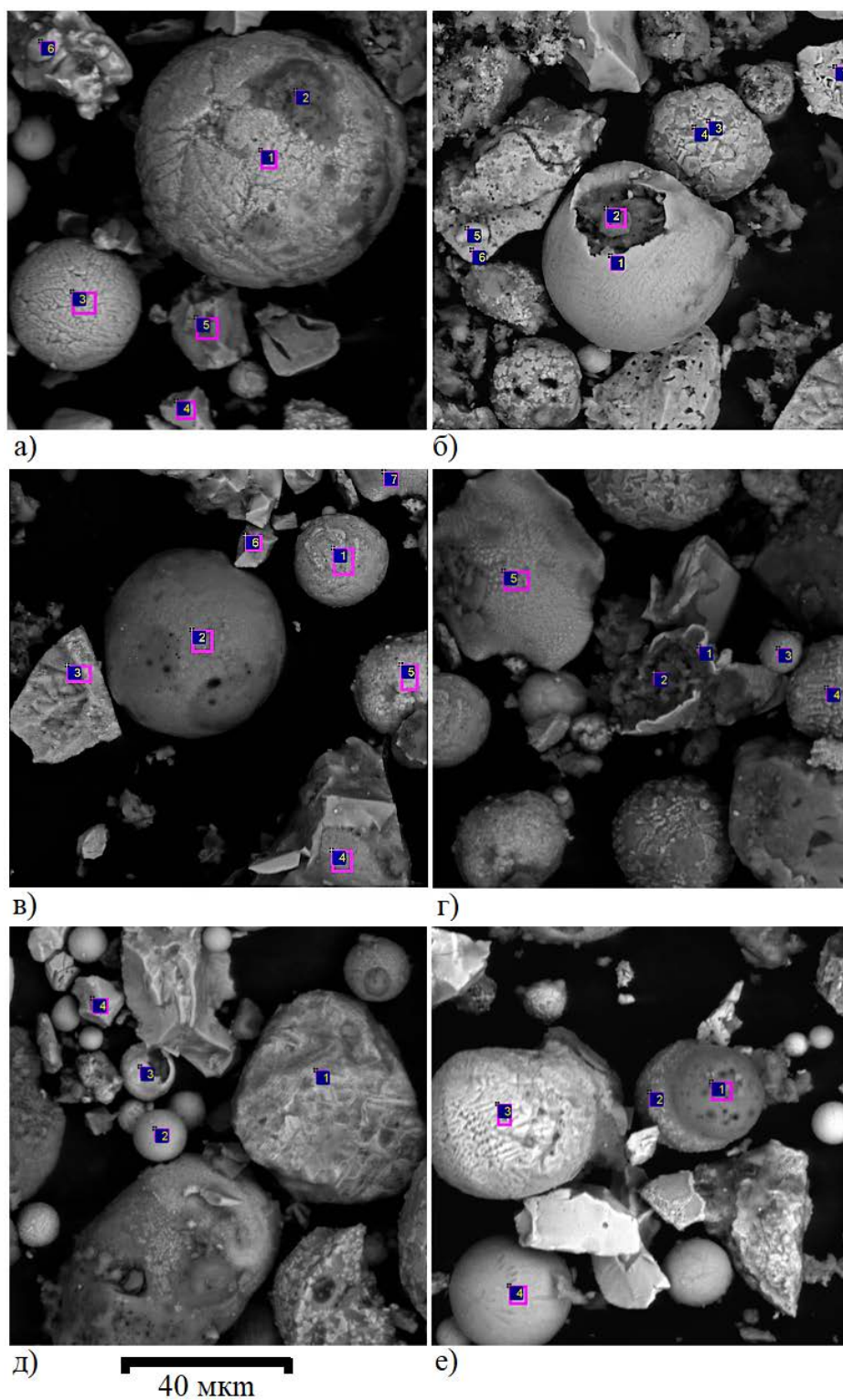


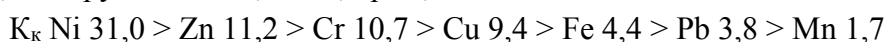
Рисунок. Микроснимки (а – е) магнитных частиц из песчаника

Магнитные частицы неправильной формы полиэдрические, угловатые либо окатанные или пластинчатые с рваными краями. Светлая окраска угловатых частиц, обеспеченность их железом от 50 до 85% и наличие примесей Cr (9,7-29,4%), Zn (4,2%) и Ti (1,0-24,3%) указывает на присутствие минералов группы шпинели: магнетит, титаномагнетит, ильменит, ульвошпинель, хромит и хромит замещённый цинком.

Магнитные частицы и сферулы песчаников, содержащие ТМ, влияют на эколого-геохимическое состояние почв пойм. Концентрация Fe, Mn, Cr, Ni, Cu, Zn и Pb в составе магнитных частиц из песчаника выше, чем во вмещающей матрице мелкозёма песчаника. В геохимическом ряду коэффициентов концентрации ТМ в магнитной фракции песчаника, по данным рентгенфлуоресцентного анализа, преобладают хром, цинк, железо, никель и марганец:



В геохимическом ряду коэффициентов концентрации ТМ в поверхностном горизонте АУg,ur, урбо-аллювиальной серогумусовой глеевой почвы поймы реки Егошиха, лидируют никель, цинк, хром, медь и железо:



Близость элементного состава данных геохимических рядов подтверждает наследуемость ТМ почвами от литогенных магнитных частиц и сферул песчаников.

Обсуждение. Многие исследователи природу магнитных частиц считают литогенной [3, 7, 8]. В пермский период эрозия обнажала хромитоносные породы Сарановского комплекса уральских гор. Обломочный материал содержащий хромшпинелиды сносился палеореками с востока на запад и формировал нижнепермские осадочные породы на Западном Урале [5]. Химический состав магнитных частиц, выделенных нами из песчаника, по повышенной щёлочности, глинозёмистости, железистости, титанистости, наличию хрома и цинка схож с составом хромшпинелидов Сарановского комплекса, согласно данным Алексева А.А. [2]. Если учесть, что формирование Сарановского комплекса гидротермальное [6], то можно предположить, что обнаруженные нами сферулы в песчаниках могут иметь литогенную природу. Механизм образования сферул за счёт кавитационных эффектов в гидротермальных растворах приводит М.И. Новгородова [7].

Оказавшись в почвах пойм, магнитные частицы постепенно разрушаются и высвобождают ТМ. Подвижные формы металлов могут поступать в почвенные растворы и представлять угрозу для биоты и гидросферы.

Выводы. Одним из источников поступления в почвы пойм малых рек города Перми потенциально опасных элементов можно считать литогенные магнитные частицы и сферулы содержащиеся в песчаниках.

Литература

1. Азина А.А., Васильев А.А. Состав магнитной фазы почв на территории ООПТ «Черняевский лес» (г. Пермь) // Проблемы минералогии, петрографии и металлогении. Научные чтения памяти П.Н. Чирвинского. 2021. № 24. С. 12-17.

2. Алексеев А.А., Алексеева Г.В., Ковалев С.Г. Расслоенные интрузии западного склона Урала. Уфа: Гилем, 2000. 188 с.
3. Болотов А.А. К вопросу о генезисе медистых песчаников и сланцев Западного Предуралья [Электронный ресурс] // Геология и полезные ископаемые Западного Урала: материалы регион. науч.-практ. конф. (23-24 мая 2000 г.). Пермь, 2000. Режим доступа: http://geo.web.ru/conf/geolog_2/index.html.
4. Васильев А.А., Власов М.Н. Оценка эколого-геохимического состояния аллювиальных почв пойм малых рек города Пермь // [Электрон. ресурс] АгроЭкоИнфо: Электронный научно-производственный журнал. 2021. №2. Режим доступа: http://agroecoinfo.narod.ru/journal/STATYI/2021/2/st_202.pdf. DOI: <https://doi.org/10.51419/20212202>.
5. Илалтдинов И.Я., Осовецкий Б.М. К проблеме установления источников питания обломочного материала палеорек // Вестник Пермского университета. Геология. 2021. Т. 20. № 3. С. 213-221.
6. Кислов Е.В., Каменецкий В.С., Белоусова Е.А. Хромититы главного сарановского месторождения, Пермский край: состав и генезис // Проблемы минералогии, петрографии и металлогении. Научные чтения памяти П.Н. Чирвинского. 2021. № 24. С. 95-102.
7. Новгородова М.И., Андреев С.Н., Самохин А.А., Гамянин Г.Н. Кавитационные эффекты в образовании минеральных микросферул в гидротермальных растворах // Доклады Академии наук. 2003. Т. 389. № 5. С. 669-671.
8. Пушкарев Е.В., Аникина Е.В., Дж. Гарути, Заккарини Ф., Кононкова Н.Н. Металлические и силикатно-оксидные сферулы из ультраосновных пегматитов в дунитах нижнетагильского платиноносного массива на среднем урале (первые данные) // Доклады Академии наук. 2002. Т. 383. № 1. С. 90-94.

MAGNETIC FRACTION OF SANDSTONES AS A NATURAL SOURCE OF HEAVY METALS IN URBAN-ALLUVIAL SOILS OF FLOODPLAINS OF SMALL RIVERS OF PERM

A.A. Vasiliev, M.N. Vlasov

Perm SATU, Perm, Russia

Abstract. The influence of mineralogical and chemical features of the magnetic fraction of the bedrock – sandstones of the Nizhnesheshmin formation on the ecological and geochemical state of the urban-alluvial soils of the floodplain of the Egoshikha River in the territory of the city of Perm is considered.

Keywords: sandstone, magnetic fraction, spherules, heavy metals, urban-alluvial soils, the city of Perm.

References

1. Azina A.A., Vasiliev A.A. Composition of the magnetic phase of soils on the territory of the protected area "Chernyaevsky forest" (Perm) // Problems of mineralogy, petrography and metallogeny. Scientific readings in memory of P.N. Chirvinsky. 2021. №. 24. P. 12-17.
2. Alekseev A.A., Alekseeva G.V., Kovalev S.G. Stratified intrusions of the western slope of the Urals. Ufa: Gilem, 2000. 188 p.
3. Bolotov A.A. On the genesis of the copper sandstones and shales of the Western Urals [Electronic resource] // Geology and minerals of the Western Urals: materials region. Scientific and practical conference (May 23-24, 2000). Perm, 2000. Access mode: http://geo.web.ru/conf/geolog_2/index.html.
4. Vasiliev A.A., Vlasov M.N. Assessment of the ecological and geochemical state of alluvial soils of floodplains of small rivers of the city of Perm // [Electron. resource] AgroEcoInfo: Electronic scientific and production journal. 2021. № 2. Access mode: http://agroecoinfo.narod.ru/journal/STATYI/2021/2/st_202.pdf. DOI: <https://doi.org/10.51419/20212202>.
5. Ilaltdinov I.Ya., Osovetsky B.M. To the problem of establishing power sources of detrital paleorek material // Bulletin of Perm University. Geology. 2021. Vol. 20. № 3. P. 213-221.
6. Kislov E.V., Kamenetsky V.S., Belousova E.A. Chromitites of the main Saranovskoye deposit, Perm Krai: composition and genesis // Problems of mineralogy, petrography and metallogeny. Scientific readings in memory of P.N. Chirvinsky. 2021. № 24. P. 95-102.

7. Novgorodova M.I., Andreev S.N., Samokhin A.A., Gamyaniin G.N. Cavitation effects in the formation of mineral microspheres in hydrothermal solutions // Reports of the Academy of Sciences. 2003. Vol. 389. №. 5. P. 669-671.
8. Pushkarev E.V., Anikina E.V., Garuti J., Zakkarini F., Kononkova N.N. Metallic and silicate-oxide spherules from ultrabasic pegmatites in dunites of the Nizhny Tagil platinum-bearing massif in the Middle Urals (first data) // Reports of the Academy of Sciences. 2002. Vol. 383. №. 1. P. 90-94.

УДК 548.736

**ИЗУЧЕНИЕ ВТОРИЧНЫХ МИНЕРАЛОВ И ТЕХНОГЕННЫХ
МИНЕРАЛЬНЫХ ФАЗ УРАНА ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ
БЕЗОПАСНОСТИ ПРИРОДНЫХ И АНТРОПОГЕННЫХ СИСТЕМ**

В.В. Гуржий

Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия

e-mail: vladislav.gurzhiy@spbu.ru, vladgeo17@mail.ru

Аннотация. Изучены кристаллохимические особенности формирования ряда минералов шестивалентного урана, а также их синтетических аналогов, в широком интервале температур.

Ключевые слова: уран, сульфат, селенат, карбонат, фосфат, кристаллическая структура

Весьма трудно переоценить значение урана для современной цивилизации, и если рассматривать весь ядерный топливный цикл, то его начальные и конечные стадии (т.е. разведка урановых месторождений, добыча и переработка урановых руд, хранение и переработка радиоактивных отходов) неразрывно связаны с минералогическими исследованиями: какие горные породы и слагающие их минералы лучше использовать для добычи урана, что происходит с соединениями урана при контакте с окружающей средой, чем отличаются вторичные минералы урана по своим физическим и химическим свойствам? В этой связи, крайне важным представляется проведение кристаллохимических исследований, вовлекая в них как природные, так и синтетические объекты. Ведь устойчивые и малорастворимые соединения урана могут препятствовать миграции радионуклидов из зон окисления урановых руд или могильника радиоактивных отходов, а исследование особенностей водорастворимых соединений урана необходимо для понимания процессов переноса радионуклидов в условиях геологических объектов.

На сегодняшний день в мире известно более 300 минералов урана, содержащих уран в различной форме. Все они являются кислородными соединениями. Такое многообразие минеральных видов вызвано главным образом кристаллохимическими особенностями урана и актиноидов в целом, как группы элементов, сочетающей в себе свойства переходных и редкоземельных элементов. Наиболее стабильными степенями окисления урана в геологических условиях являются +4 и +6.

Минералы шестивалентного урана образуются в процессе изменения урановых руд (уранинита, настурана и т.д.) в зонах гипергенеза, являясь, таким образом, вторичными минералами урана, а их техногенные аналоги формируются в процессе изменения отработавшего ядерного топлива (ОЯТ) в условиях хранилищ ОЯТ и геологических могильников. Так, фосфаты уранила являются одной из наиболее представительных групп вторичных минералов урана, незначительно уступая пальму первенства только сульфатам уранила. В дополнение, фосфаты со структурой монацита, ксенотима и циркона разрабатываются в качестве матриц для захоронения радиоактивных отходов. Известно, что содержание Se в продуктах деления оценивается в 3.5 кг на тонну после трех лет облучения ядерного топлива в реакторе. Среди продуктов ОЯТ при температуре 90 °С был обнаружен целый спектр силикатов уранила, а также молибдат уранила. Янечек упоминает уранил-сульфаты среди продуктов выветривания уранинита в древних природных ядерных реакторах в Габоне. Бураков и др. и Тетерин и др. описали активную уранил-карбонатную минерализацию среди вторичных новообразований на 4-м энергоблоке Чернобыльской АЭС. Финч и Юинг, а также многие другие работы отечественных и зарубежных исследователей демонстрируют особую важность исследования минералов и соединений шестивалентного урана для понимания процессов окисления урановых руд и ОЯТ.

На основании больших объёмов имеющихся кристаллохимических сведений, составлены обзорные работы по структурам уранил-сульфатных, уранил-селенитных и уранил-карбонатных минералов, в которых были охарактеризованы и количественно оценены параметры топологической и структурной сложности всех известных природных фаз, на основании чего было выдвинуто предположение об устойчивости минералов в условиях окружающей месторождение среды [1-3].

Изучена трансформация синтетического аналога минерала скупит, $[(UO_2)_8O_2(OH)_{12}](H_2O)_{12}$, при воздействии гидротермального раствора, содержащего ионы Cs^+ , K^+ и SO_4^{2-} . Изучение кристаллических структур полученных соединений, а также проведенный сравнительный кристаллохимический анализ показали, что большинство уранил-сульфатных минералов кристаллизуется из нагретых растворов, а диапазон температур можно предположить по способу объединения координационных полиэдров. Присутствие реберно-связанных дипирамид уранила, по всей видимости, указывает на температуры выше 100 °С. Связывание по общим ребрам сульфатных тетраэдров с координационными полиэдрами уранила тоже связано с повышенными температурами, но с более низкими значениями (~ 70–100 °С), что может указывать на процесс роста из остывающих растворов [4,5].

На поверхности образца черномыльского кориума, подвергнутого гидротермальной обработке в дистиллированной воде при 150°C в течение одного года идентифицированы кристаллы двух фаз, являющиеся аналогами

распространенных вторичных минералов урана: беккерелит, $\text{Ca}[(\text{UO}_2)_6\text{O}_4(\text{OH})_6] \cdot 8\text{H}_2\text{O}$, и фуркалит $\text{Ca}_2[(\text{UO}_2)_3\text{O}_2(\text{PO}_4)_2] \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ [6].

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФ (грант 23-17-00080).

Литература

1. Gurzhiy V.V., Plášil J. Structural complexity of natural uranyl sulfates // Acta Crystallographica Section B. 2019. V. B75. №1. P. 39-48.
2. Gurzhiy V.V., Kuporev I.V., Kovrugin V.M., Murashko M.N., Kasatkin A.V., Plášil J. Crystal Chemistry and Structural Complexity of Natural and Synthetic Uranyl Selenites // Crystals. 2019. V. 9. №12. P. 639.
3. Gurzhiy V.V., Kalashnikova S.A., Kuporev I.V., Plášil J. Crystal Chemistry and Structural Complexity of the Uranyl Carbonate Minerals and Synthetic Compounds // Crystals. 2021. V. 11. P. 704.
4. Tyumentseva O.S., Korniyakov I.V., Britvin S.N., Zolotarev A.A., Gurzhiy V.V. Crystallographic insights into uranyl sulfate minerals formation: synthesis and crystal structures of three novel cesium uranyl sulfates // Crystals. 2019. V. 9. №12. P. 660.
5. Korniyakov I.V., Tyumentseva O.S., Krivovichev S.V., Gurzhiy V.V. Dimensional Evolution in Hydrated K^+ -bearing Uranyl Sulfates: From 2D-sheet to 3D-framework // CrystEngComm. 2020. V. 22. P. 4621-4629.
6. Gurzhiy, V.V.; Burakov, B.E.; Zubekhina, B.Y.; Kasatkin, A.V. Evolution of Chernobyl Corium in Water: Formation of Secondary Uranyl Phases // Materials. 2023, V. 16. P. 4533.

INVESTIGATION OF SECONDARY MINERALS AND TECHNOGENIC MINERAL PHASES OF URANIUM FOR ENVIRONMENTAL SAFETY OF NATURAL AND ANTHROPOGENIC SYSTEMS

V.V. Gurzhiy

St. Petersburg State University, St. Petersburg, Russia

Abstract. The crystal chemical features of the formation of a number of hexavalent uranium minerals, as well as their synthetic analogs, have been studied in a wide temperature range.

Keywords: uranium, sulfate, selenate, carbonate, phosphate, crystal structure

УДК 504.73; 502.131.1; 631.618

МОНИТОРИНГ ПОЧВООБРАЗОВАНИЯ В АНТРОПОГЕННЫХ ЭКОСИСТЕМАХ СРЕДНЕГО УРАЛА

В.Г. Двуреченский^{1,2}

¹Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет,

²Новосибирский государственный педагогический университет, Новосибирск, Россия

e-mail: dvu-vadim@mail.ru

Аннотация. Представлен результат 26-летнего мониторинга почвообразования в антропогенных экосистемах Елизаветинского железорудного месторождения. Показано, что на отвалах горных пород происходит формирование бурых таежных и дерново-подзолистых почв. Площадь бурых лесных почв значительно превышает площадь дерново-подзолистых.

Ключевые слова: почвообразование, антропогенные ландшафты, групповой и фракционный состав железа.

Постановка проблемы. Потребность промышленности в сырье и энергии привела к экологическому кризису тех регионов, в которых по сей день ведется интенсивная добыча и переработка полезных ископаемых. Вмешательство человека в природные процессы, такие как полное уничтожения почв и лесов, изменение рельефа, вынос глубинных пород на поверхность и т.п., происходящих на Урале уже около 400 лет, привели к экологической катастрофе, т.е. к необратимым последствиям. Восстановление нарушенных ландшафтов путем самовосстановления и рекультивации – процесс достаточно долгий и не приводящий ландшафт в первоначальное состояние. Мероприятия по реабилитации техногенных земель не успевают охватить все площади. Таким образом, природа Урала имеет отрицательный баланс по выходу из экологических катастроф и кризисов, т.е. экологическая обстановка региона с каждым годом усугубляется.

Увеличение антропогенной, в частности техногенной нагрузки на естественные ландшафты вызывает значительные нарушения целостности почвенного покрова вплоть до полного его уничтожения на огромных площадях, что приводит к экологическому кризису. На территориях месторождений образуются антропогенные ландшафты, на поверхности которых со временем формируется почвенный покров, отличающийся от почвенного покрова естественных ландшафтов. Состав почвенного покрова определяет почвенно-экологическое состояние ландшафта. Степень приближение нарушенного ландшафта к естественным экосистемам является почвенно-экологическим статусом такого ландшафта.

Изучение процессов почвообразования и прогноз развития почв, формирующихся на отвалах антропогенных ландшафтов во всех биоклиматических зонах мира, представляет научный интерес, являясь частью проблемы восстановления почвенного покрова в целом. При этом возникает необходимость выявления различных индикаторов, характеризующих почвенно-экологическое состояние техногенных ландшафтов, по которым можно было бы проследить скорость и направленность почвообразовательных процессов. Такие параметры, как количество, соотношение различных форм и фракций железа и распределение их в почвенном профиле обладают индикаторной способностью. Железо, являясь одним из основных элементов земной коры, находясь в составе различных химических соединений содержащихся в почве, обладая при этом способностью менять валентность и свойства, способно диагностировать направление почвообразования, а также типовые и подтиповые особенности практически всех почв [1].

Групповой состав железа в профилях почв как естественных, так и антропогенных ландшафтов отражает различные внутрипочвенные процессы, такие как накопление гумуса, микроагрегация, формирование органо-минеральных комплексов и др.

Поведение железа зависит от реакции среды, водного и воздушного режима почв. В нейтральных и щелочных почвах при достаточной аэрации

железо не растворяется, поэтому его непосредственная роль в почвообразовательных процессах может усиливаться только с повышением увлажнения и снижением аэрации. В кислой среде роль железа в почвообразовании значительно усиливается. Органические кислоты интенсивно разрушают минералы и способствуют усилению подвижности железа. При изменении валентности железа из-за переизбытка влаги и недостаточной аэрации железо приобретает наибольшую подвижность, что может приводить, при переменном водном режиме (влажность, сухость), к образованию кирас и конкреций и обесцвечиванию почв или к полному выносу железа вертикальным и боковым стоком. Таким образом, изменение условий почвообразования сопровождается перераспределением и сменой соотношений различных форм железа в профилях почв.

Почвообразовательный процесс – есть совокупность явлений превращения и передвижения веществ и энергии, протекающих в почвенной толще. Из этого следует, что важнейшим компонентом почвообразовательного процесса является превращение минералов почвообразующих пород, составляющих субстрат отвалов, а впоследствии и самих эмбриоземов посредством биологического, геологического и биохимического круговорота энергии и вещества. Скорость преобразования минералов определяется основными факторами почвообразования – это биота, климат, рельеф, материнские породы. В техногенных ландшафтах прибавляется антропогенный фактор.

Почвообразовательные процессы делятся на 3 основные группы. Микропроцессы – в результате которых осуществляется элементарное преобразование вещества на самой ранней стадии развития экосистемы. Мезопроцессы проявляются при сочетании и взаимодействии между собой микропроцессов, при этом обеспечивая специфические признаки эмбриоземов. Макропроцессы – это собственно почвообразовательные процессы или процессы, формирующие определенные типы эмбриоземов техногенных ландшафтов со свойственной им системой генетических горизонтов. Согласно классификации почв техногенных ландшафтов почвенный покров в нарушенных экосистемах формируется сингенетично стадиям развития растительных сукцессий. Типы эмбриоземов характеризуются определенным строением слабовыраженного почвенного профиля и различаются по степени развитости биологических и почвообразовательных процессов [3]. В инициальных эмбриоземах органогенных горизонтов нет; в органо-аккумулятивных обязательно есть горизонт подстилки; в дерновых – подстилки может не быть, но обязательно есть дернина; в гумусово-аккумулятивных – всегда присутствует гумусово-аккумулятивный горизонт.

Методы проведения эксперимента. Исследования проводились в 1997, 2013 и 2022 году, в эмбриоземах, формирующихся на отвалах Елизаветинского железорудного месторождения. Объект расположен в черте г. Екатеринбурга. Субстрат отвала состоит из хаотичной смеси продуктов мезозойской коры выветривания. Возраст отвалов – 83 года.

Железо подразделялось на формы и фракции, согласно классификации Зонна. Аналитическими методами определялось валовое, силикатное и несиликатное железо. Из несиликатного железа выделялись аморфные формы [2].

Описание результатов. Развитие эмбриоземов в бореальных техногенных экосистемах происходит по 2 направлениям: 1) инициальные ↔ органо-аккумулятивные; 2) инициальные → органо-аккумулятивные → дерновые → гумусово-аккумулятивные [4].

В пределах Уктусского лесопарка под вторичными лесами диагностируются дерново-подзолистые почвы, которые определяются, как зональные. В дерново-подзолистых почвах происходят процессы, для которых характерно слабое биогенное накопление аморфных и сильноокристаллизованных форм железа при резком обеднении всеми формами и полном выносе аморфного железа из белесого (A_2) горизонта. Горизонт В выделяется иллювиальной аккумуляцией железистых аморфных фракций. В горизонте С фиксируется железистая аморфная фракция и сильноокристаллизованные формы. Фоновыми почвами, формирующимися в пределах железорудного месторождения являются бурые лесные почвы, в которых характерно преобладание и повышение с глубиной слабоокристаллизованных и снижение аморфных и сильноокристаллизованных форм железа. Бурая лесная почва характеризуется высоким содержанием и равномерным распределением по профилю валового железа, в составе которого силикатное железо преобладает над несиликатным. Аморфное железо накапливается в верхних горизонтах и уменьшается вниз по профилю, по мере ослабления интенсивности выветривания и почвообразования, то есть имеет аккумулятивный характер, что свойственно буроземообразованию.

Данные группового состава железа позволили определить подтиповые особенности эмбриоземов органо-аккумулятивных. Отмечается преобладание силикатного железа над несиликатным во всех почвах. В верхней части профиля эмбриоземов органо-аккумулятивных типичных и буроземоподобных, как и в фоновой почве, аморфное железо аккумулируется в верхней части профиля, затем снижается в средней и немного увеличивается в нижней части. В эмбриоземах органо-аккумулятивных псевдоподзолистых аморфная форма аккумулируется в нижней части профиля.

Аморфное железо накапливается в верхних горизонтах и уменьшается вниз по профилю, по мере ослабления интенсивности выветривания и почвообразования, то есть имеет аккумулятивный характер, что свойственно буроземообразованию. В эмбриоземах органо-аккумулятивных псевдоподзолистых аморфное железо выносится из средней части профиля и накапливается в нижней, что свойственно подзолообразованию.

Групповой состав железа эмбриоземов и фоновых бурых лесных имеет генетическое сходство: а) преобладание силикатного железа над несиликатным свидетельствует о слабой степени выветрелости пород, зависящей от каменистости субстрата, времени почвообразования; б) аморфное железо

накапливается в органогенных горизонтах, где представлено, в основном, органической фракцией, так как в горно-таежной зоне происходит биогенное накопление железа в результате преобразования растительного опада путем интенсивной аккумуляции. Вниз по профилю содержание аморфного железа снижается, т.е. подвижность железа падает; в) процесс перехода аморфных фракций в окристаллизованные имеет обратимый характер – при избыточном увлажнении из окристаллизованных фракций могут образовываться аморфные подвижные фракции железа, в основном, литогенного происхождения. При осушении и аэрации они вновь кристаллизуются.

Выводы. В почвах, формирующихся на Елизаветинском железорудном месторождении, направление почвообразования под лесной, в основном, хвойной растительностью происходит по типу буроземообразования [5]. На открытых участках, под лесным разнотравьем почвообразование происходит по типу подзолообразования.

Таким образом, в почвенном покрове предполагается формирование, как бурых лесных почв, так и дерново-подзолистых. Площадь бурых лесных почв будет значительно превышать площадь дерново-подзолистых. Если учесть, что бурые лесные почвы обладают меньшими почвенно-экологическими функциями, по сравнению с дерново-подзолистыми, то техногенная экосистема по своим биолого-экологическим характеристикам будет уступать фоновым естественным экосистемам.

Почвенно-экологическое состояние антропогенного ландшафта можно назвать удовлетворительным. Почвенно-экологический статус нарушенной экосистемы – примерно 75-80% от естественной.

Литература

1. Зонн С.В. Железо в почвах. М.: Наука, 1982. 208 с.
2. Зонн С.В., Рукака А.Н. Методы определения несиликатных форм железа в почвах // Почвоведение. 1978. № 2. С. 89-101.
3. Курачев В.М., Андроханов В.А. Классификация почв техногенных ландшафтов // Сиб. экол. журн. 2002. №3. С. 255-261.
4. Двуреченский В.Г. Географо-генетическая характеристика форм железа в эмбриоземах Кузбасса: автореф. дис. ... канд. биол. наук. Новосибирск, 2011. 19 с.
5. Двуреченский В.Г., Середина В.П. Характеристика почвенного покрова техногенных ландшафтов Красногорского каменноугольного разреза // Вестник Томского государственного университета. 2014. № 387. С. 257-265.

MONITORING OF SOIL FORMATION IN ANTHROPOGENIC ECOSYSTEMS OF THE MIDDLE URALS

V.G. Dvurechenskiy^{1,2}

¹Novosibirsk State University of Architecture and Civil Engineering, ²Novosibirsk State Pedagogical University, Novosibirsk, Russia

Abstract. The result of 26-year monitoring of soil formation in anthropogenic ecosystems of the Elizabethan iron ore deposit is presented. It is shown that the formation of brown taiga and sod-podzolic soils occurs on rock dumps. The area of brown forest soils significantly exceeds the area of sod-podzolic soils.

Keywords: soil formation, anthropogenic landscapes, group and fractional composition of iron.

References

1. Zonn S.V. Iron in soils. Moscow: Nauka, 1982. 208 p.
2. Zonn S.V., Rukaka A.N. Methods for determining non-silicate forms of iron in soils // Soil Science. 1978. No. 2. P. 89-101.
3. Kurachev V.M., Androkhanov V.A. Classification of soils of technogenic landscapes // Sib. ecol. journal. 2002. No.3. P. 255-261.
4. Dvurechenskiy V.G. Geographical and genetic characteristics of iron forms in the embryos of Kuzbass: autoref. diss. ... cand. biol. sciences. Novosibirsk, 2011. 19 p.
5. Dvurechenskiy V.G. Seredina V.P. Characteristics of the soil cover of technogenic landscapes of the Krasnoyarsk coal mine // Bulletin of Tomsk State University. 2014. No. 387. P. 257-265.

УДК 631.618

КРАТКАЯ ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ КИЗЕЛОВСКОГО УГОЛЬНОГО БАССЕЙНА И ФОРМИРОВАНИЕ ТЕХНОГЕННЫХ ЛАНДШАФТОВ

А.А. Каракульева, И.А. Самофалова

ФГБОУ ВО Пермский ГАТУ, Пермь, Россия

e-mail: pochtaua1994@gmail.com

Аннотация. В статье рассмотрена краткая история развития Кизеловского угольного бассейна для проведения анализа самозарастания техногенных отвалов. Исследования проводили по материалам «Музей КУБа» и имеющимся публикациям в печати. На основании исторического анализа эксплуатация КУБа выделены разновозрастные отвалы: 73 года, 55 лет, 45 лет, 31 год, 20 лет.

Ключевые слова: Кизеловский угольный бассейн, угольные отвалы, порода, техногенные ландшафты, почвообразование.

В России ежегодно предприятиями минерально-сырьевого комплекса нарушается около 150 тыс. га земель, а добыча 1 млн т угля приводит к нарушению от 2.6 до 43 га земельных угодий. Наибольшие изменения земной поверхности и загрязнение окружающей среды происходят при открытом способе разработки месторождений полезных ископаемых, на долю которого приходится свыше 75 % угледобычи [1, 6].

Цель исследования – изучение базы данных «Музей КУБа» г.Губаха для проведения анализа самозарастания техногенных отвалов Кизеловского угольного бассейна. Исследования проводили по материалам «Музей КУБа» и имеющимся публикациям в печати.

Кизеловский угольный бассейн (КУБа) площадью 200 км² (рис.) расположен на западном склоне Среднего Урала в Пермском крае. Климат умеренно-континентальный. Средняя годовая температура около 0 °С. Годовое количество осадков 550-700 мм. Коренной тип растительности – темнохвойные леса, которые занимают небольшую площадь, как и сосновые. Основную часть территории занимают вторичные березняки и смешанные леса. Растительность отличается обилием луговых и степных видов, много эндемиков и реликтов.

Согласно почвенному районированию территории КУБа входит в западный предгорный район горно-уральского почвенного округа тяжелосуглинистых подзолистых, дерново-подзолистых и заболоченных почв [4]. Территория представляет горно-увалистую местность, с плавными очертаниями меридионально ориентированных возвышений с постепенным повышением их при движении на восток. Район сложен из каменноугольных и девонских известняков, доломитов, известковистых песчаников и глинистых сланцев, перекрытых элювиально-делювиальными образованиями [5].

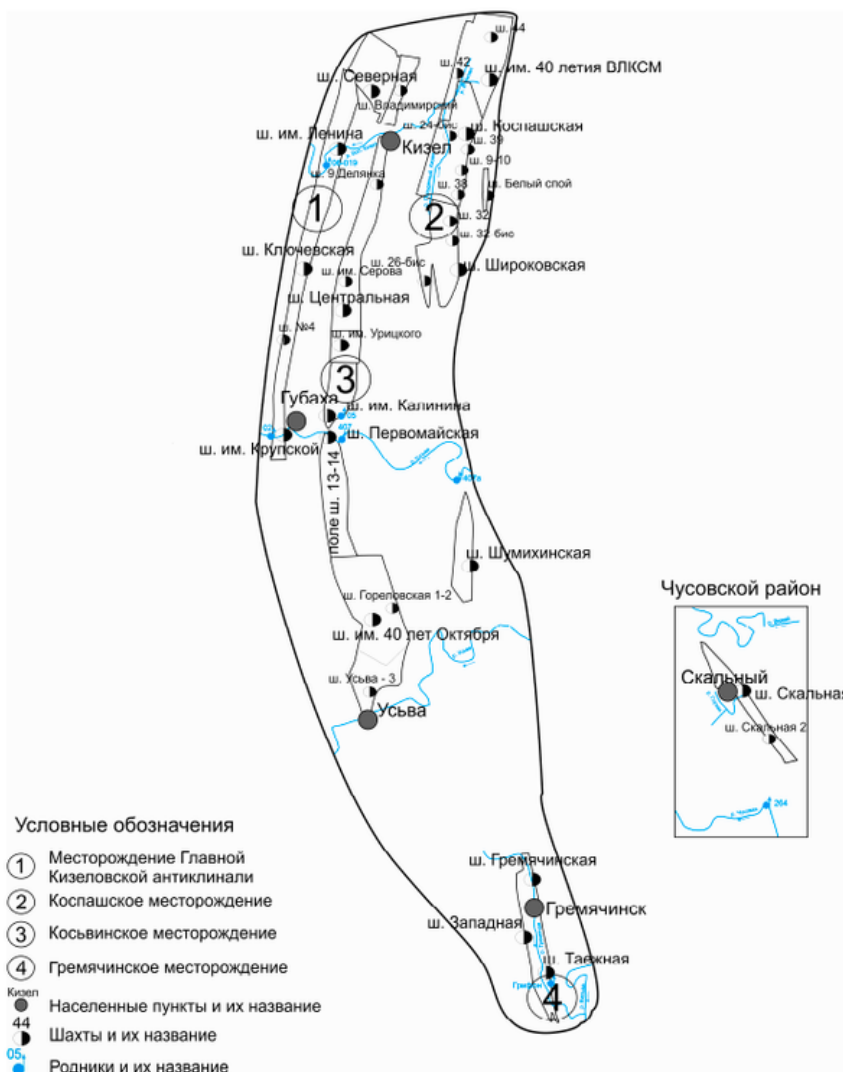


Рисунок. Схема Кизеловского угольного бассейна

Месторождение угля на территории КУБа обнаружили еще в 1786 году при строительстве плотины Кизеловского металлургического завода. Первая шахта «Запрудная» появилась на речке Кизел в 1797 году. В г. Губаха угольные копи начинают действовать с 1865 года. Одна из них «Шумихинская», которая закрыта только в 2000 году.

После революции и гражданской войны, в 1926 году, Кизел становится угледобывающим центром Уральской области, а в 1928 году дореволюционный

уровень был превзойден. В довоенные годы строится 9 новых шахт и углеобогадательная фабрика. Во многом причиной бурного роста угледобычи стало развитие энергетических предприятий. Для переработки угля в Губахе в 1936 году введен в эксплуатацию коксохимический завод [3].

В годы Великой Отечественной войны в КУБе открывается 15 новых шахт. Значимость добычи угля для страны возросла, так как уголь Донбасса был недоступен из-за оккупации. Шахтеры в сложнейших для страны условиях добивались выполнения до 5-6 дневных норм благодаря методике П.К. Поджарова. КУБ обеспечивал потребности в топливе Молотовской области (так в тот период называлась Пермская область), 20% угля вывозилось в другие регионы. К 1959 году на территории Кизеловского угольного бассейна насчитывается 30 действующих шахт, но начинается спад добычи угля, вызванный выработкой промышленных запасов. В 1965 году добыча угля в КУБе оказалась единственной убыточной отраслью Пермской области [5].

Шахты в КУБе закрывались на протяжении 200 лет с момента начала разработки первых месторождений. Первая штольня «Запрудная», открытая в 1797 году, была закрыта уже в 1825 году.

После 1950-х годов добыча угля в Кизелбассе становилась все менее рентабельной. В 1990-е экономическая эффективность резко снизилась. В основном шахты Кизеловского бассейна были закрыты в период с 1993 по 2000 год. Окончательное решение о сворачивании угледобычи в Кизелбассе было принято в 1995 году, когда была утверждена программа ликвидации ОАО «Кизелуголь». Первой была закрыта шахта им. Крупской, последней – шахта «Шумихинская». Но часть шахт ликвидирована еще в 1980-х годах в связи с низким качеством угля, например, шахты № 42, 26-бис, «Б. Спой». Оставшиеся запасы угля учитываются как государственный резерв (222,6 миллионов тонн) на 11 участках. При суммарной производительности участков резерва 1384 тыс. тонн этих запасов хватит на 104 года.

Добыча сернистых углей в Кизеловском бассейне велась закрытым способом с созданием конусообразных отвалов – терриконов высотой 60-100 м, которые выравнивали до состояния плоских отвалов во избежание самовозгорания и уменьшения разноса угольной пыли. Отвалы имеют площадь основания в несколько гектаров, оказывают непосредственное влияние на ландшафты в радиусе приблизительно 1 км, а их косвенное влияние распространяется на растительность до 10 км [2].

За время эксплуатации Кизеловского бассейна общая площадь техногенных ландшафтов, утративших природные характеристики под влиянием угледобычи, составила 456 га. На территории городского округа города Губаха отвалами занято 72 га площади, из них 10,8 га приходится на г. Губаха [2].

На территории КУБа за годы эксплуатации 1786 – 2003г. было разработано и эксплуатировано 50 шахт. На протяжении всего периода эксплуатации КУБа в различные исторические периоды происходило закрытие шахт, что создает

разный возраст отвалов и разную их степень самозарастания. Таким образом, в масштабе времени можно рассмотреть педогенную трансформацию поверхности отвалов и формирование ТПО.

С этой целью составлен реестр шахт с годом их открытия и годом их закрытия проведена группировка по временным периодам существования КУБа. В целом все шахты сгруппированы в 6 временных промежутков (табл.), что позволяет провести оценку самозарастания по возрасту отвала.

Таблица

История развития Кизеловского угольного бассейна в историческое время

Годы закрытия	До 1950 г.	1950–1968 г.	1969–1988 г.	1989–1992 г.	1993–2000 г.	Нет данных по закрытию
Средний возраст шахт	73	55	45	31	20	-
Количество шахт	5	12	6	0	15	12

На основании исторического анализа эксплуатация КУБа выделены разновозрастные отвалы: 73 года, 55 лет, 45 лет, 31 год, 20 лет. Для изучения особенностей условий и факторов почвообразования заложены разрезы на отвалах шахт «Крупская», «Каменный цветок» и «Центральная (№ 15)». Указанные отвалы имеют различный возраст и образуют следующую хроносерию: «Каменный цветок (1 Мая)» 66 лет (1972 год закрытия шахты) – «Крупская» 30 лет (1993 год закрытия шахты) – «Центральная» 27 лет (1996 год закрытия шахты). В дальнейшем предполагается изучение условий самозарастания и почвообразования, формирования ТПО и почв техногенных ландшафтов в пределах КУБа.

Литература

1. Андроханов В.А. Почвы техногенных ландшафтов: генезис и эволюция. Новосибирск: Изд-во СО РАН. 2004. 151с.
2. Ворончихина Е.А. Рекультивация нарушенных ландшафтов: теория, технологии, региональные аспекты: монография. Пермь, 2010. 163 с.
3. Кизеловский угольный бассейн: 200-летняя история не закончена? [Электронный ресурс] // 2021. URL: <https://nashagubaha.ru/2021/09/02/kizelovskij-ugolnyj-bassejn/> (дата обращения: 2.09.2021).
4. Кортаев Н.Я. Почвы Пермской области. Пермь: Пермское книжное изд-во, 1962. 278 с.
5. Митракова Н.В., Хайрулина Е.А., Порошина Н. В., Перминова А.А., Малышкина Е.Е. Классификация и свойства почв, образовавшихся на рекультивированных угольных отвалах Кизеловского угольного бассейна // Теоретическая и прикладная экология. 2022. №4. С. 180-187.
6. Ческидов В.И, Бобыльский А.С. Технолого-экологические аспекты отвалообразования скрышных пород на разрезах Кузбасса // Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых. 2017. №5. С. 96-104.

BRIEF HISTORY OF THE DEVELOPMENT OF THE KIZELOVSKY COAL BASIN AND FORMATION OF TECHNOGENIC LANDSCAPES

A.A. Karakulyeva, I.A. Samofalova
Perm SATU, Perm, Russia

Abstract. The article discusses a brief history of the development of the Kizelovsky coal basin to analyze the self-overgrowth of technogenic dumps. The research was carried out using materials from the KUB Museum and available publications in the press. Based on the historical analysis of the operation of the KUB, dumps of different ages were identified: 73 years, 55 years, 45 years, 31 years, 20 years.

Key words: *Kizelovsky coal basin, coal dumps, rock, technogenic landscapes, soil formation.*

References

1. Androkhonov V.A. Soils of technogenic landscapes: genesis and evolution. Novosibirsk: Publishing house SB RAS. 2004. 151 p.
2. Voronchikhina E.A. Reclamation of disturbed landscapes: theory, technology, regional aspects: monograph. Perm, 2010. 163 p.
3. Kizelovsky coal basin: 200-year history is not over? [Electronic resource] // 2021. URL: <https://nashagubaha.ru/2021/09/02/kizelovskij-ugolnyj-bassejn/> (access date: 09/2/2021).
4. Korotaev N.Ya. Posts of the Perm region. Perm: Perm Book Publishing House, 1962. 278 p.
5. Mitrakova N.V., Khairulina E.A., Poroshina N.V., Perminova A.A., Malyshkina E.E. Classification and properties of soils formed on reclaimed coal dumps of the Kizelovsky coal basin // Theoretical and Applied Ecology. 2022. No. 4. P. 180-187.
6. Cheskidov V.I., Bobylsky A.S. Technological and environmental aspects of dumping of overburden rocks in Kuzbass open-pit mines // Physico-technical problems of mining minerals. 2017. No. 5. P. 96-104.

УДК 631.4

ОСОБЕННОСТИ ЭКОЛОГО-ТОКСИКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ПОЧВЕННО-ТЕХНОГЕННОЙ СМЕСИ НА ОБЪЕКТЕ РАЗМЕЩЕНИЯ ОТХОДОВ «ШУВАЛОВСКАЯ СВАЛКА»

A.B. Kozlov, M.A. Bodaykina

ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, Москва, Россия

e-mail: a.kozlov@rgau-msha.ru

Аннотация. В работе рассматривается общее понятие о несанкционированных свалках, особенностях их образования и экологическом состоянии. Представлены результаты эколого-токсикологических исследований техногенных почвогрунтов, отобранных с несанкционированной свалки на территории Шуваловской промзоны в городе Нижнем Новгороде до проведения рекультивационных работ. Было установлено, что почвенно-техногенные смеси характеризовались острой токсичностью (до 80-95 усл. ед.), которая усиливалась в вертикальном направлении. Общий токсикоз почвогрунтов находился на уровне 40-70%, что в целом свидетельствует о неудовлетворительном эколого-токсикологическом состоянии территории и, как следствие, повышает необходимость проведения рекультивационных мероприятий, в том числе для восстановления микробного пула почв и усиления их микробиологической активности.

Ключевые слова: *почвенно-техногенные грунты, хроническое загрязнение, эколого-токсикологическое и микробиологическое состояние техногенных почвосмесей.*

Несанкционированные свалки отходов – территории, используемые, но не предназначенные для размещения на них отходов. Состав «свалок» варьируется в зависимости от регионального расположения и видов захороненных в ней отходов: коммунальных, промышленных, строительных и др. Отходы промышленных производств и твердые коммунальные наносят значительный вред окружающей среде, так как в их неоднородной массе может содержаться множество загрязняющих веществ. Твердые коммунальные отходы могут состоять из различных красителей, растворителей, лекарств, синтетических материалов и других веществ. Объекты депонирования отходов (свалки) включают разнообразные геохимические условия со сложными микробными экосистемами – от глубоко погребенных анаэробных метаногенных систем до аэробных систем вблизи поверхности. Все свалки постепенно эволюционируют геохимическим и микробиологическим образом с изменением условий окружающей среды в различных пространственных и временных масштабах [1].

В целом, свалки представляют собой крупномасштабные ландшафтные техногенные объекты, состоящие из различных видов отходов, состоящих из антропогенного и природного органического вещества, неорганических компонентов и местных почв. Таким образом, свалки имеют прямое отношение к антропогенным изменениям микробиологического состояния и экологических путей преобразования микробного пула приповерхностных почв [3].

Объектом исследования в настоящей работе являются почвенно-техногенные грунты на территории объекта накопленного экологического вреда «Шуваловская свалка», расположенного в Ленинском районе города Нижнего Новгорода.

Год открытия Шуваловской свалки не известен. В 70-ые годы прошлого века территория принадлежала Шуваловской промзоне и использовалась для размещения отходов производства и потребления. Она считается официально закрытой с 1983 года, однако отходы продолжали свозить туда в течение еще очень долгого времени [2].

Площадка свалки занимает территорию между Шуваловским каналом на севере и северо-западе и заболоченной территорией на юге и юго-востоке. С восточной стороны свалка граничит с кладбищем «Красная Этна» и гаражными массивами, с севера и северо-запада – с Шуваловским каналом, с юга и юго-востока с посёлком Парижская Коммуна и микрорайоном Керженский квартал, на юге и юго-западе – пересеченная местность (рис. 1).

В 2020 году до начала рекультивации были отобраны пробы почвенно-техногенной смеси на 5 пробных площадках в двух профилейных разрезах (0-15 см и 0-150 см) методом конверта с таким расчетом, чтобы каждая проба представляла собой часть почвы, типичной для генетических горизонтов типа подзолистых почв. Пробы почвенно-техногенной смеси отбирались непосредственно на территории, подвергающейся длительному негативному воздействию (рис. 2).

говорит о процессах вертикального миграционно-транслокационного переноса загрязняющих веществ в почвогрунтах Шуваловской свалки.

В целом нужно отметить, что по результатам исследования интегральной токсичности почвенно-техногенная смесь большинству отобранных площадок проявляла острую токсичность.



Рисунок 3. Вариабельность интегральной токсичности в профильном разрезе почвенно-техногенной смеси на объекте «Шуваловская свалка»

Для определения общего токсикоза почвенно-техногенной смеси была выбрана тест культура «Кресс-салат». По результатам исследования общего токсикоза почвогрунтов с Шуваловской свалки наибольший процент всхожести семян наблюдался на площадке отбора № 3 в горизонте А, а наименьший – на площадке отбора № 5 в горизонте В (рис. 4). На площадках № 1, 2, 3 и 5 наблюдалось увеличение токсикоза почвы в глубине горизонта В, что также показывает миграционный процесс переноса загрязняющих веществ в почвогрунтах.



Рисунок 4. Вариабельность общего токсикоза в профильном разрезе почвенно-техногенной смеси на объекте «Шуваловская свалка»

По первичным результатам анализа почвогрунтов Шуваловской свалки можно сделать следующие выводы: почвенно-техногенная смесь в большинстве своем обладала острой токсичностью, также наблюдалась тенденция к увеличению интегральной токсичности и общего токсикоза в глубине почвенно-техногенной смеси (горизонт В). Таким образом, эколого-токсикологическое состояние почвогрунта свалки характеризовалась неудовлетворительным

состоянием, что требует проведения санационно-технологических работ по устранению накопившихся отходов производства и потребления, а также – рекультивационных мероприятий для восстановления местной экосистемы. В частности известно, что проведение рекультивации способствует не только улучшению экологической составляющей местности, но и оптимизации микробиологической активности восстановленного почвогрунта что, как следствие, повышает экологическую устойчивость как почвенного покрова так и в целом местного биогеоценоза.

Литература

1. Горбатовский В.В., Рыбальский Н.Г. Экологическая безопасность в городе. М., РЭФИА, 1996.
2. Проект рекультивации земельного участка занятого свалкой промышленных и бытовых отходов, расположенной за кладбищем «Красная Этна» на территории Шуваловской промзоны в Ленинском районе города Нижнего Новгорода.
3. Meyer-Dombard D.R., Bogner J.E., Malas J. A Review of Landfill Microbiology and Ecology: A Call for Modernization With 'Next Generation' Technology // Front. Microbiol. 2020. Vol. 11.

FEATURES OF ECOLOGICAL AND TOXICOLOGICAL STATE OF THE SOIL-TECHNOGENIC MIXTURE

AT THE FACILITY WASTE DISPOSAL «SHUVALOVSKAYA LANDFILL»

A.V. Kozlov, M.A. Bodyakshina

Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow, Russia

Abstract. The paper considers the general concept of unauthorized landfills, the features of their formations and ecological condition. The results of ecological and toxicological studies of technogenic soils selected from an unauthorized landfill on the territory of the Shuvalovskaya industrial zone in the city of Nizhny Novgorod before reclamation works are presented. It was found that soil-technogenic mixtures were characterized by acute toxicity (up to 80-95 conl. units), which increased in the vertical direction. The total toxicosis of soils was at the level of 40-70%, which generally indicates an unsatisfactory ecological and toxicological condition of the territory and, as a result, increases the need for recultivation measures, including to restore the microbial pool of soils and increase their microbiological activity.

Key words: soil-technogenic soils, unauthorized landfill, chronic pollution, ecology-toxicological and microbiological state of technogenic soil mixtures.

References

1. Gorbatovsky V.V., Rybalsky N.G. Environmental safety in the city. M., REFIA, 1996.
2. Project of recultivation of a land plot occupied by a dump of industrial and household waste located behind the cemetery «Krasnaya Etna» on the territory of the Shuvalovskaya industrial zone in the Leninsky district of Nizhny Novgorod.
3. Meyer-Dombard D.R., Bogner J.E., Malas J. A Review of Landfill Microbiology and Ecology: A Call for Modernization With 'Next Generation' Technology // Front. Microbiol. 2020. Vol. 11.

УДК 631.4

СОСТАВ СОЕДИНЕНИЙ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ПОЧВАХ ЗОНЫ ВЛИЯНИЯ ТЕРРИКОНОВ УГОЛЬНЫХ ОТВАЛОВ РОСТОВСКОЙ ОБЛАСТИ

Е.С. Лацынник, Т.В. Бауэр, А.В. Барахов, С.С. Манджиева, Т.М. Минкина

Южный федеральный университет, г. Ростов-на-Дону, Россия

e-mail: lacynnik@sfedu.ru

Аннотация. Изучено валовое содержание тяжелых металлов в почвах территории углеотвала шахты им. Ленина (Ростовская область). Выявлены особенности фракционного состава соединений Pb с помощью метода последовательных селективных экстракций BCR. Наибольшее количество металла в почвах сосредоточено в остаточной фракции.

Ключевые слова: последовательная экстракция, тяжелые металлы, фракционный состав, загрязнение, углеотвал.

Введение. Угольная промышленность - одна из экологически сложных народнохозяйственных отраслей страны, оказывающая многостороннее негативное воздействие на все компоненты окружающей природной среды [2]. Воздействие углепородных отвалов на окружающую среду является важной экологической проблемой в России и в других странах мира. Складированная в отвалах масса является источником выбросов в окружающую среду газов, пыли, потенциально токсичных химических и радиоактивных веществ, мигрирующих в сопредельные среды в результате горения горной массы, выветривания, эрозии, дегазации и выщелачивания [3]. Наиболее опасную для окружающей среды группу токсикантов составляют тяжелые металлы (ТМ), которые накапливаются в почве и усваиваются растениями, произрастающими на них.

В северо-западной части Ростовской области находится множество отвалов, что приводит к загрязнению окружающей среды и ухудшению санитарно-гигиенических условий, и создают различные риски для здоровья населения в данной местности. Целью данной работы является выявление особенностей содержания форм ТМ в почвах территории породного отвала угольной шахты «им. В.И. Ленина» Ростовской области.

Объектом исследования являются техногенно-трансформированные почвы (площадки Л1-Л9), расположенные вокруг и непосредственно на территории породного углеотвала шахты им. В.И. Ленина в г. Новошахинск. Данная шахта оказывает значительное влияние на экологическое состояние окружающей среды. Шахта, являющаяся одной из старейших в регионе, была заложена в 1916 г. В 2004 г. шахта была закрыта. За 80 лет эксплуатационных работ шахта добыла около 80 миллионов тонн антрацита. В настоящее время большая часть поверхностного комплекса заброшена, на бывшей территории шахты сейчас отмечаются полуразрушенные административные здания.

Методы. Валовое содержание ТМ в почвах определяли рентгенфлуоресцентным методом с использованием спектроскана «МАКС-GV» (ООО «НПО «СПЕКТРОН», Санкт-Петербург, Россия).

Статистический анализ содержания ТМ в почвах выполнен в пакете Statistica 10, включал расчеты среднего значения, минимальных и максимальных значений, среднеквадратического отклонения, дисперсии и коэффициента вариации для всей выборки.

Для интегральной оценки уровня загрязнения почв ТМ рассчитан коэффициент концентрации (Кс), характеризующий уровень техногенной аномальности содержания химических элементов:

$$K_c = C_{si} / C_{bi},$$

где C_{si} - содержание исследованного металла i в образце почвы, а C_{bi} - фоновое содержание металла i в почве.

В отобранных почвенных образцах проводилось последовательное фракционирование ТМ по схеме BCR [6]. Данная схема предусматривает выделение кислоторастворимой (0,11 М CH_3COOH , pH 3), восстанавливаемой (0,5 М $NH_2OH-HCl$, pH 2), окисляемой (8,8 М H_2O_2 , затем 1М CH_3COONH_4 , pH 2) и остаточной (HCl (37%) и HNO_3 (70%)) фракций. Содержание ТМ в вытяжках определяли методом атомно-абсорбционной спектрометрии

В качестве фонового содержания ТМ в почвах выбраны данные, установленные для чернозема обыкновенного карбонатного целинного участка ООПТ «Персиановская заповедная степь», приведенные в работах [1].

Результаты исследования и обсуждение. В почвах исследуемой территории установлено значительное варьирование валового содержания ТМ (табл. 1), причем для таких элементов, как Cd, Pb и Mn коэффициент вариации $CV > 33\%$, что свидетельствует об их неоднородности. Содержание Pb в почвах исследуемой территории составляет от 54,4 до 167,7 мг/кг, в среднем 82,5 мг/кг, Zn – 77-139 мг/кг (в среднем 110 мг/кг), Cu – 53-141 мг/кг (в среднем 101 мг/кг), Ni – 49-93 мг/кг (в среднем 67 мг/кг), Mn – 323-1290 мг/кг (в среднем 747 мг/кг), Cd – 0,3-1,1 мг/кг (в среднем 0,6 мг/кг), Cr – 86-133 мг/кг (в среднем 104 мг/кг). В целом, среднее валовое содержание ТМ в почвах можно представить в виде последовательно убывающего ряда: $Mn > Zn > Cr > Cu > Ni > Pb > Cd$.

Таблица 1

Описательные статистики содержания ТМ (мг/кг) в почвах углеотвала шахты «им. Ленина»

Элемент	Среднее	Медианна	Минимум	Максимум	Ст.откл.	Коэф.Вар.
Cr	104,4	99,9	85,8	133,3	17,7	17%
Mn	746,6	690,3	323,3	1289,5	279,3	37%
Ni	66,4	63,7	48,8	92,7	15,4	23%
Cu	101,0	106,4	52,7	140,7	30,7	30%
Zn	109,7	112,1	77,2	138,7	18,2	17%
Cd	0,6	0,6	0,28	1,1	0,3	46%
Pb	82,5	77,5	54,4	145	29,5	36%

Расчеты медианных значений коэффициента K_c в почвах территории углеотвала шахты им В.И. Ленина (табл. 2) дают возможность выстроить ТМ в определенной последовательности: $Pb (4,1) > Cu (3,7) > Ni (2,1) > Cd (1,9) > Zn (1,6) > Mn (1,2) > Cr (1,1)$. В отдельных пробах наиболее загрязненных площадок значения K_c достигают следующих значений: Mn – 2,6 (1642,6 мг/кг), Cr – 1,5 (133,3 мг/кг), Ni – 2,9 (92,7 мг/кг), Cu – 7,0 (225,4 мг/кг), Zn – 3,8 (264,8 мг/кг), Pb

– 8,0 (167,7 мг/кг), Cd – 3,5 (1,06 мг/кг). Наиболее высокий уровень накопления отмечен для Pb и Cu (табл. 2).

Таблица 2

Коэффициент техногенной концентрации (Kc) ТМ в почвах территории углеотвала шахты «им. В.И. Ленина» (n=7)

Металл	Количество площадок с различными уровнями загрязнения					Med*	Min	Max
	<1,5	1,5–3	3–5	5–10	>10			
Mn	66,7** (6)***	33,3 (3)	-	-	-	1,2	0,5	2,6
Cr	88,9 (8)	11,1 (1)	-	-	-	1,1	1,0	1,5
Ni	-	100,0 (9)	-	-	-	2,1	1,5	2,9
Cu	-	44,4 (4)	44,4 (4)	11,1 (1)	-	3,7	1,6	7,0
Zn	22,2 (2)	66,7 (6)	11,1 (1)	-	-	1,6	1,1	3,8
Pb	-	33,3 (3)	44,4 (4)	22,2 (2)	-	4,1	2,6	8,0
Cd	44,4 (4)	33,3 (3)	22,2 (2)	-	-	1,9	0,9	3,5

* Med, Min и Max – медиана, минимальное и максимальные значения; ** % от выборки
*** значения в круглых скобках указывают на количество площадок (n)

Анализ распределения ТМ по фракциям проведен на примере одного из приоритетных поллютантов почв исследуемой территории – Pb (рис.).

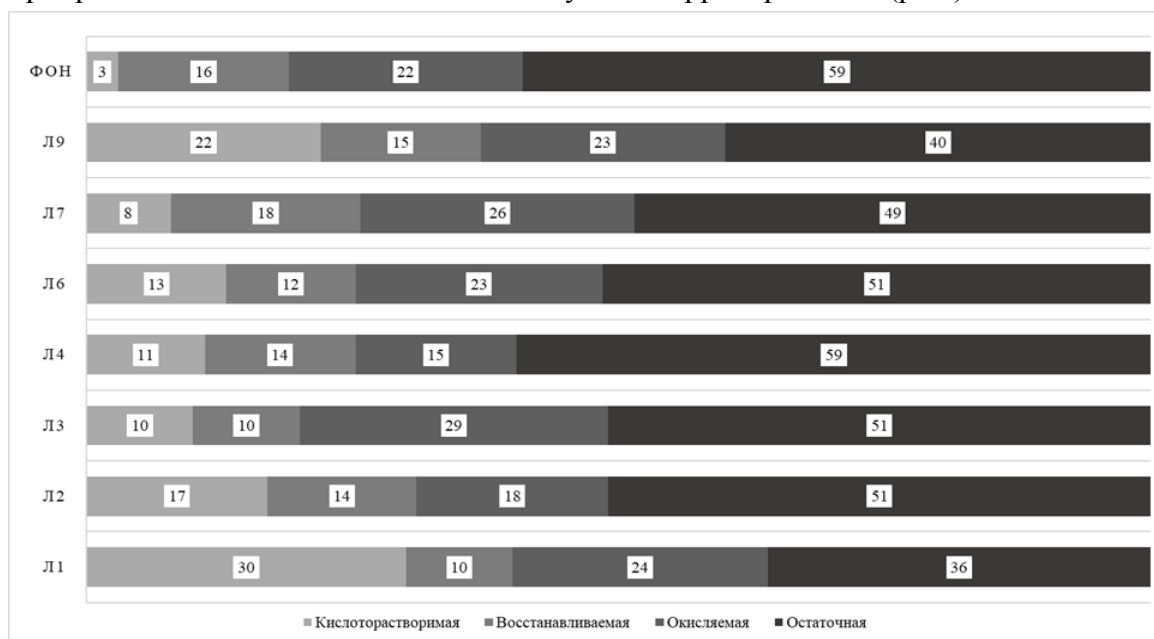


Рисунок. Фракционный состав соединений Pb в исследуемых почвах территории углеотвала им. Ленина, % от суммы фракций

Установлено, что в незагрязненном черноземе обыкновенном ООПТ «Персиановская степь» (фон) отмечается явное доминирование Pb в остаточной фракции (59% от суммы фракций). Относительное содержание металла в

наименее прочно связанной с почвой кислоторастворимой фракции составляет всего 3%. Соединения Pb ассоциируются с различными фракциями следующим образом: остаточная фракция > окисляемая > восстанавливаемая > кислоторастворимая.

В почвах, находящихся на территории углеотвала, выявлено, что с ростом общей концентрации металла в почве отмечается тенденция к уменьшению доли остаточной фракции (с 59% до 36%). Одновременно с этим происходит увеличение доли наиболее подвижной кислоторастворимой фракции увеличивается с 3% на незагрязненной почве до 30% на загрязненной площадке Л1.

Свинец интенсивно накапливается в (гидр)оксидах Fe-Mn (содержание восстанавливаемой фракции достигает 18%), что согласуется с данными многих исследователей [4,5]. Относительное содержание Pb в окисляемой фракции варьируется в пределах 15–29%.

Выводы. Таким образом, изучено содержание ТМ в почвах территории углеотвала шахты «им. В.И. Ленина» Ростовской области. Установлено, что среднее валовое содержание исследуемых металлов убывает в ряду: $Mn > Zn > Cr > Cu > Pb > Ni > Cd$. Данные особенности элементного состава и его распределения определяются составом материала породного отвала, сформировавшего террикон. Дана оценка степени загрязнения почв исследуемой территории с использованием. На основе использования коэффициента техногенной концентрации Кс выявлены приоритетные поллютанты исследуемых почв – Pb и Cu, в меньшей степени – Mn и Cr.

По результатам фракционного состава выявлены специфические особенности в распределении Pb по фракциям в технозомах. Установлено, что наибольшее количество исследуемого металла в почвах сосредоточено в остаточной фракции. При повышении загрязнения доля остаточной фракции уменьшается и возрастает доля наиболее подвижных фракций. Основным фактором в распределении Pb между почвенными компонентами является взаимодействие с органическим веществом и оксидами Fe-Mn.

Исследование выполнено при поддержке гранта Российского научного фонда (проект № 22-76-10054) в Южном федеральном университете.

Литература

1. Акимцев В.В., Болдырева А.В., Голубев С.Н. и др. Содержание микроэлементов в почвах Ростовской области // Микроэлементы и естественная радиоактивность. Ростов н/Д: Изд-во Рост. ун-та, 1962. С. 37–42.
2. Заушинцева А.В., Кожевников Н.В. Техногенез почвенного покрова в районах разработки угольных месторождений Кузбасса // Вестник Кемеровского государственного университета. Серия: Биологические, технические науки и науки о Земле. 2017. № 1(1). С. 4–9.
3. Мусина В.Р. Обоснование безопасного размещения углепородных отвалов с учетом геодинамических условий района (на примере Восточного Донбасса) : дисс. ... канд. техн. наук. Москва, 2018. 161 с.

4. Fernández-Ondoño E., Rojo Serrano L., Jiménez M.N., Na-varro F.B., Díez M., Martín F., Fernández J., Martínez F.J., Roca A., Aguilar J. (2017): Afforestation improves soilfertility in south-eastern Spain. *European Journal of ForestResearch*, 129: 707–717.
5. Nannoni, F., Protano, G., Riccobono, F. Fractionation and geochemical mobility of heavy elements in soils of a mining area in northern Kosovo. *Geoderma*. 2011. Vol. 16. P. 163-73.
6. Pueyo M., Mateu J., Rigol A., Vidal M., Lopez-Sanchez, J.F., Rauret, G. Use of the modified BCR three-step sequential extraction procedure for the study of trace element dynamics in contaminated soils // *Environmental pollution*. 2008. Vol. 152. No. 2. P. 330-341.

**COMPOSITION OF HEAVY METAL COMPOUNDS IN SOILS OF THE INFLUENCE ZONE
OF COAL DEPOSIT SPEEDS IN THE ROSTOV REGION**

E.S. Latsynnik, T.V. Bauer, A.V. Barakhov, S.S. Mandzhieva, T.M. Minkina
Southern Federal University, Rostov-on-Don, 344090, Russian Federation

Abstract. The total content of heavy metals in the soils of the territory of the coal dump of the mine named after V.I. Lenin (Rostov region). The features of the fractional composition of Pb compounds were revealed using the method of successive selective extractions BCR. The largest amount of metal in soils is concentrated in the residual fraction.

Keywords: sequential extraction, heavy metals, fractional composition, pollution, coal dump.

References

1. Akimtsev V.V., Boldyreva A.V., Golubev S.N. et al. The content of microelements in the soils of the Rostov region // *Microelements and natural radioactivity*. Rostov n / a: Publishing house Rost. University, 1962. P. 37–42.
2. Zaushintsena A.V., Kozhevnikov N.V. Technogenesis of soil cover in the areas of development of coal deposits in Kuzbass // *Bulletin of the Kemerovo State University. Series: Biological, technical and earth sciences*. 2017. No. 1(1). P. 4–9.
3. Musina V.R. Substantiation of the safe placement of coal rock dumps, taking into account the geodynamic conditions of the region (on the example of the Eastern Donbass): diss. ... cand. tech. Sciences. Moscow, 2018. 161 p.
4. Fernández-Ondoño E., Rojo Serrano L., Jiménez M.N., Na-varro F.B., Díez M., Martín F., Fernández J., Martínez F.J., Roca A., Aguilar J. (2017): Afforestation improves soilfertility in south-eastern Spain. *European Journal of ForestResearch*, 129: 707–717.
5. Nannoni, F., Protano, G., Riccobono, F. Fractionation and geochemical mobility of heavy elements in soils of a mining area in northern Kosovo. *Geoderma*. 2011. Vol. 16. P. 163-73.
6. Pueyo M., Mateu J., Rigol A., Vidal M., Lopez-Sanchez, J.F., Rauret, G. Use of the modified BCR three-step sequential extraction procedure for the study of trace element dynamics in contaminated soils // *Environmental pollution*. 2008. Vol. 152. No. 2. P. 330-341.

УДК 631.45:628.472.3

**АГРОХИМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ПОЧВ ВБЛИЗИ ПОЛИГОНА
ТВЕРДЫХ КОММУНАЛЬНЫХ ОТХОДОВ «ТОРБЕЕВО»
МОСКОВСКОЙ ОБЛАСТИ**

Д.Н. Липатов, К.В. Павлов

ФГБОУ ВО МГУ имени М.В. Ломоносова, Москва, Россия

e-mail: dlip@soil.msu.ru

Аннотация. Исследованы показатели актуальной кислотности и содержания нитратов, хлоридов, фосфатов в верхнем слое (0-10 см) почв на различном расстоянии (100, 200, 300, 750 метров) по двум направлениям от полигона

твердых коммунальных отходов «Торбеево» (Люберецкий район Московской области).

Ключевые слова: почвенный мониторинг, почвенный профиль, загрязнение почв.

Территории полигонов твердых коммунальных отходов (ТКО) подвержены техногенным нарушениям почвенного покрова [1]. Вокруг полигонов и свалок отходов могут формироваться ореолы загрязнения, связанные с переносом токсичных соединений в составе фильтрата, почвенно-грунтовых и поверхностных вод, аэротехногенных потоков. В список контрольных параметров производственного экологического мониторинга на полигонах ТКО входят не только экотоксикологические, но и агрохимические показатели почв [2]. В результате окисления, разложения, микробной трансформации пищевых, сельскохозяйственных, биологических отходов может происходить загрязнение природной среды низкомолекулярными органическими кислотами, аммонийным и нитратным азотом, ионами Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , фосфатами, хлоридами и другими веществами, изменяющими химические свойства почв. Актуальной задачей является описание агрохимических показателей природных и техногенно нарушенных почв в зоне влияния полигона ТКО. На территориях вблизи полигонов ТКО необходим почвенный мониторинг, как составной части комплексного производственного экологического мониторинга, включающего также контроль загрязнения грунтовых, поверхностных вод и атмосферного воздуха.

Цель работы – исследовать уровни агрохимических показателей вокруг полигона ТКО «Торбеево» (Люберецкий район Московской области) и выявить возможное загрязнение почв нитратами, фосфатами и хлоридами.

Исследования проводились в 2015 году вокруг полигона твердых бытовых отходов «Торбеево», расположенном в Люберецком районе Московской области. Площадь полигона равна 12,8 га, лимит захоронения отходов составляет 206 тыс. тонн в год. Схема почвенного пробоотбора вокруг полигона «Торбеево» была выбрана по двум румбам: северо-северо-западному (N-NW) в направлении геохимического стока и юго-восточно-восточному (SE-E) вдоль основного направления ветров на данной территории. По обоим румбам было заложено по 4 контрольные площадки размером 20×20 м на расстояниях 100, 200, 300 и 750 м от полигона (табл. 1). На каждой площадке проводился отбор смешанной почвенной пробы, взятой в пяти точках в углах и центре площадки, из слоя 0–10 см. В пробах определяли почвенные показатели в соответствии с агрохимическими методиками [3]: рН, содержание нитратов, хлоридов в водной вытяжке – методами ионометрии; содержание фосфатов – по методу Кирсанова с фотоколориметрическим окончанием.

Контрольные площадки были расположены в рудеральных экотопах, а также на лесных и луговых участках вокруг полигона ТКО (табл. 1). На площадках в 100 и 200 м от полигона наблюдалась замусоренность поверхности почвы остатками бытовых отходов. В лесополосах отмечены локальные

несанкционированные свалки бытовых и строительных отходов, на площадке SE-E-4 луговая растительность нарушена пирогенными процессами. В ходе обследования всей территории вокруг полигона ТКО «Торбеево» не выявлено разливов фильтрационных вод на поверхности почв. Почвенный покров исследованной территории представлен дерново-подзолистыми и дерново-грунтово-глееватыми оподзоленными турбированными почвами.

Таблица 1

Местоположение исследованных площадок и фитоценозы вокруг полигона ТКО «Торбеево»

Площадка (расстояние от полигона)	Координаты	Фитоценоз
N-NW-1 (100 м)	N 55° 41' 57.5" E 38° 02' 51.3"	Рудеральный луг
N-NW-2 (200 м)	N 55° 42' 0.9" E 38° 02' 49.8"	Дубово-березовый лес
N-NW-3 (300 м)	N 55° 42' 3.6" E 38° 02' 51.3"	Злаково-разнотравный луг
N-NW-4 (750 м)	N 55° 42' 18.4" E 38° 03' 9.0"	Рудеральный луг
SE-E-1 (100 м)	N 55° 41' 34.0" E 38° 03' 01.0"	Разнотравно-злаковый луг
SE-E-2 (200 м)	N 55° 41' 33.2" E 38° 03' 4.8"	Березово-дубовый лес
SE-E-3 (300 м)	N 55° 41' 32.0" E 38° 03' 9.9"	Дубово-березовый лес
SE-E-4 (750 м)	N 55° 41' 26.5" E 38° 03' 34.7"	Злаково-разнотравный луг

Значения рН водной вытяжки в верхнем горизонте (0-10 см) исследованных почв варьирует в широком диапазоне: от 5,2 до 8,6 (табл. 2). На расстоянии 100 м от полигона отмечено подщелачивание реакции среды в верхнем почвенном слое 0–10 см. Эта тенденция сохраняется, но менее выражена, на расстоянии 200 м от полигона по румбу SE-E. Слабощелочная реакция среды не характерна для природных дерново-подзолистых и дерново-грунтово-глееватых оподзоленных почв, а, по-видимому, сформирована под влиянием техногенных факторов. Такое смещение реакции среды в нейтральную и слабощелочную область характерно для почв урбозкосистем [4], и вблизи полигона ТКО оно может объясняться поступлением на поверхность почвы техногенной пыли, кальция и карбонатов из обломков строительных и бытовых отходов.

Содержание нитратов в исследованных почвах варьировало от 7,4 до 23,5 мг/кг, что значительно ниже уровня ПДК, составляющего 130 мг/кг (табл. 2). Наибольшие значения содержания нитратов в слое 0-10 см зафиксированы на ближайших к полигону площадках N-NW-1 и SE-E-1. При этом установлен статистически значимый ($p=0,10$) коэффициент корреляции Спирмена, равный – 0,69, показывающий достоверное увеличение содержания нитратов в поверхностном слое почв при уменьшении расстояния до полигона. Нитраты являются одним из маркеров биологической составляющей бытовых отходов, образуются при разложении органических остатков. В 100 м от полигона ТКО «Торбеево» содержание нитратов в почвах повышено, но не происходит их значительного накопления вследствие микробиологических процессов денитрификации и активного поглощения растениями. Согласно агрохимической градации, исследованные почвы характеризуются низкой обеспеченностью нитратным азотом.

Содержание подвижных фосфатов в исследованных почвах варьировало от 12,2 до 172,6 мг/кг. В качестве контрольной величины содержания подвижных форм фосфора в почве можно использовать величину 750 мг/кг, соответствующую средней степени антропогенного зафосфачивания по шкале экологического нормирования. В фильтрационных водах полигонов ТКО характерно повышенное содержание фосфатов, что может приводить к загрязнению почв. В почвенных пробах, отобранных вблизи полигона ТКО «Торбеево», содержание фосфатов значительно ниже контрольного уровня 750 мг/кг, антропогенного зафосфачивания почв не выявлено. Вместе с тем, наибольшие значения содержания подвижных фосфатов в слое 0-10 см отмечены на ближайших к полигону площадках N-NW-1 и SE-E-1, а также зафиксирован статистически значимый ($p=0,10$) коэффициент корреляции Спирмена, равный $-0,64$, показывающий достоверное увеличение содержания подвижных фосфатов в поверхностном слое почв при уменьшении расстояния до полигона ТКО. Согласно агрохимической градации, гумусово-аккумулятивные горизонты исследованных почв в 200–750 м от полигона характеризуются низкой обеспеченностью подвижными соединениями фосфора, а в 100 м от полигона – средней и повышенной обеспеченностью, что благоприятно для их самовосстановления.

Таблица 2

Химические показатели почв в слое 0-10 см вблизи полигона ТКО «Торбеево» по северо-западному (N-NW) и юго-восточному (SE-E) румбам

Показатель	Контрольный уровень	Румб	Расстояние от полигона, м			
			100 м	200 м	300 м	750 м
рН водной вытяжки	7,0	N-NW	8,6	6,3	6,2	7,6
		SE-E	7,4	7,6	6,3	5,2
Содержание нитратов (NO_3^-), мг/кг	ПДК 130 мг/кг	N-NW	22,4	7,8	8,5	13,2
		SE-E	23,5	17,0	9,3	7,4
Содержание фосфатов (P_2O_5), мг/кг	750 мг/кг	N-NW	75,9	58,9	43,5	57,3
		SE-E	172,6	44,7	12,2	27,3
Содержание хлоридов, (Cl ⁻), %	0,01 %	N-NW	0,004	0,002	0,002	0,004
		SE-E	0,003	0,002	0,002	0,002

Содержание хлоридов в почвенных пробах, отобранных вокруг полигона ТКО «Торбеево», варьировало от 0,002 до 0,004% (табл. 2). Значение ПДК хлоридов в почве официально не установлено, поэтому в качестве контрольного уровня можно использовать величину 0,01%, соответствующую градации незасоленных почв по хлорид-иону. Фильтрационные воды полигонов ТКО нередко содержат большое количество солей, что может создавать потенциальную опасность засоления почвенно-грунтовых вод. В нашем исследовании для почв вокруг полигона ТКО «Торбеево» контрольный уровень 0,01 % не превышен, значит, хлоридного засоления не выявлено.

Рассчитанные значения коэффициентов вариации на территории вокруг полигона ТКО увеличиваются в следующей последовательности химических соединений: хлориды (34,9 %) < нитраты (48,3 %) < фосфаты (79,5 %). Высокая

степень пространственного варьирования содержания подвижных фосфатов характерна для агрогенных и техногенно нарушенных почв.

Проведенные в 2015 г. исследования, результаты которых представлены в данной работе, можно рассматривать в качестве независимого общественного почвенно-экологического мониторинга полигона ТКО «Торбеево».

Выводы. В 100 м от полигона ТКО «Торбеево» в верхнем слое 0–10 см почв наблюдается увеличение содержания нитратов и подвижных фосфатов, являющихся маркерами биологических компонентов бытовых отходов. При этом ПДК нитратов и контрольный уровень антропогенного зафосфачивания не превышены.

Выявленное на расстоянии 100–200 м от полигона ТКО, подщелачивание реакции среды (рНводн 7,0–8,7) в верхнем слое почв сформировано в результате поступления на почвенную поверхность техногенной пыли, кальция и карбонатов из обломков строительных и бытовых отходов.

Коэффициенты вариации содержания химических веществ в почвах вокруг полигона ТКО «Торбеево» возрастают в следующем ряду: хлориды < нитраты < фосфаты.

Литература

1. Безуглова О.С., Невидомская Д.В., Прокофьева Т.В., Иноземцев С.А. Изменение морфологии черноземов Ростовской области в зоне влияния полигонов твердых бытовых отходов // Почвоведение. 2007. №2. С. 243-254.
2. ГОСТ Р 56060-2014. Производственный экологический мониторинг. Мониторинг состояния и загрязнения окружающей среды на территориях объектов размещения отходов.
3. Практикум по агрохимии. М.: Издательство Московского университета, 2001. 687 с.
4. Стома Г.В. Почвы фруктовых садов г. Москвы и их экологическое состояние // Проблемы агрохимии и экологии. 2012. №2. С. 42-46.

AGROCHEMICAL PROPERTIES OF SOILS NEAR THE SOLID MUNICIPAL WASTE LANDFILL "TORBEEVO" OF THE MOSCOW REGION

D.N. Lipatov, K.V. Pavlov

Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia

Abstract. The levels of actual acidity and the content of nitrates, chlorides, phosphates in the upper layer (0-10 cm) of soils at different distances (100, 200, 300, 750 meters) in two directions from the solid municipal waste landfill "Torbevo" (Lyuberetsky district of the Moscow region) were studied.

Keywords: soil monitoring, soil profile, soil pollution

References

1. Bezuglova O.S., Nevidomskaya D.V., Prokofieva T.V., Inozemtsev S.A. Changes in the morphology of chernozems of the Rostov region in the zone of influence of landfills of solid household waste // Eurasian Soil Science. 2007. No.2. P. 223-233.
2. GOST R 56060-2014. Industrial environmental monitoring. Monitoring of the state and pollution of the environment in the territories of waste disposal facilities.
3. Workshop on agrochemistry. Moscow: Moscow University Press, 2001. 687 p.
4. Stoma G.V. Soils of Moscow fruit orchards and their ecological state // Problems of agrochemistry and ecology. 2012. No.2. P. 42-46.

ОБСЛЕДОВАНИЕ ИЛОВЫХ ОСАДКОВ СТОЧНЫХ ВОД С КОММУНАЛЬНЫХ ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЙ Г. НОВОЧЕРКАССКА

С.А. Манжина, Т.И. Дрововозова

ФГБНУ «РосНИИПМ», Новочеркасск, Россия

e-mail: manz.svetlana@yandex.ru

Аннотация. Представлены результаты обследования осадков сточных вод с городских очистных сооружений г. Новочеркаска Ростовской области на содержание тяжелых металлов. Установлено отсутствие превышений нормативов концентраций тяжелых металлов. Доказана возможность их применения для биологической рекультивации нарушенных земель и полигонов ТКО, а также для получения растительных почвогрунтов.

Ключевые слова: осадок сточных вод, удобрительная добавка, рекультивация.

Введение. В настоящее время остро стоит проблема накопления и утилизации отходов. По данным Росприроднадзора по итогам 2021 года общий объем отходов в РФ достиг 8,5 миллиарда тонн, при этом основным способом обращения с отходами в России является захоронение [5]. По данным таблицы 1 видно, что в 2021 г. на захоронение приходится около 67 % от общего количества твердых коммунальных отходов (ТКО).

Таблица 1

Обращение с твердыми коммунальными отходами на территории РФ

Вид обращения с отходами	Рассматриваемый год		
	2019	2020	2021
Вывезено за год ТКО, млн т	50,9	49,3	47,4
Из них на объекты, используемые для:			
- обработки отходов, млн т	7,7	11,9	14,9
- обезвреживания отходов (включая мусоросжигательные заводы), млн т	1,3	1,5	0,7
Захоронение отходов, млн т	41,8	34,6	31,7

К одним из крупнотоннажных отходов относятся осадки сточных вод (ОСВ) с городских коммунальных очистных сооружений. Ежегодно в РФ образуется около 2 млн т осадков сточных вод по сухой массе, при исходной влажности 98 % их масса составляет около 100 млн т, под которые отводятся громадные площади земельных ресурсов. Так, по официальным данным, только в Московской области накоплено более 120 млн т неутилизированных ОСВ, суммарная площадь иловых полей превысила 700 га [1]. Поэтому любые работы в направлении утилизации или применения в качестве вторичного сырья ОСВ являются актуальными, финансово и экологически привлекательными.

В настоящее время существует несколько подходов к утилизации осадков сточных вод, основанных на применении наилучших доступных технологий (НДТ) обращения с осадками сточных вод, – это компостирование осадков,

производство почвогрунта из осадков, термическая сушка осадка, сжигание (термоутилизация), использоваться в качестве органических, органо-минеральных или органо-известковых удобрений, при проведении биологической рекультивации земель, либо в качестве инертного материала при проведении технического этапа рекультивации [3].

Использование осадков сточных вод для производства удобрительных смесей, почвогрунтов является перспективным способом их применения в сельскохозяйственной отрасли. Однако, ряд авторов [3, 6] отмечают высокое содержание в ОСВ тяжелых металлов, что при длительном внесении осадков в почвы может привести к их накоплению, приводящем к загрязнению как почв, так и сельскохозяйственной продукции, произведенной на них. С другой стороны, такие элементы как кобальт, медь, цинк, марганец, молибден и никель относятся к микроэлементам, необходимым для питания растений. Определяющим в данном случае является их содержание в почвах и субстратах.

В связи с вышеизложенным, целью данной работы являлось исследование осадков сточных вод с городских очистных сооружений г. Новочеркаска Ростовской области на содержание тяжелых металлов, установление возможных причин поступления тяжелых металлов в сточные воды, а также определение экологически безопасного сельскохозяйственного применения ОСВ.

Материалы и методы. Объектом исследования являлись осадки сточных вод 3-х летней естественной выдержки с иловых карт Кадамовских очистных сооружений ООО «Экологические технологии» г. Новочеркаска Ростовской области.

Определение валового содержания и подвижных форм металлов в иловых осадках сточных вод проводили в аккредитованной эколого-аналитической лаборатории ФГБНУ «РосНИИПМ» в соответствии с методическими указаниями по определению тяжелых металлов в почвах сельхозугодий и продукции растениеводства [4].

Результаты и их обсуждение. На осадки, образующиеся в процессе очистки хозяйственно-бытовых, городских (смеси хозяйственно-бытовых и производственных), а также близких к ним по составу производственных сточных вод, распространяются нормативные требования, представленные в таблице 2. При использовании осадков сточных вод в качестве удобрения, по концентрации тяжелых металлов их подразделяют на две группы. Осадки группы I используют под все виды сельскохозяйственных культур, кроме овощных, грибов, земляники, осадки группы II используют под зерновые, зернобобовые, зернофуражные и технические культуры. Осадки I и II групп также используют в цветоводстве, лесоразведении, для биологической рекультивации нарушенных земель и полигонов ТКО [2].

Исследования показали, что в иловых осадках сточных вод Кадамовских очистных сооружений ООО «Экологические технологии» (г. Новочеркасск) превышений нормативов концентраций тяжелых металлов не зарегистрировано.

Отмечается присутствие кадмия, на который норматив содержания отсутствует. Анализ на вредные примеси исследуемых иловых осадков сточных вод показал возможность их применения для биологической рекультивации нарушенных земель и полигонов ТКО, в качестве удобрительной добавки к почвогрунту.

Таблица 2

Нормативные и фактические концентрации тяжелых металлов в ОСВ

Металл	Валовое содержание, мг/кг сухого вещества		Подвижная форма, мг/кг сухого вещества		Кратность превышения подвижной форме	
	Нормативная концентрация по ГОСТ Р 17.4.3.07-2001, для осадков групп		Фактическая концентрация в исследуемых осадках	Нормативная концентрация по СанПиН 1.2.3685-21		Фактическая концентрация в исследуемых осадках
	I	II				
Медь	750	1500	3,38	3,0	2,53	-
Свинец	250	500	0,60	6,0	0,77	-
Кадмий	15	30	0,92	-	0,40	0,40
Цинк	1750	3500	30,4	23,0	8,40	-
Никель	200	400	1,41	4,0	0,69	-

Далее была проведена сравнительная оценка иловых осадков сточных вод с природными илами – сапропелями. В сапропелях значительная часть тяжелых металлов находится в подвижной форме и зависит от месторождений, горизонтов вертикальных разрезов [6]. В зависимости от содержания ТМ в соответствии с ГОСТ Р 54000-2010 выделяют сапропели 1 и 2 класса пригодности. Содержание подвижных форм тяжелых металлов в зависимости от класса сапропеля представлены в таблице 3 [1, 6].

Таблица 3

Содержание валовых и подвижных форм тяжелых металлов в сапропелях разного вида (мг/кг сухого вещества)

Элемент	Органический		Органоизвестковистый		Органокремнеземистый		Органоглинистый		Известковый	
	Валовое	Подвижное	Валовое	Подвижное	Валовое	Подвижное	Валовое	Подвижное	Валовое	Подвижное
Медь	51,6	3,10	24,7	2,83	35,1	7,75	47,0	0,68	19,4	1,15
Свинец	11,6	3,26	16,7	6,53	12,1	9,9	12,6	1,54	29,4	2,24
Кадмий	0,5	0,26	0,3	0,39	0,5	0,22	0,65	0,38	0,5	0,47
Цинк	146,0	21,8	76,7	9,94	90,3	41,5	118,0	13,2	32,4	5,60
Никель	56,8	1,41	21,4	3,70	37,1	7,44	72,9	1,90	29,4	2,38

Сравнение фактического содержания ТМ в исследованных иловых осадках сточных вод и в сапропелях показало сходство по химическим характеристикам с органоизвестковистым классом сапропеля. Ряд показателей по ТМ в природных сапропелях превышает таковые в ОСВ. Источником тяжелых металлов, особенно меди, цинка, никеля, в осадках сточных вод могут быть, на наш взгляд, не только промышленные СВ, но и бытовые. В частности, за счёт выноса коррозионно растворимого цинка из водопроводных труб, латунных изделий смесителей и т.п. В настоящее время в качестве водопроводных применяются металлические трубы оцинкованные и неоцинкованные (ГОСТ 10704-91, ГОСТ 8732-78), из

нержавеющей стали (ГОСТ 9941-81) или меди (ГОСТ Р 52318-2005). Трубы водоснабжения с одной стороны подвергаются наружной почвенной коррозии при прямом контакте поверхности трубопровода с грунтом или водой, а, с другой, внутренней коррозии в случае агрессивных коррозионных свойств самой транспортируемой водной среды. Соответственно в транспортируемые сточные воды дополнительно поступают ионы тяжелых металлов, которые накапливаются по мере продвижения по отводящей сети.

Кроме того, высокое содержание меди обусловлено его допустимым высоким содержанием в питьевой воде (ПДК_{хп} в 1000 раз больше по сравнению с ПДК_{рх}), которая в конечном итоге поступает в канализационную сеть после использования на бытовые нужды.

Выводы. Наличие тяжелых металлов в сточных водах и соответственно в осадках сточных вод вызвано, в том числе, так называемым их вторичным загрязнением. Перед сельскохозяйственным применением ОСВ необходимо вести жесткий контроль их качества на содержание тяжелых металлов.

Учитывая, что очистные сооружения канализации являются дотационным хозяйством, то для повышения экономической эффективности их эксплуатации целесообразна диверсификация очистных сооружений канализации с внедрением НДТ по подготовке иловых осадков СВ в качестве удобрительной смеси. Подобный подход решает две экологические проблемы: во-первых, экологически безопасная утилизация крупнотоннажного отхода ОСВ, во-вторых, развитие относительно дешевого производства органических удобрений.

Литература

1. Бушуев Н.Н., Шуравилин А.В. Влияние внесения осадков сточных вод на загрязнение почв тяжелыми металлами // Плодородие. 2014. № 4. С. 40-41.
2. ИТС 10-219. Очистка сточных вод с использованием централизованных систем водоотведения поселений, городских округов: информационно-технический справочник по наилучшим доступным технологиям. Москва, Бюро НДТ, 2019. 434 с.
3. Манжина С.А. Российские и зарубежные практики обращения с осадком сточных вод // Экология и водное хозяйство. 2023. Т. 5. № 1. С. 15–31. <https://doi.org/10.31774/2658-7890-2023-5-1-15-31>.
4. Методические указания по определению тяжелых металлов в почвах сельхозугодий и продукции растениеводства, изд. 2-е, перераб. и дополн. (утв. Минсельхозом России 10.03.1992). URL: https://e-ecolog.ru/docs/muRJBZ4ZhiKh50zZr_aL?ysclid=lhyqlbbwss505070364
5. Охрана окружающей среды в России. 2022: Стат. сб. / Росстат. М., 2022. 115 с.
6. Успенская О.Н., Васючков И.Ю. Микроэлементы в сапропелях – природном материале на удобрение для органического земледелия // Агрехимия. 2019 № 10. С. 52-57.
7. Шуравилин А.В., Овчинников А.С., Сурикова Н.В., Бородычев В.В., Пивень Е.А. Эффективное использование сточных вод и их осадка для орошения и удобрения сельскохозяйственных культур. Волгоград: Нива, 2009. 636 с.

RESEARCH OF SEWAGE SLUDGE FROM MUNICIPAL WASTEWATER TREATMENT PLANTS IN NOVOCHERKASSK

S.A. Manzhina, T.I. Drovovozova
FSBSI "RosRILRP", Novocherkassk, Russia

Abstract. The results of a survey of sewage sludge from municipal wastewater treatment plants in Novocherkassk, Rostov region, for the content of heavy metals are presented. The absence of excess standards of concentrations of heavy metals was established. The possibility of their use for biological reclamation of disturbed lands and landfills of SMW, as a fertilizing additive to the soil has been proved.

Keywords: sewage sludge, fertilizer additive, recultivation.

References

1. Bushuev N.N., Shuravilin A.V. The effect of sewage precipitation on soil pollution by heavy metals // Fertility. 2014. No. 4. P. 40-41.
2. ITS 10-219. Wastewater treatment using centralized wastewater disposal systems of settlements, urban districts: an information and technical guide to the best available technologies. Moscow, NDT Bureau, 2019. 434 p.
3. Manzhina S.A. Russian and foreign practices of sewage sludge treatment // Ecology and water management. 2023. Vol. 5. No. 1. pp. 15-31. <https://doi.org/10.31774/2658-7890-2023-5-1-15-31>.
4. Methodological guidelines for the determination of heavy metals in soils of farmland and crop production, ed. 2nd, pererab. and supplement. (approved by the Ministry of Agriculture of Russia 10.03.1992). URL: https://e-ecolog.ru/docs/muRJIBZ4ZhiKh50zZr_aL?ysclid=lhylbbwss505070364
5. Environmental protection in Russia. 2022: Stat. sat. / Rosstat. M., 2022. 115 p.
6. Uspenskaya O.N., Vasyuchkov I.Yu. Trace elements in sapropels – natural material for fertilizer for organic farming // Agrochemistry. 2019. №. 10. P. 52-57.
7. Shuravilin A.V., Ovchinnikov A.S., Surikova N.V., Borodychev V.V., Piven E.A. Efficient use of wastewater and its sludge for irrigation and fertilization of crops. Volgograd: Niva, 2009. 636 p.

УДК 631.4

ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ПОЧВОПОДОБНЫХ ТЕЛ В ЗОНЕ ПЕРИОДИЧЕСКОГО ЗАТОПЛЕНИЯ ВОДОХРАНИЛИЩ

А.О. Миннегалиев¹, Р.Р. Сулейманов², Е.С. Дорогая², И.Г. Асылбаев³

¹Уфимский университет науки и технологий, Уфа, Россия

²Уфимский Институт биологии УФИЦ РАН, Уфа, Россия

³Башкирский государственный аграрный университет, Уфа, Россия

e-mail: minnegaliev.aleksandr@rambler.ru

Аннотация. Рассмотрены особенности формирования почвоподобных тел в зоне затопления Юмагузинского водохранилища. Установлено, что исходные почвы в результате затопления подверглись существенным морфологическим и химическим изменениям.

Ключевые слова: почвы водохранилищ, зона периодического затопления, почвоподобные тела.

Создание водохранилищ приводит к отчуждению значительных участков суши и затоплению почв. При этом биогеохимическая эволюция затопленных почв слабо изучена [4].

В настоящее время вопрос классификации сезонно и постоянно затопленных почв не решен, в связи с этим такие объекты рассмотрены как почвоподобные тела. Известно, что для этих почвоподобных тел антропогенные факторы проявляются не вследствие прямого воздействия, включающего уничтожение почвенного покрова, перемешивания с грунтами и загрязнения [1], а

вследствие косвенного влияния, обусловленного затоплением территории при создании водохранилища.

Для участков зоны периодического затопления водохранилищ характерны процессы, изученные на объектах-аналогах: почв морских побережий, рисовых чеков, пойм и донных отложений прудов, в том числе [4, 5, 6]:

- накопление слоя донных отложений;
- специфические процессы гидроморфизма (ожелезнение, оглеение);
- анаэробные процессы в условиях сезонного или постоянного затопления;
- деградация верхних горизонтов почв (разрушение или потеря структуры);
- изменения в процессах накопления и переноса биогенных веществ.

Рассмотрены почвы зоны периодического затопления Юмагузинского водохранилища. В геоморфологическом отношении участок работ представляет собой нижнюю часть склона долины реки Белая, в настоящее время затапливаемую Юмагузинским водохранилищем. Участок расположен в пределах периодически затапливаемого залива, расположенного в 12,8 км выше створа гидроузла. В период осушения и наибольшего отступления уреза водохранилища, на разных гипсометрических уровнях выполнена закладка четырех почвенных разрезов. Дополнительно на отметках выше линии наивысшего затопления заложен фоновый почвенный разрез.

Отобраны образцы почвы, общепринятыми методами [3] определено валовое количество органического вещества, рН (КСИ), содержание азота щелочногидролизуемого и подвижного фосфора.

Рассмотренные почвоподобные тела имеют выраженные признаки изменений в морфологии профиля и в химическом составе.

Прилегающие к берегу участки затопленных почв подвержены влиянию волнения. По-видимому, в связи с этим исходный верхний гумусовый горизонт на этих участках разрушен. Профиль на более низких гипсометрических уровнях, прилегающих к зоне волноприбойной деятельности, после затопления сохранился, о чем можно судить по пням деревьев, оставшимся после процесса лесорасчистки во время строительства гидроузла. На этих участках сохранился также гумусовый горизонт, однако в существенно трансформированном состоянии с осветленной и утратившей структуру толщей.

Концентрация органического вещества в верхних горизонтах затопляемых участков изменяется в пределах 1,82–3,61%, что ниже, чем на фоновом незатопляемом участке, для которого содержание органического вещества изменяется от 5,39% в гумусовом горизонте до 1,63% в иллювиальном горизонте. Содержание органического вещества имеет наиболее низкие значения в зоне волноприбойной деятельности и увеличивается по направлению к глубоководной зоне. Исследуемые солоиды имеют среднекислую реакцию среды, кислотность на затопленных участках изменяется в пределах 3,7–5,0. Кислотность снижается в направлении от глубоководной зоны к берегу, но не достигает значений, характерных для слабокислой реакции среды фоновых почв (рН 5,6).

Содержание щелочногидролизуемого азота изменяется в пределах 70–154 мг/кг. На участках затопления его содержание увеличивается при удалении от берега, однонаправленно с изменением содержания органического вещества. При этом фоновые участки не подверженные затоплению имеют значительно более высокие показания содержания щелочногидролизуемого азота (392 мг/кг), чем прибрежные затапливаемые участки.

Содержание подвижного фосфора изменяется на участке зоны затопления в пределах 3,8–13,5 мг/кг, аналогично содержанию щелочногидролизуемого азота значительно уменьшаясь в районе зоны волноприбойной деятельности и постепенно увеличивается по направлению к глубоководной зоне. Фоновые участки имеют более высокий уровень содержания подвижного фосфора, чем затапливаемые (22,3 мг/кг).

В целом содержание биогенных элементов в почвоподобных телах зоны затопления ниже, чем на прилегающих фоновых незатопляемых участках.

Выявленные для рассмотренного участка процессы сходны с процессами, происходящими на других исследованных ранее аналогичных объектах [2], а именно заиление, деградация почвенного профиля в зоне волноприбойной деятельности, существенное повышение кислотности, а также схожее по направленности изменение химического состава по сравнению с фоновыми незатопляемыми участками.

Наряду с этим имеется ряд существенных отличий, в том числе более явные изменения в степени сохранности верхних горизонтов в зависимости от разницы в глубинах у берега, значительно более существенное изменение содержания основных биогенных элементов (органического вещества, фосфора и азота).

Литература

1. Еремченко О.З., Шестаков И.Е., Москвина Н.В. Почвы и техногенные поверхностные образования урбанизированных территорий Пермского Прикамья. Пермь: ПГНИУ, 2016. 252 с.
2. Миннегалиев А.О., Дорогая Е.С., Сулейманов Р.Р., Асылбаев И.Г. Затопленные почвы ложа водохранилищ: особенности формирования и перспективы восстановления. Биологическая рекультивация и мониторинг нарушенных земель: тезисы доклада Всерос. Конф. Сатка: Принтотоника, 2022. С. 141–144.
3. Соколов А.В. Агрохимические методы исследования почв. Москва: Наука, 1975. 656 с.
4. Felix-Faure J., Walter C., Balesdent J., Chanudet V., Avriillier J-N., Hossann C., Baudoin J-M., Dambrine E. Soils drowned in water impoundments: a new frontier. *Front. Environ. Sci. Sec. Soil Processes*, 2019. 7(53): 1–15.
5. Fonseca R., Barriga F.J.A.S., Fyfe W. Dam reservoir sediments as fertilizers and artificial soils. Case studies from Portugal and Brazil. In: Tazaki K (ed.) *Proc. Water and Soil Environments, Biological and Geological Perspectives*. Kanazawa, Japan, 2003. P. 55–62.
6. Furtak K., Grzadziel J., Galazka A. Can Model Experiments Give Insight into the Response of the Soil Environment to Flooding? A Comparison of Microcosm and Natural Event. *Biology*, 2022. 11(3): 386.

FEATURES OF THE FORMATION OF SOIL-LIKE BODIES IN THE ZONE OF PERIODIC FLOODING OF RESERVOIRS

A.O. Minnegaliev¹, R.R. Suleymanov², E.S. Dorogaya², I.G. Asylbaev³

¹Ufa University of Science and Technology, Ufa, Russia

^{1U}fa Institute of Biology, UFRC RAS, Ufa, Russia

³Bashkir State Agrarian University, Ufa, Russia

Abstract. The features of the formation of soil-like bodies in the flooding zone of the Yumaguzinsky reservoir are considered. It was found that the initial soils underwent significant morphological and chemical changes as a result of flooding.

Keywords: reservoir soils, periodic flooding zone, soil-like bodies.

References

1. Eremchenko O.Z., Shestakov I.E., Moskvina N.V. Soils and technogenic surface formations of urbanized territories of the Perm Kama region. Perm: Perm State National Research University, 2016. 252 p.
2. Minnegaliev A.O., Dorogaya E.S., Suleymanov R.R., Asylbaev I.G. Flooded soil of reservoir: features of formation and prospects of restoration. The Biological Reclamation and Monitoring of Disturbed Lands, Satka, 12–16 September, 2022. P. 141–144.
3. Sokolov A.V. Agrochemical methods of soil research. Moscow: Nauka, 1975. 656 p.
4. Felix-Faure J., Walter C., Balesdent J., Chanudet V., Avrillier J-N., Hossann C., Baudoin J-M., Dambrine E. Soils drowned in water impoundments: a new frontier. Front. Environ. Sci. Sec. Soil Processes, 2019. 7(53): 1–15.
5. Fonseca R., Barriga F.J.A.S., Fyfe W. Dam reservoir sediments as fertilizers and artificial soils. Case studies from Portugal and Brazil. In: Tazaki K (ed.) Proc. Water and Soil Environments, Biological and Geological Perspectives. Kanazawa, Japan, 2003. P. 55–62.
6. Furtak K., Grzadziel J., Galazka A. Can Model Experiments Give Insight into the Response of the Soil Environment to Flooding? A Comparison of Microcosm and Natural Event. Biology, 2022. 11(3): 386.

УДК 631.41

ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ТЕХНОГЕННЫХ ПОЧВ НА УГЛЕДОБЫВАЮЩИХ ТЕРРИТОРИЯХ

Н.В. Митракова

ЕНИ ПГНИУ, Пермь, Россия

mitrakovanatalya@mail.ru

Аннотация. В данной работе приведена характеристика кислых сульфатных почв, образованных на территории Кизеловского угольного бассейна. Исследованные почвы очень кислые, имеют повышенное содержание подвижного железа (III) и серы относительно фоновых почв. Zс показал отсутствие загрязнения тяжелыми металлами.

Ключевые слова: угольные отвалы, кислые сульфатные почвы, тяжелые металлы, Zс.

Угледобывающая деятельность является мощным фактором трансформации окружающей среды [5, 8] в том числе происходит накопление значительного количества отходов на поверхности [3]. Вскрышные породы угольных отвалов, как и угленосная толща, содержат различные минералы (аргиллиты, алевролиты, песчаники) в том числе сульфидные, такие как пирит, марказит [2]. При взаимодействии сульфидных минералов с водой и кислородом образуется серная кислота, при ее участии формируются ультракислые шахтные

воды с $pH=2-3$; они обогащены тяжелыми металлами и микроэлементами. Пути попадания кислых шахтных вод различны, это самоизливы через шурфы или штольни закрытых шахт, стоки с угольных отвалов, водосброс из шахт в период их работы. Попадание кислых шахтных вод в окружающую среду влечет негативные последствия для поверхностных и подземных вод [4, 7], почв [6].

Исследования почв проведены на территории ликвидированного в конце XX века Кизеловского угольного бассейна в Пермском крае. Изучены почвы территории самоизлива и стока с угольного отвала. Самоизлив происходит по шурфу, площадь нарушенной территории около 2 га, участок обводнен за счет постоянного притока вод, $pH=4,5$, растительность отсутствует. Сток с отвала имеет направленность на северо-восток, пробы отобраны в 30 м от подножия отвала, участок не обводнен, растительность представлена только березами *Betula*.

В почвенных образцах определяли актуальную и обменную кислотность потенциометрическим методом; кислотность почв в перекиси водорода (для окисления сульфидных минералов, при $pH-H_2O_2 < 2,5$ можно говорить о наличии сульфатных почв); содержание подвижной серы определяли турбидиметрическим методом, подвижное железо - спектрофотометрическим методом с о-фенантролином в солянокислой вытяжке; микроэлементный состав (метод спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой) (Pb, Cd, Ni, Cu, Zn, As, Hg).

Исследование содержания микроэлементов включало выявление комплексного загрязнения поверхностных слоев (0-10 см) кислых сульфатных почв с помощью интегрального показателя загрязнения (Zc), сравнения с ПДК/ОДК по СанПин 1.2.3685-21, с фоновыми значениями и региональным фоном по [1]. В связи с техногенным характером исследованных почв пробы отбирались по слоям с шагом 10 см. Глубина почвы на изливе 40 см, на стоке – 90 см.

Фоновые почвы территории исследования представлены серогумусовыми глинистыми почвами (фон 1). В результате самоизлива профиль исходной почвы претерпел существенные морфологические изменения, образовался техногенный слой, представленный в основном гидроксидами железа, появился глеевый горизонт в результате постоянного насыщения почвы водой. Почву на участке самоизлива диагностировали как серогумусовую глеевую глинистую техногенно-трансформированную (1C). Почва на стоке образована из серогумусовой грубогумусированной почвы (фон 2). В почве на стоке с отвала не отмечается существенных морфологических изменений, однако химические свойства изменились. На стоке диагностирована серогумусовая химически-преобразованная почва (2C).

Почвы как на изливе (1C), так и на стоке (2C) с отвала сильнокислые. Актуальная кислотность почвы на изливе колеблется с 2,3 в верхнем слое до 4,6 на глубине 30-40 см, pH с перекисью водорода варьирует от 1,2 до 2,5. Актуальная кислотность почвы на стоке от 2,8 до 3,1; pH с перекисью водорода 1,1-1,9. Низкие значения pH с перекисью водорода свидетельствуют о наличии сульфидных минералов в профиле, что обеспечивает кислотность почв. Фоновые

почвы кислые, рНвод=4,1-4,5, кислотность с глубиной незначительно уменьшается до 4,6-5,2. Количество подвижного железа (III) максимально в слое 0-10 см, в почве на изливе его содержание в 85 раз превышает фоновое значение на такой же глубине. В почве на стоке содержание подвижного железа (III) в 3 раза выше, чем в фоновой почве. С глубины 20 см количество подвижного железа (III) по профилям изменяется незначительно и колеблется от 280 до 810 мг/кг. Содержание подвижной серы также максимально в верхних слоях сульфатных почв. Количество S подвижной в почве на изливе в сотни раз превышает фоновый уровень, в почве на стоке превышение составило несколько десятков раз.

Интегральный показатель загрязнения свидетельствует об отсутствии загрязнения верхнего слоя почв тяжелыми металлами, Zc равно 2,0 и 1,4 для почвы на изливе (1С) и стоке (2С) соответственно (таблица). Отмечено превышение ОДК по кадмию как в сульфатных почвах, так и в фоновых, при этом фоновые значения превышают кларк по Виноградову (табл.).

Таблица

Содержание тяжелых металлов в верхнем слое почв

Почва, 0-10 см	Pb	Cd	Ni	Cu	Zn	As	Hg	Zc
	мг/кг							
1С (излив)	3,8	0,4	5,4	6,2	9,9	1,87	0,03	2,0
1 фон	15,7	<u>1,2</u>	25,8	15,3	46,7	0,92	0,04	-
2 С (сток)	14,6	<u>1,5</u>	24,7	26,7	47,7	1,12	0,07	1,4
2 фон	20,9	<u>1,5</u>	25,8	19,6	47,1	1,41	0,11	-
ПДК/ОДК*	/68	/1	/40	/66	/110	/5	2,1/	-
Рег. фон**	16,7	-	40,4	-	67,1	7,13	-	-
Кларк по Виноградову (1962)	-	0,13	58	47	83	1,7	0,083	-

Примечание: *– ПДК/ОДК по СанПин 1.2.3685-21 (рН КС1 <5,5); ** – региональный фон по [1] для зоны II (Западный Урал); жирный шрифтом – превышения фона, подчеркивание – превышение ПДК/ОДК, жирный курсив – превышение регионального фона.

Региональных фон превышен для Pb в пробе Фон 2, в почве на стоке (2С) превышение по содержанию Cu и Zn, содержание As в почве на изливе (1С) превышает фоновое значение и кларк.

В результате угледобывающей деятельности на территории Кизеловского угольного бассейна происходит трансформация почвенного покрова, в результате поступления кислых шахтных вод образуются кислые сульфатные почвы. Они характеризуются сильнокислой реакцией, повышенным содержанием подвижных железа и серы. Интегральный показатель Zc свидетельствует об отсутствии загрязнения тяжелыми металлами.

Литература

1. 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. doi: 10.17072/2079-7877-2021-1-95-108
2. Максимович Н.Г., Мещерякова О.Ю., Березина О.А., Деменев А.Д., Сединин А.М., Хмурчик В.Т. Формирование кислых стоков с отвалов Кизеловского угольного бассейна (Пермский край).

Геологическая эволюция взаимодействия воды с горными породами: материалы конференции. Улан-Удэ. 2020. С. 239-241. DOI.10.31554/978-5-7925-0584-1-2020-239-241

3. Северьянова Е.Н. Эколого-геохимическая характеристика почвенного покрова в зоне деятельности угледобывающего предприятия на примере города Воркуты республики Коми // Альманах современной науки и образования. 2015. № 10 (100). С. 127-129.

4. Фетисова Н.Ф. Исследование форм миграции металлов в реках, подверженных влиянию шахтных вод Кизеловского угольного бассейна // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. 2021. Том 332. № 1. DOI <https://doi.org/10.18799/24131830/2021/1/3007>

5. Шарапова А., Семенов И., Леднев С., Карпачевский А., Королева Т. Саморазвитие горнопромышленных ландшафтов старого района угледобычи в Тульской области // Экология и промышленность России. 2017. 21(12). С. 54-59. <https://doi.org/10.18412/1816-0395-2017-12-54-59>;

6. Chakraborty P., Wood D.A., Singh S. et al. Trace element contamination in soils surrounding the open-cast coal mines of eastern Raniganj basin, India // Environ Geochem Health. 2023. <https://doi.org/10.1007/s10653-023-01556-1>

7. Jung Y.-Y., Choi S.-H., Choi M., Bong Y.-S., Park M.-Y., Lee K.-S., Shin W.-J. Acid mine drainage and smelter-derived sources affecting water geochemistry in the upper Nakdong River, South Korea // Science of The Total Environment. 2023. V. 880. 163353. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.163353>

8. Ribeiro J., Flores D. Occurrence, leaching, and mobility of major and trace elements in a coal mining waste dump: The case of Douro Coalfield, Portugal // Energy Geoscience. 2021. V. 2. I. 2. P. 121-128, <https://doi.org/10.1016/j.engeos.2020.09.005>

ASSESSMENT OF THE STATE OF TECHNOGENIC SOILS IN COAL-MINING TERRITORIES

N.V. Mitrakova

NSI PSU, Perm, Russia

Abstract. This paper presents the characteristics of acid sulfate soils formed in the territory of the Kizelovsky coal basin. The studied soils are very acidic, have an increased content of mobile iron (III) and sulfur relative to the background soils. Zc showed no heavy metal contamination.

Keywords: coal dumps, acid sulfate soils, heavy metals, Zc.

References

1. Dziuba E.A. Determination of local background content of some macro-and microelements in the soils of the perm region // Geographical bulletin. 2021. 1(56). P. 95–108. doi: 10.17072/2079-7877-2021-1-95-108

2. Maksimovich N.G., Meshcheriakova O.U., Berezina O.A., Demenev A.D., Sedinin A.M., Khmurchik V.T. Formation of acidic effluents from dumps of the Kizel coal basin (Perm territory). In book: Water-rock interaction: geological evolution. 2020. P. 239-241. DOI.10.31554/978-5-7925-0584-1-2020-239-241

3. Sever'yanova E.N. Ecological-geochemical characteristic of soil covering in the area of coal producers' activity by the example of the city of Vorkuta of the Komi republic // Almanac of modern science and education. 2015. № 10 (100). P. 127-129.

4. Fetisova N.F. Study of migration forms of metals in rivers affected by acid mine drainage of the Kizel Coal Basin // Bulletin of the Tomsk Polytechnic University. Geo Assets Engineering. 2021. 332(1), 141-152 DOI: 10.18799/24131830/2021/1/3007

5. Sharapova A., Semenov I., Lednev S., Karpachevsky A., Koroleva T. Self-development of Mining Landscapes of the Old Coal Mining District in Tula Region // Ecology and Industry of Russia. 2017/ 21(12):54-59. <https://doi.org/10.18412/1816-0395-2017-12-54-59>

6. Chakraborty P., Wood D.A., Singh S. et al. Trace element contamination in soils surrounding the open-cast coal mines of eastern Raniganj basin, India // Environ Geochem Health. 2023. <https://doi.org/10.1007/s10653-023-01556-1>
7. Jung Y.-Y., Choi S.-H., Choi M., Bong Y.-S., Park M.-Y., Lee K.-S., Shin W.-J. Acid mine drainage and smelter-derived sources affecting water geochemistry in the upper Nakdong River, South Korea // Science of The Total Environment. 2023. V. 880. 163353. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.163353>
8. Ribeiro J., Flores D. Occurrence, leaching, and mobility of major and trace elements in a coal mining waste dump: The case of Douro Coalfield, Portugal // Energy Geoscience. 2021. V. 2. I. 2. P. 121-128, <https://doi.org/10.1016/j.engeos.2020.09.005>

УДК631.4

ТРАНСФОРМАЦИЯ ФАКТОРОВ ПОЧВООБРАЗОВАНИЯ ПРИ ДОБЫЧЕ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

Ю.Р. Моргач, М.К. Захарова

Центральный музей почвоведения имени В.В. Докучаева - филиал Федерального государственного бюджетного научного учреждения Федерального исследовательского центра «Почвенный институт имени В.В. Докучаева» (ЦМП им. В.В. Докучаева)

e-mail: tima204@yandex.ru

Аннотация. Показано, что на территории горнодобывающих комплексов происходит кардинальная трансформация естественных факторов почвообразования, что ведет к массовому появлению антропогенно-измененных и антропогенных почв и преобразованию почвенного покрова.

Ключевые слова: почвенный покров, добыча полезных ископаемых, антропогенно-измененный почвенный покров, карьер, структура почвенного покрова.

Разнообразие естественных почв любого региона зависит от общеизвестных факторов почвообразования – климата, рельефа, горных пород, биоты и времени. Однако антропогенное воздействие на почвенный покров (ПП) в последние десятилетия неуклонно возрастает и становится одним из ведущих факторов почвообразования.

Воздействие человека на почвенный покров разнообразно: сельское хозяйство, строительство, горнодобывающее производство, урбанизация. В результате преобразования ПП появляются почвы с измененным строением и свойствами, а также непочвенные образования (НПО). С возрастанием масштабов и продолжительности этого воздействия на ПП снижается качество выполняемых почвой экологических функций [1]. Одним из наиболее мощных видов антропогенного воздействия приводящему к коренному преобразованию ПП является горнодобывающее производство.

Ленинградская область – крупный промышленный регион Северо-Запада страны. На территории области учтено более 400 месторождений полезных ископаемых, количество которых увеличивается с каждым годом.

Разнообразие полезных ископаемых Ленинградской области обусловлено геологическим строением региона. Значительная часть территории области находится на Восточно-Европейской равнине. Северная часть Карельского перешейка является частью Балтийского кристаллического щита, где на поверхность выходят изверженные и метаморфические породы: граниты, габбро, гнейсы и гранито-гнейсы. В восточной части области находятся месторождения бокситов, а на западе – месторождение горючих сланцев, образовавшихся приблизительно 400 млн лет назад, в ордовикский период. Месторождения карбонатных пород приурочены к Ордовикскому плато, которое протягивается в широтном направлении с востока на запад.

Месторождения песков и песчано-гравийной смеси (ПГС) распространены повсеместно. Они приурочены к четвертичным отложениям и накоплению песчано-гравийного материала в результате деятельности ледников, и образуют следующие формы рельефа: зандры, озы и камы. Месторождения торфа также широко распространены в области. Самые крупные из них расположены в низменных районах области, особенно на юге и востоке [4].

Цель работы – оценка роли антропогенной деятельности как фактора почвообразования.

Объектами исследования являлись почвы и ПП горнопромышленных комплексов и прилегающая к ним территория (рис.). Было изучено 22 карьера по добыче наиболее распространенных полезных ископаемых в Ленинградской области (рис.): гранит (1-3), габбро (4), бокситы (5), глины (6), известняки (7-8), сланцы (9-10), торф (11-13), песок и песчано-гравийная смесь (14-22) (ПГС). Из них 5 действующих, эксплуатация 13 завершена.



Рисунок. Объекты исследования

1 – карьер «Кузнечное», 2 – месторождение «Незаметный», 3 – подъездная дорога к карьеру «Возрождение», 4 – месторождение «Щелейкинское», 5 – Радынский карьер, 6 – карьер «Большие поля», 7 – карьер у Жабино, 8 – карьер «Алексеевский», 9 – террикон «шахта №2», 10 – террикон и отстойник «шахта №3», 11 – торфоразработка «Селиваново», 12 – торфоразработка «Красава», 13 – торфоразработка «Заплюсье», 14 – Шапкинский карьер, 15 – карьер «Толстое», 16 – заброшенный карьер «Верхние Мандроги», 17 – карьер у аэродрома, 18 – старый карьер в Шугозере, 19 – карьер «Шильцево-1,2», 20 – карьер «Малый Лужский каньон», 21 – заброшенный карьер у ур. Травники, 22 – карьер «Гавриловское»

Антропогенное воздействие преобразует естественный и формирует техногенный рельеф с новыми формами. При разработке карьеров происходит образование отрицательных форм рельефа – котлованов. Перепад высот между краем борта и дном карьера может составлять несколько метров: например, на карьере по добычи гранита «Кузнечное», разница более 10 м, по добычи глины на карьере «Большие поля» - 4 м, «Радынский карьер» по добычи бокситов – 10 м до уреза воды, песчаный карьер у ур. Травники – 5 м, Шапкинский карьер – 5 м до уреза воды. Особое внимание заслуживают карьеры по добыче песка и ПГС. Сопоставив местоположение действующих и заброшенных карьеров с геоморфологической картой [3] было установлено, что такие карьеры в области наиболее распространены в камовом рельефе. Активная разработка месторождений в будущем может привести к полному исчезновению камов как элемента рельефа.

Другой формой техногенного рельефа являются отвалы и терриконы, образующиеся в результате складирования вскрыши. Примером одного из крупнейших преобразований ландшафта в результате горнодобывающих работ является территория добычи горючих сланцев в Сланцевском районе. В результате добычи сланца вблизи шахт на поверхности образовался террикон пустой породы высотой более 50 м и площадью более 15 га. Склоны террикона подвержены эрозионным процессам, вследствие чего на поверхности образовались конусы выноса длиной более 70 м, представленные тонкодисперсным материалом.

Из 22 обследованных карьеров 7 заполнено водой. Обводнение выработанного пространства карьера происходит за счет скопления атмосферных осадков и поднятия грунтовых вод, что способствует изменению гидрологического режима прилегающей территории.

Сконструированные искусственные резервуары или водоемы, используемые для сточных вод – отстойники, также изменяют гидрологию территории.

На торфоразработках происходит обратный эффект – в виде осушения территории в результате прокладки мелиоративных каналов. Так, по периферии торфоразработок формируются почвы, схожие по строению с естественными торфяными олиготрофными и эутрофными почвами, но с измененным водным режимом.

В процессе добычи полезных ископаемых на дневную поверхность выносятся огромное количество вскрышных пород, тем самым изменяется исходная почвообразующая порода. Подобные изменения отмечены и при добыче торфа, где формируются почвы, почвообразующими породами для которых становятся глубокие слои торфяной залежи, оказавшиеся в результате антропогенной деятельности на поверхности. Другой пример – территория заброшенного Радынского карьера по добычи боксита, где на поверхности были обнаружены выходы девонской глины, ранее погребенной под песчаной толщей.

Открытая добыча гранита и габбро также приводит к изменению почвообразующих пород на некоторых территориях горнопромышленных комплексов. Трансформации подвержены места складирования образуемой мелкозернистой крошки, которая является новой почвообразующей породой для формирующихся почв.

В результате добычи полезных ископаемых растительный покров полностью уничтожается. Возобновление растительности может происходить при самозарастании или рекультивации. При биологическом восстановлении чаще всего применяются посадки сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris*), что соответствует зональной породе таежно-лесной зоны [2]. Таким образом, изменение видового состава растительности проявляется не резко.

Использование в рекультивации других видов растений может приводить к изменению фитоценоза. На участке по добыче сланцев для активного закрепления склона террикона использовались посадки из облепихи крушиновидной (*Hippophae rhamnoides*) и березы повислой (*Betula pendula*) (ранее произрастали хвойные деревья).

Изменение естественных факторов почвообразования в результате добычи полезных ископаемых приводит к трансформации естественного ПП. Таким образом образуются новые, не характерные почвы для территории.

На исследованных карьерах Ленинградской области вне зависимости от добываемой породы была установлена однотипная организация ПП.

Полное разрушение почвенного покрова происходит на территории открытых горных разработок и в местах складирования насыпных отвалов и терриконов. Здесь диагностируются НПО, представленные песчаным или щебнистым материалом. На прилегающей территории к карьерным выработкам выделяются слаборазвитые почвы, почвообразующими породами для которых становится материал, образовавшийся в результате дробления и складирования вскрыши или выходы породы.

В результате прокладки линейных объектов – мелиоративной сети и подъездных дорог, являющихся неотъемлемой частью горнопромышленных комплексов, образуются абрадированные и стратифицированные почвы и стратоземы.

Естественный ПП фрагментарно сохраняется на территории, находящейся в зоне влияния горнопромышленного комплекса. Это слабо измененные естественные почвы, на поверхности которых скапливается мелкодисперсный материал. Такая стратификация связана с добычей, транспортировкой и складирования вскрышной породы, а также переносом с незакрепленных песчаных поверхностей.

При разработке карьеров полностью уничтожается растительность, почвы, изменяются гидрогеологические условия территории, формируются новые техногенные формы рельефа.

Преобразование факторов почвообразования, и, как следствие, изменение почв и ПП территории, приводит к трансформации структуры почвенного покрова и формированию новых комбинаций, которые характерны только для антропогенно-преобразованных территорий.

Литература

1. Добровольский Г. В., Никитин Е. Д. Экологические функции почвы. Учебник. М.: Изд-во МГУ, 1986. 1136 с.
2. Данилов Ю.И., Смирнов А.П., Навалихин С.В., Фетисова А.А., Петров В.А. Рост культур сосны в условиях рекультивированных песчаных карьеров // Труды Санкт-Петербургского научно-исследовательского института лесного хозяйства, 2019. С. 40-53.
3. Малаховский, Д.Б. Геоморфология и четвертичные отложения Северо-Запада Европейской части СССР (Ленинградская, Псковская и Новгородская области). Л.: Наука, 1969. 256 с.
4. Состояние окружающей среды в Ленинградской области. СПб., 2022. 528 с.

TRANSFORMATION OF SOIL FORMING FACTORS DURING MINING

Y.R. Morgach, M.K. Zakharova

Central Soil Museum by V.V. Dokuchaev – Branch of the Federal Research Centre

“V.V. Dokuchaev Soil Science Institute, Saint Petersburg, Russian Federation

Abstract. Shown cardinal transformation of natural factors of soil formation on the territory of mining, which leads to the mass appearance of anthropogenically altered and anthropogenic soils and the transformation of the soil cover.

Keywords: soil cover, mining, anthropogenic-modified soil cover, quarry, structure of soil cover.

References

1. Dobrovolsky G. V., Nikitin E. D. Ecological functions of the soil. Textbook. Moscow: Publishing House of Moscow State University, 1986. 1136 p.
2. Danilov Yu.I., Smirnov A.P., Navalikhin S.V., Fetisova A.A., Petrov V.A. Growth of pine crops in conditions of recultivated sand pits // Proceedings of the St. Petersburg Scientific Research Institute of Forestry, 2019. pp. 40-53.
3. Malakhovsky, D.B. Geomorphology and quaternary deposits of the North-West The European part of the USSR (Leningrad, Pskov and Novgorod regions). L.: Nauka, 1969. 256 p.
4. The state of the environment in the Leningrad region. St. Petersburg, 2022. 528 p.

УДК 631.4

АНАЛИЗ ТЕХНИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ ДЛЯ ЭФФЕКТИВНОГО ПРОВЕДЕНИЯ ФИТОРЕМЕДИАЦИИ ТЕХНОГЕННО НАРУШЕННЫХ ПОЧВ

М.А. Осинцева, Н.В. Бурова, Е.А. Кондратьев

ФГБОУ ВО Кемеровский государственный университет, Кемерово, Россия

e-mail: upd@kemsu.ru

Аннотация. Рассмотрены технические решения и способы фиторемедиации. Эффективны такие механические методы, как технология лесозаготовительной машины; комплексная механогидравлическая рекультивация нарушенных земель и т.д. Приемлемы такие современные методы фиторемедиации, как молекулярная инженерия; биотехнологические методы и т.д.

Ключевые слова: фиторемедиация, ремедиация, нарушенные земли, рекультивация, почва

Проблема рекультивации земель приобретает мировую актуальность. Рассмотрены технические решения и способы повышения эффективности фиторемедиации техногенно нарушенных почв. Высадка саженцев вручную длительный и трудоёмкий процесс. С целью увеличения продуктивности и качества рекультивационных работ посадку молодых растений рекомендуется механизировать.

На данный момент существуют следующие технические способы: механизация лесопосадок с помощью самоходной машины [3]; технология лесозаготовительной машины, снижающей антропогенную нагрузку на почву [4]; комплексная механогидравлическая рекультивация нарушенных земель [2] и многое другое.

В настоящее время имеются традиционные способы и современные методы генной инженерии, биотехнологии, которые способствуют осуществлению высокоэффективной фиторемедиации. Группы изученных нами методов раскрыты ниже, в таблице.

Таблица

Классификация методов фиторемедиации

Традиционные методы	Современные методы
– широкий спектр методов селекции; скрещивание (гибридизация) и так далее.	– разработка биотехнологических методов; – актуализация молекулярно-генетических методов (генная инженерия); – использование химических удобрений и биоудобрений; – применение экзогенных фитогормонов или регуляторов роста; – внедрение наноматериалов (нано-фиторемедиация); – внесение в почву биоугля и аттапульгита; – предпосевная обработка тех или иных семян магнитным полем; – фитоэкстракция и так далее.

Как видно из данных, представленных в таблице, классификация основана на принципе разделения двух подходов (селекционно-генетического [1] и биотехнологического [8]). Каждый из них имеет свои сильные и слабые стороны.

Так, весьма перспективно применять наноматериалы для экономически эффективного, экологически безопасного восстановления почвы и подземных вод, загрязнённых токсичными металлами и органическими соединениями. Их свойства и функции могут сократить длительность и повысить оперативность фиторемедиации техногенно нарушенных участков. Многие наночастицы были идентифицированы как катализаторы роста растений, поскольку они обеспечивают выработку гормонов роста растений и гораздо выгоднее поглощают загрязняющие вещества [6]. При этом информации о безопасности

нанотехнологий недостаточно, поэтому необходимо проведение дополнительных исследований в данной области [5].

Улучшить качество фиторемедиации возможно также при помощи внесения в почву биоугля и аттапульгита. Эффективность биоугля в процессе ремедиации почв обусловлена его пористой структурой, большой площадью поверхности и высоким количеством внешних (верхних) функциональных групп [7].

В целях модификации метода фитоэкстракции достаточно актуально применять биотехнологические методы – в частности бактерии (ризобактерии) и грибы (арбускулярные микоризные грибы), стимулирующие рост растений. Изменение почвы с помощью микроорганизмов, особенно арбускулярных микоризных грибов, позволяет ускорить процесс фиторемедиации. Тип и количество молекул, секретируемых бактериями, увеличивают скорость развития рассады (PGPM), предоставляют преимущество в выживании соответствующих видов растений в стрессовых условиях. Микроорганизмы содействуют возрастанию биодоступности, растворимости и накопления металлов в молодых растениях, когда целью является обеззараживание, а не стабилизация. Очерченная линия разнообразных современных способов фиторемедиации может быть дополнена.

Таким образом, проведённый анализ показал, что необходимо и целесообразно проведение дальнейших теоретических и практических исследований в сфере оценки методов и технологий ремедиации почв. К результативным техническим способам относятся следующие: механизация лесопосадок с помощью самоходной машины; автоматизация посредством скатной доски, высота которой регулируется в зависимости от требуемой глубины посадки; высаживание растений как с закрытой, так и с открытой корневой системой; технология лесозаготовительной машины, снижающей антропогенную нагрузку на почву; применение разнообразных устройств для рыхления почвы, обогащения её минеральными удобрениями; комплексная механогидравлическая рекультивация нарушенных земель и многое другое.

Наиболее приемлемыми современными методами грамотной фиторемедиации признаны следующие: разработки генной инженерии; добавление синтетического хелатирующего агента (ЭДТА); применение биоразлагаемых хелаторов; использование комбинации нано- и фиторемедиации; внесение в почву биоугля и аттапульгита; технология предпосевной обработки семян электромагнитным излучением и магнитным полем; широкий спектр биотехнологических способов – в частности бактерии (ризобактерии) и грибы (арбускулярные микоризные грибы), которые увеличивают рост растений.

Литература

1. Елизарьева Е. Н., Елизарьев А. Н. Способы повышения эффективности фиторемедиации почв, загрязнённых тяжёлыми металлами // Современные проблемы пожарной безопасности: теория и практика (firesafety 2019): материалы I Всероссийской научно-практической конференции: в 2 томах (Уфа, 23 октября 2019 года). Т. 2. Уфа: Уфимский государственный авиационный технический университет, 2019. С. 24-27.

2. Комплекс механогидравлической рекультивации нарушенных земель : пат. 2569145 Российская Федерация, МПК E21C41/32 / В. В. Сенкус, Б. М. Стеванюк, В. В. Сенкус, В. В. Мельник, Е. В. Логинова, Е. П. Черкашина, Е. С. Горякина, О. А. Бондарь, С. Л. Фирсова, Р. А. Гизатулин, Е. А. Школяренко, Ю. А. Горбуль, С. Г. Фомичев, Н. И. Конакова; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет». № 2014132484; заявл. 06.08.2014; опубл. 20.11.2015. 10 с.
3. Самоходная машина для посадки саженцев : пат. 2608210 Российская Федерация, МПК A01C11/00 / М. А. Пискунов, А. А. Трошеев; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВО «Петрозаводский государственный университет». № 0002608210; заявл. 08.07.2015; опубл. 17.01.2017. 7 с.
4. Способ высадки посадочного материала с закрытой корневой системой лесозаготовительной машиной: пат. 2560187 Российская Федерация, МПК A01C 14/00 / И. Р. Шегельман, О. Н. Галактионов, А. С. Васильев, В. М. Лукашевич, А. В. Демчук, А. В. Воронко, П. В. Будник; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВО «Петрозаводский государственный университет». № 2013146119/13; заявл. 15.10.2013; опубл. 20.08.2015. 7 с.
5. Alka S., Shahir S., Ibrahim N., Ndejiko M. J., Vo D.V.N., Manan F. A. Arsenic removal technologies and future trends: A mini review // Journal of Cleaner Production. 2021. Vol. 278. P. 1-14.
6. Verma R. K. Phytoremediation of Heavy Metals Extracted from Soil and Aquatic Environments: Current Advances as well as Emerging Trends // Biointerface Research in Applied Chemistry. 2022. Vol. 12. Is. 4. P. 5486-5509.
7. Gong X., Huang D., Liu Y., Zeng G., Chen S., Wang R., Xu P., Cheng M., Zhang C., Xue W. Biochar facilitated the phytoremediation of cadmium contaminated sediments: Metal behavior, plant toxicity, and microbial activity // Science of The Total Environment. 2019. Vol. 666. P. 1126-1133.
8. Liu J., Xin X., Zhou Q. Phytoremediation of contaminated soils using ornamental plants // Environmental Reviews. 2018. Vol. 26. Is. 1. P. 43-54.

ANALYSIS OF TECHNICAL SOLUTIONS FOR EFFICIENT PHYTOREMEDIATION OF TECHNOGENICALLY DISTURBED SOILS

M.A. Osintseva, N.V. Burova, E.A. Kondratiev
Kemerovo State University, Kemerovo, Russia

Abstract. Technical solutions and methods of phytoremediation are considered. Mechanical methods such as logging machine technology are effective; complex mechanohydraulic reclamation of disturbed lands, etc. Acceptable modern methods of phytoremediation, such as molecular engineering; biotechnological methods, etc.

Keywords: *phytoremediation, disturbed lands, phytoextraction, reclamation, soil.*

References

1. Elizarieva E.N., Elizariev A.N. Ways to improve the efficiency of phytoremediation of soils contaminated with heavy metals // Modern problems of fire safety: theory and practice (firesafety 2019): materials of the I All-Russian scientific and practical conference: in 2 volumes (Ufa , October 23, 2019). T. 2. Ufa: Ufa State Aviation Technical University, 2019. P. 24-27.
2. Complex of mechanohydraulic reclamation of disturbed lands: Pat. 2569145 Russian Federation, IPC E21C41/32 / V.V. Senkus, B.M. Stevanyuk, V.V. Senkus, V.V. Melnik, E.V. Loginova, E.P. Cherkashina, E.S. Goryakina, O.A. Bondar, S.L. Firsova, R.A. Gizatulin, E.A. Shkolyarenko, Yu.A. Gorbul, S.G. Fomichev, N.I. Konakova; applicant and patent holder FGBOU VO "Kemerovo State University". №. 2014132484; dec. 08/06/2014; publ. 11/20/2015. 10 p.
3. Self-propelled machine for planting seedlings: Pat. 2608210 Russian Federation, IPC A01C11/00 / M. A. Piskunov, A. A. Trosheev; applicant and patent holder FSBEI HE "Petrozavodsk State University". №. 0002608210; dec. 07/08/2015; publ. 01/17/2017. 7 p.
4. The method of planting planting material with a closed root system by a logging machine: Pat. 2560187 Russian Federation, IPC A01C 14/00 / I. R. Shegelman, O. N. Galaktionov, A. S. Vasiliev, V.

- M. Lukashevich, A. V. Demchuk, A. V. Voronko, P. V. Budnik; applicant and patent holder FSBEI HE "Petrozavodsk State University". №. 2013146119/13; dec. 10/15/2013; publ. 08/20/2015. 7 p.
5. Alka S., Shahir S., Ibrahim N., Ndejiko M. J., Vo D.V.N., Manan F. A. Arsenic removal technologies and future trends: A mini review // Journal of Cleaner Production. 2021. Vol. 278. P. 1-14.
 6. Verma R.K. Phytoremediation of Heavy Metals Extracted from Soil and Aquatic Environments: Current Advances as well as Emerging Trends // Biointerface Research in Applied Chemistry. 2022. Vol. 12. Is. 4. P. 5486-5509.
 7. Gong X., Huang D., Liu Y., Zeng G., Chen S., Wang R., Xu P., Cheng M., Zhang C., Xue W. Biochar facilitated the phytoremediation of cadmium contaminated sediments: Metal behavior, plant toxicity, and microbial activity // Science of The Total Environment. 2019. Vol. 666. P. 1126-1133.
 8. Liu J., Xin X., Zhou Q. Phytoremediation of contaminated soils using ornamental plants // Environmental Reviews. 2018. Vol. 26. Is. 1. P. 43-54.

УДК 631.4

РАЗНООБРАЗИЕ ПОЧВ ЛЕСНЫХ СООБЩЕСТВ ЗОЛОТВАЛОВ СРЕДНЕГО УРАЛА

Т.А. Петрова, О.А. Некрасова

ФГАОУ ВО «УрФУ имени первого Президента России Б.Н. Ельцина»

e-mail: tatiana.petrova@urfu.ru

Аннотация. Данная работа посвящена выявлению разнообразия почв, формирующихся на самопроизвольно заросших лесной растительностью в условиях южной тайги Среднего Урала участках золоотвалов Верхнетагильской и Среднеуральской электростанций, сложенных золой уноса различных бурых углей с разной реакцией среды. Установлено, что на различающемся физико-химическими свойствами зольном субстрате сформировались эмбриоземы с различной степенью дифференциации профиля и направленностью изменений реакции среды, обогащенные по сравнению с золой рядом биогенных элементов (С, N, Са, Mg, и К), различающиеся интенсивностью их накопления.

Ключевые слова: зола уноса, эмбриозем, лесное сообщество, южная тайга, Средний Урал.

Результатом работы электростанций на твердом топливе наряду с получением необходимой энергии является образование золы – несгоревшего остатка, который складывается в золоотвалы. Подобные техногенные образования оказывают негативное влияние на природу, поскольку мелкодисперсные легкие частицы золы легко переносятся ветром и загрязняют воздух, почвы, водоемы на большом расстоянии. Заселение живыми организмами нерекультивированных участков золоотвалов и сопутствующий процесс почвообразования снижают этот эффект. Разнообразие золоотвалов по особенностям состава золы, возрасту, типу формирующихся растительных сообществ, находящихся в различных природно-климатических условиях, позволяет исследовать влияние отдельных факторов на процесс почвообразования на техногенном субстрате. Изучение особенностей его протекания на зольном субстрате может способствовать решению как

теоретических проблем генезиса почв, так и практических, связанных с восстановлением нарушенных земель для снижения их негативного влияния на окружающую среду. Целью исследования является установление разнообразия почв, формирующихся на различных субстратах золоотвалов под лесными сообществами в условиях южной тайги Среднего Урала.

Исследование проводилось на двух золоотвалах. Золоотвал Верхнетагильской государственной районной электростанции (ГРЭС) находится в предгорьях Среднего Урала, в Свердловской области в 5 км от г. Верхний Тагил. Он занимает площадь 125 га, достигает в высоту 25 м, имеет выровненную поверхность, образован золой уноса бурых углей Челябинского (Коркинский разрез, Калачевские шахты) и Богословского месторождений. Другой золоотвал, на котором также проводилось исследование, – золоотвал СУГРЭС – расположен в 26 км к северо-западу от г. Екатеринбург, рядом с г. Среднеуральском. Его площадь составляет 192 га, он образован золой уноса бурого угля Челябинского и Экибастузского месторождений [1]. Территория расположения золоотвалов ВТГРЭС и СУГРЭС находится в бореальной, умеренно-континентальной климатической области, в подзоне южной тайги. Среднегодовая температура воздуха составляет 1,9–2,2 °С, сумма положительных температур свыше 10 °С – 1600 °С. Годовая сумма осадков составляет в среднем 600–660 мм.

Для установления влияния свойств субстрата на почвы лесных сообществ золоотвалов южной тайги на золоотвалах ВТГРЭС и СУГРЭС были выбраны участки с самопроизвольно сформировавшимися однотипными смешанными лесными сообществами близкого возраста. Доминирующими видами в лесных сообществах обоих золоотвалов были *Betula pendula* Roth, *Betula pubescens* Ehrh. и *Populus tremula* L. Возраст древесных растений составляет 50 лет для золоотвала ВТГРЭС и 55 лет – для золоотвала СУГРЭС [2, 3]. Таким образом, почвообразование на исследуемых золоотвалах, протекает под лесными сообществами в течение близкого времени, в сходных климатических условиях, но на различном субстрате, т. к. золоотвалы сложены золой углей различных месторождений.

На основании предварительно проведенных исследований на золоотвале Верхнетагильской ГРЭС было выделено два участка с морфологически различающейся золой: № 1 – с золой светло-серого цвета и № 2 – с золой серо-сизой золой. На золоотвале Среднеуральской ГРЭС исследовался участок № 3. На каждом участке было заложено по 3 разреза

Морфологический анализ позволил выявить во всех исследуемых почвенных разрезах начальные этапы почвообразования, проявляющиеся в формировании горизонта подстилки (мощностью около 2 см для обоих участков золоотвала ВТГРЭС и около 0,5 см для участка золоотвала СУГРЭС) и переходного горизонта АС, отличающегося более серой окраской, мощностью 5–7 см. На 3-м участке сформировался более дифференцированный почвенный профиль, в котором выделяется слабоструктурированный гумусовый горизонт

мощностью чуть больше 2 см. Таким образом, под лесными сообществами на 55-летних золоотвалах ВТГРЭС и СУГРЭС сформировались почвы, которые могут быть классифицированы как эмбриоземы.

В связи с тем, что процессы начального почвообразования охватывают главным образом верхнюю 20-см толщу горных пород [4], данные по физико-химическим характеристикам разрезов на изучаемых золоотвалах будут рассматриваться с учетом двух толщ: верхней, 0–20 см, находящейся под интенсивным воздействием живых организмов, и нижней, 20–40 см, не подвергающейся существенному воздействию биоты, представляющей собой зольный субстрат.

Зола обоих золоотвалов имеет алюмосиликатный валовой состав. Техногенный субстрат золоотвала СУГРЭС по валовому составу отличается от золы ВТГРЭС меньшим содержанием оксидов железа, кальция, магния, калия и титана, но большим количеством оксидов кремния, алюминия и натрия [5].

Для выявления изменения гранулометрического состава зольного субстрата в процессе почвообразования был использован коэффициент дифференциации (КД), представляющий собой отношение содержания частиц различных фракций физической глины в эмбриоземах к их количеству в нижележащем зольном субстрате.

Коэффициенты дифференциации частиц диаметром <0,01 мм показали (табл. 1), что на лесных участках №1 и №2 золоотвала ВТГРЭС увеличилось содержание глинистых частиц в эмбриоземах по сравнению с золой в 1,1–5,1 раз, в то время как на участке №3 СУГРЭС произошло перераспределение фракций физической глины без ее накопления.

Таблица 1

Коэффициенты дифференциации частиц диаметром <0.01мм

	Фракции в %, размер в мм			<0.01
	0.01-0.005	0.005-0.001	<0.001	
Участок №1 ВТГРЭС	1,1	1,2	1,0	1,1
Участок №2 ВТГРЭС	10,8	4,2	2,8	5,1
Участок №3 СУГРЭС	0,7	1,2	1,6	1,0

Средневзвешенные значения физико-химических показателей зольного субстрата и эмбриоземов приведены в таблице 2. Аналитические данные показали, что исследуемые участки золоотвалов значительно отличаются между собой по реакции среды зольного субстрата: на участке №1 ВТГРЭС она щелочная (рН=7,7), на участке №2 ВТГРЭС – слабокислая (рН=5,9), на участке №3 СУГРЭС – кислая (рН=5,0). Зольный субстрат всех трех участков золоотвалов характеризуется присутствием общего органического углерода (от 2,10% до 2,93%) и общего азота (от 0,03% до 0,06%) в составе несгоревших частиц угля, низким содержанием обменных катионов магния (около 1,0 мг-экв/100 г) и подвижных форм калия (от 2 до 6 мг/100 г почвы). Легкорастворимые фосфаты содержатся в золе исследуемых участков в повышенных количествах,

варьирующих от 14 до 24 мг/100 г. Содержание обменных катионов кальция на первом участке составляет 15 мг-экв/100 г, в то время как на других участках зафиксированы их следовые количества.

Таблица 2

Средневзвешенные физико-химические характеристики зольного субстрата и молодых почв золоотвалов ВТГРЭС и СУГРЭС

Толща	рНН ₂ O	С _{орг.}	Н _{общ.}	Ca ²⁺	Mg ²⁺	P ₂ O ₅	K ₂ O
		%		мг-экв/100 г почвы		мг/100 г почвы	
Участок №1 ВТГРЭС							
0–20 см	6.70	4.39	0.17	15.6	1.8	11.0	16.9
20–40 см	7.72	2.10	0.06	15.2	1.2	13.5	5.5
Коэффициент дифференциации	0.87	2.09	2.83	1.03	1.50	0.82	3.06
Участок №2 ВТГРЭС							
0–20 см	6.00	5.51	0.24	1.5	1.0	19.8	13.8
20–40 см	5.94	2.50	0.03	1.1	1.0	17.2	2.1
Коэффициент дифференциации	1.01	2.21	9.52	1.44	1.06	1.15	6.73
Участок №3 СУГРЭС							
0–20 см	5.30	4.62	0.13	5.0	2.3	19.9	2.2
20–40 см	5.02	2.93	0.03	0.8	1.0	23.7	1.7
Коэффициент дифференциации	1.06	1.58	4.49	6.19	2.40	0.84	1.27

Значения рН эмбриоземов участков №1 ВТГРЭС (табл. 2) изменились в более кислую сторону (рН=6,7) по сравнению с соответствующим зольным субстратом, в то время как рН эмбриоземов участков №2 ВТГРЭС и №3 СУГРЭС сместились в более щелочную сторону по сравнению с нижележащим зольным субстратом (6,0 и 5,3 соответственно). В молодых почвах всех трех участков отмечается накопление общего органического углерода, общего азота, обменных катионов кальция и подвижных форм калия. Содержание обменных катионов магния увеличилось на участках №1 и №3 и не изменилось на участке №2. Легкорастворимые фосфаты незначительно аккумуляровались в эмбриоземах участка №2, в то время как на других участках их содержание снизилось по сравнению с нижележащей золой.

Для оценки динамики почвообразования на лесных участках золоотвалов также был использован показатель КД (табл. 2). Наиболее интенсивно накопление большинства изученных элементов – общего органического углерода и азота, а также легкорастворимых фосфатов и подвижных форм калия произошло на участке №2 золоотвала ВТГРЭС. Возможно, это связано с исходными слабокислыми значениями рН зольного субстрата (и впоследствии эмбриозема), благоприятными для его заселения живыми организмами, обуславливающими процесс почвообразования. Обменные катионы кальция и магния наиболее динамично накопились на участке №3 золоотвала СУГРЭС, в золе которого они содержались в минимальных количествах.

В результате проведенного исследования было установлено, что на поверхности участков золоотвалов ВТГРЭС и СУГРЭС в условиях южной тайги,

самопроизвольно заросших лесом возрастом 50–55 лет, отличающихся некоторыми физико-химическими характеристиками зольного субстрата, сформировались в разной степени дифференцированные молодые почвы – эмбриоземы, различающиеся направленностью изменения рН. В процессе почвообразования в молодых почвах по сравнению с зольным субстратом, независимо от его исходных свойств, произошло накопление ряда биогенных элементов – С, N, Ca, Mg, и К, однако интенсивность их аккумуляции различна.

Литература

1. Чибрик Т.С., Лукина Н.В., Филимонова Е.И., Глазырина М.А. Экологические основы и опыт биологической рекультивации нарушенных промышленностью земель. Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2011. 268 с.
2. Nekrasova O., Radchenko T., Filimonova E., Lukina N., Glazyrina M., Dergacheva M., Uchaev A., Betekhtina A. Natural forest colonization and soil formation on ash dump in southern taiga // Folia Forestalia Polonica, Series A-Forestry, 2020. Vol. 62 (4). P. 306–316. DOI:10.2478/ffp-2020-0029
3. Nekrasova O., Radchenko T., Filimonova E., Uchaev A., Dergacheva M., Petrova T., Betekhtina A. Features of forest communities and soils formed on an ash dump of the Middle Urals / FORESTRY IDEAS, 2022, vol. 28, No 1 (63). P. 88–99.
4. Махонина Г.И. Экологические аспекты формирования почв в техногенных экосистемах Урала. – Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2003. 356 с.
5. Dergacheva M., Trunova V., Nekrasova O., Siromlya T., Uchaev A., Bazhina N., Radchenko T., Betekhtina A. Assessment of the Macro- and Microelement Composition of Fly Ash from 50-Year-Old Ash Dumps in the Middle Urals (Russia) // Metals. 2021. № 11. P. 1589. <https://doi.org/10.3390/met11101589>

DIVERSITY OF ASH DUMP FOREST COMMUNITY SOILS OF THE MIDDLE URALS

T.A. Petrova, O.A. Nekrasova

Ural Federal University, Ekaterinburg, Russia

Abstract. This work is devoted to the identification of the diversity of soils formed on the sites of ash dumps of Verkhnetagilskaya and Sredneuralskaya power plants spontaneously overgrown with forest vegetation in the southern taiga of the Middle Urals, stacked with fly ash of different brown coals with diverse pH. It was found that Technosols with different profile differentiation degree as well as the direction of medium reaction changes, were enriched by the row of biogenic elements (C, N, Ca, Mg, K) in comparison with substrate (differ in the accumulation intensity) were formed on the ash contrast in physico-chemical properties.

Keywords: fly ash, Technosols, forest community, southern taiga, Middle Urals.

References

1. Chibrik T. S., Lukina N. V., Filimonova E. I., Glazyrina M. A. Ecological foundations and experience of biological reclamation of lands disturbed by industry. Yekaterinburg : Ural Publishing House. un-ta, 2011. 268 p.
2. Nekrasova O., Radchenko T., Filimonova E., Lukina N., Glazyrina M., Dergacheva M., Uchaev A., Betekhtina A. Natural forest colonization and soil formation on ash dump in southern taiga // Folia Forestalia Polonica, Series A-Forestry, 2020, Vol. 62 (4). P. 306–316. DOI:10.2478/ffp-2020-0029
3. Nekrasova O., Radchenko T., Filimonova E., Uchaev A., Dergacheva M., Petrova T., Betekhtina A. Features of forest communities and soils formed on an ash dump of the Middle Urals / FORESTRY IDEAS, 2022, vol. 28, No 1 (63). P. 88–99.
4. Makhonina G.I. Ecological aspects of soil formation in the technogenic systems of the Urals. Ural State University. Yekaterinburg, 2003. 356 p.

5. Dergacheva M., Trunova V., Nekrasova O., Siromlya T., Uchaev A., Bazhina N., Radchenko T., Betehtina A. Assessment of the Macro- and Microelement Composition of Fly Ash from 50-Year-Old Ash Dumps in the Middle Urals (Russia) // Metals. 2021. № 11. P. 1589. <https://doi.org/10.3390/met11101589>

УДК 631.46

ПРОЦЕССЫ АММОНИФИКАЦИИ В ПОЧВАХ ГОРОДА НОВОЧЕРКАССК (РОСТОВСКАЯ ОБЛАСТЬ)

Е.П. Пуликова, Е.С. Федоренко, А.В. Горовцов, А.К. Шерстнёв, Е.Ю. Константинова, Т.М. Минкина

ФГАОУ ВО Южный федеральный университет, Ростов-на-Дону, Россия

email: epulikova@sfedu.ru

Аннотация. Поскольку аммонификация это один из важных этапов трансформации соединений азота, то целью исследования стало изучение активности аммонификации в почвах разных типов землепользования. Установлено, что аммонификация в наибольшей степени зависит от содержания органического углерода и гранулометрического состава, а не от содержания тяжёлых металлов.

Ключевые слова: аммонификация, аммонификаторы, урбанозем, тяжёлые металлы, органический углерод

Постоянная урбанизация значительно влияет на физические, химические и биологические свойства почв, в том числе и на микробное сообщество, ответственное за здоровье и плодородие почв [1]. Микроорганизмы в почве обеспечивают превращение соединений основных органогенных элементов, в том числе азота. Процесс аммонификации является одним из основных этапов цикла азота, в результате которого органический азот превращается в неорганический в более доступный для растений [2]. К настоящему моменту имеется недостаточно данных о том, как антропогенное воздействие влияет на устойчивость почвенного микробного ценоза, минерализационноиммобилизационные процессы. Поэтому целью нашего исследования является изучение процесса аммонификации и микробиоты, ответственной за этот процесс, в почвах с разным уровнем антропогенной нагрузки.

Объектом исследования являлась микробиота почв города Новочеркасск. В качестве фона исследовалась почва с низкой антропогенной нагрузкой (пойма р. Грушевка, залежь, Chernozem). Образцы почв отобраны из почв разных типов землепользования: сельскохозяйственных (Chernozems), придорожных, селитебных, рекреационных, промышленных (Urbic Technosols).

Определены гранулометрический состав почв [3] и содержание органического углерода (C_{org}) [6]. Валовое содержание Co, Ni, Cu, Zn и Pb в почве определено методом рентгенофлуоресцентного анализа на спектрометре Spectroscan МАХ-GV («Спектрон», Россия). Численность аммонифицирующих бактерий определяли подсчетом на мясо-пептонном питательном агаре (МПА)

[5]. Активность аммонификации была определена по образовавшемуся аммонии из внесённого субстрата (аргинина) в течении часа [4]. Был применён корреляционный анализ Пирсона.

Содержание $C_{орг}$ в фоновом образце составляет 2,12%, в почвах с высокой антропогенной нагрузкой содержание ниже (в среднем 1,2-1,6%), кроме почв рекреационных зон (2,2%). Фоновая почва, почвы сельскохозяйственных угодий и придорожных зон относятся к тяжелосуглинистым почвам, а почвы селитебных, рекреационных и промышленных зон – к среднесуглинистым.

На рисунке 1 показано, что наиболее загрязнёнными почвами являются почвы промышленной зоны. Содержание Co, Cu, Ni, Zn, Pb в них достигает 147, 106, 157, 247 и 115 мг/кг, соответственно, в то время как в почве с низкой антропогенной нагрузкой содержание тяжелых металлов (ТМ) составляет 16, 25, 52, 90 и 14 мг/кг, соответственно. В почвах сельскохозяйственных угодий, придорожных и рекреационных зон наблюдается незначительное превышение содержания ТМ относительно фона.

Наибольшая активность аммонификации и численность аммонификаторов были обнаружены в фоновом образце, что в 3,7-5,0 и 1,7-3,91 раз выше активности сельскохозяйственных почв и урбанозёмов, соответственно, и в 1,2-1,7 и в 2,2 и 9,4 раз выше численности аммонификаторов (рис. 2). Установлено, что в почвах сельскохозяйственных угодий активность была наименьшей. Активность аммонификации в почвах города достоверно не отличалась в зависимости от типа землепользования (придорожные, селитебные, рекреационные, промышленные), несмотря на значительную разницу в содержании ТМ в почвах промышленных зон.

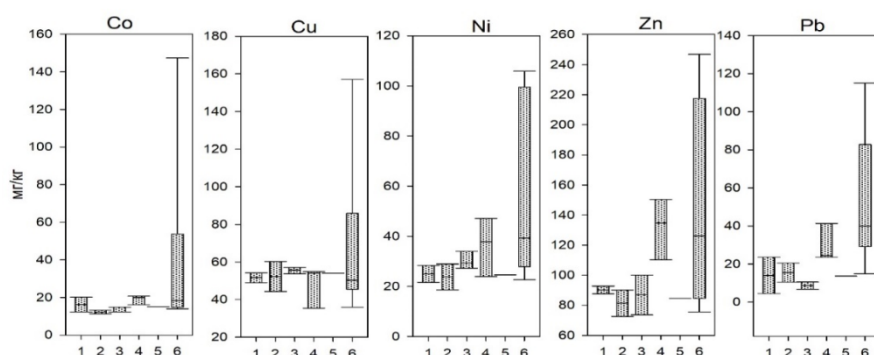


Рисунок 1. Содержание ТМ в почвах разных типов землепользования: 1 – фон, 2 – сельскохозяйственных, 3 – придорожных, 4 – селитебных, 5 – рекреационных, 6 – промышленных

Результаты однофакторного дисперсионного и корреляционного анализа показали, что наличие высоких концентраций ТМ в почве не является основным фактором, влияющим на активность аммонификации и численность аммонификаторов (табл.).

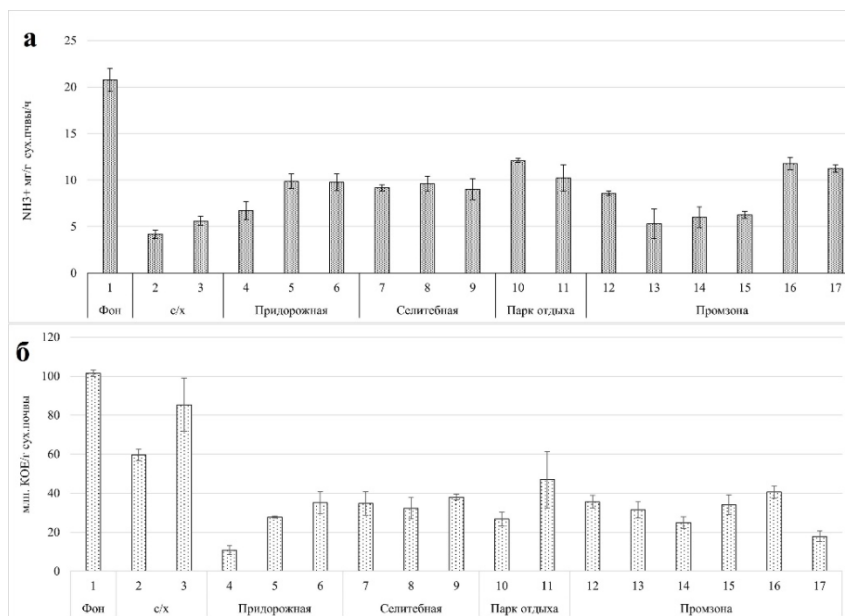


Рисунок 2. Активность аммонификации (а) и численность аммонификаторов (б) в почвах разных типов землепользования

Таблица

Коэффициенты корреляции Пирсона между физико-химическими свойствами почв, численностью аммонификаторов и активностью аммонификаторов

Показатели	Численность аммонификаторов	Активность аммонификации
С _{орг} , %	0,19	0,55*
Песок (1,0-0,05 мм), %	-0,47	0,02
Физ. глина (<0,01 мм), %	0,27	-0,04
Ил (<0,001 мм), %	0,54*	-0,01
Со (мг/кг)	-0,11	-0,25
Ni (мг/кг)	-0,04	-0,25
Cu (мг/кг)	-0,27	-0,38
Zn (мг/кг)	-0,21	-0,28
Pb (мг/кг)	-0,40	-0,39

Обнаружена достоверная положительная корреляция активности аммонификации и содержания С_{орг}, численности аммонификаторов и содержанием илистой фракции.

Антропогенное воздействие приводит к снижению активности аммонификации и численности аммонификаторов, тем самым негативно влияя на протекание всех процессов цикла азота. Процессы аммонификации в меньшей степени зависели от содержания ТМ в почве, поэтому в дальнейших исследованиях будет установлено, какие именно физико-химические свойства почв определяют активность микробного сообщества.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 22-77-00099, <https://rscf.ru/project/22-77-00099/>.

Литература

1. Добровольский Г.В., Строганова М.Н., Прокофьева Т.В., Стриганова Б.Р., Яковлев А.С. Почва, город, экология. М.: Фонд “За экономическую грамотность”, 1997. 320 с.

2. Нетрусов А.И., Бонч-Осмоловская Е.А., Горленко В.М. Экология микроорганизмов: Учеб. для студ. вузов; Под ред. АИ Нетрусова. М., 2004. 272 с.
3. ГОСТ 12536-2014. Методы лабораторного определения гранулометрического (зернового) и микроагрегатного состава.
4. Alef K., Kleiner D. Arginine ammonification, a simple method to estimate microbial activity potentials in soils // Soil Biology and Biochemistry. 1986. Vol. 18. Is. 2. P. 233-235.
5. Bezuglova O.S., Polienko E.A., Gorovtsov A.V., Lyhman V.A., Pavlov P.D. The effect of humic substances on winter wheat yield and fertility of ordinary chernozem // Annals of Agrarian Science. 2017. Vol. 15. Is. 2. P. 239-242.
6. Shamrikova E.V., Kondratenok B.M., Tumanova E.A., Vanchikova E.V., Lapteva E.M., Zonova T.V., Lu-Lyan-Min E.I., Davydova A.P., Libohova Z., Suvannang N. Transferability between soil organic matter measurement methods for database harmonization // Geoderma. 2022. Vol. 412. P. 115547.

**AMMONIFICATION PROCESSES IN SOILS OF THE CITY OF NOVOCHERKASSK
(ROSTOV REGION)**

E.P. Pulikova, E.S. Fedorenko, A.V. Gorovtsov, A.K. Sherstnev, E.Yu. Konstantinova, T.M. Minkina
Southern Federal University, Academy of Biology and Biotechnology. DI. Ivanovsky

Abstract. Since ammonification is one of the important stages in the transformation of nitrogen compounds, the aim of our study was to study the activity of ammonification in soils of different types of land use. It has been established that ammonification depends to the greatest extent on the content of soil organic carbon and texture soils, and not on the content of heavy metals.

Keywords: ammonification, ammonifiers, urbanozem, heavy metals, organic carbon.

References

1. Dobrovolsky G.V., Stroganova M.N., Prokofieva T.V., Striganova B.R., Yakovlev A.S. Soil, city, ecology. M.: Foundation "For economic literacy, 1997. 320 p.
2. Netrusov A.I., Bonch-Osmolovskaya E.A., Gorlenko V.M. Ecology of microorganisms: Proc. for stud. universities Ed. AI Netrusova. Moscow, 2004. 272 p.
3. GOST 12536-2014. Soils. Methods of laboratory granulometric (grain-size) and microaggregate distribution.
4. Alef K., Kleiner D. Arginine ammonification, a simple method to estimate microbial activity potentials in soils // Soil Biology and Biochemistry. 1986. Vol. 18. Is. 2. P. 233-235.
5. Bezuglova O.S., Polienko E.A., Gorovtsov A.V., Lyhman V.A., Pavlov P.D. The effect of humic substances on winter wheat yield and fertility of ordinary chernozem // Annals of Agrarian Science. 2017. Vol. 15. Is. 2. P. 239-242.8.
6. Shamrikova E.V., Kondratenok B.M., Tumanova E.A., Vanchikova E.V., Lapteva E.M., Zonova T.V., Lu-Lyan-Min E.I., Davydova A.P., Libohova Z., Suvannang N. Transferability between soil organic matter measurement methods for database harmonization // Geoderma. 2022. Vol. 412. P. 115547.

УДК 631.4

**ИЗМЕНЕНИЕ ЭКОЛОГО-БИОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ
ПСАММОЗЕМОВ ПРИРОДНО-РЕКРЕАЦИОННОЙ ЗОНЫ Г. ПЕРМИ
В СВЯЗИ С ЗАГРЯЗНЕНИЕМ ТЯЖЕЛЫМИ МЕТАЛЛАМИ**

П.Ш. Сайранова, О.З. Еремченко
ФГАОУ ВО ПГНИУ, Пермь, Россия
e-mail: s7p51996@yandex.ru

Аннотация. Прослежено изменение эколого-биологических свойств псаммозема гумусового при загрязнении кадмием и медью методом фитотестирования.

Критическим уровнем загрязнения стала доза Cd и Cu 500 мг/кг почвы. Редокс-активность тест-культуры увеличилась при загрязнении Cd и Cu 25 мг/кг почвы.

Ключевые слова: псаммоземы, тяжелые металлы, фитотестирование, редокс-активность

Загрязнение тяжелыми металлами нарушает экологические функции почв по жизнеобеспечению. В ООПТ «Закамский бор» под реликтовыми сосновыми борами сформированы почвы с легким гранулометрическим составом, характеризующиеся низкой буферностью к загрязнению тяжелыми металлами. Постановлением Правительства Пермского края № 447-п гумусовые псаммоземы вошли в перечень редких почв и находятся под особой охраной [2].

На гумусовых псаммоземах были заложены 4 почвенных разреза. Отбор почвенных проб проводился через каждые 10 см до глубины 90-120 см. В почвенных пробах определяли физико-химические и химические свойства, гранулометрический состав – стандартными методами. В почвенные пробы из слоя 0-20 см внесли Cu и Cd из расчета от 2,5 до 1500 мг/кг почвы, затем посадили кресс-салат [1].

Генетические свойства псаммоземов гумусовых в значительной степени обусловлены литогенным фактором – песчаными почвообразующими породами. Профиль почвы слабо дифференцирован, почвенные процессы представлены начальным гумусонакоплением, присутствуют слабые признаки ожелезнения. В морфологическом профиле выделен гумусово-слаборазвитый горизонт, залегающий непосредственно на песчаной почвообразующей породе (табл.). В гумусово-слаборазвитом горизонте содержится много полуразложившихся растительных остатков, накопление органического углерода составляет 3-5,5%. У почвы легкий гранулометрический состав (гумусово-слаборазвитый горизонт – супесчаный, порода – мелкозернистый песок), низкая емкость поглощения минеральных горизонтов (2-7 ммоль/100 г), высокая ненасыщенность основаниями (8-27 ммоль/100 г) и сильноокислая реакция среды (pH_{KCl} 3-4,5).

Таблица

Морфологическое описание псаммозема гумусового

Морфологические признаки		
Горизонт	Глубина, см	Описание
O	0-3	Подстильно-торфяной горизонт. Груборазложившаяся хвойно-моховая лесная подстилка.
W	3-10	Гумусово-слаборазвитый горизонт. Темно-серый, песчаный, сухой, рассыпчатый. Переход в нижележащий горизонт ровный и ясный.
W-C	10-20	Переходный к породе горизонт. Серо-охристый, песчаный, сухой, рыхлый, мелкопесчаные фракции склеены в маленькие комочки. Переход к последующему горизонту волнистый и постепенный.
C	20-30	Песчаная материнская порода. Желтоватый, мелкопесчаный, свежий, уплотненный.
C(f)	30-90(120)	Желтоватый, крупно-песчаные фракции покрытые охристыми и черными, свежий до 60 см, далее влажный, уплотненный.

На фоне загрязнения Cu значимое уменьшение длины надземной части растений отмечено в варианте Cu 25 мг/кг, а уменьшение массы – с уровня загрязнения Cu 100 мг/кг почвы и выше (рис. 1). При внесении тяжелых металлов в количестве 500 мг/кг всходы кресс-салата не получены, следовательно, условия для роста и развития растений отсутствовали, а этот уровень загрязнения псаммозема следует считать критичным.

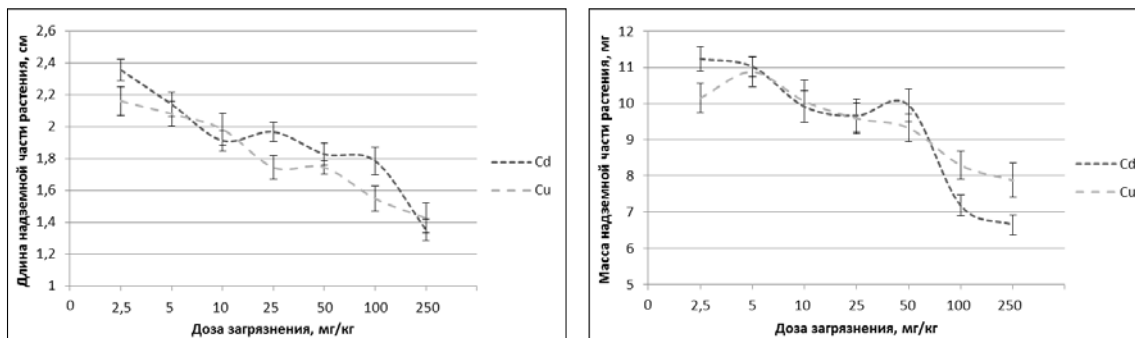


Рисунок 1. Длина и масса надземной части тест-культуры в зависимости от дозы загрязнения

Усиление редокс-активности растительных экстрактов в связи с внесением в почву тяжелых металлов указывает на развитие окислительного стресса в растениях [2]. Значимое увеличение редокс-активности относительно тест-контроля отмечали при загрязнении Cd и Cu 25 мг/кг почвы (рис. 2). С ростом загрязненности псаммозема кадмием от 2,5-10 мг/кг до 100 мг/кг почвы редокс-активность кресс-салата усилилась на 18%. Токсичность меди оказалась выше токсичности кадмия; с увеличением дозы загрязнения Cu от 2,5-10 мг/кг до 100 мг/кг почвы редокс-активность возросла на 40%.

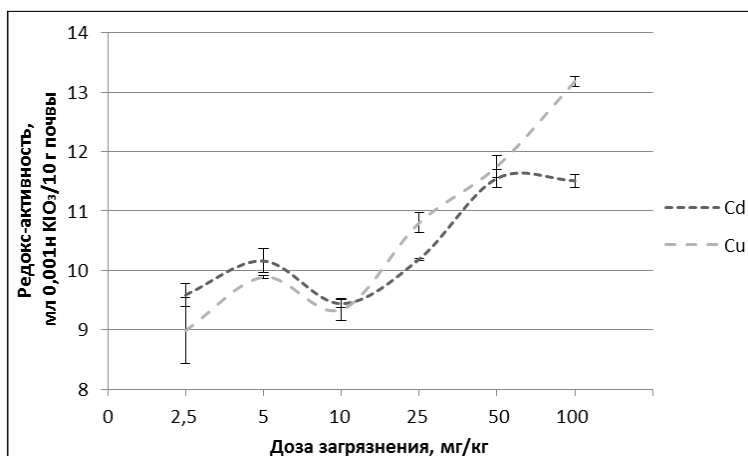


Рисунок 2. Редокс-активность надземной части растений в зависимости от дозы загрязнения

Таким образом, длина и масса надземной части тест-культуры уменьшалась пропорционально дозе загрязнения почвы кадмием; при внесении меди значимое угнетение растений отмечали с уровня загрязнения Cu 25 мг/кг и выше. Критическим уровнем загрязнения тяжелыми металлами, при котором в

почве отсутствовали условия для роста и развития растений, стала доза 500 мг/кг. Усиление редокс-активности кресс-салата, как реакцию на фитотоксичность почвы, наблюдали при загрязнении почвы Cd и Cu 25 мг/кг и выше.

Литература

1. Еремченко О.З., Митракова Н.В. Способ оценки биологической активности и токсичности почв и техногенных грунтов: пат. Рос. Федерации № 2620555.2017.
2. Постановление Правительства Пермского края от 27.05.2022 № 447-п «Об утверждении Порядка и мер охраны редких и находящихся под угрозой исчезновения почв, занесенных в Красную книгу почв Пермского края, перечня редких и находящихся под угрозой исчезновения почв, занесенных в Красную книгу почв Пермского края» [Электронный ресурс] // URL: <https://priroda.permkrai.ru/> (дата обращения: 20.10.2022).

CHANGES IN THE ECOLOGICAL BIOLOGICAL PROPERTIES OF PSAMMOZEMS IN THE NATURAL AND RECREATIONAL ZONE IN PERM TO POLLUTION BY HEAVY METALS

P.Sh. Sairanova, O.Z. Eremchenko
Perm State University, Perm, Russia

Abstract. Changes in the ecological and biological properties of humic psammozem under cadmium and copper contamination by phytotesting have been traced. The critical increase was the dose of Cd and Cu 500 mg/kg surface. The redox activity of the test culture increased with Cd and Cu contamination of 25 mg/kg of soil.

Keywords: psammozems, heavy metal, phytotesting, redox activity.

References

1. Eremchenko O.Z., Mitrakova N.V. Method for assessing the biological activity and toxicity of soils and technogenic soils: Pat. Ros. Federation No. 2620555. 2017.
2. Decree of the Government of the Perm Territory dated May 27, 2022 No. 447-p "On approval of the Procedure and measures for the protection of rare and endangered soils listed in the Red Book of Soils of the Perm Territory, a list of rare and endangered soils listed in the Red Book Soils of the Perm Territory" [Electronic resource] // URL: <https://priroda.permkrai.ru/> (date of access: 20.10.2022).

УДК 631.43

ОЦЕНКА ПРИГОДНОСТИ ВСКРЫШНЫХ ПОРОД ПРИ ДОБЫЧИ ГИПСА ООО "ЕРГАЧ" ДЛЯ БИОЛОГИЧЕСКОЙ РЕКУЛЬТИВАЦИИ

Н.В. Слесарев, В.Ю. Гилев, А.Н. Чащин
ФГБОУ ВО Пермский ГАТУ, г. Пермь, Россия
e-mail: nikolslesarev@yandex.ru

Аннотация. Данная работа посвящена изучению вскрышных и вмещающих пород для биологической рекультивации земель на производстве ООО «ЕРГАЧ» в Кунгурском районе. Изучена характеристика физических и физико-химических свойств в почвах и породах расположенных на территории. Физические и физико-химические определены в 1 разрезе и точно на территории, формирующихся в различных высотно-растительных условиях. Результаты исследования показали в одном разрезе и 10 пробах.

Ключевые слова: биологическая рекультивация, вскрышные породы, свойства, горизонты, почва.

На всех континентах Земли рекультивации нарушенных объектов отводят большое внимание, в связи с разрушающими последствиями антропогенной деятельности [2].

Добыча полезных ископаемых приводит к образованию техногенных ландшафтов. В Кунгурском районе карстовых воронок их площадь составляет более -- тыс. га. Для предотвращения загрязнения окружающей среды, нарушения подвижного равновесия в геосфере применяется рекультивация земель.

Любой техногенный объект рекультивации – это целостный природный территориальный комплекс со сложными внутренними взаимосвязями между образующими его компонентами: горными породами, атмосферой и биотой [3].

Почва и ее физические и химические свойства очень важны для выращивания сельскохозяйственных растений. Физические и химические показатели почвы и вскрышных пород тесно связаны с рекультивацией и мелиорацией почв, задачами которых является временное и коренное улучшение, главным, образом физических и химических свойств почвы для практических целей в сельском хозяйстве. При разработке агротехнических приемов для техногенных ландшафтов в первую очередь обращают внимание на показатели физических и химических свойств почвы и вскрышных пород данной территории. Следовательно, изучение агроэкологических свойств почв можно считать таким же важным мероприятием, как и агрохимическая оценка плодородия.

Данная работа посвящена изучению свойств вскрышных пород. Задачами исследования являлось оценить качества вскрышных пород карьера и пригодность их к биологической рекультивации, изучить физико-химические свойства и дать оценку физическим и химическим показателям исследуемых почв и грунтов. Объектом исследования являются вскрышные породы «Ергачинского гипсового карьера» (рис. 1.)



Рисунок 1. Расположение точек отбора образцов

Почвенные образцы отбирали на территории земельсовхоз «Кыласовский», вскрыша породы отобрана на территории ООО «ЕРГАЧ». Гранулометрический и физико-химические свойства определены в 4 образцах вскрыши и 12 образцах почвы, формирующихся в различных высотно-растительных условиях. Анализы

проводили на кафедре почвоведения общепринятыми методами. Проведены определения показателей: рН солевой вытяжки и водной вытяжки потенциометрически; содержание гумуса в минеральных почвах по методу Тюрина в модификации Соколова и др. [9]; гидролитической кислотности; суммы поглощенных оснований; степени насыщенности почв основаниями. Определение гранулометрического состава почвы проводили по методу по Качинскому Н.А [8]. Определение содержание гипса по Н.Б. Хитрову[5].

В пределах ключевого участка формируются светло-серые лесные глубоковскипающие тяжелосуглинистые на лессовидных суглинках. Дно «Казаевского» лога дерно-поверхностно глееватая. Вскрыша представлена южным уступом в 6 точке, 5 точка уступ центр, северный уступ в 4 точке и в 7 точке смешенная проба вскрыши.

Наиболее высокое содержание гумуса в органогенном горизонте высокое, вниз по профилю которое снижается до очень низкого значения гумуса (4,6-0,4). Почва имеет слабокислую реакцию среды и вниз по профилю достигает сильнокислой (4,24-5,14 единиц). Степень насыщенности основаниями в почве высокая, содержание гипса в органогенном горизонте слабо-загипсовано. В таблице 1 представлены химические свойства грунта.

Из 10 проб щелочную реакцию среды имеет вторая проба вскрыши уступ 165-175см (7,4) и смешанная проба породы (7,5). Показатели грунтов показали, что засоленности нет. Грунты слабозагипсованны, за исключением вскрыши уступа, среднезагипсован. Наиболее высокое содержание гумуса отмечено в почве расположенной на днище оврага, в породах очень низкое.

Таблица 1

Химические свойства грунта

№	Горизонт, глубина, см	Гумус, %	мг-экв на 100 г					V, %	pH _{H2O}	pH _{KCl}	Сухой ост., %	CaSO ₄ %
			H ⁺	Al ³⁺	S	Hг	ЕКО					
1	A ₁ 2-10	5,9	-	-	48,6	1,7	96,5	50,3	6,9	6,2	-	-
	A _{1B} 10-25	3,7	-	-	23,6	3,5	87,0	27,1	6,7	5,2	-	-
2	A _{пах} 0-26	4,4	0,2	0,4	11,4	6,3	64,4	17,7	5,1	4	-	-
	A ₁ A ₂ 26-38	2,7	0,16	0,5	29,0	9,8	74,7	38,8	5,3	4	-	-
3	A _{пах} 0-24	2,6	0,1	0,3	13,0	4,3	74,8	17,3	5,1	4,2	-	-
	A ₁ A ₂ 24 и более	2,3	0,9	1,4	30,2	7,8	79,3	38,07	4,4	3,5	-	-
4	Вскрыша 175-183 (уступ север)	1,2	0,2	0,3	32,8	9,2	77,9	42,07	5,6	4,6	-	8,4
5	Вскрыша 2 165-175 (уступ центр)	0,8	-	-	49	0,5	98,9	49,5	7,4	6,8	0,03	16,2
6	Порода 16 5-175 (уступ юг)	0,6	-	-	37,6	1,9	95,1	39,5	6,4	5,3	-	9,2
7	Смешанная порода	0,9	-	-	49	0,7	98,5	49,7	7,5	6,07	0,03	6,5

Гранулометрический состав оказывает очень большое влияние на процессы почвообразования, свойства и режимы почв, учитывается при землеустройстве территории: при выборе участков под многолетние насаждения, при введении специализированных севооборотов, проведении почвозащитных мероприятий и др. [3]. Гранулометрический состав почв используется при оценке качества почвы, является основной агрофизической характеристикой, а также оказывает важное влияние на сельскохозяйственное использование почв [6-7].

Одним из показателей устойчивости почв к техногенезу является определенный гранулометрический состав с преобладанием мелкопылеватой и илистой фракции, в наибольшей степени благоприятствующий формированию прочной структуры [6-7]. Результаты гранулометрического состава представлены в таблице 2.

В почве гранулометрический состав варьируется от тяжелосуглинистого до легкоглинистого, во вскрышной породе от легкоглинистого до среднеглинистого. В гранулометрическом составе преобладает илистая и крупнопылеватая фракции. Наиболее варьируемым показателем гранулометрического состава в пределах поля является содержание крупной пыли.

Таблица 2

Гранулометрический состав почв

Горизонт	Физический песок			Физическая глина			%	ГСП
	Размер частиц, мм содержание, %							
	1-0,25	0,25-0,05	0,05-0,01	0,01-0,005	0,005-0,001	<0,001		
A ₁ (4-38)	1,1	4,5	35,8	9,3	9,2	39,8	58,4	Легкоглинистая
A ₁ A ₂ (38-52)	0,9	8,3	40,9	10,6	8,4	30,7	49,8	Тяжелосуглинистая
B ₁ (52-72)	0,5	7,8	41,3	8,7	9,5	31,8	50	Тяжелосуглинистая
B ₂ (72-96)	0,4	9,8	42,8	12,6	9,1	24,9	46,8	Тяжелосуглинистая
BC(96-122)	0,8	9,9	38,9	9,6	4,1	36,5	50,	Тяжелосуглинистая
C (122 и >)	0,3	10,5	42,9	8,1	9,9	28,1	46,2	Тяжелосуглинистая
Вскрыша 175-183 (уступ север)	0,7	14,8	22,0	9,2	19,7	33,3	62,4	Легкоглинистая
Порода 165-175 (уступ юг)	0,6	11,7	21,5	8,6	17,3	40,0	66,0	Среднеглинистая
Вскрыша 2 165-175 (уступ центр)	0,5	13,3	24,6	7,8	12,5	41,1	61,5	Легкоглинистая

В соответствие с ГОСТ 17.5.1.03-86, вскрыша 2 165-175 относится к малопригодным породам по химическому составу, содержание гипса до 20%, требуется после улучшения химических свойств пород и специальных агротехнических мероприятий под лесонасаждения различного назначения, сенокосы и пастбища; в качестве подстилающих под пашню потребуются химическая мелиорация, после улучшения химических свойств пород и специальных агротехнических мероприятий рекомендуется использование под лесонасаждения различного назначения, сенокосы и пастбища; в качестве подстилающих под пашню. Остальная порода относится к потенциально пригодной, рекомендуется использовать под пашню, сенокосы и пастбища со

специальными агротехническими мероприятиями; в качестве подстилающих под пашню; под лесонасаждения различного назначения; под ложе водоемов.

Литература

1. ГОСТ 17.5.1.03-86 Межгосударственный стандарт. Охрана природы. Земли. Классификация вскрышных и вмещающих пород для биологической рекультивации земель. Утвержден и введен в действие Постановлением Государственного комитета СССР по стандартам от 10 ноября 1986 г. N 3400.
2. Андроханов В.А., Куляпина Е.Д., Курачев В.М. Почвы техногенных ландшафтов: генезис и эволюция Н: Изд-во СО РАН, 2004. 151 С.
3. Березин П.Н. Особенности распределения гранулометрических элементов почв и почвообразующих пород // Почвоведение. 1983. № 2. С. 52–64.
4. Ворончихина Е.А. Рекультивация нарушенных ландшафтов: теория, технологии, региональные аспекты. Пермь: ЕНИ ПГУ, 2010. 165 С.
5. Руководство по лабораторным методам исследования ионносолевого состава нейтральных и щелочных минеральных почв. М.: ВАСХНИЛ, 1990. 236 с
6. Татаринцев В.Л., Татаринцев Л.М. Агроэкологическая оценка гранулометрического состава почв Алтайского края // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. 2008. № 4. С. 43–52.
7. Татаринцев Л.М., Будрицкая И.А., Лебедева Л.В. Методологическая основа агроэкологической оценки (почв). Изд.: Алтайский гос. аграрн. универс. 2016. С.442-443.
8. Качинский Н.А. Физика почв / М., 1965. Т. 1. С. 155–161; М., 1970. Т. 2. С. 88.
9. Манафова Ф.А. Влияние различных экологических факторов природной среды на структуру почвенного покрова Апшерона // Бюллетень науки и практики. 2018. № 6. С. 153-169.

ASSESSMENT OF THE SUITABILITY OF OVERBURDEN ROCKS FOR GYPSUM EXTRACTION JSC "ERGACH" FOR BIOLOGICAL RECLAMATION

N.V. Slesarev, V.Y. Gilev, A.N. Chashchin

Perm SATU, Perm, Russia

Abstract. This work is devoted to the study of overburden and host rocks for biological land reclamation at the production of LLC "ERGACH" in the Kungursky district. The characteristics of physical and physico-chemical properties in soils and rocks located on the territory have been studied. Physical and physico-chemical are determined in 1 section and point-by-point on the territory formed in various altitudinal and vegetative conditions. The results of the study were shown in one section and 10 samples.

Keywords: biological reclamation, overburden rocks, properties, horizons, soil.

References

1. GOST 17.5.1.03-86 Interstate standard. Nature conservation. Land. Classification of overburden and host rocks for biological land reclamation. Approved and put into effect by the Resolution of the USSR State Committee on Standards of November 10. 1986. N 3400.
2. Androkhonov V.A., Kulyapina E.D., Kurachev V.M. Soils of technogenic landscapes: genesis and evolution N.: Publishing House of SB RAS, 2004. 151 p.
3. Berezin P.N. Features of the distribution of granulometric elements of soils and soil-forming rocks // Soil science. 1983. No. 2. P. 52-64.
4. Voronchikhina E.A. Recultivation of disturbed landscapes: theory, technologies, regional aspects. Perm: ENI PSU, 2010. 165 p.
5. Guidelines for laboratory methods for the study of the ionic-salt composition of neutral and alkaline mineral soils. Moscow: VASHNIL, 1990. 236 p.
6. Tatarintsev V.L., Tatarintsev L.M. Agroecological assessment of granulometric composition of soils of the Altai Territory // Izvestiya Timiryazevskaya agricultural Academy. 2008. No. 4. P. 43-52.
7. Tatarintsev L.M., Budritskaya I.A., Lebedeva L.V. Methodological basis of agroecological assessment (soils). Ed.: Altai State Agrarian University. univers. 2016. P. 442-443.

8. Kachinsky N.A. Soil physics / M., 1965. Vol. 1. P. 155-161; M., 1970. Vol. 2. P. 88.
9. Manafova F.A. The influence of various environmental factors of the natural environment on the structure of the soil cover of Absheron // Bulletin of Science and practice. 2018. No. 6. P. 153-169.

УДК 631.4

ТЯЖЕЛЫЕ МЕТАЛЛЫ В ПОЧВАХ ЕСТЕСТВЕННЫХ И ТЕХНОГЕННЫХ ЛАНДШАФТОВ БАШКОРТОСТАНА

Р.Ф. Хасанова^{1,2}, Я.Т. Суюндуков², И.Н. Семенова²

¹Опытная станция «Уфимская» Уфимского федерального исследовательского центра РАН, Уфа, Россия

²Сибайский институт (филиал) Уфимского университета науки и технологий, Сибай, Россия

e-mail: rezed78@mail.ru

Аннотация. В работе представлены результаты исследования почв на загрязнение тяжелыми металлами в Зауральской зоне Республики Bashkortostan. Были рассчитаны индекс геонакопления (I_{geo}) и потенциальный экологический риск (E_r, RI). Почвы загрязнены Cu, Zn и Cd (в 3,15, 1,9 и 14,5 раза выше регионального фона соответственно). Средние значения I_{geo} увеличивались в следующем порядке: Pb (-1,29) < Fe (-0,77) < Ni (-0,69) < Co (-0,19) < Zn (0,05) < Mn (0,55) < Cu (0,66) < Cd (3,08). Потенциальные экологические риски в шести округах Зауральской зоны представлены в порядке убывания: Баймак (522,31) > Сибай (493,96) > Учалы (449,38) > Хайбуллинский район (300,90) > Баймакский район (285,58) > Учалинский район (273,55). Многочисленные показатели анализа показали низкий риск почв Зауральской зоны по Pb, Cu, Ni, Co. Однако следует отметить Cd, поскольку он представляет большую часть потенциальных экологических рисков.

Ключевые слова: тяжелые металлы, загрязнение почв, Республика Башкортостан.

В настоящее время большое внимание экологов и других исследователей уделяется загрязнению окружающей среды различными химическими соединениями, содержащими тяжелые металлы. Тяжелые металлы, будучи высокотоксичными, способны накапливаться в организме человека и способствовать развитию так называемых заболеваний, связанных с окружающей средой. Содержание тяжелых металлов в объектах окружающей среды широко изучается как обязательный компонент расчета риска для здоровья человека и оценки воздействия на окружающую среду.

Зауральская зона Республики Башкортостан – территория, на которой длительное время разрабатывались месторождения медно-колчеданного сплава, что способствовало формированию техногенных провинций с повышенным

геохимическим фоном [1]. В объектах окружающей среды Зауралья обнаружено повышенное содержание ряда химических элементов [2, 3, 4].

На территории региона самым крупным населенным пунктом является город Сибай с населением более 60 тыс. человек. Город расположен недалеко от месторождения медно-колчеданных руд, открытого в 30-х годах XX века. Градообразующим предприятием является Сибайский филиал Учалинского горно-обогатительного комбината, в состав которого входят Сибайский и Камаганский карьеры по добыче руды, Сибайская обогатительная, завод и ряд других крупных предприятий. Кроме того, за последние годы в городе было введено в эксплуатацию несколько других промышленных объектов, в том числе крупная тепловая электростанция. Строительство промышленных предприятий города началось в середине прошлого века, при этом не всегда учитывались экологические стандарты, в результате чего территория была загрязнена различными загрязняющими веществами, в том числе тяжелыми металлами.

Помимо Сибая, имеются два небольших города – Учалы и Баймак, на территории которых расположены крупные горно-обогатительные предприятия, в первую очередь Учалинский горно-обогатительный комбинат.

Также на территории Зауральской зоны в Баймакском, Учалинском, Хайбуллинском районах есть ряд поселков, где давно работают горно-обогатительные комбинаты.

При оценке экологического состояния окружающей среды особое внимание уделяется изучению почвенного покрова, поскольку почвы как основная осаждающая среда служат интегральным показателем загрязнения, по которому можно судить о качестве атмосферного воздуха, природных вод и литогенной основы. В то же время загрязненные почвы сами по себе являются источниками вторичного загрязнения приземного слоя воздуха, поверхностных и подземных вод, а также определяют миграцию химических элементов по пищевой цепи [4]. Почва, являясь важнейшим компонентом среды жизнедеятельности человека, во многом определяет параметры ее качества и безопасности, влияет на здоровье населения и санитарно-гигиенические условия жизни. В связи с этим необходимо систематически следить за соблюдением допустимого содержания токсичных элементов и выявлять локальные экстремальные загрязнения в экосистемах.

Целью данной работы является оценка загрязнения почв тяжелыми металлами в городских и сельских поселениях Зауральской зоны Республики Башкортостан занимающиеся добычей полезных ископаемых.

Почвы на исследуемой территории представлены в основном черноземами. Преобладающими почвами Учалинского района являются выщелоченный чернозем, Баймакского - обыкновенный, Хайбуллинского – южный [5].

В течение летнего периода в 2013-2020 годах из слоя 0-10 см было отобрано более 170 образцов почвы. Общую концентрацию металлов в почве (Cd, Co, Cu, Ni, Pb, Fe, Mn и Zn) определяли методом атомной абсорбции.

Был рассчитан индекс геонакопления (I_{geo}):

$$I_{geo} = \log_2 \frac{C_n}{1.5B_n}$$

где C_n - измеренная концентрация металла n в почве; B_n - геохимическое фоновое содержание металла в почве Зауральской зоны Республики Башкортостан ($Cu=49$ мг/кг, $Zn=223$ мг/кг, $Fe=37102$ мг/кг, $Ni=34$ мг/кг, $Mn=1061$ мг/кг, $Pb=20$ мг/кг, $Cd=0,22$ мг/кг, $Co=15$ мг/кг) [6]; константа 1,5 была фактором, компенсирующим содержание геохимического фона из-за литогенных воздействий. Индекс I_{geo} состоит из семи категорий, определяющих качество почвы: <0 – практически нетронутые; $0-1$ – нетронутые до умеренно загрязненные; $1-2$ - умеренно загрязненные; $2-3$ – умеренно до сильно загрязненные; $3-4$ – сильно загрязненные; $4-5$ – сильно загрязненные до крайне загрязненных; >5 экстремально загрязненные.

Также был рассчитан индекс потенциального экологического риска (RI), который введен для оценки степени потенциальных экологических рисков тяжелых металлов в почве [7, 8]. В этом исследовании RI был вычислен с использованием следующего уравнения:

$$C_r^i = \frac{C^i}{C_n^i}, \quad E_r = T_r^i C_r^i, \quad RI = \sum_{i=1}^n T_r^i C_r^i = \sum_{i=1}^n T_r^i C^i / C_n^i$$

где RI - общий потенциальный экологический риск тяжелых металлов;

E_r - потенциальный экологический риск отдельных тяжелых металлов;

T_r^i - коэффициент токсического воздействия тяжелых металлов ($Cd = 30$, $Pb = 5$, $Cu = 5$, $Ni=5$, $Co=5$);

C^i концентрация металлов в почве;

C_n^i значения ПДК почвы (Гигиенический стандарт 2.1.7.2041-06; 32,00 мг/кг для Pb , 55 мг/кг для Cu , 85 мг/кг для Ni). Ввиду отсутствия ПДК для Cd и Co , использовали значения фоновых значений для почв Зауральской зоны Республики Башкортостан (15,0 мг/кг для Co и 0,22 для Cd).

По индексу E_r выделяют 2 класса качества почв: <40 – низкий риск; $40-80$ – умеренный риск; $80-160$ – значительный риск; $160-320$ – высокий риск; >320 – экстремальный риск. Индекс RI имеет четыре класса: <150 – низкий риск; $150-300$ – умеренный риск; $300-600$ – значительный риск; >600 – высокий риск.

Исследования содержания исследуемых металлов в почвах городов Сибай, Учалы и Баймак и районов Учалинский, Баймакский и Хайбуллинский, показали, что их концентрации находились в следующих диапазонах: Cu : 9,30–1660,00 мг/кг при среднем значении 154,24 мг/кг; Zn : 8,40–3630,00 мг/кг при среднем значении 434,62 мг/кг; Fe : 21.54-798000.00 мг/кг при среднем значении 40068,85 мг/кг; Ni : 1,93–95,00 мг/кг при среднем значении 32,19 мг/кг; Mn : 1,69–5127,50 мг/кг при среднем значении 1076,02 мг/кг; Pb : 0,03–78,80 мг/кг при среднем значении 15,70 мг/кг; Cd : 0,001-10,350 мг/кг при среднем значении 3,19 мг/кг; Co : 1,00–63,25 мг/кг при среднем значении 17,16 мг/кг.

Средние значения концентрации металлов, за исключением Ni и Pb, превышали фоновые значения почвы Зауральской зоны Республики Башкортостан [4]; в частности, концентрации Cu, Zn и Cd были в 3,15, 1,9 и 14,50 раза выше регионального фона, что указывает на влияние урбанизации и индустриализации на загрязнение почвы.

В исследованных почвах все максимальные концентрации Cu, Zn, Ni, Mn, Pb и Cd превышали ПДК, принятые в Российской Федерации.

Расчитанные значения индекса геонакопления (I_{geo}) тяжелых металлов в почве показывают, что средние значения I_{geo} увеличиваются в следующем порядке: Pb (-1,29) < Fe (-0,77) < Ni (-0,69) < Co (-0,19) < Zn (0,05) < Mn (0,55) < Cu (0,66) < Cd (3,08). Между тем, значения I_{geo} варьируются для Cu - от 0,44 до 1,91, Zn – от 0,86 до 1,34, Fe от 2,01 до 1,60, Ni от 0,37 до 1,41, Mn от 0,81 до 0,96, Pb - от 1,69 до 2,42, Cd - от 2,61 до 3,59 и для Co - от 0,58 до 0,85. В целом, средние значения Cd указывали на сильно загрязненные условия, а средние значения Pb, Fe, Ni и Co указывали на практически незагрязненные условия.

Индекс потенциального экологического риска отдельных тяжелых металлов почвы (E_r) и общий индекс потенциального экологического риска тяжелых металлов (RI) приведены в таблице. Согласно стандартам классификации, значения единого индекса потенциального экологического риска (E_r) ниже 40, а RI ниже 150 для почвы без загрязнения (низкий риск).

Таблица

Потенциальные экологические риски почв тяжелых металлов Зауральской зоны Республики Башкортостан

Индекс	ТМ	Баймакский район	Хайбуллинский район	Учалинский район	г. Сибай	г. Баймак	г. Учалы
E_r	Cu	11.92	3.55	4.92	14.21	18.	25.17
	Ni	1.68	2.25	2.35	2.31	1.13	1.78
	Pb	3.23	4.03	1.45	3.01	0.87	1.00
	Cd	263.75	285.00	251.25	468.75	497.50	413.75
	Co	5.00	6.08	13.58	5.67	4.37	7.69
RI		285.58	300.90	273.55	493.96	522.31	449.38

Для Cu, Ni, Pb и Co значения E_r варьировали от 3,55 до 25,17, от 1,13 до 2,35, от 0,87 до 4,03, от 4,37 до 13,58 соответственно, что свидетельствовало о низком риске. Для Cd значения E_r варьировали от 251,25 до 497,50, что указывало на умеренный (сельские почвы) и значительный (городские почвы) риск.

Что касается округов, результаты показали, что концентрация Cd в почвах способствовала большинству потенциальных экологических рисков в этих шести округах Зауральской зоны Республики Башкортостан, которые представлены в порядке убывания: Баймак (522,31) > Сибай (493,96) > Учалы (449,38) > Хайбуллинский район (300,90) > Баймакский район (285,58) > Учалинский район (273,55).

Таким образом, почвы Зауральской зоны Республики Башкортостан с горнодобывающим производством загрязнены тяжелыми металлами.

Многочисленные индексы анализа (I_{geo} , E_r и RI) показали низкий риск почв Зауральской зоны по Pb, Cu, Ni, Co. Однако Cd следует отметить, поскольку он представляет большую часть потенциальных экологических рисков.

Литература

1. Никонов В.Н., Шамсутдинова Л.Р., Зверева Т.Я, Велан Л.Н. Природные и антропогенные геохимические аномалии тяжелых металлов в Башкирском Зауралье как аспект системного анализа геопатогенных зон // Уральский экологический вестник. 2015. № 22. С 3-7.
2. Семенова И.Н., Суяндукров Я.Т., Хасанова Р.Ф., Рафикова Ю.С., Биктимерова Г.Я., Белан Л.Н и Зулкарнаев А.В. Накопление тяжелых металлов в почвах и травянистой растительности вблизи золотоизвлекательного комбината (Республика Башкортостан) // Проблемы региональной экологии. 2017. № 2. С. 5-9.
3. Khasanova R., Suyundukov Y., Semenova I., Suyundukova M., Ibulova G. Social and ecological problems of a small town with a developed mining industry. В сборнике: E3S Web of Conferences. 2020. С. 04023.
4. Опекунова М.Г. Биоиндикация загрязнения. Санкт-Петербург: Издательство С.-Петербургского университета, 2016. 300 с.
5. Хазиев Ф.Х. Почвы Республики Башкортостан и регулирование их плодородия. Уфа: Гилем, 2007. 288с.
6. Опекунова М.Г., Алексеева-Попова Н.В., Арестова И.Ю., Грибалев С.В., Краснов Д.А., Бобров Д.Г., Осипенко О.А., Соловьева Н.И. Тяжелые металлы в почвах и растениях Южного Урала. I. Экологическое состояние фоновых территорий // Вестник Санкт-Петербургского университета. Серия 7. 2001. №4. С. 45-53.
7. Kowalska J. et al. Soil pollution indices conditioned by medieval metallurgical activity-A case study from Krakow (Poland) // Environ. Pollut. 2016. Vol. 218. P 23-36.
8. Xu Z.Q., Ni S.J., Tuo X.G., Zhang C.J. Calculation of heavy metal's toxicity coefficient in the evaluation of potential ecological risk index // J. Environ. Sci. Technol. China. 2008. Vol. 31(2). P. 2-5.

HEAVY METALS IN THE SOILS OF NATURAL AND MAN-MADE LANDSCAPES OF BASHKORTOSTAN

R.F. Khasanova^{1,2}, Ya.T. Suyundukov², I.N. Semenova²

¹ Experimental station "Ufa" of the Ufa Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences, Ufa, Russia

²Sibay Institute (branch) Ufa University of Science and Technology, Sibay, Russia

Abstract. The paper presents the results of a study of soils for heavy metal pollution in the Trans-Ural zone of the Republic of Bashkortostan. The geoaccumulation index (I_{geo}) and potential environmental risk (E_r, RI) were calculated. Soils are contaminated with Cu, Zn and Cd (3.15, 1.9 and 14.5 times higher than the regional background, respectively). The average I_{geo} values increased in the following order: Pb (-1.29) < Fe (-0.77) < Ni (-0.69) < Co (-0.19) < Zn (0.05) < Mn (0.55) < Cu (0.66) < Cd (3.08). Potential environmental risks in six districts of the Trans-Ural zone are presented in descending order: Baymak (522,31) > Sibai (493,96) > Uchaly (449,38) > Khaibullinsky district (300,90) > Baymaksky district (285,58) > Uchalinsky district (273,55). Numerous analysis indicators have shown a low risk of soils in the Trans-Ural zone for Pb, Cu, Ni, Co. However, Cd should be noted, since it represents most of the potential environmental risks.

Keywords: heavy metals, soil pollution, Republic of Bashkortostan.

References

1. Nikonov V.N., Shamsutdinova L.R., Zvereva T.Ya., Velan L.N. Natural and anthropogenic geochemical anomalies of heavy metals in the Bashkir Trans-Urals as an aspect of the system analysis of geopathic zones // Ural Ecological Bulletin. 2015. No. 22. P. 3-7.

2. Semenova I.N., Suyundukov Ya.T., Khasanova R.F., Rafikova Yu.S., Biktimerova G.Ya., Belan L.N., and Zulkarnaev A.V. Accumulation of heavy metals in soils and grassy vegetation near gold recovery plant (Republic of Bashkortostan) // Problems of regional ecology. 2017. No. 2. P. 5-9.
3. Khasanova R., Suyundukov Y., Semenova I., Suyundukova M., Ibulova G. Social and ecological problems of a small town with a developed mining industry. В сборнике: E3S Web of Conferences. 2020. P. 04023.
4. Opekunova M.G. Bioindication of pollution. St. Petersburg: St. Petersburg University Press, 2016. 300 p.
5. Khaziev F.Kh. Soils of the Republic of Bashkortostan and regulation of their fertility. Ufa: Gilem, 2007. 288 p.
6. Opekunova M.G., Alekseeva-Popova N.V., Arestova I.Yu., Gribalev S.V., Krasnov D.A., Bobrov D.G., Osipenko O.A., Solovieva N.I. . Heavy metals in soils and plants of the Southern Urals. I. Ecological state of background territories // Bulletin of St. Petersburg University. Series 7. 2001. No. 4. P. 45-53.
7. Kowalska J. et al. Soil pollution indices conditioned by medieval metallurgical activity-A case study from Krakow (Poland) // Environ. Pollut. 2016. Vol. 218. P 23-36.
8. Xu Z.Q., Ni S.J., Tuo X.G., Zhang C.J. Calculation of heavy metal's toxicity coefficient in the evaluation of potential ecological risk index // J. Environ. Sci. Technol. China. 2008. Vol. 31(2). P. 2-5.

СЕКЦИЯ 4. ГЕОИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ В ПОЧВОВЕДЕНИИ, АГРОХИМИИ, ЭКОЛОГИИ

SECTION 4. GEOINFORMATION SYSTEMS IN SOIL SCIENCE, AGRO-CHEMISTRY, ECOLOGY

УДК 631. 58:55:5

СИСТЕМНЫЙ ПОДХОД В ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЯХ АГРОХИМИИ

Н.В. Абрамов

ФГБОУ ВО Государственный Аграрный Университет Северного Зауралья,

Тюмень, Россия

e-mail: abramovnv@gausz.ru

Аннотация. Сделано заключение, что внедрение точного земледелия с использованием космических систем пока носит фрагментарный характер. Для успешной цифровой трансформации агропромышленного комплекса следует использовать искусственный интеллект как системную целостность. Переход сельского хозяйства в высокотехнологичную отрасль в период первого этапа основывается на формировании информационной платформы о среде обитания (биоклиматический потенциал, действительно возможная и фактическая продуктивность агроценозов, моделирование почвообразовательного процесса). Второй этап включает пошаговую последовательность перехода на цифровые технологии с использованием программного продукта для роботизации производственных процессов: оцифровка сельскохозяйственных угодий; мониторинг состояния плодородия почв и культурных растений; технологическое решение автоматизированного управления производственных процессов.

Ключевые слова: цифровые технологии, биоклиматический потенциал, потенциальная урожайность

Введение. Более существенно на развитие отрасли растениеводства АПК в горизонте ближайших лет будут оказывать цифровые технологии: Big Data, машинное зрение, «умные поля», «умные теплицы», датчики и различные виды контролеров, дистанционное зондирование Земли и т.п. Это дает основание переходу сельского хозяйства в высокотехнологичную отрасль, главным драйвером которой будут рост продуктивности агроценозов, экологическая и экономическая целесообразность [1, 2, 3, 4].

Амбициозные цели заложены в проекте Минсельхоза РФ «Цифровое сельское хозяйство» - цифровые технологии должны помочь увеличить производительность сельскохозяйственных предприятий вдвое в ближайшие годы. Однако согласно данным правительственной Программы «Цифровая экономика РФ» Россия занимает 41 место по готовности к цифровой экономике со

значительным отрывом от десятки лидирующих стран, таких как Сингапур, Финляндия, Швеция, Норвегия, США и др. [5].

Объект и методика. В данной публикации предлагаются практические шаги перехода к цифровым технологиям в агропромышленном комплексе. Основой формирования инновационных подходов являются методологические принципы, разработанные академиком РАН В.И. Кирюшиным. Они прошли производственную проверку во многих регионах России, на основе чего предложена концепция технологической модернизации земледелия РФ [8, 9].

Результаты исследований. Сдерживающим фактором цифровой трансформации сельского хозяйства является кадровый вопрос. Дефицит IT-специалистов, готовых работать с цифровыми технологиями оценивается в 90 тысяч [6]. Цифровую экономику следует принимать как экономику знаний динамично и быстро обновляющуюся.

Одновременно следует решить: нормативно-правовое регулирование освоения информационных технологий в АПК; развитие информационной структуры в сельской местности; финансовую доступность предприятий различной интенсивности и размера для внедрения информационно-коммуникационных технологий; постановку на кадастровый учет всех земельных угодий, используемых в предприятиях аграрного сектора; обеспеченность сельских территорий высокоскоростной связью; разработку цифровых методов, технологий, технических средств, обеспечивающих оптимизацию сельскохозяйственного использования земель.

Эффективность искусственного интеллекта будет реализована только тогда, когда инновационные цифровые технологии возделывания сельскохозяйственных культур примут системную целостность. К сожалению, в агробизнесе часто технологические процессы точного земледелия имеют фрагментарный характер. Поскольку продуктивность агроландшафтов зависит от природных и биологических факторов, необходимо на первом этапе перехода к цифровым технологиям иметь полное представление о биопотенциале агроценозов, в основе определения которого лежат земные и космические факторы [7].

Рынок предлагает массу цифровых решений для сельского хозяйства, однако нет пока единого комплексного подхода, которое бы отвечало задачам товаропроизводителя от поля до прилавка [10, 11].

Первый этап цифровизации производственных процессов базируется на информационной платформе о среде обитания культурных растений. Она отражает оценку степени благоприятствования климата сельскохозяйственному производству, прежде всего, в растениеводстве. Расчет биоклиматического потенциала (БПК) позволяет создать научно обоснованную систему цифрового земледелия. Так, интегральная количественная и качественная оценка климата, почвенных условий, коэффициента роста продуктивности агроценозов свидетельствует об удовлетворительных условиях выращивания

сельскохозяйственных культур в Северном Зауралье. Пространственная неоднородность БПК по агроклиматическим зонам Тюменской области вызвана колебаниями термических ресурсов, солнечной радиации и условиями увлажнения. Распределение значений биоклиматического потенциала по территории области находится в пределах 1,6-2,2, что говорит о наиболее благоприятных условиях для животноводства и удовлетворительных – для растениеводства.

На втором этапе нами сформирована модель почвенного плодородия для оптимального роста и развития культур. Например, максимальная продуктивность яровой пшеницы (100% чистота и 14% влажность зерна) – 5,96т/га получена при плотности сложения чернозема выщелоченного 1,18-1,22 г/см³ в слое 0-30 см, содержание агрономически ценных агрегатов 65-71%, их водопрочности 60-65%, содержание N-NO₃ 15-20 мг/кг, гумуса 8-10%, при содержании продуктивной влаги в период вегетации в мертвом слое 120-150 мм, при рН пахотного слоя 6,2—6,8 [7]. Используя математический аппарат разработана модель почвообразовательного процесса. Она показывает связь между формированием факторов почвенного плодородия и урожайности яровой пшеницы. Таким образом, сформированный банк данных продуцирования агроэкосистем является базовым информационным продуктом для использования искусственного интеллекта в цифровых технологиях возделывания сельскохозяйственных культур.

Третий этап включает цифровые технологии с использованием систем спутниковой навигации, программного продукта для оптимизации производственных процессов. Система цифровых технологий будет рационально управляемой при четком представлении ее функционирования, постановке научно обоснованных задач и выработке инновационных технологических решений. Поэтому для данного этапа предложена определенная последовательность реализации точного земледелия.

Первым шагом является создание электронной карты полей, которая носит базовый характер для цифровизации производственных процессов в растениеводстве. Электронная карта сельскохозяйственных угодий – это средство инвентаризации земель, определяющее ресурсный потенциал земель хозяйств. Также это средство, позволяющее точно рассчитать нормы расхода ГСМ, нормы внесения удобрений и СЗР в зависимости от площади. Высокая точность и доступность оцифровки полей доказана при использовании метода объезда, который также имеет определённую схему выполнения.

Заслуживает внимания оцифровка полей с применением беспилотных летательных аппаратов и метода дешифрования космоснимков. При разработке адаптивно-ландшафтных систем земледелия целесообразно учитывать невыравненный рельеф в многомерной системе координат. Нами была сформирована модель полей СПК «Калининский», который расположен в

предгорном районе Уральских гор Свердловской области, где смыл почвы при увеличении наклона поверхности с 3° до 5° может возрасти в 2 раза.

После оцифровки полей проводится мониторинг состояния плодородия почв. Для этого поля разбиваются на элементарные участки согласно ГОСТ 28168-89 Почвы. Отбор проб. Максимально допустимый размер элементарного участка в лесостепной зоне Западной Сибири составляет 20 га. Отбор проб осуществляется автоматизированным почвенным пробоотборником ПАП-40 с географической привязкой к координатам. После анализа почвенных образцов формируется агрохимическая картограмма элементов питания (рис. 1). Исследования показали, что пространственная внутривольная вариабельность N-NO₃; P₂O₅ и K₂O достигает 64%.

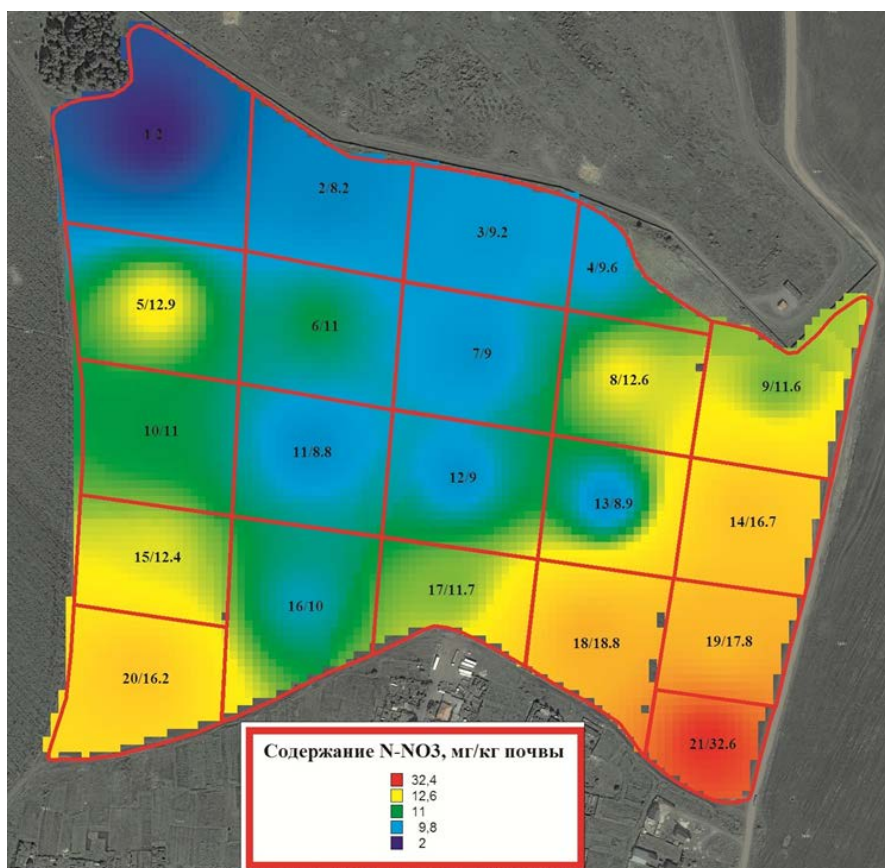


Рисунок 1. Картограмма содержания нитратного азота, мг/кг почвы

На основании агрохимических картограмм составляется карта задания дифференцированного внесения минеральных удобрений по элементарным участкам поля при посеве или до посева культур. Она экспортируется в бортовой навигационный компьютер, который, используя систему спутниковой навигации в автоматическом режиме, регулирует норму внесения туков с учётом содержания элементов питания в почве и планируемой урожайности. Аналогичная схема применения минеральных удобрений в режиме off-line используется при подкормке культур по вегетации.

Геоинформационные системы решают вопросы точного и экономного использования средств защиты растений, снижая их перерасход до 24% и ожог растений на 9-12%.

При выполнении всех технологических операций движение агрегатов осуществляется по заданной в бортовом навигационном компьютере траектории, исключая перекрытия, пропуски высева культур, удобрений; опрыскивания посевов пестицидами.

В зоне перекрытия растений яровой пшеницы было 615 шт./м², продуктивных стеблей – 648 шт./м², что в 1,8 и 1,3 раза соответственно больше, чем в рядках вне перекрытия. Загущённые посевы яровой пшеницы в фазу кущения, когда шла закладка колоса, были хуже обеспечены продуктивной влагой. На посевах с перекрытием запасы продуктивной влаги в слое почвы 0-30 см были ниже на 6,6 мм, а в метровом слое – на 24,6 мм, чем на посевах без перекрытия.

Завершающим шагом технологических операций возделывания сельскохозяйственных культур является картирование урожайности. Аппаратно-программный комплекс создаёт картограммы урожайности по микроучасткам поля, благодаря установленным в зерновые нории оптических датчиков, считывающих объём поступившего зерна в бункер комбайна. Это даёт не только определить точную урожайность культур, но и позволяет выявить проблемные участки для дальнейшей детализации причин снижения продуктивности агроценозов и принятия правильных решений устранения их.

В научно-производственных опытах использование систем спутниковой навигации позволило сократить расходы семян и удобрений на площади 419 м²/га, их экономию 10 и 6,3 кг/га соответственно, соляры – 0,21 л/га (табл. 1).

Таблица 1

Эффективность работы посевного комплекса Хорш при использовании систем спутниковой навигации (в расчёте на 1 га)

Показатель	Без навигатора	С навигатором	Разница	Эффективность, руб.*
Площадь посева, м ²	531	112	419	-
Перерасход семян, кг	13	3	10	200
Перерасход удобрений, кг	8	1,7	6,3	126
Перерасход топлива	0,27	0,06	0,21	10,5

* в ценах 2022 г.

Кроме того, даже при норме выработки 200 га в смену дополнительно потребуется 2 дня на проведение посевной на площади 10 тыс. га. Неудобор урожая от несвоевременного посева в среднем составляет 0,18 т/га, а убытки при отклонении от оптимальных сроков сева – 1800 тыс.руб. [14].

Выводы. Для успешной цифровой трансформации аграрного сектора следует решить ряд сдерживающих факторов:

- кадровый вопрос – переход на новую модель подготовки специалистов, ориентированных на цифровые технологии, повышение квалификации работников АПК всех уровней;
- финансовая доступность сельскохозяйственных предприятий различной интенсивности и размера для внедрения информационно-коммуникационных технологий;
- обеспечить сельские территории высокоскоростной связью.

Предлагается системная целостность использования цифровых технологий в отрасли растениеводства.

Первый этап – формирование информационной платформы о среде обитания: расчёт биоклиматического потенциала, определение действительно возможной продуктивности агроценозов по влагообеспеченности, теплоресурсам, научное обоснование модели почвенного плодородия.

Второй этап - научное обоснование модели почвенного плодородия.

Третий этап – цифровые технологии с использованием программного продукта для роботизации производственных процессов в последовательности:

- оцифровка сельскохозяйственных угодий;
- мониторинг за состоянием плодородия почв и культурных растений с помощью беспилотных летательных аппаратов, искусственных спутников Земли;
- технологическое решение автоматизированного управления производственных процессов на основе систем спутниковой навигации, бортовых навигационных компьютеров и аппаратно-программного комплекса.

Литература

1. Инновационное развитие агропромышленного комплекса в России. AGRICULTURE 4.0 / XXI Международная научная конференция по проблемам экономики и общества // Н.В. Орлова, Е.В. Серова, Д.В. Николаев и др. – Доклад НИУ ВШЭ М., 2022. 125 с.
2. Кирюшин В.И., Иванов А.Л., Козубенко И.С., Савин И.Ю. Цифровое земледелие / Вестник российской сельскохозяйственной науки. 2018. № 5. С. 4-9.
3. Архипов А.Г., Косогоор С.Н., Моторин О.А. и др. Цифровая трансформация сельского хозяйства России. М: ФГБНУ «Росинформагротех». 2019. 80 с.
4. Бьерне Дрекслер, Годжаев Т.З. Цифровизация сельскохозяйственного производства России на период 2018-2025 гг. / Исследование кооперационного проекта «Германо-российский аграрно-политический диалог». Москва / Берлин. 2018. 33 с.
5. Программа «Цифровая экономика Российской Федерации». Утверждена Правительством РФ от 28.07.2017. № 1632 с.
6. Труфляк Е.В, Курченко Н.Ю., Креймер А.С. Точное земледелие: состояние и перспективы. Краснодар: КубГАУ, 2018. 27 с.
7. Абрамов Н.В. Цифровизация производственных процессов в точном земледелии // Известия Международной академии аграрного образования. 2022. № 58. С. 5-10.
8. Адаптивно-ландшафтные системы земледелия Новосибирской области. Под редакцией В.И. Кирюшина, А.Н. Власенко. Новосибирск. 2002. 388 с.
9. О развитии агротехнологий и формировании государственной технологической политики в сельском хозяйстве. Иванов А.Л., Кирюшин В.И., Краснощёков Н.В., Лачуга Ю.Ф., Орлик Л.С., Овчаренко М.Н. М.: Росинформагротех. 2005. 116 с.
10. Сербулова Н.М., Канурный С.В., Моргунова Т.В. Цифровые технологии в земледелии – от точного земледелия к земледелию 4.0 / Состояние и перспективы развития агропромышленного

комплекса // Сб. науч. трудов XII Международной научно-практической конференции. 2019. Ростов-на-Дону. С. 66-68.

11. Якушев В.П. Цифровые технологии точного земледелия в реализации приоритета «Умное сельское хозяйство России» // Вестник российской сельскохозяйственной науки. 2023. [5.1]. п. 2. С. 11-15.

12. Новиков А. Цифровые технологии не отменяют традиционные научные подходы в растениеводстве. / Информационный портал «Волга Ньюс». Самара. 2021. [https:// Volga.news>article](https://Volga.news>article) (Дата обращения: 08.01.2023).

13. Чесноков Ю.В. Управление производственным процессом посредством агрофизических, физиологических и молекулярно-генетических методов в системе точного земледелия // Материалы II Международной научной конференции «Тенденции развития агрофизики: от актуальных проблем земледелия и растениеводства к технологиям будущего». Санкт-Петербург. 2019. С. 8 -19.

14. Абрамов Н.В., Семизоров С.А., Шерстобитов С.В. Земледелие с использованием космических систем // Земледелие. 2015. С. 13-17.

SYSTEM APPROACH IN DIGITAL TECHNOLOGIES OF AGROCHEMISTRY

N.V. Abramov

FSBEI HE State Agrarian University of the Northern Trans-Urals, Tyumen, Russia

Abstract. It is concluded that the introduction of precision farming using space systems is still fragmentary. For successful digital transformation of the agro-industrial complex, artificial intelligence should be used as a system integrity. The transition of agriculture to a high-tech industry during the first stage is based on the formation of an information platform about the habitat (bioclimatic potential, really possible and actual productivity of agrocenoses, modeling of the soil-forming process). The second stage includes a step-by-step sequence of transition to digital technologies using a software product for robotization of production processes: digitization of agricultural land; monitoring of soil fertility and cultivated plants; technological solution for automated control of production processes.

Keywords: digital technologies, bioclimatic potential, potential yield, really possible yield.

References

1. Innovative development of the agro-industrial complex in Russia. AGRICULTURE 4.0 / XXI International Scientific Conference on Economics and Society // N.V. Orlova, E.V. Serova, D.V. Nikolaev et al. Report of the National Research University Higher School of Economics M., 2022. 125 p.
2. Kiryushin V.I., Ivanov A.L., Kozubenko I.S., Savin I.Yu. Digital farming / Bulletin of Russian agricultural science. No. 5. 2018. P.4-9.
3. Arkhipov A.G., Kosogor S.N., Motorin O.A. and others. Digital transformation of Russian agriculture. - M: FGBNU "Rosinformagrotech". 2019. 80 p.
4. Berne Dreksler, Godzhaev T.Za. (2018). Tsifrovizatsiya selskokhozyaystvennogo proiz-vodstva Rossii na period 2018-2025gg [Digitalization of agricultural production in Russia for the period 2018-2025] M.: Moskva/Berlin.
5. Program "Digital Economy of the Russian Federation". Approved by the Government of the Russian Federation on July 28, 2017. №1632 - r.
6. Truflyak E.V., Kurchenko N.Yu., Kreimer A.S. Precision farming: state and prospects. Krasnodar: KubGAU, 2018. 27 p.
7. Abramov N.V. Digitalization of production processes in precision farming. // Proceedings of the International Academy of Agrarian Education. № 58. 2022. P. 5-10.
8. Adaptive-landscape systems of agriculture in the Novosibirsk region. Edited by V.I. Kiryushin, A.N. Vlasenko. Novosibirsk. 2002. 388 p.
9. On the development of agricultural technologies and the formation of state technological policy in agriculture. Ivanov A.L., Kiryushin V.I., Krasnoshchekov N.V., Lachuga Yu.F., Orsik L.S., Ovcharenko M.N. Moscow: Rosinformagrotech. 2005. 116 p.
10. Serbulova N.M., Kanurny S.V., Morgunova T.V. Digital technologies in agriculture - from precision farming to farming 4.0 / State and prospects for the development of the agro-industrial complex // Collection of scientific works of the XII International Scientific and Practical Conference. 2019. Rostov-on-Don. P. 66-68.
11. Yakushev V.P. Digital technologies of precision farming in implementation of smart farming priority of russian. Vestnik of the russian agricultural science, [s.l.], n. 2, p. 11-15, jan. 1970. ISSN 2500-2082.
12. Novikov A. Digital technologies do not cancel traditional scientific approaches in crop production. / Information portal "Volga News". Samara. 2021. [https:// Volga.news>article](https://Volga.news>article) (Date of access: 01.08.2023).

13. Chesnokov Yu.V. Control of the production process through agrophysical, physiological and molecular genetic methods in the system of precision farming / Proceedings of the II International Scientific Conference "Trends in the development of agrophysics: from topical problems of agriculture and crop production to future technologies." Saint Petersburg. 2019. P. 8 -19.
14. Abramov N.V., Semizorov S.A., Sherstobitov S.V. Agriculture using space systems // Agriculture. 2015. P. 13-17.

УДК 631.459

ПРИМЕНЕНИЕ ГИС-ТЕХНОЛОГИЙ ПРИ ИЗУЧЕНИИ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА

Ю.В. Артеменко, О.Г. Лопатовская

ФГБОУ ВО Иркутский государственный университет, Иркутск, Россия

e-mail: juliapixell@gmail.com

Аннотация. В работе представлено применение метода дистанционного зондирования при исследовании почвенного покрова. Опыт использования ГИС-программы для создания карты эродированности почв позволил выявить степень и масштаб проявления процессов деградации почв на территории Приангарья.

Ключевые слова: деградация почв, эрозия почв, ГИС, экологическое состояние почв, Приангарье.

Оценка экологического неблагополучия и деградации почв – это важный вопрос современного почвоведения. В связи с увеличением антропогенного воздействия на почву, вызванного ведением сельского хозяйства вопрос оценивания состояния почвенного покрова является актуальным [5]. Экологический мониторинг как комплексная система наблюдений за состоянием окружающей среды, прогноза изменений качественных показателей позволяет выявить степень воздействия антропогенного фактора на состояние почвенного покрова [2].

Так, причиной антропогенной деградации в Приангарье является нерациональное земледелие, уничтожение почвенно-растительного покрова, различного рода промышленная деятельность, ветровая и водная эрозия и другие [4, 5, 8].

Физическая деградация почв обусловлена низкой культурой земледелия и нерациональным землепользованием, что является первопричиной развития эрозионных процессов [1, 3, 4]. Так или иначе, повседневная эрозия затрагивает все сельскохозяйственные земли. Несомненно, необходимо проводить учет и мониторинг таких территорий. Мониторинг сельскохозяйственных земель целесообразно проводить с помощью дистанционного мониторинга.

Для Приангарья эрозия почв – это ключевая проблема, поскольку это регион с развитым сельским хозяйством. Оно, в свою очередь, является основной отраслью, которая обеспечивает продукцией не только Иркутскую область, но и другие регионы [1]. Сельскохозяйственные земли приурочены к поймам крупных рек с расчленённым рельефом.

Общая площадь земель, затронутых водной эрозией по данным национального доклада, составляет 10,6 % от площади сельскохозяйственных угодий и около 14 % от площади пашни. Дефляционными процессами затронуто около 11 % сельскохозяйственных угодий и 15 % - пахотных земель [7].

Дистанционный метод мониторинга земель основывается на непрерывном получении информации о состоянии земной поверхности, наблюдении за ней и последующем анализе деятельности с отслеживанием динамики изменений без непосредственного контакта с поверхностью земли [2]. Космические снимки с географическими координатами позволили оперативно создавать специализированные картографические материалы для непосредственного решения определенных поставленных перед нами задач. Дистанционное зондирование помогло получить исходные данные для эрозионных моделей, путем анализа растительного покрова и определения эрозионных форм рельефа и стадий эрозии с меньшими затратами времени [1, 2]. Геоинформационные системы дают возможность моделировать ситуации природного характера, используются в работе природоохранных ведомств, кадастровых служб, органов государственного управления [6].

В данной работе применялась программа QGIS, как одна из наиболее часто используемых ГИС программ. Возможности программы позволили обрабатывать большое количество картографического материала путем наложения информационно-тематических слоев, а полученные результаты гораздо более детальны и приближены к ситуации на месте [3, 6].




Исследование проводилось путем оцифровки картографических материалов полевого обследования сельскохозяйственных земель Приангарья в период с семидесятых до девяностых годов. В процессе работы картографические материалы сопоставлялись с данными дистанционного зондирования в виде космоснимков, отображающих современное состояние почвенного покрова [1].

Оцифровка карт производилась в несколько этапов: привязка карт-исходников (растров) по меткам координат к базовой карте Google Maps; создание баз данных (SQLite) для хранения и редактирования векторных слоев в формате GeoPackage; оцифровка растров (оконтуривание сегментов карт) согласно базам данных (условным обозначениям); создание стилей слоев (цветовая заливка оконтуренных сегментов, изменение структуры, текстуры и масштаба, а также упорядочивание уровней символов и т.д. при необходимости); создание и оформление макетов карт (рамок, масштабов, заголовков, легенд).

Добавление сведений о степени эродированности почвы, позволило выделить почвы в большей степени подверженных процессами эрозии (рис. 1).

При анализе спутникового изображения и его сопоставлении с картой эродированности было выявлено динамичное развитие эрозионных процессов. Площадь пахотных земель значительно уменьшилась, также произошло обезлесение, что предположительно увеличило степень эродированности данной территории (рис. 2).



Рисунок 1. Фрагмент карты эродированности почв:  - слабосмытые почвы,  - слаборазвешенные почвы,  - среднеразвешенные почвы

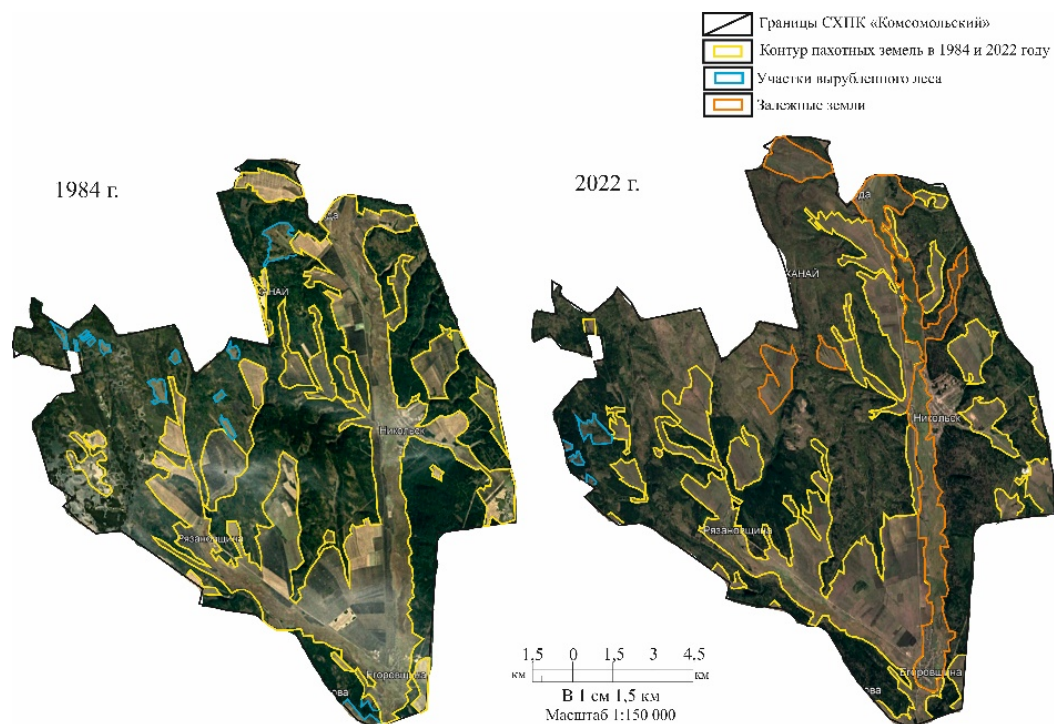


Рисунок 2. Отдешифрированные космоснимки СХПК «Комсомольский» за 1984 и 2022 годы

Последние почвенные обследования территории сельскохозяйственных земель Приангарья, направленные на оценку и учет деградированных почв, проводились с 1964 по 1998 г. В настоящее время фондовые отчеты, а так же информация о наблюдениях позволяющих выявить негативные изменения в состоянии земель отсутствуют. В связи с этим, невозможно оценить современное состояние земель без применения дистанционных методов. Мониторинг

процессов почвенной эрозии позволил корректировать поведение действующих систем противоэрозионных мероприятий [2].

Сбор и обработка информации о почвенном покрове с помощью методов дистанционного зондирования позволяет решить проблемы в управлении земельными ресурсами, землепользовании и повысить получение более точных данных о почвенном покрове [6]. При выявлении нарушенных земель или земель подверженных деградации рекомендовано проводить мероприятия по восстановлению и консервации земель, рекультивации нарушенных земель и защите земель от эрозии [9].

Результат сравнения вновь полученных сведений и данных прошедших лет, дает основание полагать, что изменения связаны с целевым использованием земель сельскохозяйственного назначения. Проведенный мониторинг показал риск эрозии для почвенного покрова с учетом факторов, вовлеченных в процесс деградации. Эти факторы включают в себя информацию о почве, рельефе, климате, способе землепользования. Эти параметры имеют пространственное распределение, т.е. определенное значение в каждой пространственной точке. В этом контексте внедрение ГИС-технологий необходимо и важно для безопасного и быстрого получения данных в режиме реального времени. Такой мониторинг обеспечивает информационную базу, необходимую для разработки мероприятий предупреждающих развития процессов деградации на исследуемой территории.

Литература

1. Бережных Ю.В., Лопатовская О.Г. ГИС картографирование эродированных почв Предбайкалья // Роль аграрной науки в обеспечении продовольственной безопасности Сибири: материалы всероссийской конф. Красноярск, 2022. С. 40–45.
2. Бережных Ю.В., Лопатовская О.Г. Использование методов ГИС-картографирования в изучении деградации почвенного покрова Приангарья // Почвенные ресурсы и их рациональное использование: материалы науч.-практ. конф. посвященной 100-летию со дня рождения доктора сельскохозяйственных наук, профессора Петра Семёновича Бугакова. Красноярск, 2022. С. 96–101.
3. Бережных Ю.В. Использование программы MapInfo Professional в создании электронных карт почвенного покрова и эродированности почв Южного Приангарья // Почва и устойчивое развитие государства : материалы междунар. научной конференции XX Докучаевские молодежные чтения. СПб., 2017. С. 210–211.
4. Бычков В. И. Эрозия в лесостепных районах Приангарья: автореф. дис. ... канд. биол. наук. Институт географии Сибири и Дальнего Востока СО АН СССР. Иркутск, 1964. С. 26. Вестник Иркутского Университета. 2017. № 20. С. 29–30
5. Добровольский Г.В. Деградация и охрана почв. М.: Изд-во МГУ, 2002. 654 с.
6. Лопатовская О.Г., Самойлова Е.А. ГИС в картографии почв. Использование программы MapInfo Professional в почвенном картировании: учеб.-метод. Пособие. Иркутск : Изд-во ИГУ, 2014. С. 7.
7. О состоянии и использовании земель в российской федерации в 2015 году [Текст]: Государственный (национальный) доклад от 11 янв. 2017 г. / Росреестр. 2016. С. 100–101
8. Трегубов П.С. Методологические основы воспроизводства плодородия эродированных почв // Эрозия почв и научные основы борьбы с ней. М., 1985. С. 5–11.
9. Nunes F., Galvez L. and others Soil as a complex ecological system for meeting food and nutritional security // Climate Change and Soil Interactions. 2020. P. 229–269.

THE USE OF GIS TECHNOLOGIES IN THE STUDY OF THE ECOLOGICAL STATE OF THE SOIL COVER

Y.V. Artemenko, O.G. Lopatovskaya
Irkutsk State University, Irkutsk, Russia

Abstract. The article emphasizes the possibility of using remote sensing methods in the study of the ecological state of the soil cover. The experience of using a GIS program to create a map of soil erosion made it possible to identify the level and scale of the occurrence of soil degradation processes on the territory of the Angara region.

Keywords: soil degradation, soil erosion, GIS, ecological state of soils, Angara region.

References

1. Berezhnykh Yu.V., Lopatovskaya O.G. GIS mapping of eroded soils of the Baikal region // The role of agrarian science in ensuring food security in Siberia: materials of the All-Russian Conference. Krasnoyarsk, 2022. P. 40-45.
2. Berezhnykh Yu.V., Lopatovskaya O.G. The use of GIS mapping methods in the study of soil degradation in the Angara region // Soil resources and their rational use: materials of the scientific and practical conference dedicated to the 100th anniversary of the birth of Doctor of Agricultural Sciences, Professor Pyotr Semyonovich Bugakov. Krasnoyarsk, 2022. P. 96-101.
3. Berezhnykh Yu.V. Using the Mapinfo professional program in creating electronic maps of soil cover and soil erosion in the Southern Angara region // Soil and sustainable development of the state : materials of the international scientific conference XX Dokuchaev Youth readings. St. Petersburg, 2017. P. 210-211.
4. Bychkov V. I. Erosion in the forest-steppe areas of the Angara region: abstract of the dissertation ... cand. biol. nauk. Institute of Geography of Siberia and the Far East of the SB Academy of Sciences of the USSR. Irkutsk, 1964. P. 26. Bulletin of Irkutsk University. 2017. No. 20. P. 29-30
5. Dobrovolsky G.V. Degradation and protection of soils. M.: Publishing House of Moscow State University, 2002. 654 p.
6. Lopatovskaya O.G., Samoilova E.A. GIS in soil cartography. Using the MapInfo Professional program in basic mapping: studies.- method. Manual. Irkutsk : Publishing House of the ISU, 2014. 7 p.
7. On the state and use of land in the Russian Federation in 2015 [Text]: State (national) report of January 11, 2017 // Rosreestr. 2016. p. 100-101
8. Tregubov P.S. Methodological foundations of fertility reproduction of eroded soils // Soil erosion and scientific foundations of combating it. M., 1985. P. 5-11.
9. Nunes F., Galvez L. and others Soil as a complex ecological system for meeting food and nutritional security // Climate Change and Soil Interactions. 2020. P. 229-269.

УДК 65.05.33

ЦИФРОВАЯ ИНВЕНТАРИЗАЦИЯ МАТЕРИАЛОВ АРХИВА ПОЧВЕННЫХ ОЧЕРКОВ КАФЕДРЫ ПОЧВОВЕДЕНИЯ ПЕРМСКОГО ГАТУ

О.А. Гилёв, В.Ю. Гилёв, А.Н. Чашин
ФГБОУ ВО Пермский ГАТУ, г. Пермь, Россия
e-mail: pochva@pgatu.ru

Аннотация. В статье представлены промежуточные результаты цифровой инвентаризации материалов архива почвенных очерков кафедры почвоведения Пермского ГАТУ. Описаны основные этапы проведения цифровой инвентаризации, представлена общая статистика по оцифрованным данным, сделаны выводы по представленной работе, сформулированы дальнейшие шаги развития данной темы.

Ключевые слова: базы данных, цифровая инвентаризация, почвенные очерки, Пермский край.

Уже длительное время кафедра почвоведения Пермского ГАТУ хранит в своих стенах архив почвенных очерков территории хозяйств Пермского края. Все это время почвенные очерки были очень востребованы и на сегодняшний день остаются таковыми. Атрибутивные и картографические данные почвенного обследования, которые хранятся в очерках постоянно используют студенты и сотрудники университета в учебных и научно-исследовательских целях, они считаются достоверным источником при проведении хоздоговорных работ различной направленности. Это приводит к постепенной порче или утере материалов архива. Так по состоянию на 2023 год в архиве осталось всего 150 очерков. Некоторые бумажные носители находятся в плохом состоянии и дальнейшая работа с первоисточником невозможна.

Так, с 2015 года начался процесс оцифровки материалов почвенных очерков архива кафедры почвоведения. Были сформулированы следующие этапы работы:

- разработка модели данных для атрибутивной базы данных (БД), в которой будут храниться данные из очерков;
 - сканирование почвенных очерков;
 - перенос данных из очерков в таблицы, созданные согласно разработанной модели данных.
- объединение всех полученных данных в единую БД и создание запросов данных на основании административного деления Пермского края;
 - создание онлайн-платформы для общего доступа к оцифрованным данным почвенных очерков.

В результате изучения мировой практики решения задач по разработке моделей данных для почвенно-атрибутивных баз данных была принята модель данных в основу, которой легла модель данных базы почвенных данных юго-востока Казахстана [3].

К 2019 году были отсканированы очерки и накоплено большое количество таблиц с данными. С 2019 по 2021 гг. велась работа по обновлению модели данных [1] на основе полученного опыта и создание единой структуры базы данных [2]. Начался процесс структурирования и систематизирования полученных данных почвенных очерков с последующим их внесением в единую базу данных.

База атрибутивных почвенных данных представляет из себя реляционную БД, которая состоит из нескольких книг MS Excel, связанных между собой внешними запросами. Основная книга состоит из 2 основных связанных двумерных таблиц и 21 справочной таблицы. Она связана с книгой «Источником», в которую загружаются все данные для их структурирования. И в

свою очередь является источником для книг-запросов, в которых содержатся данные отдельно по каждому муниципальным образованию.

На данный момент цифровая инвентаризация почвенных очерков имеет следующие объемы: оцифровано 148 почвенных очерков по 25 муниципальным образованиям (районам) Пермского края. База данных содержит в себе информацию по 802 почвенным разрезам с 4550 записями по генетическим горизонтам. В таблице 1 представлена статистика по количеству почвенных разрезов, хранящихся в БД, по некоторым муниципальным образованиям (районам) Пермского края.

Таблица 1

Данные по распределению почвенных разрезов по муниципальным образованиям (районам) Пермского края

Район	Количество, шт.	Район	Количество, шт.
Бардымский район	19	Осинский район	68
Березовский район	62	Оханский район	12
Верещагинский район	26	Очерский район	13
Красновишерский район	14	Пермский район	13
Кудымкарский район	130	Соликамский район	33
Куединский район	14	Чайковский район	53
Кунгурский район	81	Чердынский район	60
Лысьвенский район	40	Чернушенский район	74
Ординский район	52		

В таблице 2 представлены данные статистики по количеству почвенных разрезов относительно некоторых типов по классификации почв СССР 1977 года. Из этих данных видно, что больше половины представленных в БД разрезов относятся к подзолистому типу.

Таблица 2

Данные по распределению почвенных разрезов по типам по классификации почв СССР 1977 года

Тип почвы	Количество, шт	Тип почвы	Количество, шт
Чернозем	18	Дерново-глеевая	26
Серая лесная	107	Дерново-бурая	73
Подзолистая	464	Аллювиальная дерновая насыщенная	21
Дерново-карбонатная	47	Аллювиальная дерновая кислая	42

Для предоставления доступа к полученным в результате цифровой инвентаризации почвенным очеркам был создан цифровой ресурс, на котором можно скачать архивированные файлы данных почвенных очерков, разбитые по муниципальным образованиям Пермского края. Каждый архивированный файл данных содержит в себе все отсканированные почвенные очерки в расширении (.pdf) по данному району и общую книгу-запрос (.xlsx) из базы данных по этому району.

Книга-запрос представляет из себя книгу MS Excel, которая состоит из следующих двумерных таблиц:

- Разрез (источник);
- Горизонт (источник);
- Разрезы;
- Морфологическое описание;
- Физико-химические свойства;
- Гранулометрический состав.

На рисунке представлен скриншот таблицы «Разрезы» из книги-запроса по Кудымкарскому району (Кудымкарскому муниципальному округу).

Код Р	№ Р	Дата	Автор	Администр. Подразделение	Название почвенного участка	Широта, град.	Долгота, град.	Тип почвы 1977
83	413	01.01.1961	Верезин	Кудымкарский район, ПК	23 - Россия (Пешногорский участок)	59.16	55.666	Подзолистая
86	108	01.01.1962	Верезин	Кудымкарский район, ПК	25 - Россия (Пешногорский участок)	59.16	55.666	Подзолистая
103	17	21.07.1965	Корогачев Н.Я. (21)	Кудымкарский район, ПК	21 - Родина	58.838	54.6567	Подзолистая
138	2	05.06.1962	Корогачев Н.Я.	Кудымкарский район, ПК	9 - Почвы Кудымкарского района	59.0359	54.7238	Подзолистая
224	133	01.01.1961	Паутов	Кудымкарский район, ПК	9-2 - Почвы Кудымкарского района	59.1800	54.0300	Подзолистая
225	33	01.01.1961	Паутов	Кудымкарский район, ПК	9-2 - Почвы Кудымкарского района	59.1856	54.3586	Подзолистая
226	50	01.01.1961	Паутов	Кудымкарский район, ПК	9-2 - Почвы Кудымкарского района	59.1833	54.0380	Дерново-бурая
227	63	01.01.1961	Паутов	Кудымкарский район, ПК	9-2 - Почвы Кудымкарского района	59.1900	54.0583	Дерново-карбонатная
228	118	01.01.1961	Паутов	Кудымкарский район, ПК	9-2 - Почвы Кудымкарского района	59.1985	54.0123	Аллювиальная дерновая насыщенная
229	76	01.01.1961	Паутов	Кудымкарский район, ПК	9-2 - Почвы Кудымкарского района	59.1236	54.0300	Серая лесная
250	326н	01.01.1965	Корогачев Н.Я.	Кудымкарский район, ПК	10 - Им. Горького	59.1803	54.0315	Подзолистая
251	1	01.01.1965	Корогачев Н.Я.	Кудымкарский район, ПК	10 - Им. Горького	59.1869	54.0347	Дерново-карбонатная
252	177	01.01.1965	Корогачев Н.Я.	Кудымкарский район, ПК	10 - Им. Горького	59.1822	54.0366	Серая лесная
253	283	01.01.1965	Корогачев Н.Я.	Кудымкарский район, ПК	10 - Им. Горького	59.1877	54.1234	Аллювиальная дерновая кислая
254	294	01.01.1965	Корогачев Н.Я.	Кудымкарский район, ПК	10 - Им. Горького	59.1874	54.3698	Аллювиальная дерновая насыщенная
255	338А	18.05.1965	Корогачев Н.Я.	Кудымкарский район, ПК	13 - Заря	59.1286	54.4578	Подзолистая
256	252	18.05.1965	Корогачев Н.Я.	Кудымкарский район, ПК	13 - Заря	59.1264	54.3587	Дерново-бурая
257	282	01.01.1965	Корогачев Н.Я.	Кудымкарский район, ПК	11 - Заветы Ленина	59.1366	54.3286	Подзолистая
258	225	01.01.1965	Корогачев Н.Я.	Кудымкарский район, ПК	11 - Заветы Ленина	59.1387	54.3544	Подзолистая
259	187	01.01.1965	Корогачев Н.Я.	Кудымкарский район, ПК	11 - Заветы Ленина	59.5478	54.2356	Подзолистая
260	363	01.01.1965	Корогачев Н.Я.	Кудымкарский район, ПК	11 - Заветы Ленина	59.1258	54.2247	Аллювиальная дерновая кислая

Рисунок. Таблица «Разрезы» из книги-запроса по Кудымкарскому району из базы данных

Таблицы Разрез (источник) и Горизонт (источник) являются выгрузкой данных из основной книги и наиболее удобны для дальнейшей обработки данных.

Остальные таблицы книги представляют из себя запросы из таблиц-источников, из которых исключены все второстепенные поля и настроено формирование для упрощения работы с ними.

После завершения текущего этапа цифровой инвентаризации текстовых материалов почвенных очерков планируется перейти к следующему этапу – цифровой инвентаризация и векторизация картографических материалов с дальнейшим созданием цифровой крупномасштабной почвенной карты Пермского края, а также дальнейшие работы с созданной базой данных.

Литература

1. Гилев О.А., Гилев В.Ю. Разработка модели данных базы данных состава и свойств почв Пермского края// Материалы Международной научной конференции I Никитинские чтения «Актуальные проблемы почвоведения, агрохимии и экологии в природных и антропогенных ландшафтах» 19-22 ноября 2019 г. Пермь: ИПЦ «Прокрость», 2020. С. 313-315.
2. Гилев О.А., Гилев В.Ю. Разработка структуры базы данных состава и свойств почв Пермского края// Материалы Всероссийской научно-практической конференции молодых ученых, аспирантов и студентов, посвященной 90-летию основания Пермского ГАТУ и 155-летию со дня рождения академика Д.Н. Прянишникова (Пермь, 10-13 марта 2020 года). Пермь: ИПЦ «Прокрость», 2020. С. 186-192.

3. Паникин К.М., Ерохина О.Г., Алтынбекова Н.А., Шилдебаяева С.К., Насыров Р.М., Солопова Т.А., Адамин Г. База почвенных данных юго-востока Казахстана // Почвоведение и агрохимия. 2010. №1. С. 11-17.

**DIGITAL INVENTORY OF MATERIALS OF THE ARCHIVE OF SOIL
DESCRIPTIONS OF THE DEPARTMENT OF SOIL SCIENCE OF PERM STATE
AGRO-TECHNOLOGICAL UNIVERSITY**

O.A. Gilev, V.Y. Gilev, A.N. Chashchin

Perm SATU, Perm, Russia

Abstract. The article presents the intermediate results of the digital inventory of the materials of the archive of soil descriptions of the Department of Soil Science of Perm State Agro-Technological University. The main stages of the digital inventory are described, general statistics on digitized data are presented, conclusions are drawn on the presented work, further steps for the development of this topic are formulated.

Keywords: Databases, digital inventory, soil descriptions, Perm Krai.

References

1. Gilev O.A., Gilev V.Y. Development of a data model of the database of the composition and properties of soils of the Perm region// Materials of the International Scientific Conference I Hikitinski readings «Actual Problems of Soil Science, Agrochemistry and Ecology in Natural and Anthropogenic Landscape» November 19-22, 2019 Perm: CPI "Prokrost", 2020. P. 313-315.
2. Gilev O.A., Gilev V.Y. Development of the database structure of the composition and properties of soils of the Perm region// Materials of the All-Russian Scientific and Practical Conference of Young scientists, postgraduates and students dedicated to the 90th anniversary of the founding of the Perm SATU and the 155th anniversary of the birth of Academician D.N. Pryanishnikov (Perm, March 10-13, 2020). Perm: CPI "Prokrost", 2020. P. 186-192.
3. Panikin K.M., Erokhina O.G., Altynbekova N.A., Shildebayeva S.K., Nasyrov R.M., Solopova T.A., Adamyan G. Soil data base of the south-East of Kazakhstan // Soil science and Agrochemistry. 2010. No. 1. P. 11-17.

УДК 379.853

**РАЗРАБОТКА ВЕЛОСИПЕДНЫХ МАРШРУТОВ В ГИС НА ПРИМЕРЕ
НАЦИОНАЛЬНОГО ПАРКА «НАРОЧАНСКИЙ»**

Е.А. Гуринович, А.Н. Червань

БГУ, Минск, Беларусь

e-mail: jenia.gurinovich1@gmail.com

Аннотация. На основе геоинформационного анализа тематических данных разработано пять велосипедных маршрутов для территории Национального парка «Нарочанский», в том числе изучен историко-культурный и природный потенциал данного региона, оценены морфометрические показатели рельефа.

Ключевые слова туризм, велосипедный маршрут, отдых, Нарочь, ГИС.

Туризм – одна из важнейших сфер деятельности, направленных на удовлетворение потребностей людей и повышение качества жизни населения. Велосипедный туризм, или велотуризм – один из видов туризма, в котором велосипед служит главным или единственным средством передвижения [1]. В последние годы популярность велотуризма обусловлена ростом интереса

населения к здоровому образу жизни, так как велосипед является одним из самых экологичных и полезных для здоровья видов транспорта. Среди видов активного отдыха, он лидер по скорости передвижения и протяженности маршрутов, балансируя между затраченным временем и объемом увиденного. Один из факторов развития велосипедной индустрии – появление электровелосипедов и велошеринга, которые могут расширить диапазон и доступность велосипедных маршрутов (веломаршрутов) для различных типов пользователей и местности.

Актуальность работы заключается в недостаточном на сегодня количестве разработанных веломаршрутов в национальных парках Беларуси, функционально предусматривающих рекреацию и активный отдых населения.

Объектом и предметом выполненного исследования являются природный и историко-культурный потенциал, количественно выраженный в критериях, разрабатываемых в геоинформационных системах (ГИС), веломаршрутов.

В ходе работ разработано 5 веломаршрутов (табл.). Все они кольцевого типа, затрагивают различные функциональные зоны.

Таблица

Характеристика маршрутов по критериям сложности и точкам интереса

№ маршрута/ критерии	1	2	3	4	5
Начало-конец	Нарочь	Нарочь	Нарочь	Мядель	Мядель
Длина (км)	23.3	26.55	64.4	20.6	41.7
Типы дорог	проезжая часть, улучшенные дороги	проезжая часть, улучшенные дороги (63 %), проселочные дороги (29 %), дороги полевые, лесные (4 %), тротуары и пешеходные дорожки (4 %)	проезжая часть, улучшенные дороги (69 %), проселочные дороги (19 %), просеки (7 %), дороги полевые, лесные (5 %)	проезжая часть, улучшенные дороги	проезжая часть, улучшенные дороги (52 %), проселочные дороги (16 %), дороги полевые, лесные (31 %), просеки (0.2 %)
Амплитуда высот (м)	61	27	54	22	49
Максимальный уклон (°)	12	8	8	8	16
Количество памятников природы (количество объектов, не относящихся к памятникам природы)	2 (1)	2 (2)	3	0	5 (1)
Количество пересекаемых населенных пунктов	10	4	16	6	7

С целью разработки веломаршрутов разной сложности в ГИС при помощи алгоритмов пространственного анализа учитывались критерии, часть из которых

представлена в таблице. Велотуризм способствует эстетическому, экологическому, патриотическому воспитанию, путем изучения исторических объектов и фактов, флоры и фауны, поэтому значительную роль в выборе маршрута играла насыщенность историческими и архитектурными памятниками, также разнообразие природных условий для удовлетворения возможности полноценного отдыха на природе и интересных велосипедных экскурсий.

Все маршруты послойно организованы в геоинформационном программном комплексе, позволяющем собирать, хранить, анализировать и графически представлять информацию. Исходными данными являлись слои «Виды земель (согласно Государственному земельному кадастру)» и «Функциональные зоны». Из слоя «Виды земель» выделен слой дорог. В нем удалены тупиковые дороги, а также выходящие за границу национального парка. Растр высот был выгружен из имеющейся топографической карты масштаба 1:10000, по нему построен растр уклонов. Далее был создан слой достопримечательностей, в который включены памятники природы республиканского и местного значения.

Для предварительной оценки рельефа маршрутов построены соответствующие графики (рис.). Также определен процент дорог с различным покрытием.

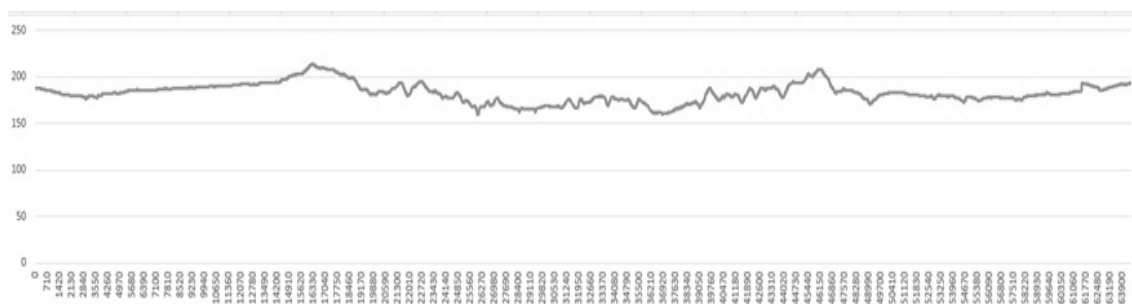


Рисунок. График маршрута №3

Приведенный на рисунке маршрут предполагает посещение таких достопримечательностей как: геологический памятник природы республиканского значения валун «Большой камень Красницкий», ботанические памятники природы местного значения «парк Комарово» и «парк Ольшево». Также можно увидеть богатое ландшафтное разнообразие — для этого выполнен пространственный анализ ландшафтной карты Республики [2], реализованный в программной среде QGIS. Указанный веломаршрут проходит через несколько типов лесов: лишайниково-вересковые хвойные леса, зеленомошно-брусничные хвойные и еловые леса и по различным функциональным зонам: охраняемой, рекреационной, хозяйственной.

Предполагается, что появление данных веломаршрутов будет способствовать привлечению новых туристов в Национальный парк «Нарочанский», в том числе иностранных, а также положительно влиять на

популяризацию велотуризма в регионе и Республике в целом. Велосипедный туризм в ряде регионов может стать одним из главных видов туристической деятельности, создать основу для инвестирования и устойчивого развития экономики; задействовать сферы государственного управления, бизнеса, образования, СМИ. Описанная в работе методика может быть дополнена другими пространственными критериями, позволяющими разработать высокоинформативные веломаршруты с заданным уровнем сложности.

Литература

1. Велосипедный туризм [Электронный ресурс] // Академик. URL: <https://dic.academic.ru/dic.nsf/ruwiki/101397> (дата обращения: 30.04.2023).
2. Нацыянальны атлас Беларусі. Мн.: Белкартографія, 2002. 292 с.

DEVELOPMENT OF BICYCLE ROUTES IN GIS ON THE EXAMPLE OF THE NATIONAL PARK "NAROCHANSKY"

E.A. Gurinovich, A.N. Chervan
BSU, Minsk, Belarus

Abstract. On the basis of geoinformation analysis of thematic data were developed five bicycle routes for territory of the National Park «Narochansky», in particular the historical, cultural and natural potential of this region were studied, morphometric relief indicators were estimated.

Keywords tourism, bicycle route, recreation, Naroch, GIS.

References

1. Bicycle tourism [Electronic resource] // Academician. URL: <https://dic.academic.ru/dic.nsf/ruwiki/101397> (accessed: 30.04.2023).
2. National Atlas of Belarus. Mн.: Belkartografiya, 2002. 292 p.

УДК 631.421

СОПРЯЖЁННОЕ ИЗУЧЕНИЕ СВОЙСТВ ПОЧВЫ И АГРОФИТОЦЕНОЗА В УСЛОВИЯХ ВСХОЛМЛЕННОГО РЕЛЬЕФА КОНЕЧНО-МОРЕННОЙ ГРЯДЫ (ТВЕРСКАЯ ОБЛАСТЬ)

С.В. Железова¹, Д.А. Иванов², Е.В. Степанова¹

¹ФГБНУ ВНИИФ, Большие Вяземы, Московская область, Россия

²ФГБНУ ФИЦ «Почвенный институт имени В.В.Докучаева», филиал ВНИИМЗ

e-mail: soferrum@mail.ru

Аннотация. По результатам инструментальных обследований в ландшафтном профиле показано влияние элементов ландшафта и почвообразующих пород постледниковых отложений на твёрдость почвы и состояние посевов во время вегетации.

Ключевые слова: трансекта, твёрдость почвы, плотномер почвы цифровой, NDVI, посевы

Ландшафты северо-западного района России в основном характеризуются всхолмленным рельефом, сформированным под действием ледниковых и постледниковых процессов [5], а почвы зачастую формируются на двучленных отложениях. Супесчаный и суглинистый состав верхней части профиля почвы и

подстиление глинистой морены оказывает влияние на водно-физический режим почвы и её потенциальное плодородие. Для условий Нечерноземья также обычным является избыточное сезонное увлажнение, которое оказывает существенное влияние на все почвенные процессы (включая эрозию), состояние агроландшафта в целом [3, 6, 7] и может негативно сказываться на развитии озимых культур и многолетних посевов в осенне-зимний и ранневесенний период. Для реализации перспективных агротехнологий требуется сопряжённое изучение почвенных свойств и анализ состояния посевов.

Цель исследования: в ландшафтном профиле, пересекающем различные элементы рельефа конечно-моренной гряды, провести сопряжённые исследования твёрдости почвы и состояние посевов в начале вегетации для выявления влияния на эти свойства местоположения в рельефе.

Объекты и методы исследования. Исследования проведены в мае 2023 г. на территории агроэкологического стационара ВНИИМЗ, Тверская область, Калининский район. Делянки многолетнего стационарного опыта по изучению зерно-травяного севооборота имеют вытянутую форму (длина 1300 м, ширина 7,2 м) и пересекают все элементы агроландшафта [2]. В рамках данного исследования в пределах делянок указанного опыта на полосах без применения удобрений было заложено три трансекты по изучению твёрдости почв под посевами: 1) озимой ржи, 2) многолетних трав первого года пользования, 3) яровой пшеницы. В каждой трансекте заложено по 30 точек обследования с расстоянием между точками 40 м. В этих же точках проводили сопряжённые с почвенными исследованиями измерения вегетационного индекса NDVI указанных посевов. Такие же инструментальные исследования состояния посевов были проведены для делянок опыта с применением удобрений. Таким образом, для данного сопряжённого исследования данные по состоянию посевов получены в 90 точках для вариантов опыта без удобрения и в 90 точках для вариантов с удобрениями.

Твёрдость измеряли прибором «Плотномер почвы цифровой SAS Soil S600», оснащённым GPS-приемником, с возможностью записи в память прибора географических координат с точностью позиционирования до 5 м, и результатов измерений твердости до глубины 61 см [4]. Измерение вегетационного индекса NDVI посевов проводили с применением ручного оптического датчика GreenSeeker Handheld [9]. Обработку результатов проводили в программах Excel MS Office и STATISTICA методами вариационной статистики и регрессионного анализа.

Результаты и обсуждение. Твёрдость была измерена в трёх параллельных друг другу трансектах вдоль ландшафтного профиля, под озимой рожью, многолетними травами первого года пользования, яровой пшеницей. Твёрдость поверхностных слоёв почвы до глубины 61 см характеризуется высокой вариабельностью и асимметричным распределением (табл. 1). Общая картина пространственного распределения твёрдости почвы вдоль ландшафтного профиля демонстрирует большой разброс данных и невозможность выявить стойких закономерностей при оценке твёрдости по почвенному профилю целиком.

Таблица 1

Статистические характеристики твёрдости почвы по слоям каждые 20 см и усреднённое по профилю на глубину до 61 см.

Слой	0-20 см	20-40 см	40-60 см	0-61 см
Объём выборки	90	90	90	90
Среднее значение	731	2206	2936	1757
Медиана	608	2123	2966	1750
Минимум	102	1177	1517	570
Максимум	1857	3677	4439	2730
Стандартное отклонение	424	544	640	434
Стандартная ошибка	38	49	64	39
Коэф-т вариации, %	58	25	22	25
Асимметрия	0,87	0,33	-0,04	-0,15
Экссесс	0,09	-0,65	-0,15	-0,26

При оценке верхнего слоя почвы (0–20 см) зависимость твёрдости почвы от расстояния вдоль ландшафтного профиля описывается полиномом третьего порядка для всех трёх трансект: по внешнему виду кривые повторяют друг друга, с разницей в коэффициентах уравнений (рис. 1, табл. 2).

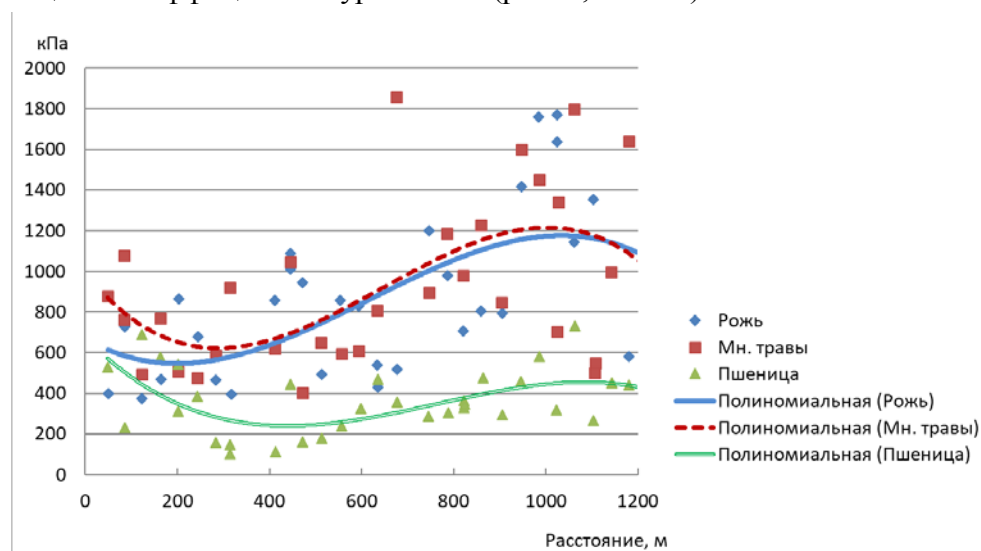


Рисунок 1. Показатели твёрдости почвы в слое 0-20 см под разными культурами и подбор линии тренда изменения твёрдости вдоль ландшафтного профиля

Таблица 2

Уравнения регрессии зависимости твёрдости почвы в слое 0–20 см (Y) от расстояния (x) на поле вдоль ландшафтного профиля

Культура (посев)	Уравнение регрессии	Коэффициент детерминации R ² (p<0,05)
Озимая рожь	$Y = -2 \cdot 10^{-6} x^3 + 0,004x^2 - 1,34x + 670,86$	0,37
Многолетние травы	$Y = -3 \cdot 10^{-6} x^3 + 0,006x^2 - 2,83x + 991,95$	0,28
Яровая пшеница	$Y = -2 \cdot 10^{-6} x^3 + 0,004x^2 - 2,29x + 673,41$	0,30

Наиболее близкое совпадение кривых отмечено для культур озимая рожь и многолетние травы. Это связано с тем, что почва после зимнего периода находится в квазиравновесном состоянии с характерной для каждого места

плотностью сложения, так как под данные культуры обработка почвы весной не проводилась. Для полосы со всходами яровой пшеницы (в фазе развития 1–2 листа) выявлены пониженные показатели твёрдости слоя почвы 0–20 см, что очевидно связано с относительно недавней подготовкой почвы к посеву, и с тем, что почва ещё не достигла равновесной плотности после обработки. Тем не менее, следует подчеркнуть, что для всех трёх трансект пространственная картина распределения твёрдости почвы вдоль изучаемого ландшафтного профиля практически совпадает.

Совместно с изучением твёрдости почвы проведена оценка состояния посевов по индексу NDVI в этих же точках вдоль трёх трансект (на полосах без применения удобрений) и еще на трёх трансектах с применением удобрений (в данном месте твёрдость почвы не оценивали). Показано, что несмотря на то, что в текущем сезоне удобрения пока не применяли, в целом, на всех изученных культурах на полосах с применением удобрений показатели индекса NDVI выше, чем на полосах опыта без удобрений (табл. 3).

Таблица 3

Показатели вегетационного индекса NDVI посевов трёх культур на полосах опыта с удобрениями и без удобрений (22 мая 2023 г.)

	Озимая рожь		Многолетние травы		Яровая пшеница	
	Б/У*	У*	Б/У	У	Б/У	У
Ср. ± ДИ**	0,64 ± 0,02	0,69 ± 0,02	0,63 ± 0,02	0,68 ± 0,03	0,23 ± 0,01	0,23 ± 0,01
Минимум	0,54	0,50	0,49	0,39	0,17	0,17
Максимум	0,75	0,81	0,80	0,81	0,28	0,33

*Б/У – на полосе опыта без применения удобрений; У – на полосе опыта с применением удобрений; ** Ср. – среднее значение, ДИ – 95%-ный доверительный интервал среднего

По результатам сопряжённых исследований была вычислена регрессионная зависимость индекса NDVI посевов в зависимости от твёрдости. Так, например, для слоя почвы 0–20 см эта зависимость одинаково хорошо аппроксимируется логарифмическим и степенным уравнением – при увеличении твёрдости снижается NDVI посевов (рис. 2).

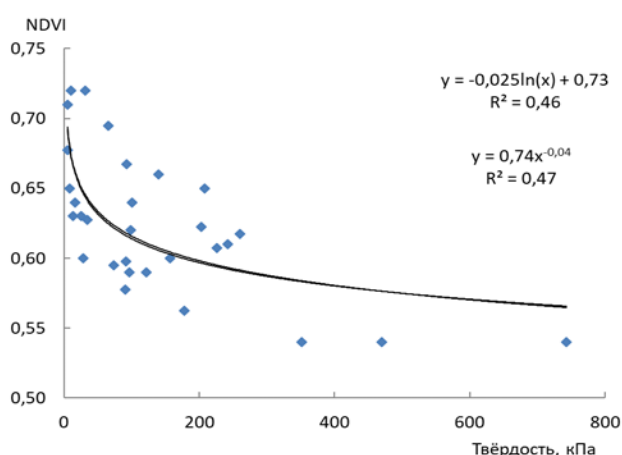


Рисунок 2. Зависимость вегетационного индекса NDVI озимой ржи (в фазу окончания выхода в трубку) от показателя твёрдости почвы в слое 0–20 см

Это согласуется с ранее полученными данными по другим объектам исследования в Нечернозёмной зоне, как по оценке почвенных свойств [8], так и при оценке индекса NDVI [1], и общей продуктивности агрофитоценозов [6].

Заключение. Сопряженное изучение твёрдости почвы и отклика посевов в пределах агроландшафтного профиля позволило достоверно выявить следующие зависимости: 1) твёрдость сопротивления пенетрации увеличивается вниз по профилю почвы; 2) твёрдость слоя почвы 0-20 см закономерно изменяется вдоль склонов пологого холма; 3) вегетационный индекс NDVI посевов связан с твёрдостью почвы обратной зависимостью (степенной или логарифмической), чем выше показатель твёрдости, тем хуже развивается посевы, что легко оценить по индексу NDVI.

Работа выполнена в рамках реализации комплексных научных исследований по тематике государственного задания, проект FGGU-2022-0012.

Литература

1. Железова С.В., Ананьев А.А., Беленков А.И., Гурова Т.А. Твёрдость пахотного слоя почвы при традиционной, минимальной и нулевой обработке // М-лы II Междунар. науч. конф. «Тенденции развития агрофизики: от актуальных проблем земледелия и растениеводства к технологиям будущего». С-Пб.: ФГБНУ АФИ, 2019. С. 67–74.
2. Иванов Д.А., Корнеева Е.М., Салихов Р.А., Петрова Л.И., Пугачева Л.В., Рублюк М.В. Создание ландшафтного полигона нового поколения // Земледелие. 1999. № 6. С. 15–16.
3. Иванов Д.А., Карасева О.В., Рублюк М.В. Результаты длительного мониторинга продуктивности многолетних трав в пределах агроландшафта // Вестник Российской с.-х. науки. 2019. № 5. С. 8–11. DOI: 10.30850/vrtn/2019/5/8-11.
4. Плотномер почвы цифровой SAS Soil S600 с GPS. Он-лайн ресурс: <https://agroselena.ru/shop/product/plotnomer-pochvy-tsifrovoy-sas-soil-s600-s-gps/> [дата обращения 27.05.2023].
5. Почвенно-геологические условия Нечерноземья / Коллективная монография под ред. Белоусовой О.А. и др. // Москва, 1984. 608 с.
6. Родионова А.Е., Иванов Д.А. Сорно-полевая растительность Верхневолжья // Тверь, 2003. 188с.
7. Рублюк М. В., Иванов Д. А., Карасева О. В. и др. Влияние ландшафтных условий на свойства дерново-подзолистой почвы и продуктивность клеверо-тимофеечной травосмеси // Достижения науки и техники АПК. 2020. Т. 34. № 10. С. 85–90. DOI: 10.24411/0235-2451-2020-11013.
8. Шеин Е.В., Иванов Д.А., Болотов А.Г., Дембовецкий А.В. Гранулометрический состав почв конечно-моренной гряды Верхневолжского постледникового района (Восточно-Европейская равнина, Тверская область) // Бюллетень Почвенного института имени В.В. Докучаева. 2022. Вып. 110. С. 5-21. DOI: 10.19047/0136-1694-2022-110-5-21.
9. GreenSeeker® Handheld Crop Sensor | Products | Agriculture (trimble.com) Он-лайн ресурс [дата обращения 27.05.2023].

SOIL AND AGROPHYTOCENOSIS PROPERTIES INVESTIGATION IN THE HILLY TERRAIN OF THE TERMINAL MORAIN (TVER REGION)

S.V. Zhelezova¹, D.A. Ivanov², E.V. Stepanova¹

¹All-Russian Research Institute of Phytopathology, Bolshie Vyazemy, Moscow reg., Russia

²Dokuchaev Soil Science Institute, 119017, Pyzhyovskiy Lane 7, Building 2, Moscow, Russia

Abstract. Based on the results of instrumental surveys in the landscape profile, the influence of landscape elements and soil-forming rocks of post-glacial sediments on the soil hardness and the crops condition during the growing season is shown.

Keywords: soil hardness, digital soil penetrometer, transect, NDVI, crops

References

1. Zhelezova S.V., Ananyev A.A., Belenkov A.I., Gurova T.A. Hardness of the arable soil layer under traditional, minimal and zero processing // II International Scientific Conference "Trends in the agrophysics: from actual problems of agriculture and crop production to technologies of the future". S-Pb.: FGBNU AFI, 2019. P. 67-74.
2. Ivanov D.A., Korneeva E.M., Salikhov R.A., Petrova L.I., Pugacheva L.V., Rublyuk M.V. Creation of a new generation landscape polygon // Agriculture. 1999. No. 6. P. 15-16.
3. Ivanov D.A., Karaseva O.V., Rublyuk M.V. Results of long-term monitoring of the productivity of perennial grasses within the agricultural landscape // Bulletin of the Russian Agricultural Science. 2019. No. 5. P. 8-11. DOI: 10.30850/vrsn/2019/5/8-11.
4. Digital soil density meter SAS Soil S600 with GPS. Online resource: <https://agroselena.ru/shop/product/plotnomer-pochvy-tsifrovoy-sas-soil-s600-s-gps/> [accessed 27.05.2023].
5. Soil-geological conditions of the Non-Chernozem region / Collective monograph, ed. Belousova O.A. et al. // Moscow, 1984. 608 p.
6. Rodionova A.E., Ivanov D.A. Weed-field vegetation of the Volga riverhead region // Tver, 2003. 188p.
7. Rublyuk MV, Ivanov DA, Karaseva OV, et al. Influence of landscape conditions on the properties of sod-podzolic soil and the productivity of clover-timothy grass mixture // Dostizheniya nauki i tekhniki APK. 2020;34(10):85-90. Russian. doi: 10.24411/0235-2451-2020-11013.
8. Shein E.V., Ivanov D.A., Bolotov A.G., Dembovetskiy A.V., Granulometric composition of the finite moraine ridge soils of the Upper Volga postglacial region (East European plain, Tver region), Dokuchaev Soil Bulletin, 2022, V. 110, pp. 5-21, DOI: 10.19047/0136-1694-2022-110-5-21.
9. GreenSeeker® Handheld Crop Sensor | Products | Agriculture (trimble.com) Он-лайн ресурс [accessed 27.05.2023].

УДК 631.4

ВЛИЯНИЕ КОНТРАСТНОСТИ ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА ОБРАБАТЫВАЕМЫХ ПОЛЕЙ НА ВЕГЕТАЦИОННЫЙ ИНДЕКС NDVI

В.П. Жижилев, А.Н. Чашин

ФГБОУ ВО Пермский ГАТУ, Пермь, Россия

e-mail: chascshin@mail.ru

Аннотация. Статья посвящена оценке влияния контрастности почвенного покрова пашни на вегетационный индекс NDVI. Объектом исследований является почвенный покров территории СПК «Правда» Октябрьского района Пермского края. В качестве исходных пространственных данных для исследования были использованы космические снимки Sentinel-2 и крупномасштабная почвенная карта. В результате исследований было установлено, что величина контрастности почвенного покрова полей влияет на варьирование вегетации растений, которая выражается через NDVI.

Ключевые слова: NDVI, ГИС, почвенное картографирование, данные дистанционного зондирования

Введение. Однородность полей является одним из показателей инвестиционной привлекательности земель сельскохозяйственного назначения. Она зависит от разброса показателей плодородия почвы в пределах конкретного

поля. На контрастность плодородия земель значительное влияние оказывает пестрота почвенного покрова, которую можно охарактеризовать при помощи коэффициента контрастности почвенного покрова (K). При отсутствии крупномасштабных пространственных данных о почвенном покрове оценить степень однородности полей можно по данным дистанционного зондирования. Поэтому целью настоящих исследований стало выявление зависимости индекса NDVI, рассчитываемого по данным дистанционного зондирования от коэффициента контрастности почвенного покрова в границах обрабатываемых полей.

Объекты и методы исследований. Объектом исследований является почвенный покров пашни СПК «Правда» Октябрьского района Пермского края. Для оценки структуры почвенного покрова была использована крупномасштабная почвенная карта (М 1:10000) СПК Колхоз «Правда» Октябрьского района Пермского края [1]. В качестве данных дистанционного зондирования, необходимых для выявления границ полей пашни и расчета NDVI [4], использованы космические снимки сенсора Sentinel 2 за 2020 год. Структура почвенного покрова в границах выделенных полей оценена с использованием коэффициента контрастности почвенного покрова (K) по Юодису:

$$K = \frac{ax+by+cz}{20} \quad (1)$$

где K – коэффициент контрастности почвенного покрова; a, b, c – процент почв от общей площади территории; x, y, z – степень контрастности соответствующих почв к преобладающей почве; 20 – условные коэффициент, для уменьшения значений K [3].

Анализ влияния неоднородности почвенного покрова на посевы выполнен при помощи коэффициента вариации, рассчитанного по показателям зональной статистики вегетационного индекса NDVI. Вегетационный индекс рассчитывался в калькуляторе растров программы QGIS по формуле.

Внутри границ каждого поля были векторизованы почвенные контуры. Их общее число составило 466.

Результаты и их обсуждение. Почвенный покров полей территории СПК «Правда» оказался очень разнообразен и содержит значительную долю каменистых и смытых в различной степени почв практически на каждом поле. Преобладающими почвами являются светло-серые лесные и серые лесные.

Для почв полей было выявлено 4 степени контрастности почвенного покрова: слабая, средняя, сильная и крайне сильная. Сильная и крайняя внутрипольная контрастность почвенного покрова определяет неоднородность уровня плодородия полей. Поэтому для анализа влияния степени контрастности почвенного покрова на равномерность развития посевов использован спектральный индекс NDVI. Для сравнительной оценки неоднородности были рассчитаны показатели вариационной статистики NDVI в границах полей.

Влияние коэффициента контрастности почвенного покрова на пространственную неоднородность вегетационного индекса оказалось наиболее значимым для периода всходов. Сильная корреляция прослеживается между контрастностью почвенного покрова и значениями коэффициента вариации NDVI посевов озимых на 02 октября 2020 года (табл. 1).

Таблица 1

Коэффициенты корреляции контрастности почвенного покрова и степени варьирования индекса NDVI

Даты снимков, характеризующих состояние растительного покрова обрабатываемых полей		Даты снимков характеризующих состояние всходов яровых и озимых	
05 июля 2018	19 июня 2020	30 мая 2020	02 октября 2020
0,25	0,34	0,52	0,71

По мере роста коэффициента контрастности происходит увеличение неоднородности вегетации и ухудшение состояния растительности. Данную тенденцию отражает таблица 2, в которой представлена зональная статистика NDVI (период всходов озимых) некоторых полей.

Таблица 2

Характеристика вегетации посевов озимых по индексу NDVI от 02.10.2020 на некоторых полях с разной контрастностью почвенного покрова

Номер поля (К)	Показатели зональной статистики NDVI				Состояние растительности по шкале [2]
	среднее	min	max	V, %	
Поля со слабой контрастностью почвенного покрова					
12 (2,1)	0,56	0,32	0,71	10	удовлетворительное
51 (2,5)	0,41	0,27	0,53	11	очень плохое
72 (2,2)	0,62	0,31	0,71	11	удовлетворительное
Поля со средней контрастностью почвенного покрова					
48 (3,7)	0,44	0,22	0,55	12	очень плохое
74 (4,0)	0,53	0,12	0,69	17	очень плохое
82 (3,7)	0,49	0,17	0,72	17	очень плохое
Поля с сильной контрастностью почвенного покрова					
30 (5,1)	0,52	0,29	0,67	10	очень плохое
57 (5,6)	0,40	0,12	0,51	15	очень плохое
62 (5,7)	0,41	0,11	0,52	18	очень плохое
Поля с крайне контрастным почвенным покровом					
16 (7,4)	0,40	0,10	0,58	21	очень плохое
23 (7,1)	0,36	0,08	0,66	31	угнетенная растительность
68 (7,3)	0,51	0,31	0,67	11	очень плохое

Примечание: V, % - коэффициент вариации

Наглядное отображение степени варьирования вегетации и контрастность почвенного покрова показывают соответствующие картосхемы, представленные на рисунке. Из картосхем видно, что на территории СПК «Правда», наиболее однородное состояние растительности отмечается для полей с площадью от 3 до 20 га. Выраженная неоднородность вегетации посевов наблюдается у полей, имеющих сложную конфигурацию. Наиболее сильно контрастность почвенного покрова повлияла на неоднородность вегетации на полях под номерами 16 и 23.

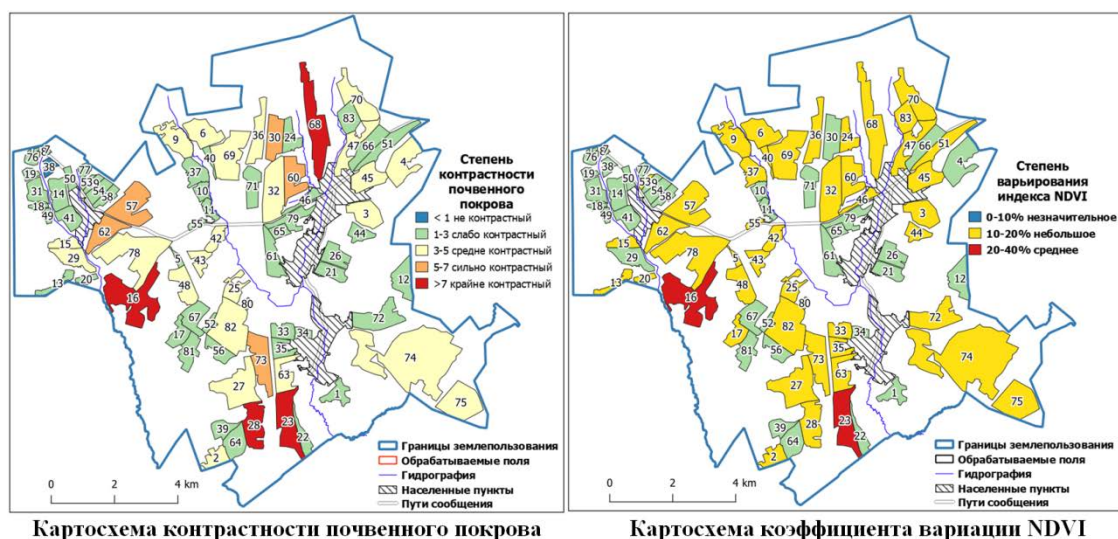


Рисунок. Контрастность почвенного покрова и степень варьирования индекса NDVI

Выводы. Величина контрастности почвенного покрова полей влияет на варьирование вегетации растений, которая выражается через NDVI. Наиболее подходящим периодом спутниковой съемки для оценки однородности вегетации, является время всходов. В условиях Пермского края это середина мая (яровые) и конец сентября – начало октября (озимые).

Литература

1. Почвы совхоза «Правда» Октябрьского района, Пермской области и рекомендации по их использованию. Пермь: Пермский филиал УРАЛГИПРОЗЕМ, 1978. 130 с.
2. Пьянков С.В. Калинин Н.А., Связзов Е.М., Смирнова А.А., Некрасов И.Б. Мониторинг состояния сельскохозяйственных культур в Пермском крае по данным дистанционного зондирования земли // Вестник пермского университета серия Биология. 2009. Вып. 10 (36). С. 147-153.
3. Скрыбина О.А. Структура почвенного покрова, методы ее изучения: учебное пособие. Пермь: ПГСХА, 2007. 206 с.
4. Черепанов А.С. Вегетационные индексы // Геоматика. 2011. №2. С. 98-102

INFLUENCE OF THE SOIL COVER CONTRAST OF CRUSHED FIELDS ON THE VEGETATION INDEX NDVI

V.P. Zhizhilev, A.N. Chashchin
Perm State Technical University, Perm, Russia

Abstract. The article is devoted to assessing the influence of the contrast of the soil cover of arable land on the vegetative index NDVI. The object of research is the soil cover of the territory of the SPK "Pravda" in the Oktyabrsky district of the Perm Territory. Sentinel-2 space images and a large-scale soil map were used as initial spatial data for the study. As a result of the research, it was found that the contrast value of the soil cover of the fields affects the variation of plant vegetation, which is expressed through NDVI.

Keywords: NDVI, GIS, soil mapping, remote sensing data

References

1. Soils of the Pravda state farm, Oktyabrsky district, Perm region and recommendations for their use. Perm: Perm branch of URALGIPROZEM, 1978. 130 p.
2. Pyankov S.V. Kalinin N.A., Sviyazov E.M., Smirnova A.A., Nekrasov I.B. Monitoring the state of agricultural crops in the Perm region according to remote sensing of the earth // Bulletin of the Perm University series Biology. 2009. Issue. 10 (36). P. 147-153.
3. Skryabina O.A. The structure of the soil cover, methods of its study: textbook. Perm: PGSHA, 2007. 206 p.
4. Cherepanov A.S. Vegetation indices // Geomatics. 2011. No. 2. P. 98-102

УДК 631.48

ГЕОСТАТИСТИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ ПОЧВ МЕЛИОРИРУЕМОГО УЧАСТКА

А.А. Панькова, А.Н. Чашин

ФГБОУ ВО Пермский ГАТУ, Пермь, Россия

E-mail: anna.pankova.02@yandex.ru

Аннотация. В статье описаны результаты геостатистического исследования агрохимических свойств почвенного покрова мелиорируемой территории на землях бывшего госконезавода «Пермский» Пермского района, Пермского края. Цель исследований – оценить пространственную неоднородность агрохимических показателей мелиорируемого участка. В ходе исследования пространственного распределения агрохимических свойств была составлена гистограмма, построены тренды и проанализирована вариограмма. Наибольшая автокорреляция установлена по содержанию подвижного фосфора и реакции среды почв.

Ключевые слова: агрохимические свойства почвы, геостатистика, семивариограммы.

Введение. В условиях сложного рельефа Пермского Прикамья наблюдается сильное варьирование агрохимических свойств почв пахотных угодий [4]. В связи с этим актуальность приобретают вопросы выбора методики оценки пространственной внутрипольной неоднородности важнейших для растениеводства почвенных параметров. Одним из проверенных способов является геостатистическое исследование данных инструментами математико-картографического моделирования полнофункциональных геоинформационных систем [1, 3].

Цель исследований – оценить пространственную неоднородность агрохимических показателей мелиорируемого участка.

Объекты и методы исследований. Объектом исследований является почвенный покров мелиорируемой территории на землях бывшего госконезавода «Пермский» Пермского района, Пермского края. Площадь поля равна 22,6 га. Преобладающие почвы участка – дерново-глееватая многогумусная глинистая на делювиальных отложениях, дерново-глеевая многогумусная глинистая на делювиальных отложениях и дерновая оподзоленная среднегумусная

тяжелосуглинистая на лессовидных суглинках. Использованная в работе выборка составила 72 индивидуальных почвенных образца.

Почвенные образцы отбирались в августе 2022 года из слоя 0-20 см. Точки отбора были загружены в приложение Qfield и определены на местности. Таким образом, в результате отбора проб и их анализа были получены пространственные данные. Лабораторные исследования почвенных проб включали определение pH_{H_2O} (ГОСТ 26423-85), pH_{KCl} (ГОСТ 26483-85), электропроводности почвы (ГОСТ 26423-85), гидролитической кислотности (ГОСТ 26212-91), подвижного фосфора и калия (ГОСТ 26207-91 и ГОСТ 26205-91). Полученные данные обработаны при помощи модуля Geostatistical Analyst программы ArcGIS 10.8 [2].

Результаты и их обсуждение. Анализ пространственного распределения агрохимических данных состоит из оценки статистического распределения показателей, определения наличия глобальных трендов, анализа и моделирование вариограммы [1].

Оценка статистического распределения данных. В таблице приведены показатели описательной статистики исследованных агрохимических свойств. По полученным данным территория исследований характеризуется реакцией среды от слабокислой до нейтральной, гидролитической кислотностью от нейтральной до сильнокислой, уровень обеспеченности подвижным фосфором от низкого до очень высокого, а подвижным калием от очень низкого до высокого. Варьирование реакции среды незначительно, а изменчивость гидролитической кислотности, подвижного фосфора и обменного калия оценивается как сильная. Полученные данные имеют слабовыраженную, как левостороннюю, так и правостороннюю асимметрию (табл. 1, рис. 2).

Таблица

Описательная статистика агрохимических свойств почв (n=72)

Показатель	Значения показателей				Std. Dev.	V, %	Эксцесс	Асимметрия
	мин.	макс	средне е	медиана				
pH_{H_2O}	5,8	7,3	6,62	6,6	0,302	5	0,34	-0,10
pH_{KCl}	5,3	6,6	5,86	5,9	0,248	4	1,10	0,39
ЕС	7,6	198,3	108,73	113,6	50,67	47	-0,83	-0,48
Нг, м- экв/100г	0,8	10,3	2,88	2,05	2,019	70	3,30	1,95
P_2O_5 , мг/кг	47,2	254,6	138,74	143,5	47,94	36	-0,37	-0,09
K_2O , мг/кг	1,3	196,9	88,80	83,55	27,17	24	3,80	0,99

Примечания: Std. Dev. – стандартное отклонение; V, % - коэффициент вариации, ЕС – электропроводность почв

На гистограммах в виде диапазонов представлено распределение значений агрохимических свойств почвы (рис. 1). Центральные значения данных по содержанию реакции среды и гидролитической кислотности имеют близкие значения среднего и медианы, что свидетельствует о распределении свойств по нормальному закону. Гистограммы распределения pH и P_2O_5 и ЕС смещены влево, что характеризует выборку малым числом точек с кислой реакцией среды,

очень низким содержанием фосфора и электропроводностью. В это же время варьирование гидролитической кислотности и K_2O смещены вправо, что говорит о выборке малым числом точек с сильнокислой реакцией среды и высоким содержанием калия.

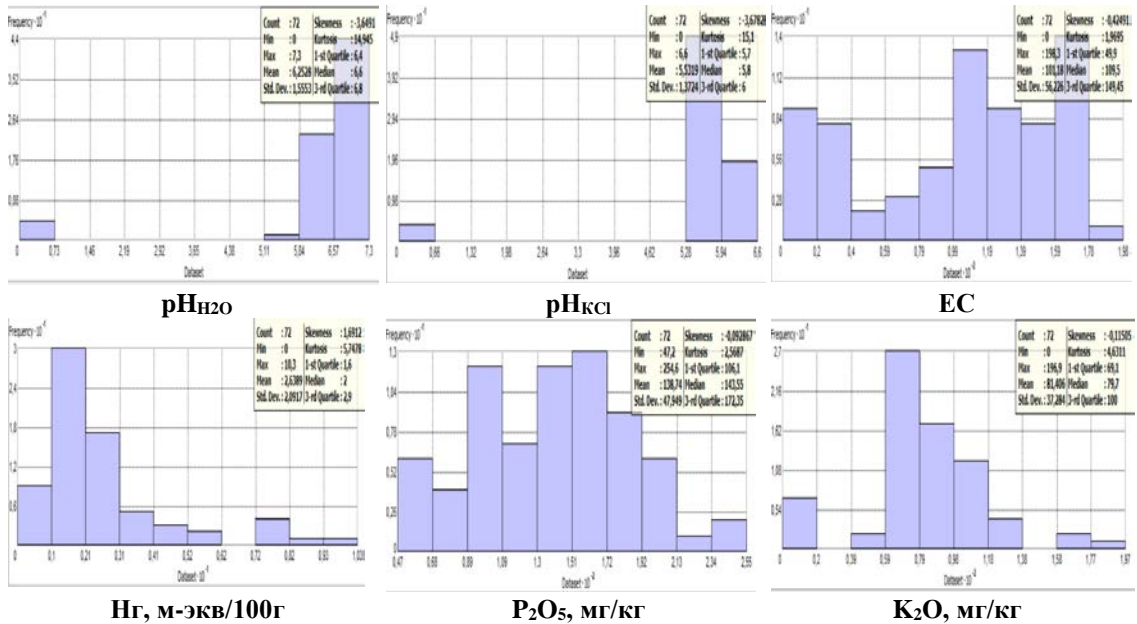


Рисунок 1. Гистограммы относительных частот агрохимических свойств почвы

Анализ тренда. Дальнейшая обработка данных при геостатистическом подходе предполагает выявление тренда, исследование и моделирование пространственной корреляции (вариография). Анализ тренда выполняется при помощи линий наилучшего соответствия (полином), которые проведены через проецируемые точки, показывая тренды в определенных направлениях.

В результате исследований входных данных были построены тренды U-образной формы (рис. 2).

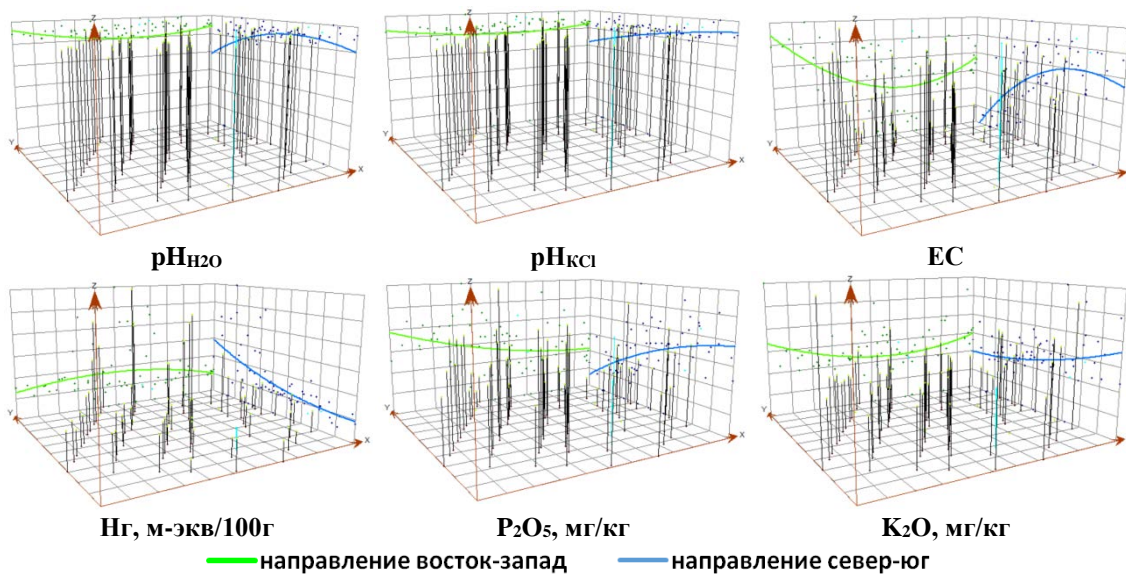


Рисунок 2. Тренды пространственного распределения свойств почв

Выраженный тренд наблюдается во всех направлениях. Наиболее значительно выражен тренд у электропроводности во всех направлениях. Тренд восток-запад снижается по направлению к центру, а потом возрастает. На север-юг, наоборот, растет, а после понижается. Наименее выражены линии во всех 4 направлениях по содержанию pH_{KCl} . По содержанию калия, фосфора, гидролитической кислотности линии тренда выражены, но не так значительно.

Таким образом, анализ изучаемых свойств почвы позволил выявить тренд, характеризующийся полиномом второго порядка, и определить направление анизотропии (неоднородности), которая должна учитываться при подборе экспериментальной вариограммы.

Анализ вариограмм. Вариограммы описывает взаимосвязь между свойствами почвы и их пространственной удаленностью друг от друга [3]. Пространственную зависимость агрохимических свойств отображают модельные вариограммы. Низким уровнем пространственной зависимости обладают по содержанию: реакция среды и калий. Так как средние значения точек кривой вариограммы этого показателя варьируются почти на одном уровне (рис. 3).

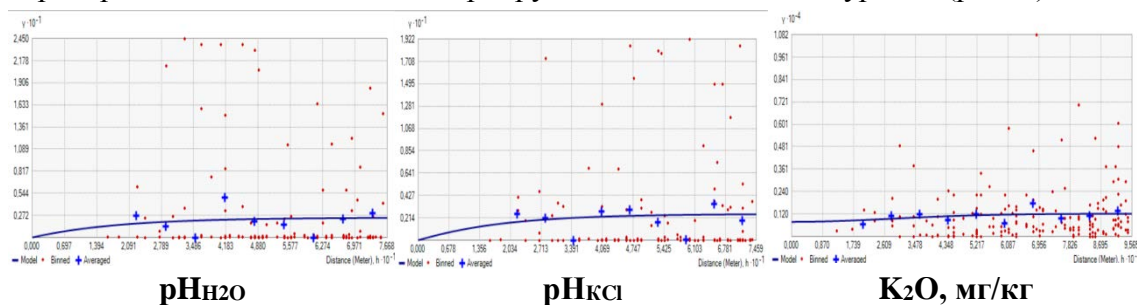


Рисунок 3. Вариограммы агрохимических свойств почв, не имеющие различия

По форме кривой наибольшую пространственную автокорреляция выражена по значениям гидролитической кислотности, подвижного фосфора и электропроводности. Это объясняется тем, что с расстоянием происходит возрастание кривой (рис. 4).

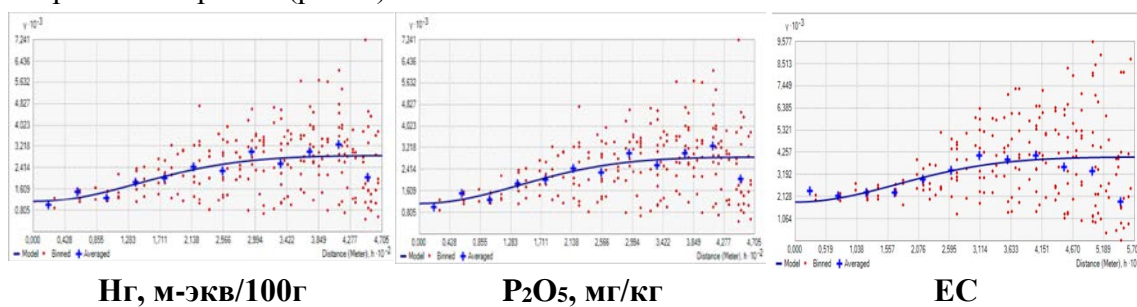


Рисунок 4. Вариограммы агрохимических свойств почв, различающиеся

Выводы. По результатам проведенных геостатистических исследований 72 образцов, отобранных на площади в 22 га выявлено заметное варьирование значимых показателей – кислотность почвы и содержание подвижного фосфора. При построении итоговых картограмм изученных свойств требуется удаление имеющихся трендов и рекомендуется использовать ординарный кригинг с

преобразованием 2-го порядка, который соответствует U-образной форме полинома.

Литература

1. Геоestatистика: теория и практика / В. В. Демьянов, Е. А. Савельева; под ред. Р. В. Арутюняна; ИБРАЭ РАН. М.: Наука, 2010. 327 с.
2. Интерполяция. Понятие интерполяции / справка ArcGIS for Desktop [Электронный ресурс] <http://desktop.arcgis.com> (07.06.2023)
3. Упражнение 2. Исследование данных / справка ArcGIS for Desktop [Электронный ресурс] <http://desktop.arcgis.com> (07.06.2023)
4. Чашин А.Н. Картографирование агрохимических свойств почвы с применением обычного кригинга // АгроЭкоИнфо. 2020. №1. С. 1-10.

GEOSTATISTICAL INVESTIGATION OF SOIL PROPERTIES OF A REMEDiated SITE

A.A. Pankova, A.N. Chashchin

Perm State Technical University, Perm, Russia

Abstract. The article describes the results of a geostatistical study of the agrochemical properties of the soil cover of the reclaimed territory on the lands of the former Permsky state stud farm in the Perm region, Perm region. The purpose of the research is to assess the spatial heterogeneity of the agrochemical indicators of the reclaimed area. During the study of the spatial distribution of agrochemical properties, a histogram was compiled, trends were built and a variogram was analyzed. The highest autocorrelation was established for the content of mobile phosphorus.

Keywords: Agrochemical properties of soil, geostatistics, semivariograms

References

1. Geostatistics: theory and practice / V. V. Demyanov, E. A. Savelyeva; ed. R. V. Harutyunyan; IBRAE RAN. M.: Nauka, 2010. 327 p.
2. Interpolation. Concept of interpolation / help ArcGIS for Desktop [Electronic resource] <http://desktop.arcgis.com> (06/07/2023)
3. Exercise 2. Exploring data / help ArcGIS for Desktop [Electronic resource] <http://desktop.arcgis.com> (06/07/2023)
4. Chashchin A.N. Mapping of agrochemical soil properties using conventional kriging // AgroEcoInfo. 2020. No. 1. P. 1-10.

УДК 631.4

ВОЗМОЖНОСТИ И ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПОЧВЕННОЙ КАРТЫ САНКТ-ПЕТЕРБУРГА

Е.Ю. Сухачева^{1,2}, Г.А. Касаткина¹, С.В. Глухарева²

¹Центральный музей почвоведения им. В.В. Докучаева – филиал Федерального государственного бюджетного научного учреждения Федерального исследовательского центра «Почвенный институт имени В.В. Докучаева», Санкт-Петербург, Россия

²Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия
e-mail: lenasoil@mail.ru

Аннотация. Рассмотрены возможности использования цифровой почвенной карты Санкт-Петербурга (ЦПК СПб) М: 1:50 000 для оценки динамики почвенного

покрова мегаполиса и создания новых информационных ресурсов для принятия решений по повышению качества жизни населения.

Ключевые слова: цифровая почвенная карта, антропогенные почвы, почвенный покров, непочвенные образования, мегаполис

Почвенный покров территории, ограниченной современными административными границами Санкт-Петербурга (1439 км²), характеризуется значительной пространственной и временной неоднородностью, как по компонентному составу, так и по структуре. Это связано не только с разнообразными природными условиями Санкт-Петербурга, но и разной степенью и масштабом воздействия человека на почвенного покрова на различных этапах строительства города, а также в центре, на окраинах, в лесопарках, промышленных территориях и «спальных» районах.

В 2013 году были разработаны принципы и методы создания почвенной карты мегаполиса, введено понятие почвенного урбанизированного пространства и урбопедокомбинаций и впервые создана почвенная карта Санкт-Петербурга (М.: 1:50 000 [1]. По соотношению площадей почвенных ареалов и непочвенных образований, геометрии почвенных контуров и характера их распределения было обосновано выделение 6 типов организации почвенного урбанизированного пространства. Так же, учитывая специфику антропогенных почв Санкт-Петербурга было предложено выделить педоаллохтонные почвы, основным признаком которых является залегание привнесенного гумусового горизонта на подстилающей почвообразующей породе (D). Был создан ГИС проект почвенной карты Санкт-Петербурга, позволяющий оперативно вносить изменения в содержание и оформление карты в соответствии с изменившимся состоянием почвенного покрова города, а также следить за тенденцией его преобразования. Цель данной работы – выявление возможностей использования ЦПК СПб для анализа и дальнейшего прогноза изменений почвенного покрова Санкт-Петербурга.

В настоящее время проводится актуализация информации о почвенном покрове мегаполиса, представленной на ЦПК СПб, на 2023 год. Скорректирован принцип составления легенды, произведен подбор цветовой гаммы, условных обозначений, цветных штриховок, цветных фигурных сеток. Цвета естественных и антропогенно-преобразованных почв на актуализированной карте соответствуют цветам, изображенным на ЦПК Ленинградской области М 1:200 000 [2]. Для комбинаций с непочвенными образованиями (НПО) предложены серые тона. Изменение интенсивности и насыщенности серой окраски на карте связано с изменением площади, занятой НПО в комбинациях с педоаллохтонными и антропогенно-преобразованными разностями почв. Это позволило улучшить зрительное восприятие карты и наглядно продемонстрировать тенденции в почвенном покрове мегаполиса.

Используя современные спутниковые снимки, проведен анализ всех контуров, изображенных на ЦПК СПб, и выявлены основные направления изменений почвенного покрова Санкт-Петербурга за последнее десятилетие. Установлено, что в значительной степени был преобразован почвенный покров на востоке города, где зафиксирована массовая застройка новыми жилыми районами бывших совхозных полей. Здесь на месте ареалов агроземов текстурно-дифференцированных появились урбопедокомбинации с большой долей НПО и педоаллохтонных почв. На севере Санкт-Петербурга новостройки не внесли изменений в ЦПК СПб, так как они, в основном, находятся за пределами административных границ Санкт-Петербурга на бывших сельскохозяйственных угодьях Всеволожского района Ленинградской области.

На значительной территории мегаполиса границы и формы урбопедокомбинаций практически остались не измененными, преобразования затронули лишь внутреннее содержание контуров. Изменения были обнаружены в 160 контурах, которые неравномерно распределены на территории города. Основная масса этих контуров находится в районах, расположенных к северу и востоку от центра, а также на западных и юго-западных участках Васильевского острова и южном берегу Финского залива. Здесь на месте старых урбопедокомбинаций или НПО сформировались комбинации со значительным участием педоаллохтонных серогумусовых урбислоистых почв, что свидетельствует о создании на намывных или рекультивированных территориях газонов и небольших скверов.

Почвенное урбанизированное пространство наиболее старых районов Санкт-Петербурга – Центральный и Адмиралтейский, практически не изменяется. Эти районы характеризуются очень плотной застройкой, а почвенный покров здесь представлен лишь небольшими пятнами (клумбы, газоны, небольшие скверы и т.д.).

На периферии Санкт-Петербурга в границах КАД под новое строительство в последнее десятилетие были отданы территории под старыми торговыми комплексами, заброшенными заводами и другими производственными и складскими постройками – 15 контуров, в которых фрагментарно представлены педоаллохтонные серогумусовые почвы и псаммоземы, а непочвенные образования являются фоном. Еще в 3 контурах увеличилось количество педоаллохтонных почв за счет создания скверов. Например, в 2013 году один из контуров был показан как НПО (территория использовалась под склады). В настоящее время часть территории застроена и благоустроена, таким образом, здесь появились фрагментарные ареалы педоаллохтонных серогумусовых почв. Кроме перечисленных, некоторое количество контуров (13) с фоновыми педоаллохтонными серогумусовыми, дерново-подзолистыми почвами в комбинации с НПО (сады и парковые зоны вдоль южного побережья Финского залива, в Пушкинском и Колпинском районах города) были также частично использованы под жилые застройки (4 участка), скверы (1), торговые комплексы

(2), часть перешла в разряд НПО (4), а 2 участка частично стали использовать под кладбище.

Таким образом, наибольшее количество контуров почвенной карты СПб, в которых произошли изменения, относятся всего к 4 классификационным единицам легенды, в основном, это комбинации, где представлены различные варианты педоаллохтонных почв с НПО. Контуров с естественными, антропогенно-преобразованными почвами и их комбинациями слабо затронуты изменениями. Исключение составляют контуры агроземов текстурно-дифференцированных на востоке города за пределами КАД, которые за прошедшее десятилетие в результате застройки кардинально изменились. Бывшие агроземы альфегумусовые на севере города (5 контуров) также претерпели изменения перейдя в разряд урбопедокомбинаций – 1 участок занят под застройку, 2 – частично заняты торговыми комплексами и 2 частично заняты автостоянками со значительной долей НПО.

Анализ динамики почвенного покрова города за последнее десятилетие показал, что если основное преобразование почвенного покрова Санкт-Петербурга конца XX начала XXI века было связано исключительно с расширением урбанизированной части города и наступлением города на сельскохозяйственные территории, то в последнее время наблюдается несколько иная тенденция. Наравне с наступлением города на сельскохозяйственные земли на востоке и созданием новых территорий путем намыва на западе города, происходит преобразование внутреннего содержания уже устоявшихся урбопедокомбинаций. Изыскиваются возможности для использования резервов внутри мегаполиса, т.е. под строительство используются пространства, представляющие собой непочвенные образования, занятые прежде складами, заводскими постройками, старыми стоянками и торговыми комплексами, а также территории, выделенные вдоль дорог как скверы. Преобладающей комбинацией, которая формируется на этих участках является комбинация педоаллохтонных урбислоистых регулярно-фрагментарных почв с непочвенными образованиями.

Уменьшается доля НПО в урбопедокомбинациях в ранее застроенных районах. Здесь появляются новые ареалы педоаллохтонных серогумусовых почв и пелоземов. Интенсивно преобразуются дворцовые территории построек конца XX начала XXI века. В них увеличивается доля комбинаций, связанных с организацией скверов, газонов и клумб. Таким образом, современная тенденция развития почвенного покрова связана с преобразованиями внутри урбанизированной территории, с уменьшением доли контуров НПО и увеличением комбинаций с педоаллохтонными почвами.

На основе актуализированной почвенной карты Санкт-Петербурга и оценки экологических функций антропогенно-преобразованных и антропогенных почв города, также возможно, провести оценку интегральной экологической составляющей качества жизни населения. На основании новых данных будет создана карта, отображающая экологическую ситуацию (в баллах) территории в

административных границах Санкт-Петербурга (М 1:50000) которая станет новым ценным информационным ресурсом для планирования мероприятий по улучшению качества жизни населения в мегаполисе.

ЦПК СПб позволяет оперативно вносить изменения в ее содержание, корректировать оформление, перестраивать логику составления легенды без потери содержания карты. Это позволяет постоянно совершенствовать карту, улучшать ее восприятие, находить новые закономерности в ПП и создавать на ее основе новые информационные продукты.

Литература

1. Апарин Б.Ф., Сухачева Е.Ю. Принципы создания почвенной карты мегаполиса (на примере Санкт-Петербурга) // Почвоведение. 2014. №7. С. 790–802.
2. Сухачева Е.Ю., Апарин Б.Ф., Андреева Т.А., Казаков Э.Э., Лазарева М.А. Принципы и методы создания цифровой среднemasштабной почвенной карты Ленинградской области // Вестник Санкт-Петербургского университета. Науки о Земле. 2019. Т. 64. № 1. С. 100-113.

OPPORTUNITIES AND PROSPECTS FOR USE SOIL MAP OF SAINT PETERSBURG

E.Yu. Suhacheva^{1,2}, G.A. Kasatkina¹, S.V. Glukhareva²

¹ Central Soil Museum by V.V. Dokuchaev – Branch of the Federal Research Centre “V.V. Dokuchaev Soil Science Institute, Saint Petersburg, Russia

² St Petersburg University, Saint Petersburg, Russia

Abstract. Possibilities of using the digital soil map of Saint Petersburg (DSM SPb) scale 1:50000 were considered. DSM SPb can be used to assess the dynamics of the soil cover of the metropolis and to create new information resources for decision-making to improve the quality of life of the population.

Keywords: digital soil map, anthropogenic soils, soil cover, non-soil formations, megapolis

References

1. Aparin B.F., Suhacheva E.Yu. Principles of creating a soil map of a megalopolis (using the example of St. Petersburg) // Eurasian Soil Science. 2014. №7. P. 790–802.
2. Sukhacheva E.Yu., Aparin B.F., Andreeva T.A., Kazakov E.E., Lazareva M.A. Principles and methods of creating a digital medium-scale soil map of the Leningrad region // Bulletin of St. Petersburg University. Earth sciences. 2019. T.64. №1. P. 100–113.

УДК 631.474

РЕГИОНАЛЬНАЯ КЛАССИФИКАЦИЯ ПОЧВ В ОЦЕНКЕ УРОВНЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ АГРОГЕННЫХ ПОЧВ

Л.А. Федченко, Е.Г. Пивоварова

ФГБОУ ВО Алтайский ГАУ, Барнаул, Россия

e-mail: fedtschenko.leonid.1999@mail.ru

Аннотация. На основе информационно-логического анализа разработаны модели региональных эталонов почв 12-го почвенного района Алтайского края. Предложен подход к оценке уровня экологического состояния на основе таксономических групп агрогенных почв субстантивной классификации почв России и прогнозируемой урожайности сельскохозяйственных культур.

Разработаны картограммы уровня экологического состояния почв разных агроценозов в ГИС «Аксиома 5.0».

Ключевые слова: уровень экологического состояния, агрогенные почвы, региональная классификация почв, урожайность, плодородие.

Недифференцированная агротехника возделывания сельскохозяйственных культур на неоднородных, по своему плодородию и уровню экологического состояния участках ведёт к ухудшению экологического состояния агрогенных почв и к не окупаемым экономическим затратам. Для решения названной проблемы необходимо разрабатывать методы оценки уровня экологического состояния почв пашни с дальнейшей интерпретацией результатов в ГИС. Оценки уровня экологического состояния почв должны опираться на региональную классификацию почв, так как она содержит информацию о генезисе и особенностях состояний почв изучаемого региона.

Цель исследования: оценка уровня экологического состояния почв пахотных угодий 12 почвенного района на примере ЗАО «Рассвет» Топчихинского района Алтайского края на основе региональных эталонов почв, в соответствии с субстантивно-генетической классификацией почв России (2004 г.).

Задачи исследования:

- 1) разработать региональные эталоны подтипов почв для 12-го почвенного района Алтайского края;
- 2) определить действительно-возможную урожайность (ДВУ) для региональных эталонов почв и дифференцировать ее на биоклиматическую и почвенную составляющие;
- 3) на основании прогнозных урожайностей рассматриваемых сельскохозяйственных культур и определить уровни экологического состояния почв исследуемой территории.

Объекты и методы исследования. Объектами исследования явились почвы 12-го почвенного района Алтайского края (район чернозёмов обыкновенных малогумусных маломощных, чернозёмов карбонатных и смытых). Для разработки математических моделей региональных эталонов агрогенных почв использован метод информационно-логического анализа [5]. С помощью двухфакторного анализа разработаны количественные модели региональных эталонов почв [4], представляющие собой специфичные, наиболее вероятные состояния агрохимических и морфологических свойств для двух верхних горизонтов агрогенных почв. Для создания региональных эталонов были использованы материалы последнего тура почвенного обследования АлтайНИИ «ГИПРОЗЕМ», более 50 хозяйств за 1990-1996 года (выборка 360 почвенных разрезов).

Определение действительно возможной урожайности (ДВУ) осуществляли на основе информационно-логических моделей ДВУ, разработанных Бурлаковой Л.М. для следующих с/х культур: яровая пшеница, сахарная свекла, люцерна, кукуруза на силос [1]. При этом вклад свойств почв в ДВУ оценивался через

почвенный ранг (ПР), влияние биоклиматического фактора на ДВУ – через биоклиматический ранг (БКР) [7].

Выделение уровней экологического состояния почв осуществлялось в соответствии с принципами оценки экологического состояния [3] и категорий земель по степени их подверженности эрозионным процессам [6]. Визуализация результатов оценки экологического состояния почв пашни исследуемого района осуществлялась с помощью картографических материалов (крупномасштабного почвенного картирования АлтайНИИГиПРОзем) и современных ГИС «Аксиома 5.0».

Результаты исследований. В качестве базовой почвенной классификации в данной работе использовали субстантивно-генетическую классификацию почв России [2]. Однако базовая классификация (ее центральные образы) не может в достаточной мере отразить особенности региональных почв, их количественные и качественные характеристики. Для уточнения количественных характеристик центральных образов на уровне регионов необходимо создавать региональные эталоны.

Для 12 почвенного района эталонами агрогенных почв являются: АСт – агротёмно-серые типичные; АГ_{мг} – агрогумусово-гидрометаморфические типичные; АЧ^{ГМ} – агрочернозёмы гидрометаморфизированные; АЧ^{ДК} – агрочернозёмы дисперсно-карбонатные; АЗ^{ТАК^{ДК}} – агрозёмы тёмные аккумулятивно-дисперсно-карбонатные; АА^{БАК^{ДК}} – агроаброзёмы аккумулятивно-дисперсно-карбонатные. На исследуемом участке преобладают агротемносерые и агрочернозёмы гидрометаморфизированные и дисперсно-карбонатные (рис.1).

Полученные математические модели региональных эталонов почв 12 почвенного района Алтайского края (специфичные состояния их агрохимических свойств) были использованы для расчета биоклиматического (БКР) и почвенного (ПР) ранга. Для возможности сравнения гидротермические показатели (ГТК) и свойства почвы приведения к единой системе единиц и выражены в рангах урожайности.

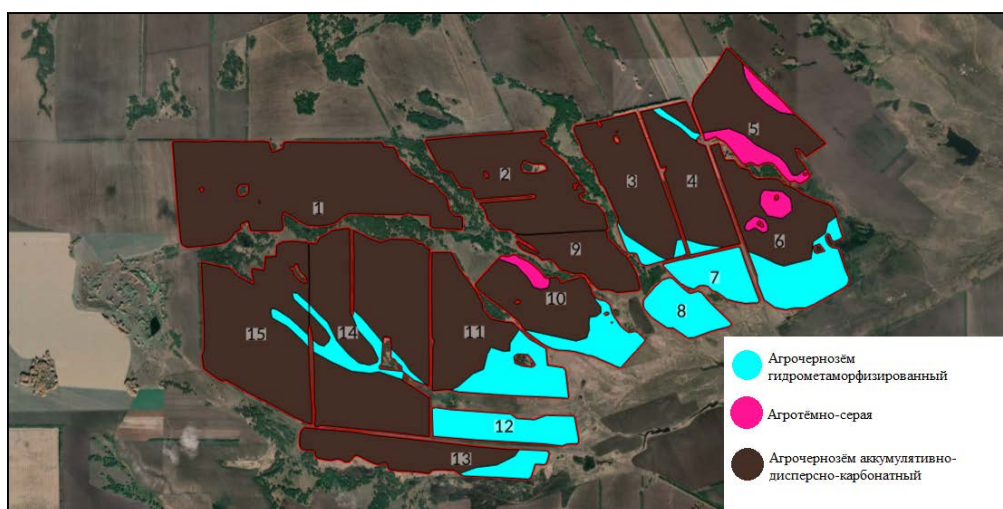


Рисунок 1. Почвенная карта-схема исследуемого участка

За основу выделения уровней экологического состояния почв приняты степень агрогенной деградации почв (таксономический тип) и уровень потенциальной урожайности (ДВУ). Снижение урожайности ниже биоклиматического потенциала (БКР) является индикатором снижения экологической устойчивости агроценоза. В качестве экологической нормы принимается зональный тип почвы с минимальными морфологическими изменениями (агрочернозем, агросерая почва) и потенциальной урожайностью не ниже биоклиматического потенциала. Агроземы (слабоэродированные почвы) и агроабраземы (средне- и сильноэродированные почвы) соответствуют уровню риска или даже кризиса в зависимости от степени снижения урожайности ниже биоклиматического потенциала (на 1-2 ранга).

Для оценки уровней экологического состояния агрогенных почв были рассчитаны ДВУ по четырём культурам: пшеницы яровой, сахарной свёклы, люцерны, кукурузы (на силос). Используя созданный алгоритм, для них были определены уровни экологического состояний по каждой из четырёх культур (табл.). Как видно из результатов оценка уровня экологического состояния зависит от вида агроценоза – некоторые культуры (многолетние травы) могут соответствовать экологической норме даже для агроземов и агроабраземов.

Таблица

Оценка уровня экологического состояния региональных эталонов почв 12-го почвенного района Алтайского края

Подтип почвы (региональный эталон 12-го почвенного района Алтайского края)	Яровая пшеница	Сахарная свёкла	Кукуруза на силос	Люцерна на сено
АСт	Норма	Норма	Риск 2	Норма
АЧ ^{ДК}	Норма	Норма	Норма	Норма
АЗ ^{ТАК} ^{ДК}	Риск 1	Риск 2	Кризис 2	Норма
АА ^{БАК} ^{ДК}	Кризис 2	Кризис 2	Кризис 2	Норма
АГ ^{МГУ}	Норма	Норма	Норма	Норма
АЧ ^{ГМ}	Норма	Норма	Риск 2	Норма

Выявленные уровни экологического состояния региональных эталонов можно использованы для построения картограмм экологического состояния агрогенных почв (рис. 2).



Рисунок 2. Картограммы уровня экологического состояния почв ЗАО «Рассвет» Топчихинского района: 1 – пшеница, сахарная свекла, люцерна; 2 – кукуруза на силос

Данные картограммы можно использовать в агропроизводственной группировке почв пахотных угодий и обоснования рационального размещения сельскохозяйственных культур в структуре посевных площадей.

Литература

1. Антонова О.И., Жандарова С.В., Комякова Е.М. Применение удобрений в Алтайском крае: учебное пособие. Барнаул: РИО Алтайского ГАУ, 2017. 92 с.
2. Классификация и диагностика почв России / Авторы и составители: Л.Л.Шишов, В.Д. Тонконогов, И.И. Лебедева, М.И. Герасимова. Смоленск: Ойкумена. 2004. 342 с.
3. Петров К.М. Общая экология: взаимодействие общества и природы: Учебное пособие для вузов. СПб: Химия, 1997. 352 с.
4. Пивоварова Е.Г., Федченко Л.А. Региональные эталоны почв как индикаторы агрогенной трансформации их агрохимических свойств // Аграрная наука сельскому хозяйству: сборник материалов в 2 книгах / XV Международная научно-практическая конференция (12- 13 марта 2020 г.). Барнаул: РИО Алтайского ГАУ, 2020. Кн. 1. С. 282-284.
5. Пузаченко Ю.Г., Карпачевский Л.О., Взнуздаев Н.А. // Возможности применения информационно-логического анализа при изучении почвы на примере её влажности / Закономерности пространственного варьирования свойств почв и информационно-статистические методы их изучения. М: Наука 1970. С. 103-121.
6. Соболев С.С. Современное состояние и задачи борьбы с эрозией почв в СССР: Материалы Сес. по вопр. борьбы с вод. и ветровой эрозией почв / ВАСХНИЛ. М.: Сельхозиздат, 1963. С. 42.
7. Федченко Л.А. Оценка экологического состояния почв подзоны обыкновенных чернозёмов умеренно-засушливой степи Алтайского края // Вестник молодёжной науки Алтайского государственного аграрного университета: сборник научных трудов. Барнаул: РИО Алтайского ГАУ, 2022. №1. С. 19-22.

REGIONAL CLASSIFICATION OF SOILS IN ASSESSING THE LEVEL OF ECOLOGICAL STATUS OF AGROGENIC SOILS

L.A. Fedchenko, E.G. Pivovarova
Altai GAU, Barnaul, Russia

Abstract. It have been developed models of regional soil etalons of the 12th soil district of the Altai Territory on the basis of informative-logical analysis. It was proposed an approach to assessing the level of ecological status of agrogenic soils which based on the taxonomic groups of the substantive classification of soils of Russia and the projected crop yield. It have been developed Cartograms of the level of ecological state of soils for various agrocenoses in GIS "Axiom 5.0".

Keywords: level of ecological condition, agrogenic soils, regional classification of soils, yield, fertility.

Reference

1. Antonova O.I., Zhandarova S.V., Komyakova E.M. Application of fertilizers in the Altai Territory: a textbook. Barnaul: RIO Altai State University, 2017. 92 p.
2. Classification and diagnostics of soils of Russia / Authors and compilers: L.L. Shishov, V.D. Tonkonogov, I.I. Lebedeva, M.I. Gerasimova. Smolensk: Oikumena. 2004. 342 p.
3. Petrov K.M. General ecology: interaction of society and nature: A textbook for universities. St. Petersburg: Chemistry, 1997. 352 p.
4. Pivovarova E.G., Fedchenko L.A. Regional soil standards as indicators of agrogenic transformation of their agrochemical properties // Agrarian science to agriculture: a collection of materials in 2 books / XV International Scientific and Practical Conference (March 12- 13, 2020). Barnaul: RIO Altai State Agrarian University, 2020. Book 1. P. 282-284.

5. Puzachenko Yu.G., Karpachevsky L.O., Vznuzdaev N.A. // Possibilities of using information-logical analysis in the study of soil on the example of its moisture / Patterns of spatial variation of soil properties and information-statistical methods of their study M: Nauka 1970. P. 103-121.
6. Sobolev S.S. Current state and the tasks of combating soil erosion in the USSR: Materials of the Ses. on the issue of combating water. and wind erosion of soils / VASHNIL. M.: Agricultural Publishing house, 1963. P. 42.
7. Fedchenko L.A. Assessment of the ecological state of soils of the subzone of ordinary chernozems of the moderately arid steppe of the Altai Territory // Bulletin of Youth Science of the Altai State Agrarian University: collection of scientific papers. Barnaul: RIO Altai State University, 2022. No. 1. P. 19-22.

UDK 631.4

INVESTIGATING THE CONTRIBUTION OF MAIN LAND USES IN SOIL EROSION AND SEDIMENT YIELD IN THE SOUTHERN WATERSHEDS OF THE CASPIAN SEA

H. Khadijeh¹, K.D. Abdulvahed¹, M. Raouf²

¹Tarbiat Modares University, Noor, Iran

²University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran.

e-mail: a.khaledi@modares.ac.ir

Abstract. The contribution of major land uses to soil erosion and sediment output in the central part of the Caspian Sea Basin was studied using the integration of the G_{2loss} model and the sediment method. The results of the G_{2loss} model showed that the highest and lowest monthly soil erosion values of 2.04 and 0.76 t ha⁻¹ correspond to October and June, respectively. Average soil erosion rates for pastures, forests and agriculture were 30.47, 5.99 and 3.53 (t ha⁻¹ yr⁻¹) respectively, which accounted for 73.77, 21.74 and 4.49% of the total annual soil erosion and 9.8, 4.4 and 85.5% of sediment runoff in the study area, respectively. The highest contribution to sediment collection (59.97%) belongs to agricultural lands with the least cover (17.35%) compared to forests and pastures.

Keywords: Entisols, Geochemical tracers, Hyrcanian forest, Inceptisols, Snow correction coefficient.

Introduction. Knowing the contribution of different land uses to sedimentation rate leads to managing land use and reducing the severity of soil erosion, and even increasing the income of the watershed stakeholders [7]. Identification of soil erosion and sediment yield processes in coastal regions is very important for comprehensive coastal management. The G₂ model is presented based on the RUSLE and EPM models to overcome the weaknesses of both models [22]. Many studies estimated soil erosion using the G₂ model in various regions of the world, such as [9, 11-13, 18, 21, 24] with the acceptable performance. To increase the efficiency of soil conservation measures, it is very important to have a good understanding of the sources of sediment in the watershed [10]. Sediment fingerprinting techniques are increasingly used to determine the sediment sources and pathways in the watersheds [28]. Numerous studies have used

sediment fingerprinting to determine the contribution of sediment sources [19, 25]. Sediment fingerprinting techniques are costly and time-consuming methods especially in a large area. Therefore, it is very important to find a way to combine the results of a distributed soil erosion model with the results of sediment fingerprinting to generalize the contribution of the main land uses in the sediment yield of larger areas. However, few studies have investigated the combination of soil erosion models and sediment fingerprinting, such as [4, 6]. Using the sediment fingerprinting technique for all parts of a large basin is impossible. A representative watershed can be considered for the sediment fingerprinting study and the relative contribution of sediment sources in the representative watershed can be generalized to the entire study area.

This study aims to integrate the G_{2loss} model and sediment fingerprinting results to investigate the main land uses contribution to soil erosion and suspended sediment yield in the central part of the Caspian Sea Basin in Iran, where the Hyrcanian forest is the main land uses of the basins. The results of this study are expected to help a practical land use management approach and planning, thereby protecting the health of the watershed ecosystem in the southern Caspian Sea Basin.

Materials and Methods. Study Area. The Caspian Sea Basin in Iran with an area of 176393.91 km² between 35°-39° 45' N-latitude and 44°-59° 05' E-longitude is an important region for the country's water resources. It covers a significant portion of the country's land area (≈10%). The Caspian Sea Basin also supports a variety of ecosystems and biodiversity, making it an important area for conservation efforts [3]. The Caspian Sea basin is mainly covered by inceptisols and entisols and is divided into two parts in terms of hydrological, climatic and land use characteristics; 1) The part that includes Hyrcanian forests (central part), and 2) The part that does not have Hyrcanian forests (eastern and western parts). The Hyrcanian forests covering an area of 38225.72 km² and an average altitude of 1416.87 m, are located in the central part of the Caspian Sea Basin (Fig. 1).

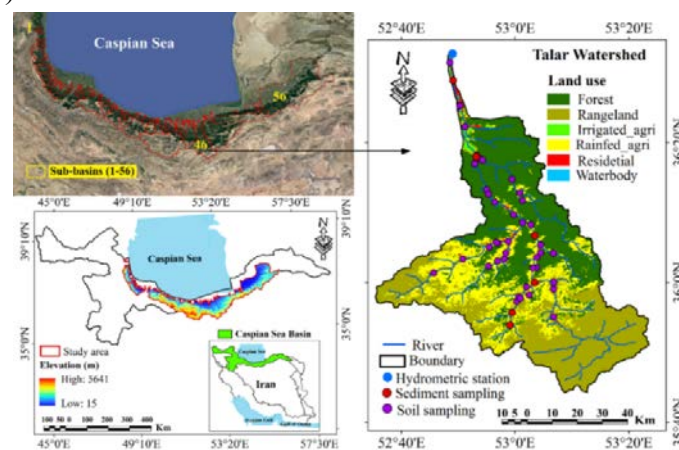


Fig. 1. The location of the Hyrcanian forests and Talar Watershed in the Caspian Sea Basin

This region with a permanent river network as well as productive farmlands, forests, and rangelands are classified into 56 sub-basins. The Talar Watershed (sub-basin number 46) with an area of 2308.34 km² located in the north aspect of the Alborz

Mountains and eastern of Mazandaran Province, northern Iran (Fig. 1) with minimum and maximum elevations of 39 and 4037 m, respectively. The land use/cover map based on Landsat imagery in July–2019 for the Talar Watershed with a supervised classification algorithm using ENVI software version 5.3 was extracted. Six types of land use were classified as irrigated agriculture, rainfed agriculture, forest, rangeland, residential area, and waterbody [17].

Estimation of soil erosion using the G2 Model. The G2 model is used to estimate soil erosion caused by the sheet and interrill erosion processes in the Iranian part of the Caspian Sea Basin. The model combines five input erosion parameters in a multiplicative Eq (1) to produce month-time step maps and statistics of soil erosion [13]:

$$E_m = \left(\frac{R_m}{V_m}\right) \cdot S \cdot \left(\frac{T}{L}\right) \quad (1)$$

Where, E_m is soil erosion for month m ($t \text{ ha}^{-1}$), R_m is rainfall erosivity of month m ($\text{MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1}$), V_m is vegetation retention for month m (dimensionless), S is soil erodibility ($t \text{ h MJ}^{-1} \text{ mm}^{-1}$), T is terrain influence (dimensionless), and L is landscape effect (dimensionless).

Sediment fingerprinting. The potential sediment sources (soils of different land uses) and sediment sampling locations were selected using Google Earth images and field surveys, and sampling was done during three days in March 2019. The suspended sediment samples were collected from the Kiakola hydrometric station downstream of the Talar Watershed. Soil sampling points covered the five main land uses as potential sediment sources including forest, rangeland, irrigated agriculture, rainfed agriculture, and river bank as much as possible with the same distribution in the Talar Watershed. The samples were analyzed following the protocol of method 3052 [27] of the U.S. Environmental Protection Agency.

Selection of the optimal geochemical tracers. Statistical analysis was performed using the FingerPro package and R software [26]. In each source group, every tracer was tested for normality (Kolmogorov–Smirnov test at 0.05 significance level). Three statistical tests including “Range Test (RT)”, “Kruskal Wallis (KW)” and “Discriminant Function Analysis (DFA)” were used to remove non-conservative tracers [15], to remove tracers without significant differences between sources and to select the final composite tracers that have the highest discrimination between sediment sources [14], respectively.

Estimation of the relative and specific contribution of different sediment sources. A mixing model, as described in [28] was used to estimate the contribution of each source in relation to the sediments that arrived at the watershed outlet. The relative contribution of land uses in sediment yield was determined by Eq. (2):

$$\sum_{j=1}^m a_{i,j} \cdot w_j = b_i \quad \sum_{j=1}^m w_j = 1 \quad 0 < w_j < 1 \quad (2)$$

Where, b_i is the concentration of the tracer i in the sediment, $a_{i,j}$ is the average concentration of the tracer i in source j , and w_j is the relative contribution of the sources

in relation to the sediment [20]. The relative contribution of each land use was performed through an iterative process (1000 iterations) with random-systematic samples obtained from the distributions constructed with the original values in R software. Finally, based on the specific contribution of the rangeland, agriculture, and forest land uses, and the observed annual suspended sediment yield in the Talar Watershed, the contribution of suspended sediment for rangeland, agriculture, and forest land uses in other sub-basins of the study area were extracted, and also the results compared with the soil erosion obtained from the $G2_{loss}$ model.

Results and Discussion. Land use contribution in soil erosion. The annual maps of $G2_{loss}$ inputs including R ($MJ\ mm\ ha^{-1}\ h^{-1}$), V, S, T, and L factors are shown in Fig. 2. The lower and higher annual R values in the study area are equal to 34.61 and 564.20 $MJ\ mm\ ha^{-1}\ h^{-1}$, respectively. The average R without the snow correction coefficient is equal to 307.31, and with the snow correction coefficient is equal to 245.75. Therefore, due to the effect of the snow cover on the ground during some months in the study area, rainfall erosivity was reduced. The V factor value ranged from 1 to 4438.82 and the average annual V factor of the study area was 523.19. The positive effect of vegetation cover in the Hyrcanian forests in the Iranian part of the Caspian Sea Basin prevents soil loss in this region. While in the south and southeastern parts of the sub-basins, the vegetation retention factor is close to one and indicates poor vegetation cover, and consequently, the soil protection caused by vegetation cover is much less than in the forest areas [18, 24].

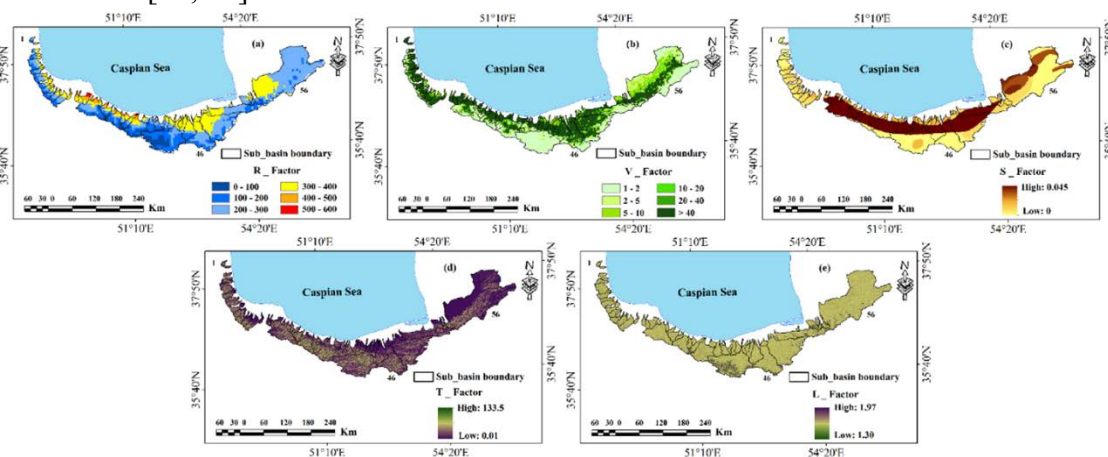


Fig. 2. The Annual maps of $G2_{loss}$ model inputs in the study area (a: Rainfall erosivity; b: Vegetation retention; c: Soil erodibility; d: Terrain influence; e: Landscape effect)

The S factor value in the study area ranged from zero (no soil areas) to 0.045, with an average of $0.036\ (t\ h\ MJ^{-1}\ mm^{-1})$. Most of the dominant soils in the south of the study area have less than 3% organic carbon. These soils are located in the highlands where rangeland is the main land use and the soils have a relatively weak structure and high erodibility and are sensitive to erosion [8]. The T factor value varied from 0.01 to 133.5. The lowest value of T factor is related to flat areas [1], while the highest values of T factor are related to steep and high areas (Alborz Mountains). The undeniable effect of topographical factors on soil erosion has been mentioned in previous studies [23]. The value

of average annual L factor in the study area was 1.71. As a result of poverty or lack of vegetation, as well as dry soil and heavy rainfall, the numerical value of the L factor decreases, this indicates more soil erosion [11]. The annual soil erosion ($t\ ha^{-1}$) map of the study area is shown in Fig. 3. The average annual soil erosion estimated for the study area was $13.46\ t\ ha^{-1}$. The highest erosion rate in the study area is located in the upstream parts, where the highest slope gradients have low vegetation retention values in the southern parts [8]. The results of this study are in agreement with previous studies which indicated the rate of soil erosion in the north of Iran between 0 and $20\ t\ ha^{-1}\ yr^{-1}$ [2, 18]. The relationship between average monthly soil erosion, R and V factors are shown in Fig. 4.

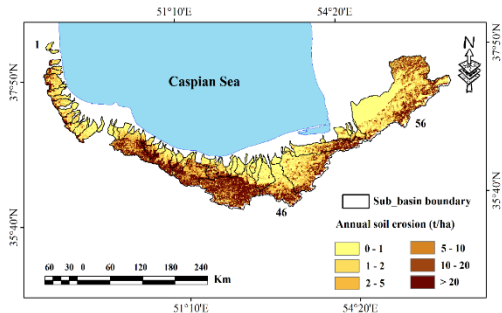


Fig. 3. The annual soil erosion ($t\ ha^{-1}$) map of the study area.

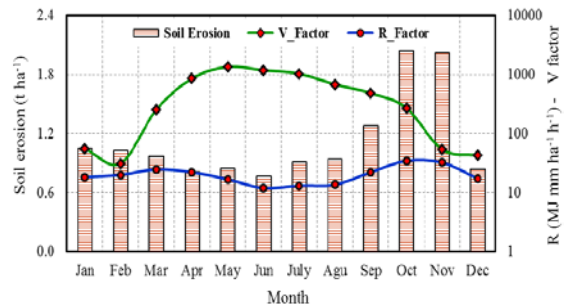


Fig. 4. Relationship between the average monthly soil erosion, R, and V factors

Based on the results, from April to August, because of more V and less R, the soil erosion is less, but in other months, especially in October and November, the V and the R is less and more, respectively, and the soil erosion rate is high (Fig. 4).

Land use contributions in sediment yield. The boxplots of the average concentration of the optimal geochemical tracers are shown in Fig. 5.

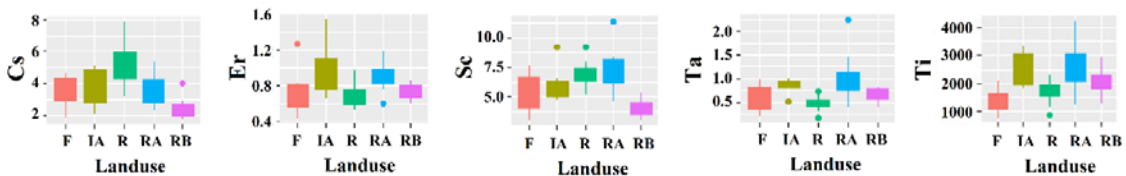


Fig. 5. Boxplot of the average concentration of the optimal geochemical tracers ($mg\ kg^{-1}$) in the Talar Watershed (Note: F “forest”, IA “irrigated agriculture”, R “rangeland”, RA “rainfed agriculture”, and RB “riverbanks”)

The concentration of Ti and Sc tracers were higher in most of the source samples compared to the suspended sediment sample, which is confirmed the findings reported by [17]. The sediment source contributions in the Talar Watershed were obtained using the mixing model. The contribution of rainfed agriculture, irrigated agriculture, rangeland, and forest to suspended sediment yield were 49.9, 35.6, 9.8, and 4.4%, respectively and the GOF index was 57.60%. The specific contribution (per hectare) of different land uses on suspended sediment yield for irrigated agriculture, and rainfed agriculture were higher than the rangeland (Table 1). Accordingly, there is a significant variation in heavy metals concentration (as geochemical tracers) based on flow discharge and human activities at different parts of the rivers [5].

Integration of G_{2loss} and sediment fingerprinting results/ In most sub-basins of the study area, rangeland, forest, and agriculture have the highest soil erosion rates ($t\ ha^{-1}$), respectively. It is very important to note that the rangeland mostly located in the steep slope highlands in the south of the sub-basins, with more erodible soils and low vegetation cover compared to the forest which led to increased soil erosion in the rangeland. Finally, Table 2 indicates the annual sediments delivered to the Caspian Sea from the southern sub-basins for the main land uses of forest, rangeland, and agriculture, separately.

Table 1

The specific contribution of land use/land covers in suspended sediment yield of the Talar Watershed

Hydrometric station	Land use/land cover	Symbol	Average contribution (%)	SD	Land use/land cover area (ha)	Specific contribution (per hectare)	GOF (%)
Kiakola	Forest	F	4.4	0.10	81864.68	0.0001	57.60
	Rangeland	R	9.8	0.13	92080.08	0.00011	
	Rainfed agriculture	RA	49.9	0.33	51425.52	0.0010	
	Irrigated agriculture	IA	35.6	0.35	3478.17	0.0102	
	River bank	RB	0.3	0.02	-	-	

According to Table 2, the contributions of 73.77, 21.74, and 4.49% in annual soil erosion were related to the rangeland, forest, and agriculture, respectively. While the results of the average contribution of land uses in suspended sediment are opposite and the contributions of 59.97, 28.15, and 19.84% were related to agriculture, forest, and rangeland, respectively. The agricultural lands are usually located in low slope lowlands and also the irrigated agricultural lands are often found in the flat plains near the rivers. Therefore, the contribution of agricultural lands in suspended sediment yield was more than the rangeland and forest. Also, forest was the second major source of suspended sediment yield in the study area, not only because of more coverage, but also because of forest degradation near roads and rivers due to traffic of agricultural machinery, livestock grazing, and recreational activities, which accelerate soil erosion and sedimentation [16].

Table 2

Annual sediments delivered to the Caspian Sea from the southern sub-basins from the main land uses

LU/LC	Area (km ²)	Area (% of the study area)	Average annual soil erosion rate ($t\ ha^{-1}$) – G_{2loss} model	Contribution in total annual soil erosion (%)	Contribution in total annual sediment yield (%)
Forest	18203.35	49.58	5.99	21.74	28.15
Rangeland	12138.43	33.06	30.47	73.77	19.84
Agriculture	6371.00	17.35	3.53	4.49	59.97

Conclusions. Sediment sources or land use/land covers with a larger area do not necessarily have a greater contribution to soil erosion and sediment yield. Forest has occupied the largest area, but the rangeland contributes more to soil erosion, mainly because

of more erodible soil on the steeper slopes with lower vegetation cover, and livestock grazing in the rangeland. Furthermore, a large part of the rangeland in the study area is degraded forest due to residential area development, land conversion, logging, road construction, and recreational activities. The highest contribution in sediment yield in the whole study area is related to agricultural lands with the lowest coverage compared to the forest and rangeland. The agricultural lands are located near the rivers and contribute more to sediment yield. In addition, these lands are located in lower elevations with higher rainfall intensity and amount. Therefore, human activities, precipitation, land use, and topography are responsible for the differences in soil erosion and the contribution of the potential sediment sources in the study area. The results of soil erosion estimation and identifying the areas with the highest soil erosion rates using the $G2_{loss}$ model combined with the results of sediment fingerprinting using geochemical tracers makes appropriate information to be used in large scale management.

References

1. Alamdari, P., Nematollahi, O., Alemrajabi, A.A., 2013. Solar energy potentials in Iran: A Review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 21, 778-788.
2. Borrelli, P., Robinson, D.A., Panagos, P., Lugato, E., Yang, J.E., Alewell, C., Ballabio, C., 2020. Land use and climate change impacts on global soil erosion by water (2015-2070). *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.* 117 (36), 21994-22001.
3. Chavoshi, S., Sulaiman, W.N.A., Saghafian, B., Sulaiman, M.N.B., Abd Mana, L., 2013. Flood prediction in southern strip of Caspian Sea Watershed. *Water Resour. Reg. Water Body.* 40(6), 593-605.
4. Dambroz, A.P., Minella, J.P., Tiecher, T., Moura-Bueno, J. M., Evrard, O., Pedron, F. A., ... Cerdan, O. 2022. Terrain analysis, erosion simulations, and sediment fingerprinting: a case study assessing the erosion sensitivity of agricultural catchments in the border of the volcanic plateau of Southern Brazil. *J. Soil. Sediment.* 1-18.
5. Durparish, M., Pahlavanravi, A., Gholami, H., 2019. Source apportionment of different land uses in sediment production of sand dunes using fingerprinting method (A case study: Gachin Iran). *J. Arid Biome. Sci. Res.* 9(1).
6. Feng, T., Chen, H., Polyakov, V.O., Wang, K., Zhang, X., Zhang, W., 2016. Soil erosion rates in two karst peak-cluster depression basins of northwest Guangxi, China: Comparison of the RUSLE model with ^{137}Cs measurements. *Geomorphology* 253, 217-224.
7. Gongora, V.R.M., Secco, D., Bassegio, D., Marins, A.C.D., Chang, P., Savioli, M.R., 2022. Impact of cover crops on soil physical properties, soil loss and runoff in compacted Oxisol of southern Brazil. *Geoderma Reg.* 31, December 2022, e00577.
8. Haji, Kh., Khaledi Darvishan, A., Mostafazadeh, R., 2022. Identification of erosion critical areas based on soil erodibility and terrain influence factors in the Iranian part of the Caspian Sea Basin. *J. Agric. For.* 68 (2), 35-47.
9. Jeanneau, A., Herrmann, T., Ostendorf, B., 2021. Mapping the spatio-temporal variability of hillslope erosion with the G2 model and GIS: A case-study of the South Australian agricultural zone. *Geoderma* 402(2-3), 115350.
10. Karimi, N., Gholami, L., Kavian, A., Khaledi Darvishan, A., 2022. Separation of the relative contribution of different land covers in bed sediment yield in Vaz River using geochemical characteristics. *Water Manag. Res. J.* 35(4), 77-89.
11. Karydas, C.G., Bouarour, O., Zdruli, P., 2020. Mapping spatio-temporal soil erosion patterns in the Candelaro river basin, Italy, using the G2 Model with sentinel 2 imagery. *J. Geosci.* 10(89), 1-22.
12. Karydas, C.G., Panagos, P., 2016. Modelling monthly soil losses and sediment yields in Cyprus. *Int. J. Digit. Earth.* 9(8), 766-787.
13. Karydas, C.G., Panagos, P., 2018. The G2 erosion model: An algorithm for month-time step assessments. *Environ. Res.* 161, 256-267.
14. Lamba, J., Karthikeyan, K., Thompson, A., 2015. Apportionment of suspended sediment sources in an agricultural watershed using sediment fingerprinting. *Geoderma* 239, 25-33.
15. Lizaga, I., Latorre, B., Gaspar, L., Navas, A., 2020. Consensus ranking as a method to identify non-conservative and dissenting tracers in fingerprinting studies. *Sci. Total Environ.* 720, 137537.

16. Mohammadi, M., Khaledi Darvishan, A., Bahramifar, N., Alavi, S.J., 2023. Spatio-temporal suspended sediment fingerprinting under different land management Practices. *Int. J. Sediment Res.* pp, 1-34.
17. Mohammadi, M., Khaledi Darvishan, A., Dinelli E., Bahramifar, N., Alavi, S.J., 2021a. How does land use configuration influence on sediment heavy metal pollution? Comparison between riparian zone and sub-watersheds. *Stoch. Environ. Res. Risk Assess.* online: 26 August 2021.
18. Mohammadi, Sh., Balouei, F., Haji, Kh., Khaledi Darvishan, A., Karydas, C.G., 2021b. Country-scale spatio-temporal monitoring of soil erosion in Iran using the G2 model. *Int. J. Digit. Earth.* 14(8), 1019-1039.
19. Nascimento, R.C., Maia, A.J., da Silva, Y.J.A.B., Amorim, F.F., Do Nascimento, C.W.A., Tiecher, T., ... da Silva, Y.J.A.B., 2023. Sediment source apportionment using geochemical composite signatures in a large and polluted river system with a semiarid-coastal interface, Brazil. *Catena* 220, 106710.
20. Navas, A., Lizaga, I., Santillán, N., Gaspar, L., Latorre, B., Dercon, G., 2022. Targeting the source of fine sediment and associated geochemical elements by using novel fingerprinting methods in proglacial tropical highlands (Cordillera Blanca, Perú). *Hydrol. Process.* 1-17.
21. Panagos, P., Ballabio, C., Borrelli, P., Meusburger, K., 2016. Spatio-temporal analysis of rainfall erosivity and erosivity density in Greece. *Catena* 137, 161-172.
22. Panagos, P., Karydas, C.G., Ballabio, C., Gitas, I.Z., 2014. Seasonal monitoring of soil erosion at regional scale: An application of the G2 model in Crete focusing on agricultural land uses. *Int. J. Appl. Earth Obs. Geoinf.* 27, 147-155.
23. Parmar, S., Sharma, S.K., 2020. Estimation of soil loss and soil erodibility for different crops, nutrient managements and soil series. *Int. J. Pure Appl. Biosci.* 8(1), 204-212.
24. Polovina, S., Radić, B., Ristić, R., Kovačević, J., Milčanović, V., Živanović, N., 2021. Soil erosion assessment and prediction in urban landscapes: A new G2 model approach. *Appl. Sci.* 11(9), 4154.
25. Porto, P., Callegari, G., 2023. Relating ¹³⁷Cs and sediment yield from uncultivated catchments: the role of particle size composition of soil and sediment in calculating soil erosion rates at the catchment scale. *J. Soil. Sediment.*
26. R Core Team. 2020. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria.
27. USEPA., 1996. Microwave assisted acid digestion of siliceous and organically based matrices. OHW, Method 3052, Washington, DC, USA.
28. Walling, D.E., 2005. Tracing suspended sediment sources in catchments and river systems. *Sci. Total Environ.* 344, 159-184.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВКЛАДА ОСНОВНЫХ ВИДОВ ЗЕМЛЕПОЛЬЗОВАНИЯ В ЭРОЗИЮ ПОЧВ И ОБРАЗОВАНИЕ ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ В ЮЖНОЙ ЧАСТИ БАССЕЙНА КАСПИЙСКОГО МОРЯ

Х. Хадидже¹, К.Д. Абдулвахед¹, М. Рауф²

¹Университет Тарбиат Модарес, Нур, Иран

²Университет Мохагеха Ардабили, Ардебиль, Иран.

Аннотация. Вклад основных видов землепользования в эрозию почв и образование наносов в южной части бассейна Каспийского моря был изучен с использованием интеграции модели G2_{loss} и метода отложений. Результаты модели G2_{loss} показали, что самые высокие и самые низкие месячные значения эрозии почвы, составляющие 2,04 и 0,76 т га⁻¹, соответствуют октябрю и июню соответственно. Средние показатели эрозии почв для пастбищ, лесов и сельского хозяйства составили 30,47, 5,99 и 3,53 (т га⁻¹ год⁻¹) соответственно, что составило 73,77, 21,74 и 4,49% от общей годовой эрозии почв и 9,8, 4,4 и 85,5% стока наносов на исследуемой территории, соответственно. Наибольший вклад в образование донных отложений (59,97%) вносят сельскохозяйственные угодья с наименьшим растительным покровом (17,35%) по сравнению с лесами и пастбищами.

Ключевые слова: энтисолы, геохимические индикаторы, гирканский лес, инцептисолы, поправочный коэффициент на снег.

УДК 631.421:303.722.3

**МНОГОМЕРНОЕ ПРОСТРАНСТВО АГРОХИМИЧЕСКИХ И
БИОЛОГИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПОЧВ
(ВОЗМОЖНЫЙ ПОДХОД К АНАЛИЗУ)**

В.Ф. Артющкин¹, Т. Ю. Бортник², А.Ю. Карпова²

¹ФГАОУ ВО МГИМО (Университет), г. Москва, Россия

²ФГБОУ ВО Удмуртский ГАУ, Ижевск, Россия

e-mail: agrohim@udsau.ru

Аннотация. На основании полученных в длительном полевом опыте данных 2019-2021 гг. рассмотрена возможность использования метода многомерного шкалирования для оценки характера влияния агрохимических и биологических показателей дерново-подзолистых почв на их продуктивность.

Ключевые слова: дерново-подзолистые почвы, агрохимические свойства, биологические свойства, метод многомерного шкалирования.

В этой статье мы продолжаем показ результатов применения метода многомерного шкалирования для анализа зависимости урожайности сельскохозяйственных культур от комплекса агрохимических и биологических показателей почв [1].

Постановка проблемы. Метод многомерного шкалирования является междисциплинарным методом, который используется в исследованиях, связанных с необходимостью анализа объектов с большим количеством разнородных показателей. Причем механизмы влияния показателей на результирующий признак могут быть неясны, но теоретически предположительны [2]. Суть метода заключается в визуальном анализе плоской (двумерной) модели расположения объектов, которая ставится в соответствие тому, как располагаются объекты в многомерном пространстве своих показателей. Визуальный (количественно-качественный) анализ двумерной модели структурного расположения объектов не имеет своей целью получение формализованного механизма пересчета значений показателей в значение результирующего признака. Однако он дает понимание характера влияния всего комплекса показателей на результирующий признак. Под характером мы понимаем структуру расположение множества объектов в пространстве множества своих показателей (в многомерном пространстве). Важным результатом является проявление не хаотического расположения объектов, а выстраивание их в виде какой-либо структуры. Проинтерпретировать

проявленную структуру двумерной модели, и предположить, какова она в многомерной модели, которую мы не можем увидеть – задача исследователя.

Если структурированность выявляется, и она увязывается с величиной результирующего признака, то становится обоснованным переход к другой задаче. Цель следующей задачи понять, можем ли мы использовать и как использовать анализируемую выборку для построения экспертной системы урожайности, например, на базе современных нейросетевых алгоритмов. Возможно ли построение такой экспертной системы, которая бы выполняла функцию помощника агронома при определении оптимального плана севооборота, подобно тому, как экспертные системы в медицине помогают врачу в диагностике заболеваний?

Исходные материалы. Мы предлагаем ознакомиться с результатами обработки исследований, которые проводились в длительном полевом опыте на землепользовании УНПК «Агротехнопарк» Удмуртского ГАУ в 2019 (ячмень), 2020 (клевер 1 года пользования), 2021 (клевер 2 года пользования) годах. Статистические выборки состояли из 17 ключевых площадок, на которых проводился анализ почвенного плодородия по 25 параметрам (гумус, рН_{KCl}, Нг, S, P₂O₅, K₂O, КОЕ различных групп микроорганизмов, коэффициент Мишустина, целлюлолитическая активность, дыхание почвы, нитрификационная способность, аммонифицирующая способность, азотминерализующая способность, активность некоторых почвенных ферментов, концентрация семи тяжелых металлов). Результирующий признак – урожайность, в построении плоских моделей не участвовал, он использовался для интерпретации полученных структур.

Результаты исследований. В первой выборке (2019 г.) по всем 17 площадкам отсутствуют измерения 8 показателей из 25, а измерения 7 тяжелых металлов есть только по 8 площадкам, а по 9 они отсутствуют. Но, несмотря на такую неоднородность выборки, приведем модель для всех 17 площадок по 17 показателям (рис. 1).

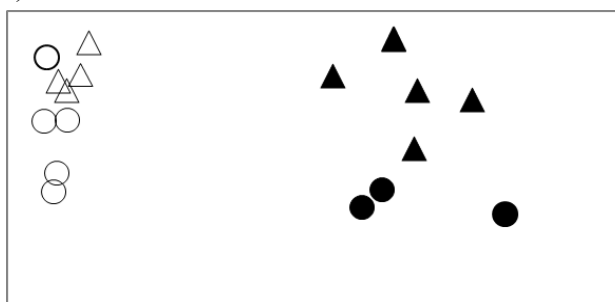


Рисунок 1. Модель для выборки 2019 г. по 17 показателям (с «пустотами»)

Уже отмеченная неоднородность выборки проявляется в выделении двух обособленных кластеров, что является некоторой проверкой на работоспособность метода многомерного шкалирования. Интересным также является рассмотреть расположение объектов внутри двух кластеров. Но сначала дадим пояснение обозначениям на рисунке 1. Объекты выборки по урожайности

были поделены только на две группы: с низкой урожайностью (обозначаются треугольниками), и с высокой (обозначаются кружочками). Фигуры у объектов с отсутствующими измерениями тяжелых металлов не закрашены, а с имеющимися измерениями закрашены. На рисунке видно, что внутри каждого кластера имеется разделение на группы по урожайности. Причем в группе с измерениями тяжелых металлов это разделение более явное, поэтому можно предположить, что значения концентрации семи тяжелых металлов улучшают картину для анализа зависимости урожайности от комплекса показателей.

Теперь попробуем искусственно нивелировать неоднородность выборки, т.е. заполнить отсутствующие измерения тяжелых металлов нами определенными значениями. Можно предположить несколько вариантов таких значений, например: минимальное из имеющихся измерений по конкретному металлу, максимальное, среднее и т.п., все они могут быть обоснованы только желанием проведения статистического эксперимента. Мы приведем результат, в котором пропущенные значения заменялись средними (рис. 2).

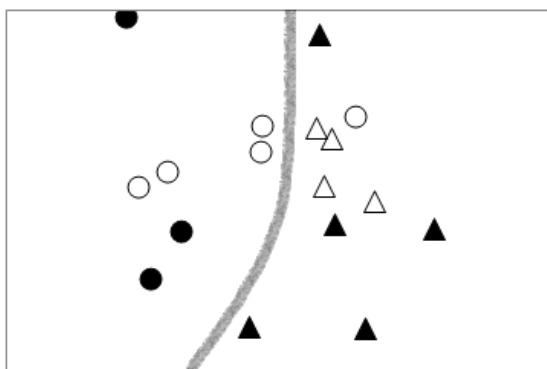


Рисунок 2. Модель для выборки 2019 г. по 17 показателям с «пустотами», замененными средними значениями

Этот результат ценен для нас тем, что кластеры, проявленные на рисунке 1, смешиваются так, что все равно можно провести (за исключением одного объекта) разграничение между расположением объектов по урожайности.

Перейдем к анализу выборки 2020 г. с посевами клевера 1 года пользования (рис. 3).

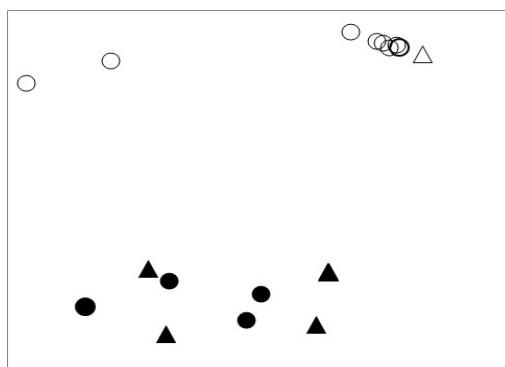


Рисунок 3. Модель для выборки 2020 г. по 23 показателям с «пустотами».

Система обозначений сохраняется. Из рассмотрения были исключены параметры, по которым отсутствовали измерения, но объекты у которых имелись «пустоты», не исключались. Опять мы видим явное присутствие двух кластеров, в каждом из которых наблюдается структурирование. Для объектов с «пустотами» тот, который имеет наименьшую урожайность, занимает крайнюю позицию, а для объектов с полным набором данных есть как внешний контур с меньшей урожайностью, так и внутренний блок с высокой.

Для выборки 2021 г. ситуация с неоднородностью выборки остается. Мы приведем результат только для «урезанной» выборки, т.е. той, которая осталась после исключения показателей и объектов, где было хотя бы одно отсутствующее значение. Выборка таким образом сократилась до 10 объектов и 15 показателей. Это является вынужденным шагом, приводящим к сокращению объема статистического материала, который, наоборот, должен увеличиваться, потому что наши выводы по сути имеют асимптотический характер, т.е. доказываются при большом количестве объектов. И тем не менее, приведем данные полученной модели (рис. 4).

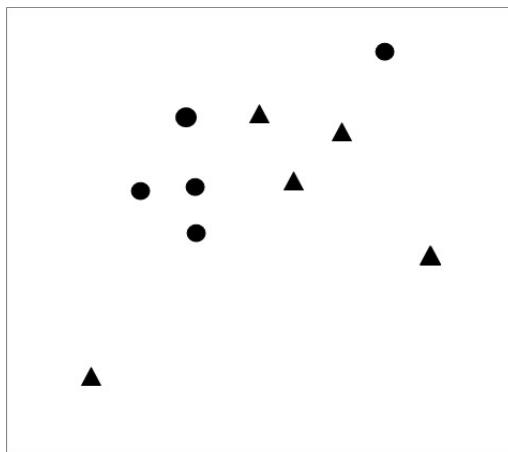


Рисунок 4. Модель для выборки 2021 г. по 15 показателям и 10 объектам

Большинство объектов структурируются в разделяемые кластеры, за исключением двух. К сожалению, не имеет смысла создать полноценную объединенную выборку за три года, поскольку каждая из них имеет свои проблемы. Объединенная выборка была бы меньше каждой из них по количеству точек и показателей, а мы должны проверять наши гипотезы на больших выборках.

Заключение. Отдельный анализ трех выборок позволяет нам сделать важные выводы:

- включение тяжелых металлов в комплекс показателей улучшает структурность моделей;
- метод многомерного шкалирования дает полезные результаты даже в условиях отсутствия значений некоторых показателей;
- даже на малых выборках прослеживается возможность разделения объектов, что может служить основанием использования предложенного

комплекса показателей для построения системы распознавания, построенной на современных нейросетевых алгоритмах.

Литература

1. Артюшкин В.Ф. Место БРИК в экономической и политической структуре мира (возможности применения метода визуализации многомерных структур) // Вестник МГИМО-Университета. 2010. № 1. С. 51-53.
2. Bortnik T. Yu., Artyushkin V. F. , Karpova A. Yu. Structural analysis of the productivity sample on a variety of factors characterizing soil fertility (a possible approach to the solution) // Earth and Environmental Science, Volume 862, The VIII Congress of the Dokuchaev Soil Science Society 19-24 July 2021, Syktyvkar, Komi Republic, Russian Federation.

MULTIDIMENSIONAL SPACE OF AGROCHEMICAL AND BIOLOGICAL INDICATORS OF SOILS (POSSIBLE APPROACH TO ANALYSIS)

V.F. Artyushkin¹, T.Yu. Bortnik², A.Yu. Karpova²

¹Department of Mathematics, Econometrics and Information Technology, the Moscow State Institute of International Relations (University) of the Ministry of Foreign Affairs of the Russian Federation

²Department of Agrochemistry, Soil Science and Chemistry, the Udmurt State Agrarian University, Izhevsk, Russian Federation

Abstract. The possibility of using the multidimensional scaling method to assess the nature of the influence of agrochemical and biological indicators of sod-podzolic soils on their productivity is considered on the basis of data obtained in a long-term field experiment in 2019-2021.

Keywords: sod-podzolic soils, agrochemical properties, biological properties, multidimensional scaling method.

References

1. Artyushlin V.F. The place of BRIC in the economic and political structure of the world (possibility of applying the method of visualization of multidimensional structures)/ V.F. Artyushlin // MGIMO Review of International Relations. 2010. № 1. P. 51-53.
2. Bortnik T. Yu., Artyushkin V. F. , Karpova A. Yu. Structural analysis of the productivity sample on a variety of factors characterizing soil fertility (a possible approach to the solution) // Earth and Environmental Science, Volume 862, The VIII Congress of the Dokuchaev Soil Science Society 19-24 July 2021, Syktyvkar, Komi Republic, Russian Federation.

УДК631.417.2; УДК 631.432.22

ХАРАКТЕРИСТИКА СВЯЗИ МЕЖДУ ВЛАЖНОСТЬЮ ПОЧВЫ И СТЕПЕНЬЮ ГУМИФИКАЦИИ ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ Q-MODEL

Д.Р. Бардашов¹, А.Ю. Юрова²

¹ФГБНУ ФИЦ Почвенный институт им. В.В. Докучаева, Москва, Россия

²Northwest Institute of Eco-Environment and Resources, State Key Laboratory of the Frozen Soil Engineering, Китай

e-mail: bardash@mail.ru

Аннотация. Исследованы взаимосвязи между степенью гумификации, легкостью минерализации почвенного органического вещества и влажностью почвы за счет сравнения эмпирических данных и результатов модельного эксперимента для черноземов Центрально-Черноземного заповедника.

Ключевые слова: устойчивость органического вещества, математическая модель.

Введение. Черноземы лесостепи являются одними из самых богатых почв по содержанию органического углерода в мире, несмотря на их длительную историю хозяйственного использования [6]. Содержание почвенного органического вещества (ПОВ) в гумусовом горизонте черноземов весьма высоко и варьируется в широких пределах, в среднем достигая 4-5% [1].

Стабилизация органических соединений в почве контролируется абиотическими факторами, а также гидротермическими условиями – температурой и влажностью почвы, определяющих активность микробиологической трансформации ПОВ. Для характеристики термодинамической стабильности ПОВ принято говорить о степени гумификации органического вещества, выражающей отношение углерода гуминовых кислот к валовому содержанию углерода в почве [3]. Степень гумификации связана с биоклиматическими условиями, наряду с литологическими.

Оптический индекс, позволяющий оценить степень гумификации [5] основан на соотношении поглощения при двух длинах волн (600 и 400 нм) ($\Delta \log K$) 0,1 М раствора NaOH. Более низким значениям индекса соответствует большая глубина и степень гумификации.

Нами были исследованы взаимосвязи между степенью гумификации, выраженной значениями оптических индексов, легкостью минерализации органического углерода и влажностью почвы посредством сравнения данных полевых и лабораторных опытов и результатов модельного эксперимента для черноземов Центрально-Черноземного заповедника, формирующих ландшафтную катену (вершина склона – западина). Исследуется возможность связи модельной переменной с описанными оптическими индексами.

Материалы и методы. Участок исследования расположен на территории Центрально-Черноземного заповедника. Формы микрорельефа представлены западинами и эрозионными врезами. Среднегодовая температура +5,7°C, количество осадков 602 мм. Почвообразующие породы — среднесуглинистые лессовидные суглинки Доминирующее растительное сообщество - разнотравно-луговая степь. Черноземы выщелоченные занимают хорошо дренируемые поверхности междуречий и склонов, оподзоленные распространены в нижних частях склонов, черноземы типичные и лугово-черноземные почвы – в днищах западин.

На ключевом участке было сделано 35 буровых скважин. Пробы отбирались до глубины 1 м с шагом 10 см. $C_{\text{орг}}$ определяли методом Тюрина. Степень гумификации оценивалась по индексам гумификации $\frac{A_{400}}{A_{600}} = \Delta \log K$ – отношение оптической плотности раствора при длинах волн 400 и 600 нм и A_{600}/C – отношение оптической плотности при длине волны 600 нм к запасам

С_{орг.} Экстракцию гуминовых кислот проводили по методике Кононовой и Бельчиковой [2]. Оптическую плотность определяли на спектрофотометре Agilent Cary 60.

Для модельной оценки скорости разложения и темпов изменения качества органического вещества почвы использовалась Q-Model [4]. ПОВ характеризуется распределением по непрерывной переменной качества со средним значением $q(t)$ [0,1], которая характеризует его доступность разложению. Качество органического вещества единицы опада, поступающей в почву, определяется как:

$$q(t) = \frac{q_0}{[1 + \beta \eta_{11} f_c u_0 q_0^\beta t]^{1/\beta}} \quad (1)$$

Запасы углерода $C(t)$ через t лет после начала поступления опада:

$$C(t) = \frac{I_0}{f_c \eta_{11} u_0} \int_{q_0}^{q_0} \left[\frac{q}{q_0} \right]^{\frac{1-e_0}{\eta_{11} e_0}} \frac{dq}{q^{\beta+1}} \quad (2)$$

Где q_0 – исходное качество единицы опада, u_0, β – параметры, связанные с продуктивностью почвенного микробиоценоза и f_c – концентрация углерода в микробной биомассе. $u(q, t)$ описывает активность микробиоценоза. e_0 – доля минерализованного органического вещества. $\eta_{11}(q)$ – темп снижения качества. $I_0 = 0,9 \text{ кг/м}^2$ [4] – скорость поступления опада в почву. Значения параметров согласно [4]. Мы ввели влагозависимый коэффициент r_{moist} функции $u(q, t)$:

$$r_{moist} = 8,8338 \times \theta_s - 4,1313 \quad (3)$$

где θ_s – влагонасыщенность почвы.

Для характеристики гидротермических условий нами был использован численный алгоритм климатической модели INMCM []. Физические свойства почв взяты из материалов собственных полевых исследований. Для имитации латерального стока была использована модель SIMWE [7].

Продолжительность модельных экспериментов для Q-модели составила 25 лет и 200 лет – среднее времени пребывания органического углерода в толще 0-10 см и периоду достижения равновесного состояния аккумуляции органического углерода в почвенном профиле [6], соответственно. Для характеристики степени гумификации в модельном эксперименте была использована величина предела снижения качества (quality cutoff - QC) (рис. 2б).

Результаты. Результаты модельных экспериментов показывают высокую сходимость с полевыми данными определения запасов органического углерода в метровой толще в исследуемых почвах, характеризующихся различным водным режимом (рис. 1).

Предел снижения качества ПОВ (QC) (рис. 2а), отражающий модельную переменную теоретической максимальной степени гумификации, составляет 0,7 – 0,687 – 0,667 для почв в ряду чернозем выщелоченный – оподзоленный – типичный и линейно зависит от значений A_{600}/C и $\Delta \log K$ (табл.). $\Delta \log K$ мало меняется для черноземов, целесообразно использовать индекс A_{600}/C .

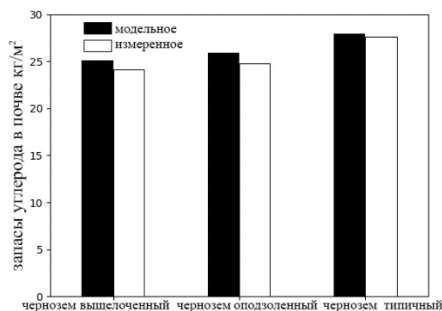


Рисунок 1. Запасы углерода в почве по данным 200-летней модельной симуляции (достижение равновесного состояния) и по результатам измерений

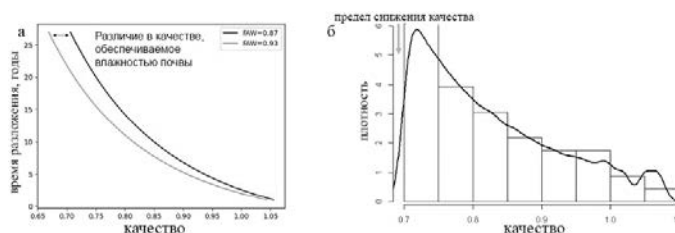


Рисунок 2. (а) Снижение качества ПОВ со временем для одной когорты при двух различных значениях влажности почвы и (б) распределение вероятностей качества ПОВ в рамках 25-летней симуляции разложения ОВ с помощью Q-модели (столбцы) и эмпирической функции плотности вероятности (линия)

Таблица

Эмпирические и теоретические показатели степени гумификации, связь между ними и соответствующими условиями увлажнения для исследованных почв

Название почв, КиДПР, 1977	θ_s	$\Delta \log K$	A_{600}/C	QC	$QC/\Delta \log K$	$QC/A_{600}/C$
Чернозем выщелоченный	0,545	0,552	3,8	0,700	0,52	-4,6
Чернозем оподзоленный	0,559	0,528	7,0	0,687	0,52	-4,3
Чернозем типичный	0,567	0,489	11,2	0,667	0,52	-4,5

По результатам модельных экспериментов было показано, что с увеличением влажности почвы выравнивание (выход на плато) кривой темпа снижения качества почвенного органического вещества при его физико-химической стабилизации происходит ниже по шкале качества, когда органическое вещество почвы характеризуется большей устойчивостью к разложению и более высокой степенью гумификации (рис. 2б). С возрастанием влажности почвы глубина трансформации ПОВ возрастает, таким образом, достижение его химической или физической стабилизации требует больше шагов.

Выводы и предложения. Нами была проведена модификация Q-model [6] – модели разложения органического углерода – за счёт введения блока, оценивающего вклад влажности почвы в разложение почвенного органического вещества (ПОВ). Показана важность учета влажности почвы при моделировании процессов разложения ПОВ.

Для характеристики степени гумификации при помощи модели разложения органического углерода в почве была предложена величина предела снижения качества (quality cutoff - QC) – специфический модельный индекс гумификации, демонстрирующий высокую сходимость с эмпирическими индексами.

Для черноземов предложен эмпирический индекс гумификации A_{600}/C . Широко используемый индекс гумификации $\Delta \log K$ оказался менее надежным, так как он достигает своего предела и мало меняется для богатых гумусом почв.

Исследование выполнено при поддержке РФФ проект №22-77-10062.

Литература

1. Аветов Н.А. и др. Национальный атлас почв Российской Федерации. 2011. 631 с.
2. Кононова М.М., Бельчикова Н.П. Ускоренные методы определения состава гумуса минеральных почв // Почвоведение. 1961. №. 10. С. 75-87.
3. Орлов Д.С., Бирюкова О.Н., Суханова Н.И. Органическое вещество почв Российской Федерации. 1996.
4. Ågren G.I., Bosatta E. Quality: a bridge between theory and experiment in soil organic matter studies // Oikos. 1996. С. 522-528.
5. Ikeya K., Watanabe A. Direct expression of an index for the degree of humification of humic acids using organic carbon concentration // Soil science and plant nutrition. 2003. Т. 49. №. 1. С. 47-53.
6. Kurganova I. et al. Mechanisms of carbon sequestration and stabilization by restoration of arable soils after abandonment: A chronosequence study on Phaeozems and Chernozems // Geoderma. 2019. Т. 354. С. 113882.
7. Mitasova H. et al. Path sampling method for modeling overland water flow, sediment transport, and short term terrain evolution in Open Source GIS // Developments in water science. Elsevier, 2004. Т. 55. С. 1479-1490
8. Titlyanova A.A., Shibareva S.V. Productivity of herbaceous ecosystems: a handbook. Productivity of herbaceous ecosystems: a handbook. MBA: Moscow. 2020.
9. Volodin E. M., Lykosov V. N. Parametrization of heat and moisture transfer in the soil-vegetation system for use in atmospheric general circulation models: 1. Formulation and simulations based on local observational data // Izvestiya. Atmospheric and Oceanic Physics. 1998. Т. 34. №. 4. С. 405-416.

ESTIMATION OF THE RELATIONSHIP BETWEEN SOIL MOISTURE AND DEGREE OF ORGANIC MATTER HUMIFICATION USING Q-MODEL

D.R. Bardashov¹, A.Yu. Yurova²

¹FSBSI V. V. Dokuchaev Soil Science Institute of the Russian Academy of Sciences, Russia

²Northwest Institute of Eco-Environment and Resources, State Key Laboratory of the Frozen Soil Engineering, China

Abstract. We studied the relationships between the degree of humification, ease of mineralization of soil organic matter and soil moisture by comparing empirical data and the results of a model experiment for the soils within one group of grassland Chernozem soils of the Central Black Earth Nature Reserve.

Keywords: stability of organic matter, mathematical model.

References

1. Avetov N. A. et al. National Atlas of Soils of the Russian Federation. 2011. 631 p.
2. Ågren G. I., Bosatta E. Quality: a bridge between theory and experiment in soil organic matter studies // Oikos. 1996. С. 522-528.
3. Ikeya K., Watanabe A. Direct expression of an index for the degree of humification of humic acids using organic carbon concentration // Soil science and plant nutrition. 2003. Т. 49. №. 1. С. 47-53.
4. Kononova M. M., Belchikova N. P. Quick methods of determining the humus composition of mineral soils // Soviet Soil Science. 1961. Т. 12. С. 1112-1121.

5. Kurganova I. et al. Mechanisms of carbon sequestration and stabilization by restoration of arable soils after abandonment: A chronosequence study on Phaeozems and Chernozems //Geoderma. – 2019. Т. 354. С. 113882.
6. Orlov D. S., Biryukova O. N. N., Sukhanova N. I. Organic matter of soils of the Russian Federation. 1996.
7. Mitasova H. et al. Path sampling method for modeling overland water flow, sediment transport, and short term terrain evolution in Open Source GIS //Developments in water science. – Elsevier, 2004. Т. 55. С. 1479-1490
8. Titlyanova AA, Shibareva S V. 2020: Productivity of herbaceous ecosystems: a handbook. Productivity of herbaceous ecosystems: a handbook. MBA: Moscow.
9. Volodin E. M., Lykosov V. N. Parametrization of heat and moisture transfer in the soil-vegetation system for use in atmospheric general circulation models: 1. Formulation and simulations based on local observational data // Izvestiya. Atmospheric and Oceanic Physics. 1998. Т. 34. №. 4. С. 405-416.

УДК 631.421

ПРИМЕНЕНИЕ АНАЛИЗА СЕМИВАРИОГРАММ ДЛЯ ОЦЕНКИ ТВЁРДОСТИ АГРОДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ ПОЧВЫ ПРИ ВНЕСЕНИИ КОМПОСТА

С.В. Железова, Е.В. Степанова, К.В. Сергиенко

ФГБНУ ВНИИФ, Большие Вяземы, Московская область, Россия

e-mail: soferrum@mail.ru

Аннотация. Вариабельность показателя твёрдости агродерново-подзолистой почвы изучена в полевом опыте методом трансекты с применением прибора Плотномер почвы цифровой. Внесение компоста в дозах 50–70 т/га снижает твёрдость пахотного слоя почвы до 30% по сравнению с контролем.

Ключевые слова: твёрдость почвы, плотномер почвы цифровой, трансекта, семивариограмма, компост.

В современных технологиях точного земледелия применяется дифференцированный подход внесению удобрений и подкормок посевов [6]. Для оценки неоднородности почвы и посевов применяют методы геостатистики [7]. Основным инструментом анализа в геостатистике является вариограмма – график, описывающий зависимость среднего квадрата разности значений показателя (дисперсии) от расстояния между точками, где этот показатель был измерен [5].

В зоне распространения дерново-подзолистых почв часто наблюдается явление так называемого «пестрополя», когда свойства почвы варьируют на малых расстояниях [4]. Выявить это варьирование в полевых условиях можно применяя метод трансект. Твёрдость почвы и сопротивление пенетрации – динамичный признак, так как зависит от влажности почвы в момент измерения, а для сельскохозяйственных почв также зависит от способа обработки почвы [1, 2]. В то же время, при оптимальной влажности и в условиях равновесной плотности твёрдость сопротивления пенетрации – относительно стабильный признак, по которому можно сравнивать отдельные участки поля между собой.

Цель исследования: методом трансекты оценить вариабельность и пространственную неоднородность твёрдости агродерново-подзолистой почвы в условиях полевого опыта при внесении разных доз органического компоста.

Объекты и методы исследования. Исследования проведены в мае 2023 г. на опытном поле на территории отдела полевых испытаний ФГБНУ ВНИИФ в Одинцовском районе Московской области. Площадь опыта 0,7 га. Почва: агродерново-подзолистая среднесуглинистая, слабоокультуренная, содержание гумуса 2,5%, рНводн. 5,8, ЕКО 12 мг-экв /100 г почвы. Гранулометрический состав: пылеватый суглинок с редкими включениями мелкого хряща. Обработка почвы традиционная: зяблевая вспашка (осенью предшествующего года) на глубину 20 см отвальным плугом ПН-4-35, весенняя культивация дисковым культиватором на глубину 18–20 см с одновременным внесением органического компоста согласно схеме опыта в дозах 0, 30, 50, 60 и 70 тонн/га. Опыт заложен в двукратной повторности, двухъярусно, размер опытных площадок 1,5*2 м (заложено 50 площадок с пятью различными овощными культурами). Твёрдость поверхностного (0–60 см) слоя почвы измеряли в трансекте длиной 160 м, расположенной на пологом склоне южной экспозиции, уклон менее 2°. Там, где трансекта пересекала делянки опыта, шаг трансекты составлял 1 м, за пределами опыта вниз по склону шаг трансекты составлял 2,1 м. Влажность (весовая) пахотного слоя почвы в момент измерения была на уровне 8–11%, что соответствует состоянию недостаточного запаса влаги в почве в начале вегетационного сезона. Твёрдость измеряли прибором «Плотномер почвы цифровой SAS Soil S600», оснащённым GPS-приемником [3]. Прибор записывает в память координаты точек и результаты измерений в виде импортируемого текстового файла. Предобработку результатов проводили в программе excel MS Office, для построения семивариограмм использовали программу Surfer.

Результаты и обсуждение. По трансекте общей длиной 160 м было выделено три зоны: верхняя, центральная и нижняя часть склона. Твёрдость почвы (слоя 0–61 см) в целом увеличивается в направлении вниз по склону (рис. 1). Подплужная подошва была достоверно выявлена в слое почвы 21–30 см в центральной части склона, здесь твёрдость почвы была выше на 30% по сравнению со средним значением для данного слоя по всему массиву данных.

Внесение компоста в пахотный слой почвы с заделкой дисковым культиватором в 1,5–2 раза снижало твёрдость почвы. Но это проявляется при дозах компоста 50 т/га и выше, при дозе 30 т/га твёрдость почвы не отличалась от контроля без компоста (рис. 2).

Анализ семивариограмм и распределения твёрдости почвы был проведён для всего массива данных. Выявлено существенное варьирование показателя твёрдости почвы, причём распределение свойства не подчиняется нормальному закону. Было показано, что практически для всех выделенных отдельных слоёв почвы (0–5, 0–20, 21–30, 31–45), так же, как и для усреднённых значений по слою 0–61 см применима линейная модель вариограммы (рис. 3). Исключение

составляет слой почвы 46–61 см, здесь можно применить как линейную, так и сферическую модель. В то же время для набора дат из слоя 46–61 см выявляется наиболее высокий наггет-эффект (вероятно влияние двучленных отложений).

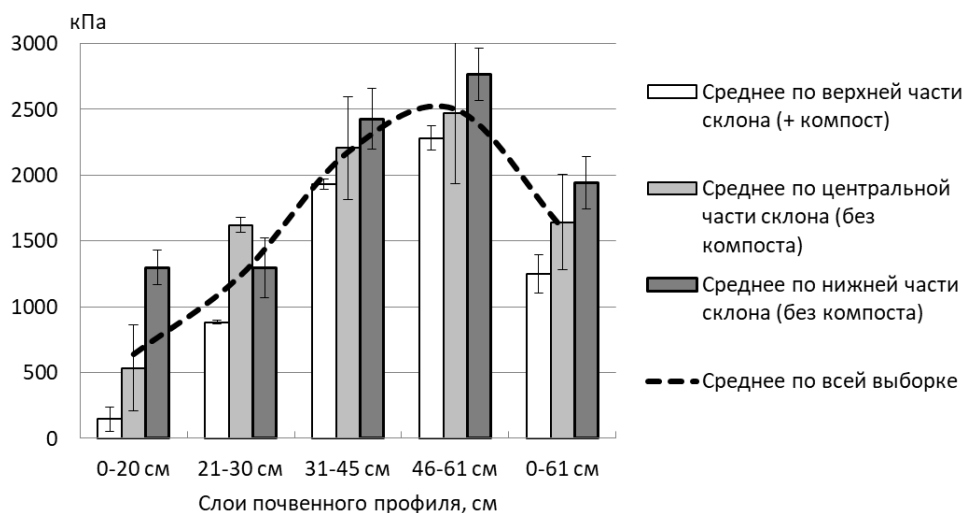


Рисунок 1. Сопоставление показателя твёрдости почвы в разных слоях в зависимости от местоположения на склоне

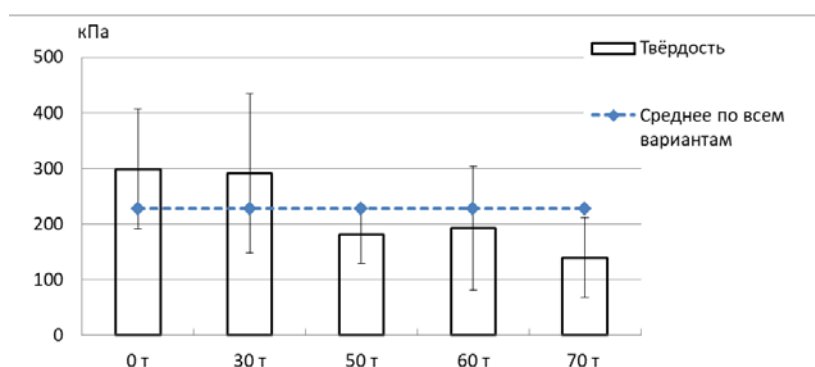


Рисунок 2. Снижение твёрдости пахотного слоя почвы (0–20 см) при внесении компоста в дозах от 0 до 70 т/га

Согласно рекомендациям по оценке твёрдости почвы от производителя прибора «Плотномер почвы цифровой SAS Soil S600» в нашем случае твёрдость была уровне или немного превышающей оптимальные значения (не более 2000–3000 кПа). Твёрдость при сопротивлении проникновению щупа прибора в почву лишь в отдельных точках в нижней части почвенного профиля превышала 4000 кПа. Верхний слой почвы был пересушенным и достаточно рыхлым, так что измеряемый показатель прибора не превышал показателя 1500 кПа, а при внесении компоста – 500 кПа.

На данном поле в полевом эксперименте выращиваются овощные культуры, которые очень чувствительны к переуплотнению почвы. Для оценки влияния компоста на рост овощных культур в течение вегетационного сезона проводится мониторинг нарастания биомассы растений по всем вариантам опыта.

Эти данные будут сопоставлены с показателями твёрдости почвы, что позволит выбрать оптимальные дозы компоста для данных почвенных условий.

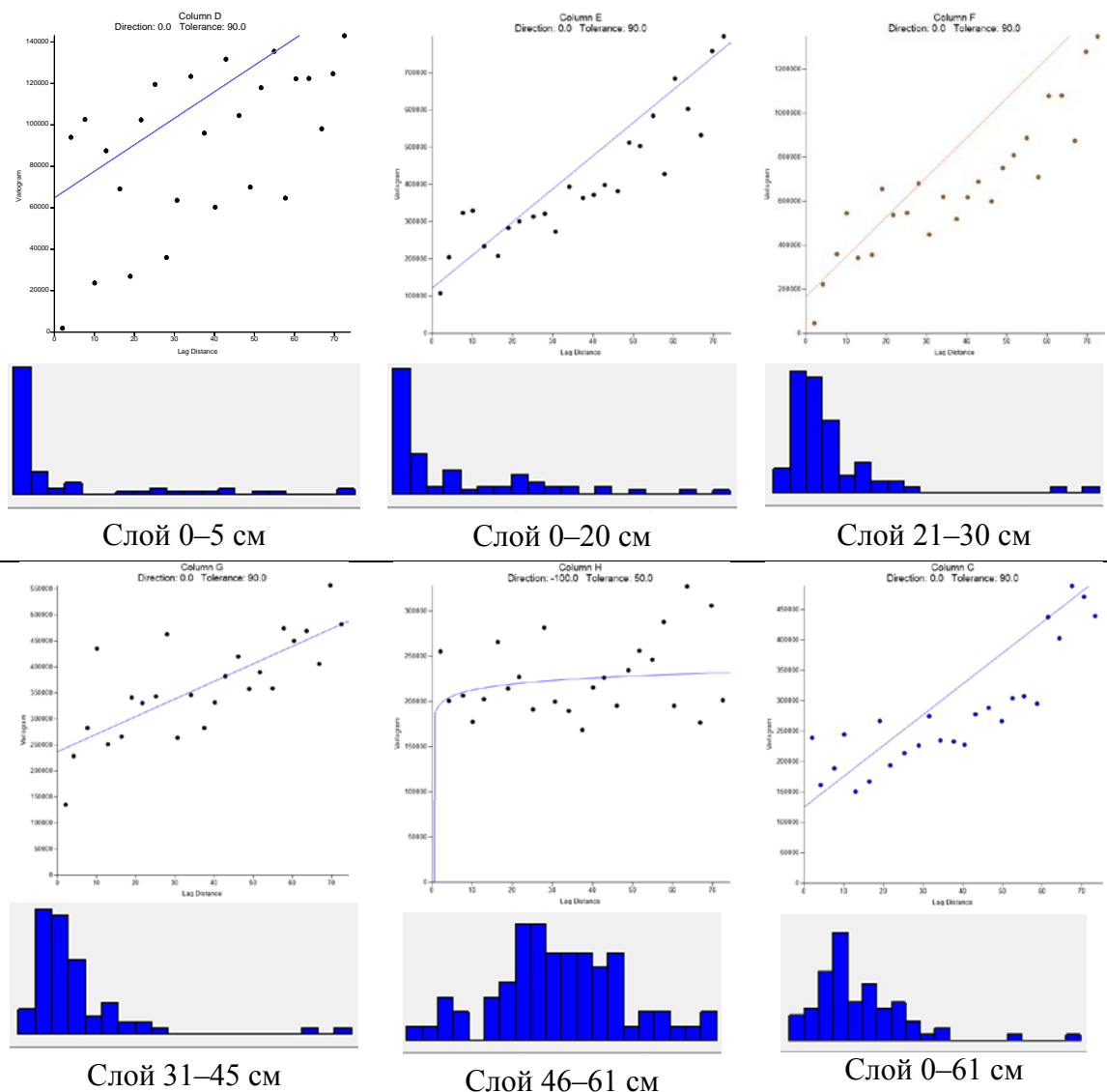


Рисунок 3. Семивариограммы и гистограммы распределения твёрдости почвы по отдельным слоям почвенного профиля в пределах трансекты длиной 160 м

Заключение. Первичный пространственный анализ твёрдости почвы опытного поля, проведённый методом трансекты на пологом склоне, демонстрирует высокую вариабельность показателя твёрдости почвы, зависимость этого показателя от положения на склоне и наличие плужной подошвы в центральной части склона. Применение компоста в дозах более 50 т/га снижает твёрдость пахотного слоя почвы на 30%, что является благоприятным для роста овощных культур, наиболее чувствительных к твёрдости почвы.

Благодарности. Работа выполнена в рамках реализации комплексного проекта по созданию высокотехнологичного производства, предусмотренного постановлением Правительства РФ от 09.04.2010 №218 по теме "Высокотехнологичное производство грунтов методами инновационной

переработки отходов" (Контракт № 075-11-2021-059 от «24» июня 2021 г., идентификатор государственного контракта 000000S407521QL90002).

Литература

10. Железова С.В., Ананьев А.А., Беленков А.И., Гурова Т.А. Твёрдость пахотного слоя почвы при традиционной, минимальной и нулевой обработке // М-лы II Междунар. науч. конф. «Тенденции развития агрофизики: от актуальных проблем земледелия и растениеводства к технологиям будущего». С-Пб.: ФГБНУ АФИ, 2019. С. 67–74.
11. Железова С.В., Мельников А.В., Беленков А.И. Урожайность озимой пшеницы и ярового ячменя на дерново-подзолистой почве при длительном применении традиционной и ресурсосберегающей обработки // Кормопроизводство. 2019. № 10. С. 14–19.
12. Плотномер почвы цифровой SAS Soil S600 с GPS. Он-лайн ресурс: <https://agroselena.ru/shop/product/plotnomer-pochvy-tsifrovoy-sas-soil-s600-s-gps/> [дата обращения 21.05.2023].
13. Самсонова В.П. Пространственная изменчивость почвенных свойств: На примере дерново-подзолистых почв // М.: Изд-во ЛКИ, 2008. 160с.
14. Сидорова В.А., Жуковский Е.Е., Лекомцев П.В., Якушев В.В. Геостатистический анализ характеристик почв и урожайности в полевом опыте по точному земледелию // Почвоведение. 2012. № 8. С. 879–888.
15. Точное сельское хозяйство (Precision Agriculture). Под общ. ред. Шпаара Д., Захаренко А.В., Якушева В.П. // С-Пб., Пушкин, 2009. 400 с.
16. Geostatistical Applications for Precision Agriculture. Oliver M. A. (Ed.) // Springer. 2010. XIV. 331 p.

SEMIVARIOGRAM ANALYSIS FOR ASSESS THE HARDNESS OF AGRO-PODZOLIC SOIL FOR APPLICATION OF COMPOST

S.V. Zhelezova, E.V. Stepanova, K.V. Sergienko

All-Russian Research Institute of Phytopathology, Bolshie Vyazemy, Moscow reg., Russia

Abstract. The variability of the hardness index of agrodernovo-podzolic soil was studied in the field experiment by the transect method using the digital Soil Density meter device. Composting in doses of 50-70 t/ha reduces the hardness of the arable soil layer by up to 30% compared to the control.

Keywords: soil hardness, digital soil penetrometer, transect, semivariogram, compost

References

1. Zhelezova S.V., Ananyev A.A., Belenkov A.I., Gurova T.A. Hardness of the arable soil layer under traditional, minimal and zero processing // II International Scientific Conference "Trends in the agrophysics: from actual problems of agriculture and crop production to technologies of the future". S-Pb.: FGBNU AFI, 2019. P. 67-74.
2. Zhelezova S.V., Melnikov A.V., Belenkov A.I. Productivity of winter wheat and spring barley on sod-podzolic soil with prolonged use of traditional and resource-saving treatment // Fodder Production. 2019. No. 10. P. 14-19.
3. Digital soil density meter SAS Soil S600 with GPS. Online resource: https://agroselena.ru/shop/product/plotnomer-pochvy-tsifrovoy-sas-soil-s600-s-gps / [accessed 21.05.2023].
4. Samsonova V.P. Spatial variability of soil properties: On the example of sod-podzolic soils // М.: LKI Publishing House, 2008. 160 p.
5. Sidorova V.A., Zhukovsky E.E., Lekomtsev P.V., Yakushev V.V. Geostatistical analysis of soil characteristics and yield in field experience in precision farming // Soil science. 2012. No. 8. P. 879-888.
6. Precision Agriculture. Spaar D., Zakharenko A.V., Yakushev V.P. (Ed.) // S-PB. Pushkin, 2009. 400 p.
7. Geostatistical Applications for Precision Agriculture. Oliver, M.A. (Ed.) // Springer. 2010. XIV. 331 p.

УДК 631.4

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ДИНАМИКИ ВЛАЖНОСТИ В ПРОФИЛЕ АГРОТЕМНО-СЕРОЙ ПОЧВЫ

М.А. Кондратьева, А.В. Сивкова

ФГБОУ ВО Пермский ГАТУ, г. Пермь, Россия.

e-mail: annsivkova184@gmail.com

Аннотация. По результатам моделирования, в течении всего июля 2022 г. объёмная влажность в гор. PU агротемно-серой почвы составила 0,22–0,28 см³/см³, возрастая вниз по профилю до 0,38–0,43 см³/см³. С 14 дня моделирования влажность на протяжении всего корнеобитаемого слоя была близка к влажности завядания 0,13 см³/см³. Среднеквадратическая ошибка прогноза для периодов наблюдений составила 0,0696 и 0,0742.

Ключевые слова: агротемно-серые почвы, водный режим почв, HYDRUS-1D.

Введение. Регулирование водного режима почв агроландшафтов является актуальной задачей в условиях изменяющегося климата. Одним из наиболее перспективных методов изучения динамики почвенной влажности является метод математического моделирования. В настоящее время разработано достаточное количество физически обоснованных моделей, обеспечивающих изучение передвижения влаги в системе «атмосфера – почва – растение» и позволяющих производить быстрое и адекватное оценивание условий влагообеспеченности культур по относительно небольшому набору входных параметров.

Целью исследования являлось изучение динамики влажности в профиле почвы под культурой картофеля в период вегетации методом математического моделирования.

Объекты и методы исследования. Моделирование динамики влажности выполнено для профиля агротемно-серой почвы. Разрез заложен на пашне в хозяйстве ООО «Овен» Суксунского района. Культура – картофель. Глубина разреза составила 120 см. Материнская порода – элювиально-делювиальная глина. Строение профиля имеет вид: PU–AUe–BEL–BM–C. Мощность гор. PU 30 см, ниже которого залегает осветлённый горизонт AUe. Почва имеет глинистый состав с содержанием физической глины 59–73 %. Содержание ила возрастает вниз по профилю от 26 в гор. PU до 48 % в породе.

Определение полевой влажности в профиле почвы производилось послойно через 10 см с интервалом 11 дней. Моделирование водного режима проведено с помощью программного пакета HYDRUS-1D [7]. Математическая обработка результатов исследования выполнена с использованием прикладной программы Excel.

Моделируемый период составлял 30 дней (июль 2022 г.). Шаг моделирования – 1 день. Метеорологические условия для расчета эвапотранспирации взяты с сайта Pogodaiklimat.ru. Данные по солнечной

радиации заимствованы из справочника [1] как средние значения суммарной солнечной радиации для июля, которые составили 19,79 МДж/м²/сут.

Движение влаги в почве описывается с помощью уравнения Ричардса, для описания зависимостей между давлением влаги, влажностью почвы и влагопроводностью использована модель ван Гунхтена-Муалема без учета гистерезиса [8, 9]. Почвенный профиль глубиной 120 см дискретизирован по горизонтам на 6 слоев.

Условие на поверхности предполагало влияние атмосферы с учетом поверхностного стока (Atmospheric BC with surface layer). Условие на нижней границе соответствует автоморфным почвам – свободный дренаж (Free Drainage). В качестве начальных условий использовались данные измерений полевой влажности почвы на 2 июля 2022 г. (табл. 1).

Таблица 1

Результаты полевых измерений влажности почвы в июле 2022 г.

Глубина взятия образца, см	Θ, см ³ /см ³		
	02 июля	13 июля	24 июля
0-10	0,56	0,22	0,17
10-20	0,28	0,25	0,19
20-30	0,26	0,24	0,21
30-40	0,38	0,31	0,34
40-50	0,40	0,38	0,28
50-60	0,39	0,41	0,32
60-70	0,34	0,40	0,31
70-80	0,37	0,34	0,27
80-90	0,53	0,24	0,28

Для описания водопотребление корнями растений использована модель Feddes [6]. Параметры поглощения воды корнями для картофеля заимствованы из базы данных для культур, интегрированной в HYDRUS-1D. Оптимальные условия для транспирации влаги картофелем складываются при в диапазоне давления влаги -25 – (-600) см. Влажность завядания (P₃) соответствует гидравлическому напору – 16000 см слоя.

Изменяющиеся условия на верхней границе заданы в виде посуточных величин осадков. За весь период моделирования было 3 дня с осадками: на 4 день выпало 1,3 см осадков, в 20 день – 1 см, на 22 день – 0,3 см.

Испарение с поверхности рассчитывается с помощью уравнения Пенмана-Монтейта [5] в соответствии с биометрическими параметрами культур (табл. 2). Распределение корней задавалось линейной функцией.

Таблица 2

Биометрические параметры растений [2]

Культура	Высота растений, см	Площадь листьев (LAI), м ² /м ²	Глубина корней, см
Картофель	50	1,96	60

Параметры уравнений водоудерживающей и влагопроводящей способности почв установлены с помощью педотрансферных функций и базы данных свойств почв ROSETTA, интегрированных в программный пакет HYDRUS-1D на основе данных о гранулометрическом составе почв, их плотности, а также гидрологических константах – наименьшей влагоемкости (НВ) и влажности завядания (ВЗ) [3].

Минимальная влажность Q_g в профиле почвы возрастает от $0,05 \text{ см}^3/\text{см}^3$ в гор. PU до $0,07\text{--}0,08 \text{ см}^3/\text{см}^3$ в минеральных горизонтах (табл. 3). Максимальная влажность Q_s близка значениям общей пористости и в гор. PU составляет $0,56 \text{ см}^3/\text{см}^3$, в остальной части профиля показатель находится в интервале $0,46\text{--}0,49 \text{ см}^3/\text{см}^3$. Параметр α – величина, обратная капиллярно-сорбционному давлению, приближающемуся к давлению входа воздуха [9], $0,029\text{--}0,003$. Крутизна падения кривой n , обусловленная распределением пор по размерам [9], варьирует в диапазоне $1,25\text{--}1,5$. Коэффициент фильтрации K_s в гор. PU составил $41\text{--}42 \text{ см/сут.}$, в горизонтах BM и C уменьшился до 12 и 5 см/сут. соответственно.

Таблица 3

Параметры моделей ван Генухтена и Генухтена–Муалема

Горизонты	Q_g , $\text{см}^3/\text{см}^3$	Q_s , $\text{см}^3/\text{см}^3$	Alpha, 1/см	n	K_s , см/день
PU (0–30)	0,0524	0,5644	0,0292	1,3227	40,7
AUe(30–40)	0,0916	0,4872	0,0260	1,2509	42,2
BEL1(40–51)	0,0860	0,4633	0,0219	1,2339	22,6
BM(51–84)	0,0762	0,4946	0,0030	1,4552	12,3
BC (84–111)	0,0829	0,5311	0,0117	1,3042	45,9
C (111–120)	0,0769	0,4907	0,0016	1,5100	4,9

Результаты исследований. Рисунок 1 демонстрирует результаты моделирования в виде профильного распределения влажности почвы в указанные периоды.

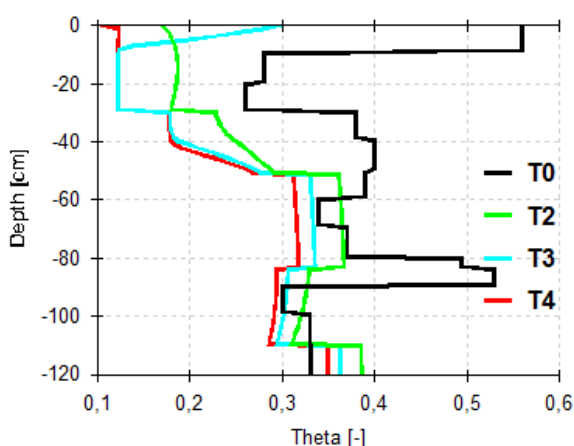


Рисунок 1. Профильное распределение объемной влажности ($\text{см}^3/\text{см}^3$) почвы на 1 (T0), 11 (T2), 22 (T3) и 30 (T4) дни моделирования

Объемная влажность θ в пределах пахотного слоя на начало периода моделирования изменялась от $0,58$ до $0,28 \text{ см}^3/\text{см}^3$, в срединной части профиля она

составляла 0,38–0,40, возрастая в слое 80–90 см до 0,49 см³/см³. Согласно данным моделирования, через 11 дней верхняя часть профиля, до глубины 20 см, была иссушена до значений θ 0,17–0,18 см³/см³. На 22 день моделирования объёмная влажность в гор. РУ понизилась до 0,12–0,24 см³/см³ и стала близка влажности завядания 0,13 см³/см³. Выпавшие накануне осадки смочили профиль лишь в пределах 10 см от поверхности, повысив влажность до 0,19 см³/см³. При этом влажность на нижней границе корнеобитаемого слоя в течении всего периода моделирования была не ниже 0,24–0,33 см³/см³. Влажность же более глубоких слоев профиля в течении всего месяца оставалась в пределах 0,32–0,38 см³/см³.

Оценка достоверности результатов моделирования производилась путем сравнения предсказанных значений с наблюдаемыми. Среднеквадратическая ошибка прогноза для периода наблюдений 13 июля составила 0,0696, для 24 июля – 0,0742.

Выводы. Полученная модель нуждается в оптимизации, так как занижает прогнозные значения влажности в пределах корнеобитаемого слоя. Снижение погрешностей моделирования возможно путем совершенствования почвенного экспериментального обеспечения.

Литература

1. Научно-прикладной справочник по климату СССР. Сер. 3. Многолетние данные. Ч. 1-6. Вып. 9. Л.: Гидрометеоздат, 1990. 416 с.
2. Савельев В.А. Картофель: монография / СПб.: Лань, 2022. 240 с.
3. Сивкова А.В., Кондратьева М.А. Гидрофизические свойства пахотных почв Кунгурской лесостепи // Всероссийская науч.-практ. конф. «Молодёжная наука – 2023: технологии и инновации», 2023 г.: в 3 т. Т. 1. Пермь: Изд-во «ОТ и ДО», 2023. С. 375–378.
4. Эггельсманн Р. Руководство по дренажу. М.: Колос, 1984. 247 с.
5. Allen R. G., Pereira L. S., Raes D., Smith M. Crop Evapotranspiration (guidelines for computing crop water requirements) // FAO Irrigation and Drainage. Paper No. 56. 1998. 300 p.
6. Feddes R. A., Kowalik P. J., Zaradny H. Simulation of field water use and crop yield. 1978. 188 p.
7. Radcliffe D.E., Simunek J. Soil Physics with HYDRUS. Modeling and Applications. Boca Raton, FL: CRC Press, 2010. 388 p.
8. Simunek J., Sejna M., Saito H., Sakai M., van Genuchten M. Th. The HYDRUS-1D software package for simulateng the one-dimensional movement of water, heat and multiple solutes in variablysaturated media. Riverside, CA: Department of Environmental Sciences, University of California. 2013. 315 p.
9. Van Genuchten M. Th. A closed-form equation for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soils // Soil Sc. Soc. Am. J. 1980. Vol. 44. P. 892–898.

MATHEMATICAL MODELING OF HUMIDITY DYNAMICS IN THE PROFILE OF AGRODARK GRAY SOIL

M.A. Kondratieva, A.V. Sivkova

Perm Agrarian and Technological University, Perm, Russia.

Abstract: According to the simulation results, throughout July 2022, the volumetric moisture content in the PU horizon of the agro-dark gray soil was 0.22–0.28 см³/см³, increasing down the profile to 0.38–0.43 см³/см³. From the 14th day of modeling, the moisture content throughout the entire root layer was close to the wilting moisture content of 0.13 см³/см³. The root mean square error for the observation periods was 0.0696 and 0.0742.

Key words: agro-dark gray soils, soil water regime, HYDRUS-1D.

References

1. Scientific and applied reference book on the climate of the USSR. Ser. 3. Long-term data. Ch. 1-6. Issue. 9. L.: Gidrometeoizdat, 1990. 416 p.
2. Saveliev V.A. Potato: monograph / St. Petersburg: Lan, 2022. 240 p.
3. Sivkova A.V., Kondratieva M.A. Hydrophysical properties of arable soils of the Kungur forest-steppe // All-Russian scientific-practical. conf. "Youth science - 2023: technologies and innovations", 2023: in 3 volumes. Vol. 1. P. 375-378.
4. Eggelsmann R. Guide to drainage. M.: Kolos, 1984. 247 p.
5. Allen R. G., Pereira L. S., Raes D., Smith M. Crop Evapotranspiration (guidelines for computing crop water requirements) // FAO Irrigation and Drainage. Paper No. 56. 1998. 300 p.
6. Feddes R. A., Kowalik P. J., Zaradny H. Simulation of field water use and crop yield. 1978. 188 p.
7. Radcliffe D.E., Simunek J. Soil Physics with HYDRUS. Modeling and Applications. Boca Raton, FL: CRC Press, 2010. 388 p.
8. Simunek J., Sejna M., Saito H., Sakai M., van Genuchten M. Th. The HYDRUS-1D software package for simulateng the one-dimensional movement of water, heat and multiple solutes in variabylsaturated media. Riverside, CA: Department of Environmental Sciences, University of California. 2013. 315 p.
9. Van Genuchten M. Th. A closed-form equation for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soils // Soil Sc. Soc. Am. J. 1980. Vol. 44. P. 892–898.

УДК 504.054

МЕТОДЫ МНОГОМЕРНОЙ СТАТИСТИКИ ДЛЯ ВЫДЕЛЕНИЯ ПАРАГЕНЕТИЧЕСКИХ АССОЦИАЦИЙ ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ И ИХ ИСТОЧНИКОВ В ГОРОДСКИХ ПОЧВАХ НА ПРИМЕРЕ ТАГАНРОГА

Е.Ю. Константинова, А.В. Барахов, Н.П. Черникова, Т.С. Дудникова, А.И. Барбашев, И.П. Лобзенко, С.Н. Сушкова

ФГАОУ ВО Южный федеральный университет, Ростов-на-Дону, Россия

konstantliza@gmail.com

Аннотация. Методами многомерной статистики проведена классификация тяжелых металлов и металлоидов в городских почвах Таганрога по источникам поступления. Показано, что распределение V-Fe-Ni-As варьирует незначительно, их уровень обусловлен составом почвообразующих пород. Основным источником Co-Cu-Pb в почвах Таганрога предположительно является черная металлургия. Группа Cr-Mn-Zn-Sr, вероятно, имеет смешанное происхождение.

Ключевые слова: тяжёлые металлы и металлоиды, корреляционный анализ, кластерный анализ, факторный анализ, городские почвы, источники загрязнения.

Одной из важнейших проблем устойчивого развития урбанизированных территорий является химическое загрязнение. В частности, долговременное антропогенное воздействие проявляется в изменении химического состава городских почв [2, 5]. В качестве приоритетных загрязнителей традиционно рассматриваются потенциально опасные для окружающей среды и здоровья населения тяжелые металлы и металлоиды (ТММ). Промышленность и транспорт служат ключевыми антропогенными источниками ТММ в городских почвах [1].

Характер и мощность производств, их размещение во многом определяют геохимическую специализацию почв [3].

Город Таганрог, площадью 83,1 км кв., находится в 60 км западнее Ростова-на-Дону на северном побережье Таганрогского залива Азовского моря. Город является вторым по величине в Ростовской области с населением 245,5 тыс. человек [4]. В городе расположен морской торговый порт; основу экономики составляют металлургия и машиностроение, деревообрабатывающая, химическая, металлообрабатывающая, легкая и пищевая промышленность. Результаты предварительных исследований показали, что почвы в импактной зоне предприятий машиностроения в Таганроге существенно загрязнены Cr, Zn, As, Cd, Pb [2], с чем связаны значимые экологические риски [6].

Цель работы состояла в определении источников поступления ТММ в городские почвы Таганрога с использованием комплекса методов описательной статистики, корреляционного, кластерного и факторного анализа.

Полевые почвенно-геохимические исследования проводились в 2021-2022 гг. в границах Таганрога. Участки опробования поверхностных горизонтов почв ($n = 83$) закладывались по регулярной сети. Отбор проб производился методом конверта на глубину 0-10 см. Валовое содержание V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, As, Sr и Pb в почвах определено в воздушно-сухих порошковых пробах почв методом рентгено-флуоресцентного анализа при помощи спектрометра Спектроскан Макс-GV «Спектрон» (Россия).

Обработка данных проведена в программном комплексе Statistica 12 (StatSoft, США). Вычислены описательные статистики содержаний ТММ, проведена оценка соответствия распределений нормальному по гистограммам частот и тестов Колмогорова-Смирнова и Лиллиефорса. Зависимости между содержаниями ТММ оценивались с помощью расчета выборочного коэффициента корреляции Пирсона (r). Парагенетические ассоциации элементов выделены на основе результатов кластерного анализа по методу Варда, в качестве меры сходства использовано расстояние 1-г. Критический уровень объединения для выборки $n = 83$ при $p < 0,05$ составил 0,784. Выявление источников поступления ТММ в почвы проводилось на основе факторного анализа извлечением главных компонент (с собственными значениями больше 1), выделенных ортогональным вращением по методу Варимакс нормализованных данных.

Распределения V, Co, Cu, As, Sr незначимо отличаются от нормального ($p > 0.05$). Логнормальному соответствует распределение Cu. По убыванию медианного содержания элементов можно построить следующий ряд: Fe (3,1%)> Mn (671,5 мг/кг)> Sr (166,4 мг/кг)> Zn (159,1 мг/кг)> Cr (130,6 мг/кг)> V (84,8 мг/кг)> Ni (48,4 мг/кг)> Cu (45,8 мг/кг)> Pb (28,3 мг/кг)> As (13,9 мг/кг)> Co (11,7 мг/кг). Значения коэффициентов вариации (CV) содержаний V, Fe, Ni, As, Sr не превышают 33% и характеризует выборки как однородные. Средние и медианные содержания этих элементов отличаются незначительно. Распределение элементов имеет симметричный характер; отклонения от линии нормального распределения

отмечаются в областях высоких и низких значений по малому числу наблюдений (рис. 1). Содержания остальных ТММ значительно варьируют, что отражает, главным образом, разнообразие антропогенных источников и дифференциацию их вклада в загрязнение почв. Согласно CV уровни Mn, Co, Cu оцениваются как неоднородные (CV 40–65%), вместе с тем, их медианы близки к средним значениям. Крайне гетерогенны распределения Cr, Pb, Zn, CV которых превышает 100%; их средние существенно выше медиан, что указывает на правостороннюю асимметрию. Распределение Co имеет мультимодальный характер; выраженной правосторонней асимметрией отличаются Cr, Mn, Cu, Zn, Pb; левосторонней асимметрией отличается Ni. На характер распределения Cr, Mn, Cu, Zn, Pb значительно влияет наличие нескольких экстремально высоких значений.

Высокая степень тесноты связи между двумя металлами указывает на сходный характер их поведения в почвах и общее происхождение. Анализ значений r показал, что наиболее тесно связаны Fe-Ni, характеризующиеся очень высокой силой связи ($r = 0,909$). Статистически значимые заметные ($0,5 < r < 0,7$) положительные корреляционные связи отмечаются между V-Fe, V-Ni, Cr-Mn, Mn-Sr, Fe-As, а отрицательные – между Co-As ($r = -0,524$). Положительные связи умеренной тесноты ($0,3 < r < 0,5$) наблюдаются между V-As, Cr-Zn, Mn-Fe, Mn-Cu, Mn-Zn, Mn-As, Mn-Pb, Co-Cu, Ni-Cu, Ni-As, Cu-Sr, Cu-Pb, Zn-Pb, As-Sr, As-Pb, а отрицательные – между V-Co ($r = -0,487$) и V-Zn ($r = -0,336$). Таким образом можно выделить следующие группы взаимосвязанных элементов: V-Fe-Ni-As, Cr-Mn-Zn-Sr, отдельно Co (отрицательно коррелирующий с первой группой), и Cu-Pb, положительно коррелирующие с элементами обеих групп.

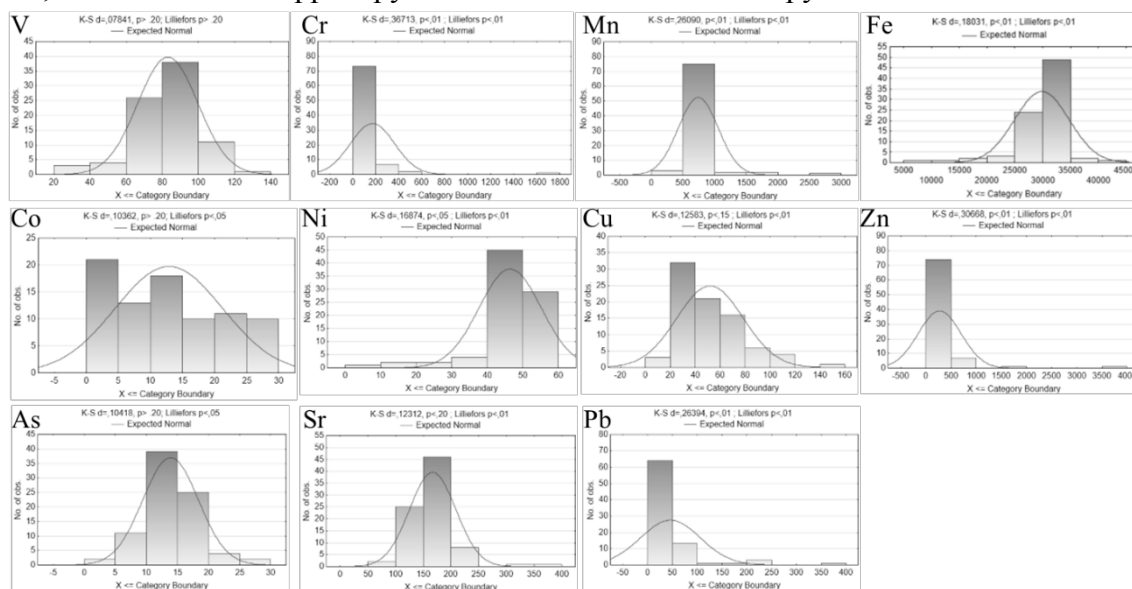


Рисунок 1. Гистограммы частот распределения элементов в почвах Таганрога

Значения r использованы в качестве меры расстояния объединения в кластерном анализе (рис. 2a). В поверхностных горизонтах городских почв выделены три полиэлементные ассоциации: Pb-Cu-Co, Zn-Sr-Mn-Cr и As-Ni-Fe-V.

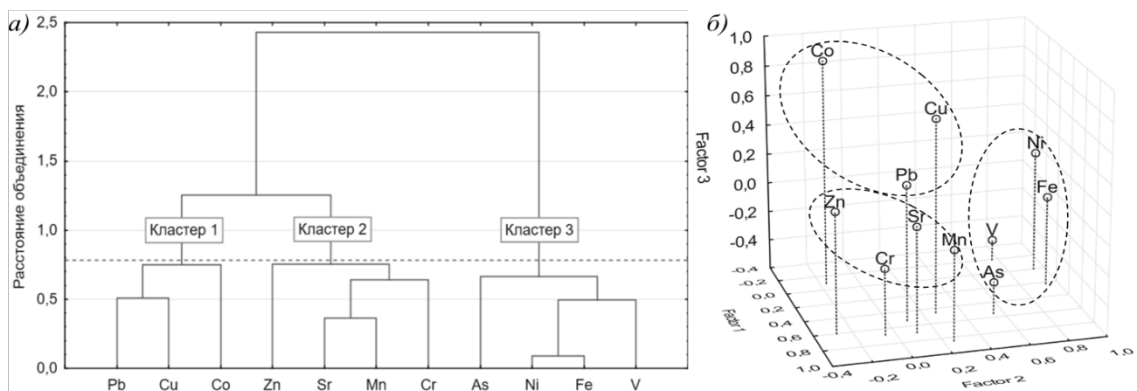


Рисунок 2. Парагенетические ассоциации элементов по результатам:
 а) кластерного анализа и б) факторного анализа

В кластер 1 группируются халькофильные элементы Cu, Pb и и сидерофильный Co, которые характеризуются малой подвижностью в аридных условиях, что обуславливает их повышенное содержание в степных почвах [3]. Вместе с тем, данная группа элементов характеризуется высокой технофильностью [1]. В соответствии с вышеизложенным, можно сделать вывод о том, что данная ассоциация имеет преимущественно антропогенное происхождение. В Таганроге основным источником данных элементов является черная металлургия. Кластер 2 состоит из элементов, отличных по особенностям миграции в ландшафтах: Sr и Mn относятся к сидерофильной группе элементов, Zn является типичным халькофилом, а Sr проявляет литофильные свойства. Вместе с тем, в аридных условиях данные элементы слабоподвижны и концентрируются в почвах [3]. Кластер 2 близок к кластеру 1. Элементы данной группы также характеризуются высокой технофильностью [1]. Исходя из анализа описательных статистик и многомерного анализа можно предположить, что элементы данной группы имеют смешанное происхождение. Кластер 3 объединяет литофильные – V и As, и сидерофильные элементы – Fe и Ni. В степных ландшафтах в слабощелочной и щелочной среде данные элементы слабоподвижны, связываются глинами, гидроксидами Fe, органическим веществом и карбонатами [3]. В городских почвах их уровень обусловлен составом почвообразующих пород.

Классификация элементов также проводилась на основе анализа главных компонент (ГК) (рис. 2б). Выявлены три ГК с собственными значениями 3,6, 2,6 и 1,6, соответственно, описывающие 70,9% изменчивости исходных данных. Первая ГК определяет 32,7% изменчивости исходных данных. Высокие положительные факторные нагрузки ($r > 0,7$) на ГК1 имеют Mn и Sr, средняя нагрузка ($0,7 > r > 0,5$) отмечается для Cr, Zn, As и Pb. Вторая ГК менее значима, поскольку объясняет 24% изменчивости, но содержит максимально высокие среди всех изучаемых элементов положительные нагрузки V, Fe, Ni. Также ГК2 характеризуется средними положительными нагрузками As. В третьей ГК, описывающей 14,2% общей изменчивости данных, высокие положительные нагрузки имеют Co и Cu.

Таким образом, применение комплекса методов многомерной статистики позволяет выделить взаимосвязи элементов и классифицировать их. Результаты показали, что в городских почвах распределение ряда ТММ характеризуется высокой гомогенностью, указывающей на их естественное происхождение при относительно низкой интенсивности техногенного поступления.

Исследование выполнено при поддержке Совета по грантам Президента РФ, проект МК-4654.2022.1.5.

Литература

1. Касимов Н.С., Власов Д.В. Технофильность химических элементов в начале XXI века // Вестник Московского университета. Серия 5. География. 2012. №. 1. С. 15-22.
2. Константинова Е.Ю., Лобзенко И.П., Черникова Н.П., Дудникова Т.С., Барбашев А.И. Влияние портового терминала и предприятий машиностроения на загрязнение тяжелыми металлами почв в городе Таганроге // Природа и общество: интеграционные процессы: материалы международной научно-практической конференции «Пятые ландшафтно-экологические чтения, посвященные Г. Е. Гришанкову». Севастополь, 12-16 сентября 2022 г. Симферополь: ИТ «АРИАЛ», 2022. С. 204–207.
3. Перельман А.И., Касимов Н.С. Геохимия ландшафта. М.: Астрейя-2000, 1999. 610 с.
4. Росстат. База данных показателей муниципальных образований. М., [2023]. URL: <https://www.gks.ru/dbscripts/munst/munst60/DBInet.cgi> (дата обращения: 18.07.2023).
5. Angelone M., Udovic M. Potentially harmful elements in urban soils // PHEs, Environment and Human Health. Potentially harmful elements in the environment and the impact on human health. Dordrecht: Springer Science+Business Media, 2014. P. 221–251.
6. Konstantinova E., Barakhov A., Chernikova N., Dudnikova T., Barbashev A., Lobzenko I. Preliminary risk assessment of metal contamination of urban soils in Taganrog, Russia // EGU General Assembly. 2022. EGU22-8951.

METHODS OF MULTIDIMENSIONAL STATISTICS FOR DETECTION OF PARAGENETIC ASSOCIATIONS OF CHEMICAL ELEMENTS AND THEIR SOURCES IN URBAN SOILS ON THE EXAMPLE OF TAGANROG

E.Yu. Konstantinova, A.V. Barakhov, N.P. Chernikova, T.S. Dudnikova, A.I. Barbashev, I.P. Lobzenko, S.N. Sushkova

Southern Federal University, Rostov-on-Don, Russia

Abstract. Methods of multivariate statistics were used to classify heavy metals in the urban soils of Taganrog according to their sources. It is shown that the distribution of V-Fe-Ni-As varies slightly, their level is determined by the composition of parent rocks. The main source of Co-Cu-Pb in the soils of Taganrog is presumably ferrous metallurgy. The Cr-Mn-Zn-Sr group is probably of mixed origin.

Keywords: heavy metals and metalloids, correlation analysis, cluster analysis, principal component method, urban soils, pollution sources.

References

1. Kasimov N.S., Vlasov D.V. Technophilia of chemical elements in the beginning of the 21st century // Lomonosov Geography Journal. 2012. Is. 1. P. 15-22.
2. Konstantinova E., Lobzenko I., Chernikova N., Dudnikova T., Barbashev A. The impact of the port terminal and machine-building enterprises on heavy metal pollution of soils in the city of Taganrog // Nature and society: integration processes: materials of the International Teoretical - Practical Conference Third Landscape-ecological Readings Dedicated to the 100th anniversary OF G.E. Grishankov's birthday, Sevastopol, September 12-16, 2022. Simferopol: IT "ARIAL", 2022. P. 204–207.
3. Perelman A.I., Kasimov N.S. Geochemistry of the landscape. Moscow.: Astreya-2000, 1999. 610 p.
4. Rosstat. Database of indicators of municipalities. Moscow, [2023]. URL: <https://www.gks.ru/dbscripts/munst/munst60/DBInet.cgi> (accessed: 07/18/2023).

5. Angelone M., Udovic M. Potentially harmful elements in urban soils // PHEs, Environment and Human Health. Potentially harmful elements in the environment and the impact on human health. Dordrecht: Springer Science+Business Media, 2014. P. 221–251.
6. Konstantinova E., Barakhov A., Chernikova N., Dudnikova T., Barbashev A., Lobzenko I. Preliminary risk assessment of metal contamination of urban soils in Taganrog, Russia // EGU General Assembly. 2022. EGU22-8951.

УДК 631.421

ПРОСТРАНСТВЕННОЕ ВАРЬИРОВАНИЕ СВОЙСТВ ПАХОТНЫХ ПОЧВ НА ОПЫТНОМ ПОЛЕ С ТРИТИКАЛЕ

Т.С. Мальгина, И.А. Самофалова
ФГБОУ ВО Пермский ГАТУ, Пермь, Россия
e-mail: tanechka.sergeevna.2000@list.ru

Аннотация. В статье представлены результаты исследования варьирования свойств почв в пределах опытного поля. Проведен статистический анализ и дана оценка пространственных неоднородностей свойств почв. Наиболее варьлируемые свойства почв в пределах поля: твердость, температура почвы, индекс NDVI.

Ключевые слова: почвы, влажность, пространственное варьирование, статистика, факторный анализ, дискриминантный анализ.

Введение. При совершенствовании системы земледелия необходимо учитывать неоднородность почвенных условий [1, 2]. Пространственное варьирование признаков почвы определяется целым рядом факторов, часть из которых могут иметь случайный характер, а другие определенную регулярность в пространстве. Соответственно, пространственная неоднородность почвы имеет двойственную природу. Пространственное варьирование агрохимических свойств почв на сельскохозяйственном угодье есть результат действия совокупности естественных процессов и практики землепользования [3].

Цель исследования – изучить варьирование свойств почв в пространстве в пределах конкретного поля.

Объекты исследования – почвы опытного поля ПФИЦ УрО РАН (с. Лобаново, Пермский район, Пермский край). Площадь поля составляет 20 га. В границах поля создана регулярная сеть точек, общее число точек равно 27 (рис. 1 а). Почвенные образцы отобраны по точкам с глубины 0-10 см для лабораторных исследований. Почвенный покров представлен: дерново-подзолистой, дерново-глееватой, дерновой оподзоленной и дерновой почвами (рис. 1б).

Почвенные образцы проанализированы в Пермском ГАТУ на кафедре почвоведения общепринятыми методами. Дополнительно определяли в точках отбора образцов: полевую влажность прибором «Измеритель влажности почвы Delta-T ProfileProbe PR2» (W); температуру почвы портативным пирометром с лазерным прицеливанием Opttris MS Plus (t); твердость почв по ГОСТ 20915-75 (прибор-твердомер (T)); индекс NDVI портативным ручным датчиком

GreenSeeker (NDVI). Картографические методы проводили в программе «QGIS3.22.7». Использовали методы описательной и многомерной статистики (кластерный, факторный, метод К-средних, дискриминантный анализы) в программе «Statistica 10.0».

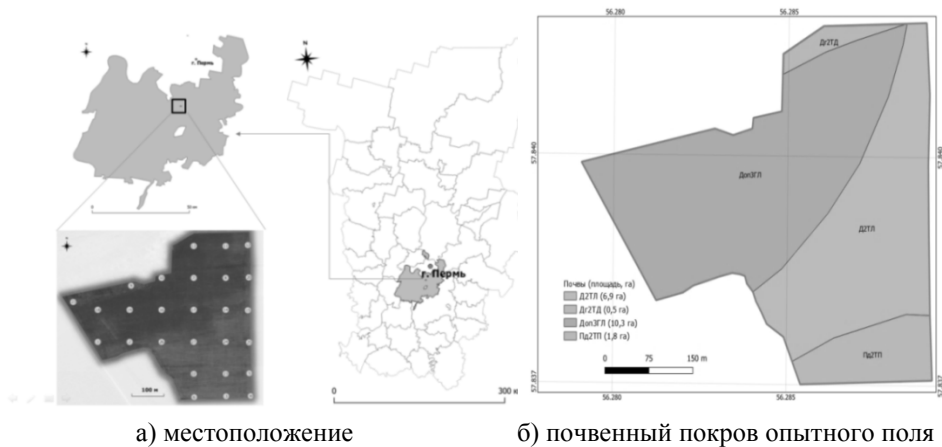


Рисунок 1. Объекты исследования

Результаты исследования. Верхние горизонты почв имеют очень низкое и низкое содержание гумуса: (1,03-4,06 %); реакция среды варьирует от слабокислой до нейтральной; емкость катионного обмена имеет среднее и умеренно высокое содержание (33,84-46,38 мг-экв на 100 г почвы); степень насыщенности основаниями очень высокая (31,3-43,3 %); гидролитическая кислотность варьирует от слабокислой до нейтральной (4,61-5,79 мг-экв на 100 г почвы); содержание подвижного P_2O_5 варьирует от среднего до очень высокого (104-253 мг/кг). По результатам интерполяции физико-химических свойств наблюдается их пространственное варьирование в пределах опытного поля.

Основное внимание на изучение варьирования свойств почв в пространстве направлено на временно-пространственные изменения температуры, влажности, твердости почв, NDVI.

Статистические распределения показателей являются неоднозначными. Так, значения NDVI и температура почвы имеют аналогичный характер распределения (рис. 2 а, г). меньшие значения этих показателей характерны для дерново-мелкоподзолистой почвы. В дерновых почвах эти показатели варьируют с большим размахом и имеют большие средние значения. Показатель влажности демонстрирует иные тенденции (рис. 2б).

Наибольший размах изменчивости по влажности в пространстве характерен для почв с признаками оподзоленности. Причем, средние значения показателя в разных почвах являются близкими. Статистическое распределение твердости в почвах имеет тенденцию увеличиваться от дерново-мелкоподзолистой до дерновой оподзоленной, с максимальным размахом варьирования в дерновой среднегумусной почве (рис. 2 в). Определена средняя теснота связи между парой показателей: NDVI и температурой почвы ($r = 0,54$).

Факторный анализ используется как метод сокращения данных или как метод классификации [4]. По проекции переменных на факторной плоскости видно, что такие показатели как температура почвы (t), NDVI и твердость (T) находятся в положительной области, а влажность (W) – в отрицательной (рис. 5). Главная компонента изменения свойств почв связана с изменением влажности, а вторая компонента (фактор) связана с изменением твердости почв.

Дискриминантный анализ свойств почв в точках опробования показывает, что более информативными показателями являются температура почвы (t) и NDVI (табл.). Наиболее значимым параметром является: число лямбды Уилкса для этих показателей значения соответственно равны 0,45 и 0,44.

Таблица

Дискриминантный анализ свойств почв

	<i>Лямбда Уилкса</i>	<i>Лямбда частная</i>	<i>F-исключ</i>	<i>p-уров.</i>	<i>Толер.</i>	<i>1-толер.</i>
t	0,453	0,739	3,717	0,041	0,919	0,081
NDVI	0,435	0,768	3,165	0,063	0,925	0,075
N	0,373	0,896	1,221	0,315	0,983	0,017
W	0,353	0,946	0,594	0,561	0,976	0,024

Графики поверхности используют в разведочном анализе данных, как и трехмерные диаграммы рассеяния. [3].

Поверхность распределения показателей NDVI, T и t демонстрирует в трехмерной проекции значительное их варьирование (рис. 6).

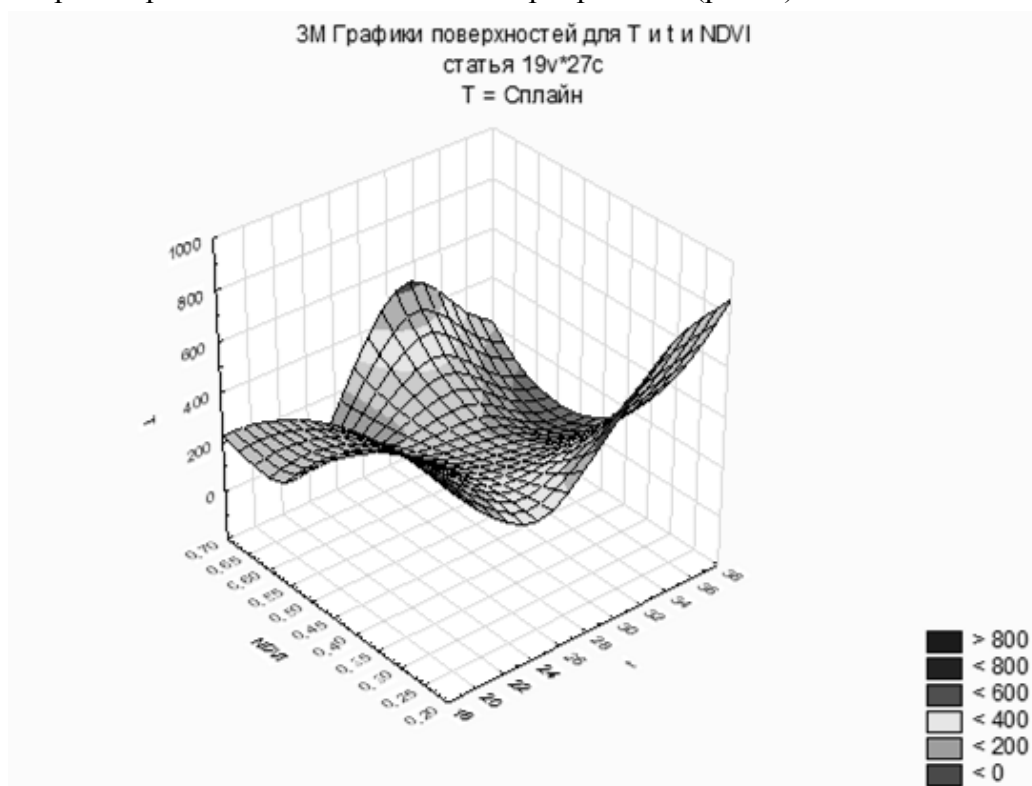


Рисунок 6. Трехмерный визуальный анализ

Выводы. Варьирование свойств почв на опытном поле рассмотрены с позиции пространственно-временных изменений. Диаграммы размаха демонстрируют пределы варьирования почвенных свойств.

Наиболее варьлируемые свойства почв в пределах поля: твердость, температура почвы, NDVI. Для оценки пространственного варьирования свойств почв опытного поля необходимо применять комплексные различные методы математической статистики и трехмерного анализа.

Благодарность. Выражаю благодарность за помощь в проведении экспериментальных исследований работнику ПФИЦ УрО РАН канд. с-х наук Фомину Д.С. и доценту кафедры почвоведения канд. биолог. наук Чащину А.Н.

Литература

1. Кирюшин В.И. Теория адаптивно-ландшафтного земледелия и проектирование агроландшафтов. Москва: КолосС, 2011. 443 с.
2. Мешалкина Ю.Л. Математическая статистика в почвоведении. М.: Издательство МАКС Пресс, 2008. 84 с.
3. Мудрых Н.М., Самофалова И.А., Чащин А.Н. Совершенствование системы севооборотов и удобрений на основе агроэкологической типизации земель в Нечерноземной зоне (Пермский край) // Агрохимический вестник. 2021. № 6. С. 23-28. DOI: 10.24412/1029-2551-2021-6-005.
4. Сидорова В.А. Динамика пространственного варьирования почвенных свойств луговых агроценозов Карелии при постагрогенном развитии // Российский журнал прикладной экологии. 2016. № 3. С. 23-27.

PATIAL VARIATION OF THE PROPERTIES OF ARABLE SOILS IN AN EXPERIMENTAL FIELD WITH TRITICALE

T.S. Malgina, I.A. Samofalova

Perm State Agrarian and Technological University, Perm, Russia

Abstract. The article presents the results of a study of the variation of soil properties within the experimental field. A statistical analysis was carried out and an assessment of the spatial heterogeneity of soil properties was given. The most variable soil properties within the field are: hardness, soil temperature, NDVI index.

Keywords: soils, soil moisture, spatial variation, statistics, factor analysis, discriminant analysis

References

1. Kiryushin V.I. The theory of sensory-landscape agriculture and the design of agricultural landscapes. Moscow: KolosS, 2011. 443 p.
 2. Meshalkina YL. Mathematical statistics in soil science. M.: MAKS Press Publishing House, 2008. 84p.
 3. Mudrykh N.M., Samofalova I.A., Chashchin A.N. Improving the system of crop rotations and fertilizers based on agro-ecological land typification in the Non-Chernozem zone (Perm Territory) // Agrochemical Bulletin. 2021. No. 6. P. 23-28. DOI: 10.24412/1029-2551-2021-6-005.
 4. Sidorova V.A. Dynamics of receptive turnover of soil properties of meadow agrocenoses in Karelia during postagrogenic development // Russian Journal of Applied Ecology. 2016. No. 3. P. 23-27.
-

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕПЛООВОГО ПОТОКА В ПОЧВАХ Г. ЫГДЫРА ВО ВРЕМЯ ЛЕТНЕГО СЕЗОНА (РЕСПУБЛИКА ТУРЦИЯ)

Р. Микаил¹, Э. Хазар¹, Е.В. Шеин^{2,3}, Ф.Д. Микаилсой⁴

¹Кафедра математики, Ыгдырский университет, Ыгдыр, Турция

²Институт почвоведения им. Докучаева, Москва, Россия

³Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Москва, Россия

⁴Кафедра почвоведения и питания растений сельскохозяйственного факультета,
Ыгдырский университет, Ыгдыр, ТУРЦИЯ

e-mail:fariz.mikailsoy@igdir.edu.tr,

Аннотация. Разработаны методики определения коэффициента температуропроводности и потока тепла почв на основании решения обратной задачи уравнения теплопереноса. Рассчитаны основные теплофизические свойства почвы. В соответствии с полученной моделью определено, что наибольший тепловой поток на поверхности почвы приходится на 12:00 дня ($q=106,85 \text{ Вт}\cdot\text{м}^{-2}$), а наименьший тепловой поток – на 03:00 ночи ($q=-64,62 \text{ Вт}\cdot\text{м}^{-2}$).
Ключевые слова: почва, модель, температуропроводность, теплопроводность, глубина затухания, тепловой поток, тепловой режим почв.

Введение. Определение параметров тепловых свойств важно для понимания теплового режима почвы и управления температурой в масштабе поля [8]. Одной из задач теплораспределительных наблюдений является оценка потока тепла в почву. Существует несколько методов для моделирования тепловых свойств почвы [1, 5, 6, 8, 11]. Исследователи отмечают, что большинство моделей основаны на решениях одномерного уравнения теплопроводности.

Основными тепловыми свойствами почв являются коэффициенты теплопроводности, температуропроводности, теплоемкости, теплоусвояемости и тепловой поток в почве. С помощью этих характеристик можно осуществлять прогноз теплового режимов почв. За основу современных подходов к расчёту потока тепла в почву, взята общепризнанная концепция описания распространения тепла в почвах, а именно модель теплообмена Фурье с постоянным коэффициентом температуропроводности, которая описывается классическим одномерным уравнением теплопроводности [5]. Имеется целый ряд работ [5, 8-10], в которых рассматриваются решения уравнения теплопроводности при различных краевых условиях. Для исследования переноса тепла в почве необходимо поставить начальные и граничные условия. Наиболее удобной характеристикой, которая может фигурировать в качестве граничного условия 1-го рода, является динамика температуры поверхности почвы в виде известного тригонометрического полинома.

Расчет потока тепла в почве основан на использовании данных об изменении температуры почвы с глубиной и во времени при известных

теплофизических характеристиках. Если известно, как изменилась температура почвы за некоторый период времени и определены основные ТФС (объемная теплоемкость- C_v , температуропроводность- κ), и параметры дневной деятельности поверхности почв, таких как среднесуточная температура поверхности почвы (T_0), амплитуды (Ta_i) и фаза (ϵ_i), то можно рассчитать количество тепла, которое прошло через поверхность почвы и вызвало данное изменение температуры. Важность теплового потока почвы (q) для поверхностного энергетического баланса и исследований испарения способствовала разработке методов оценки и прогнозирования для использования, когда измеренные значения q недоступны. Другой подход для расчета κ и прогнозирования q использует измерения температуры почвы в сочетании с различными решениями уравнений теплового потока почвы. Поскольку температуру почвы легко измерить и часто доступны непрерывные записи данных для нескольких глубин, то эти методы дают еще одну возможность оценить q , когда прямые измерения отсутствуют [11].

Прямых методов оценки расчетного теплового потока почвы (ТПП) на поверхности почвы (q_0) не существует. Вместо этого для расчета q_0 обычно пользуются традиционным калориметрическим методом. Однако в самом калориметрическом методе есть неопределенность [6]. Поток тепла в почве $q(z, t)$, рассчитывается путем подстановки решения в закон теплопроводности Фурье [5, 11].

Одной из методик расчёта теплового потока при произвольном размещении почвенных термометров является предложенный авторами метод. Сначала определяются значения коэффициента температуропроводности. Далее выводится формула для вычисления теплового потока и, используя значения найденного коэффициента температуропроводности (κ) и других ТФС почв вычисляется поток тепла в почву. При вычислении теплового потока по полученным формулам использовали значения коэффициентов температуропроводности (κ) и параметры дневной деятельности поверхности почв (среднесуточная температура поверхности почвы- T_0 , амплитуда- Ta_i и фаза- ϵ_i), которые определены соответственно для гармоник $m=1$ и $m=2$.

Цель исследования – определить тепловые свойства почв на основании экспериментальных послойных данных по температуре почвы в летний период и изучить влияние различных зависимостей на теплофизические свойства почв (поток тепла, коэффициент температуропроводности).

Материалы и методы. Исследование проведено в Центре сельскохозяйственных исследований и прикладных разработок Ыгдырского университета. Лето жаркое, зима мягкая, наибольшее количество осадков наблюдается в мае, а наименьшее – в августе, среднегодовое количество осадков составляет 254,2 мм, испарение 1094,9 мм [2].

Для определения тепловых свойств отобраны образцы нарушенной и ненарушенной почв, в которых размещены датчики. В образцах нарушенной почвы определяли гранулометрический состав, влажность, органическое вещество, а в образцах ненарушенной почвы определяли объемную плотность.

Текстура почвы, содержание влаги, органическое вещество и плотность почвы определяли согласно [3, 4, 7]. Измерения и запись температуры проводили в профиле почвы с помощью датчиков Elitech RC-4, установленных на глубинах: $z=0, 5, 10, 15, 20$ и 40 см и запрограммированных на получение почасовых данных о температуре в течение летнего периода (01.06.2020-31.08.2022). Использовали средние значения температуры в эти даты. Тепловые свойства почв (объемная теплоемкость, коэффициент температуропроводности, теплопроводность, глубина затухания, теплопоглощение, тепловой поток) рассчитаны по существующим методикам. В отличие от ранее разработанных методов, для определения κ требуется знать заранее распределение температуры по времени в почвенном слое $[0, L]$ на произвольной безразмерной глубине $T(y, t_j)$ для *восьми моментов времени*, которое позволяет определить параметр κ с более высокой точностью. Другие теплофизические параметры (теплопроводность (λ), глубина затухания (d) и поглощения тепла (e)) рассчитали по уравнениям [9].

Результаты и обсуждение. Значения удельных теплоемкостей органической и минеральной составляющих исследуемой почвы равны $C_{m,org}=1925,928$ Дж/(кг·°C) и $C_{m,min}=753,624$ Дж/(кг·°C) соответственно. В результате проведенных анализов определена средняя плотность почвы опытного участка: $\rho_b=1120,6$ кг/м³, содержание органического вещества $m_{org}/m=0,0232$ и объемная влажность $\theta=0,1721$ м³/м³. Для всех слоев почвы расчетные значения объемной теплоемкости почвы приведены в таблице 1.

Таблица 1

Некоторые тепловые свойства исследуемых почв

Глубина	m_{org}/m	$C_{m,org}$	$C_{m,min}$	$C_{m,s}$	$C_{v,w}$	C_v
z	%	Дж/(кг·°C)			к Дж/(м ³ ·°C)	
0–10	0,0140	1925,93	753,62	770,04	4186,8	1356,91
10–20	0,0162	1925,93	753,62	772,62	4186,8	1427,43
20–25	0,0235	1925,93	753,62	781,17	4186,8	1582,38
25–30	0,0281	1925,93	753,62	786,57	4186,8	1735,96
30–35	0,0307	1925,93	753,62	789,61	4186,8	1712,87
35–40	0,0266	1925,93	753,62	784,81	4186,8	1760,68
0–40	0,0232	1925,93	753,62	780,80	4186,8	1596,04

* $C_{m,org}$ и $C_{m,min}$ – удельные теплоемкости органических и минеральных компонентов почвы, m_{org}/m – содержание органического вещества в почве, %;

С увеличением глубины почвы и времени температура почвы не теряла своей синусоидальности.

Результаты расчета параметров дневной деятельности поверхности почв, и статистические характеристики аппроксимации исходных данных рассчитаны по методу наименьших квадратов для гармоник $m = 1$ и $m = 2$ (табл. 2).

Таблица 2

Параметры (T_0 , T_{a_i} и ε_i) поверхности почвы

Параметры на поверхности почвы	Число гармоник			
	$m=1$		$m=2$	
Среднесуточная температура, °C	T_0	24,5478	T_0	24,5478
Амплитуда колебаний температуры, °C	T_{a1}	5,4270	T_{a2}	1,5067
Сдвиг фазы	ε_1	2,3607	ε_2	-0,4932

Статистические параметры аппроксимации				
Коэффициент корреляции Пирсона	r	0,961	r	0,997
Среднеквадратическая ошибка (RMSE)	σ	1,19	σ	0,07

Введение второй гармоники позволяет с высокой точностью определять параметры распределения температуры на поверхности почвы. Так как на определенных глубинах почвы конвективный теплообмен отсутствует и тепловой поток равен нулю, то необходимо принять граничные условия второго рода.

Средние значения теплопроводности почвы (κ), теплопроводности (λ), глубины затухания (d), и теплоотдача (e) рассчитаны классическими (послойными-амплитудным, арктангенсным логарифмическим, фазовым) и предложенными авторами (точечными) методами (M5-M8) (табл. 3).

Таблица 3

Средние значения тепловых свойств почвы

№	По	Число	$10^{-6} \cdot \kappa$	λ	d	e
	методам	гармоник	$m^2/\text{сек}$	$\text{Вт}/m \cdot ^\circ\text{C}$	см	$\text{Вт} \cdot \text{ч}^{0,5}/m^2 \cdot ^\circ\text{C}^1$
Классические послойные методы						
1	(1)	1	0,7422	1,4882	14,29	22,9163
2	(2)	2	0,9287	1,5995	15,98	25,6347
3	(3)	2	0,7643	1,6338	14,50	23,2549
4	(4)	1	0,8174	1,7612	14,99	24,0490
Предложенные точечные методы						
5	(5)	1	0,9325	1,4882	16,01	25,6860
6	(6)	2	1,0022	1,5995	16,60	26,6294
7	(7)	1	1,0237	1,6338	16,78	26,9134
8	(8)	2	1,1035	1,7612	17,42	27,9431

Тепловые свойства почв (κ , λ , d и e) различались в каждой используемой модели. Наиболее адекватной моделью, отражающей реальность по глубине затухания, являются точечная модель M8 (17,42 см). Таким образом, введение второй гармоники позволяет уточнить результат и сказать о том, что затухание температурных колебаний происходит примерно на 3 см глубже, чем по результатам в сравнении с классическими методами.

Измеренные $T_{\text{изм}}(z,t)$ и прогнозируемые $T_{\text{пр}}(z,t)$ значения температуры сравнивали для оценки эффективности методов (табл. 4).

Таблица 4

Эффективность моделей (M1-M8) для прогнозирования температуры почвы на пяти глубинах $z = 5, 10, 15, 20$ см

	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8
	m=1	m=2	m=2	m=1	m=1	m=2	m=1	m=2
$z=5$ см								
$r, \%$	95,62	96,08	95,69	95,84	96,09	98,67	96,28	99,44
$\sigma_{T/t}$	1,10	1,02	1,09	1,06	1,02	0,62	0,98	0,33
$z=10$ см								
$r, \%$	80,22	75,91	79,65	78,36	75,83	67,04	73,84	80,97
$\sigma_{T/t}$	1,46	1,63	1,48	1,53	1,63	1,97	1,66	0,51
$z=15$ см								
$r, \%$	97,31	97,97	97,47	97,75	97,97	91,69	97,94	99,68
$\sigma_{T/t}$	0,93	0,91	0,92	0,91	0,91	1,17	0,89	1,77
$z=20$ см								
$r, \%$	97,87	87,94	86,07	86,95	98,43	83,07	98,49	99,64
$\sigma_{T/t}$	1,29	1,28	1,27	1,27	1,29	1,58	1,26	0,84

*M1-Amplitude. M2-Arctangent, M3-Logarithm. M4-Phase, M5-M8-Improved methods

Предложенный точечный метод (M8) является наиболее эффективной моделью и дает более точные прогнозы для $T(z,t)$, чем другие алгоритмы. В соответствии с критериями выбора моделей установлено, что адекватной моделью является предложенная точечная модель. В связи с этим, эту модель рекомендуем использовать для вычисления теплового потока с поверхности почвы. На основе полученных данных и расчетных формул определен тепловой поток на поверхности ($z=0$) почвы в момент времени t . Согласно точечной модели (M8), наибольший тепловой поток был определен в 12 часов дня ($106,85 \text{ Вт}\cdot\text{м}^{-2}$), а наименьший тепловой поток – в 3 часа ночи ($-64,62 \text{ Вт}\cdot\text{м}^{-2}$) на поверхности почвы.

Выводы. Получена модель переноса тепла в почве с учетом динамики граничных условий на поверхности, описываемых двумя гармониками. По критериям выбора моделей определена адекватная модель – авторская точечная модель для определения коэффициента температуропроводности почвы. Установлено, что при моделировании теплообмена в почвах необходимо учитывать условия второго рода на нижней границе. Глубина затухания температурных волн, рассчитанная по рекомендованной адекватной модели ($d=17,45 \text{ см}$), соответствуют реальному распределению волн по профилю почв, так как точечные методы, в отличие от классических методов, учитывают важный параметр – амплитуду температур на поверхности почвы.

Литература

1. An K., W. Wang, Y. Zhao, W. Huang, L. Chen, Z. Zhang, Q. Wang, W. Li. Estimation from soil temperature of soil thermal diffusivity and heat flux in sub-surface layers//Bound-Layer Meteor. 2016. 158. P. 473–488. <https://doi.org/10.1007/s10546-015-0096-7>
2. Anonymous. Turkish State Meteorological Service, Ankara. 2018.
3. Black, C. A. Methods of soil analysis: Part I. American Society of Agronomy. 1965. 9. P. 671-698
4. Blake G.R., and K.H. Hartge. In A. Klute (ed.) Methods of soil analysis. Part I. 2nd ed. Agron. Monogr. 9. ASA and SSSA, Madison, WI. 1986. P. 363–375.
5. Carslaw H.S., and Jaeger J.C. Conduction of heat in solids. Oxford University Press. 1959. 510p.
6. Gao, Z., Russell, E.S., Missik, J.E.C. Huang, M., Chen, X., Strickland, C.E., Clayton, R., Arntzen, E., Ma, Y., Liu, H. A novel approach to evaluate soil heat flux calculation: An analytical review of nine methods. – J. Geophys. Res. Atmos. 2017. 122, 6934–6949, <https://doi.org/10.1002/2017JD027160>
7. Gee G.W., Bauder J.W. Particle-size analysis. Methods of Soil Analysis. Part 1. Physical and Mineralogical Methods. Agronomy. 1986. № 9. P. 383–441.
8. Mikayilov F. D. and Shein E. V. Theoretical principles of experimental methods for determining the thermal diffusivity of soils//Eurasian Soil Science. 2010. 43(5). P. 556–564.
9. Mikailsoy F.D. On the influence of boundary conditions in modeling heat transfer in soil//Journal of Engineering Physics and Thermophysics. 2017. 90(1). P. 67–79.
10. Mikail R., Hazar E., Farajzadeh A., Erdel E., Mikailsoy F. A comparison of six methods used to evaluate apparent thermal diffusivity for soils//Mathematical Analysis and Convex Optimization. 2021. 2(1), P. 51–61. <https://doi.org/10.29252/maco.2.1.5>
11. Sauer, T.J., Horton, R. Soil heat flux. – In: Hatfield, J.L., J.M. Baker (Eds.), Micrometeorology in agricultural systems. – Agron. Monogr. 47. ASA, CSSA, and SSSA, Madison, WI, 2005. P. 131–154. <https://doi.org/10.2134/agronmonogr47.c7>

**DETERMINATION OF HEAT FLOW IN SOILS OF IGDIRA
DURING THE SUMMER SEASON (REPUBLIC OF TÜRKIYE)**

R. Mikail¹, E. Hazar¹, E. Shein^{2,3}, F. Mikailsoy⁴

¹Department of Mathematics, Faculty of Science and Letters, Iğdir University, Iğdir, Türkiye

²Dokuchaev Soil Science Institute, Moscow, Russia

³Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia

⁴Department of Soil Science and Plant Nutrition, Faculty of Agriculture, Iğdir University, Iğdir, Türkiye

Abstract. Methods for determining the coefficient of thermal diffusivity and the heat flux of soils based on the solution of the inverse problem of the heat transfer equation have been developed. The main thermophysical properties of the soil are calculated. In accordance with the model obtained, it was determined that the largest heat flux on the soil surface occurs at 12:00 pm ($q=106.85 \text{ W/m}^2$), and the smallest heat flux occurs at 03:00 am ($q=-64.62 \text{ W/m}^2$).

Keywords: soil, model, thermal diffusivity, thermal conductivity, attenuation depth, heat flow, thermal regime of soils.

УДК 631.4

**ИНФОРМАЦИОННЫЕ ОЦЕНКИ В ПОЧВОВЕДЕНИИ
НА ПРИМЕРЕ ИЗУЧЕНИЯ СОВРЕМЕННОЙ ЭВОЛЮЦИИ ПОЧВ
НА ЮГЕ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ**

И.В. Михеева

ФГБУН Институт почвоведения и агрохимии СО РАН, Новосибирск, Россия

e-mail: mikheeva@issa-siberia.ru

Аннотация. Предложена и проведена информационная оценка процессов формирования и трансформации свойств на примере каштановых почв и черноземов южных на значительной территории юга Западной Сибири.

Ключевые слова: свойства почвы, информация, вероятностно-статистические распределения, энтропия, дивергенция.

Постановка проблемы. Понятие «информация» приобрело большое значение с середины 20-го столетия, и его значимость продолжает увеличиваться, приобретая большое экономическое влияние. Растущая потребность общества в информационных услугах стимулирует создание информационных ресурсов, развитие фундаментальных и прикладных исследований в области информационных технологий и технологии анализа «больших данных» для управления системами разнообразного происхождения (социальными, экономическими, техническими, природными) (табл. 1).

Для изучения информации в природных объектах наиболее применимо определение, которое отражает процесс формализации информационных характеристик объекта с помощью формальных сигналов. Информация – это результат гомоморфного (сохраняющего основные соотношения) отображения элементов предметной области (почвенных систем) в некоторые сигналы (физические или математические), характеристики, описания.

Общенаучные подходы

70-80 годы 20 столетия	0 -20 годы 21 столетия
Системный подход	Динамика открытых сложных систем
Кибернетика	Компьютеризация, цифровизация
Статистика (одномерная, многомерная, параметрическая, непараметрическая), планирование экспериментов, регрессионное моделирование	Вероятностно-статистический, информационный анализ и моделирование, анализ «больших данных», теория информации
Статистические выборки	Географические региональные, глобальные базы данных
Отдельные выборочные характеристики систем	Вероятностные, информационные характеристики систем

Существует разнообразие подходов количественного определения величины информации: энтропийный; алгоритмический; комбинаторный; семантический; прагматический. Исторически сложилось, что количественное изучение информации, как в фундаментальных исследованиях, так и в инженерных областях, основано на вычислениях и оценке энтропийных характеристик: термодинамическая энтропия (Клаузиус) в термодинамике; статистическая энтропия (Больцман, Планк; Гиббс, Шредингер) в статистической физике. В неравновесной термодинамике (Пригожин) и синергетике (Хакен) используется при изучении самоорганизации и эволюции открытых сложных систем. Информационная энтропия (Шеннон, Колмогоров) – мера неопределённости или непредсказуемости некоторой системы (в статистической физике или теории информации). Энтропия может служить, как мера экологического разнообразия (Энтропия Реньи, МакАртур). Энтропия динамических систем (Колмогоров и соавторы), как мера хаотичности в поведении траекторий системы. В математической статистике – мера неопределённости распределения вероятностей, в теории управления – мера неопределённости состояния или поведения системы в конкретных условиях. Все существующие определения и направления использования понятия энтропия возможно развивать для решения теоретических и практических проблем почвоведения. В своей работе мы развиваем информационное и статистическое представление об энтропии, с целью его использования для задач управления природными ресурсами.

Методология. С позиций фундаментальной науки об открытых сложных многофакторных системах, каковыми являются почвы, свойства и процессы априорно проявляются стохастически, что свойственно таким системам. Это означает, что невозможно точно предсказать значение почвенного свойства и его изменение в каждой определенной точке. Информация о почвах принципиально имеет вероятностный характер, поэтому необходимо использование функций вероятностных распределений почвенных свойств. Неопределенность может быть оценена при помощи энтропийной оценки информации, рассчитываемой по

вероятностному распределению. Вероятностные распределения отражают два уровня строения изучаемого объекта: макросостояние – состояние почвенного покрова на почвенном объекте в целом и микросостояния - состояние индивидуальных почвенных профилей или педонов. Внутренняя структура встречаемости различных микросостояний объекта (системы) определяет макро состояние системы, поэтому вероятностные распределения свойств системы являются ее целостными характеристиками. Структура варьирования формируется в процессе эволюции почв (рис. 1) и современных изменений (рис. 2).

Информационные изменения различных свойств почвы не одинаковы, они зависят от физической природы свойств, почвообразующих факторов и антропогенного воздействия. Информационные характеристики являются скалярными величинами, позволяющими сравнивать характер изменения вероятностно-статистических распределений (ВСП) различных по природе свойств. Это позволяет оценить и сравнить интенсивность проявления почвенных процессов различной физической природы в разнообразных почвах [1-2].

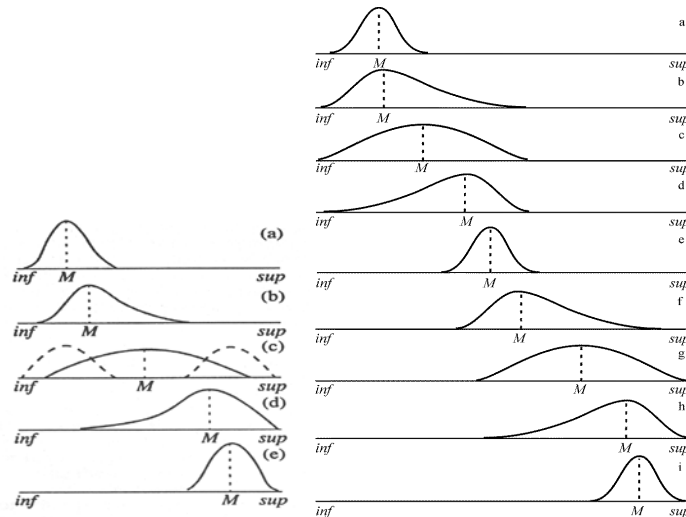


Рисунок 1. Эволюционные изменения вероятностных распределений свойств почв (слева – в случае совпадения реальных и потенциальных пределов варьирования, справа в случае более широких потенциальных пределов варьирования)

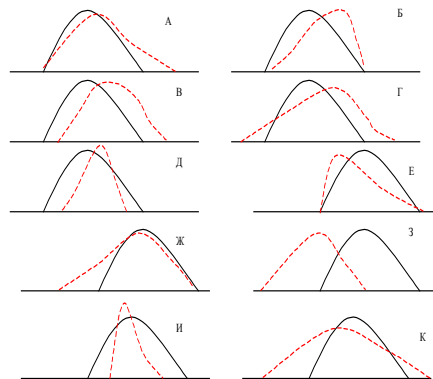


Рисунок 2. Типы изменений вероятностных распределений за короткое время (А-Д возрастание, Е-К убывание)

Результаты исследования. Типы ВСП содержания гранулометрических фракций чаще не соответствуют нормальному распределению. Обычно это распределение Су-Джонсона для глины и содержания ила, распределение минимального значения для мелкого песка, и - Вейбулла - для песка крупного. Их общая черта - узкая центральная часть и асимметрия. По нашему мнению, узкие центры, "ядра" классов, естественны для эволюции природных открытых систем. Это аттракторы свойств почвы, представляющие собой асимптотически устойчивые наборы значений свойств, которые понижают энтропию.

Различные варианты изменения ВСП содержания фракций гранулометрического состава в профиле почвы возможны в связи с процессами выветривания и формирования почвы. Первый вариант – сильное изменение ВСП, как различия содержания песка и содержания пыли в горизонтах А и В₁, относительно горизонта С. Несмотря на это энтропия отличается не очень сильно (рис. 3). Таким образом, изменения структуры в процессах выветривания имеют место во всех точках скорее гомогенно.

Изменение ВСП содержания ила в профиле почвы – другой случай. Содержание ила характеризуется близкими значениями в профиле почвы, таким образом, его интервалы варьирования в горизонтах А, В₁ и С значительно пересекаются. Но развитие почвы в степях приводит к разделению профиля вследствие формирования иллювиального горизонта, который более уплотнен и отличается по структуре. Это отражено различием ВСП содержания глины в горизонтах А и В₁ и по сдвигу, и по масштабу.

Анализ информационной энтропии приводит к тому же самому заключению. В горизонте В₁ она намного больше, чем в горизонте А. Таким образом, иллювиальный процесс значительно увеличивает энтропию гранулометрического состава в иллювиальном горизонте почвы. Усиление естественной изменчивости в горизонте В, в связи с иллювиальным процессом формирования почвы, вероятно, вызвано неоднородностью проникновения влаги.

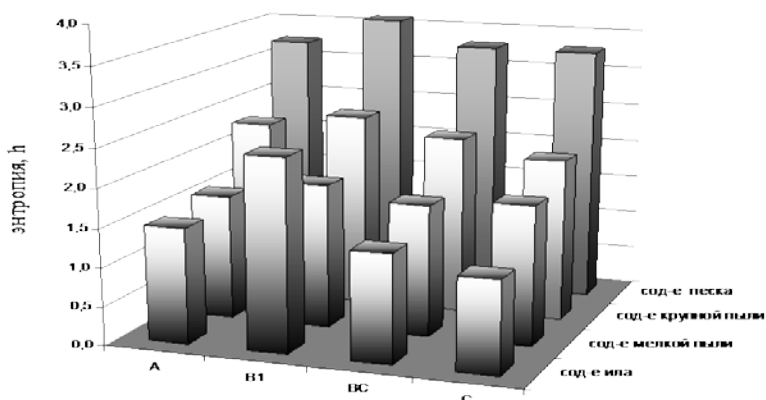


Рисунок 3. Информационная энтропия содержания фракций гранулометрического состава

Интерпретацию величины энтропии в естественных науках часто связывают с принципом экстремума - повышение величины энтропии характеризует изменение состояния систем различной природы во время их естественного развития. Для закрытых термодинамических систем энтропия их свойств растет, или она постоянна (второй закон термодинамики). Наши результаты показали более сложное поведение энтропии в открытых системах. Значения энтропии характеризуют меру неопределенности микро событий, состоящих в различиях свойств почвы. Если h не большая, это говорит что, значения исследуемой переменной выровнены, менее хаотические, и если h большая - это свидетельствует о большем хаосе. В связи с этим величина информационной энтропии может рассматриваться как характеристика варибельности свойств почвы. Ее преимущество перед другими характеристиками варибельности (стандартное отклонение, коэффициент вариации) заключается в том, что она учитывает структуру варьирования, выраженную ВСР.

Литература

1. Михеева И.В., Оплеухин А.А. Идентификация вероятностно-статистических моделей свойств экологических систем и их информационная оценка // Вестник СГУГиТ. 2018. Т. 23. № 4. С. 226-248.
2. Михеева И.В., Оплеухин А.А. Информационная оценка изменений содержания ила и физической глины в пахотных черноземах Прииртышской равнины // Почвы и окружающая среда. 2022. Т. 5. № 4. <https://doi.org/10.31251/pos.v5i4.186>.

INFORMATION ASSESSMENTS IN SOIL SCIENCE USING THE EXAMPLE OF STUDYING MODERN SOIL EVOLUTION IN THE SOUTH OF WESTERN SIBERIA

I.V. Mikheeva

ISSA SB RAS, Novosibirsk, Russia

Abstract. An informational assessment of the processes of formation and transformation of properties was proposed and carried out on the example of chestnut soils and chernozems of southern Western Siberia in a significant territory.

Keywords: soil properties, information, probability-statistical distributions, entropy, divergence.

References

1. Mikheeva I.V., Opleukhin A.A. Identification of probabilistic and statistical models of the properties of environmental systems and their information assessment // Bulletin of SGUGiT. 2018. T.23. No. 4. P. 226-248.
2. Mikheeva I.V., Opleukhin A.A. Informational assessment of changes in the content of silt and physical clay in arable Chernozems of the Irtysh plain // Soils and environment. 2022 Vol. 5. No. 4. <https://doi.org/10.31251/pos.v5i4.186>.

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИНФОРМАЦИОННО-ЛОГИЧЕСКОГО АНАЛИЗА
ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ
СОДЕРЖАНИЯ ПОДВИЖНОГО ФОСФОРА В ПОЧВАХ**

Н.М. Мудрых¹, Е.С. Надымова²

¹ФГБОУ ВО Пермский ГАТУ, Пермь, Россия

²ФГБУ ГЦАС «Пермский», Пермь, Россия

e-mail: nata020880@hotmail.com

Аннотация. Исследования проведены в хозяйствах Пермского края. Информационно-логический анализ показал, что в дерново-карбонатной, дерново-бурой и аллювиальной почвах уровень подвижного фосфора зависит от кислотно-основных свойств ($T = 0,5541-0,8770$, $K = 0,1613-1,007$). В дерново-подзолистой теснота связи между свойствами не доказана.

Ключевые слова: обменная кислотность, корреляционный анализ, коэффициент эффективности передачи информации, вариационный ряд

С помощью информационно-логического анализа исследователи устанавливают взаимосвязи изучаемых свойств почв для достижения поставленных целей и задач. В отличие от корреляционного анализа использование метода позволяет получать тесноту связи, выраженную не только линейной зависимостью, но и другими функциональными выражениями. Воспроизводимость разработанных информационно-логических моделей изменяется от 20 до 90 %, что говорит об их надежности и адекватности [1-4].

Цель исследований – на основании информационно-логического анализа установить зависимость уровня подвижного фосфора в почвах от кислотно-основных свойств.

В качестве объекта исследований является подвижный фосфор в почвах. Для анализа были взяты данные из архива ФГБУ ГЦАС «Пермский» по содержанию подвижного фосфора и кислотно-основных свойств в почвах двух хозяйств Пермского края: СХПК «Россия» (Кудымкарский район) и СПК «Колхоз Совет» (Юсьвинский район). Общая площадь обследования составила 11208,1 га. Угодье – пашня. Почвенный покров предприятий представлен дерново-подзолистыми (88,4 %), дерново-бурыми (3,2 %), дерново-карбонатными (3,7 %), дерново-глеевыми (2,4 %), аллювиально-дерновыми (1,8 %) и дерновыми почвами (0,5 %). По гранулометрическому составу все почвы тяжелые: глинистые, тяжелосуглинистые и среднесуглинистые. Математическую обработку полученных аналитических данных проводили в программах STATISTICA 8 и ALI.

Исследования показали, что содержание подвижного фосфора в почвах на 40,5 % ниже среднего и только на 18,7 % выше среднего уровня. На рисунке представлено содержание фосфора по почвам.

Значения содержания подвижного фосфора характеризовались значительной изменчивостью, коэффициент вариации составил 38-39 %. В дерново-подзолистых почвах отмечена наибольшее изменение уровня фосфора.

Корреляционный анализ взаимосвязей между агрохимическими свойствами в дерново-подзолистых почвах показал математически доказанную умеренную прямую зависимость содержания подвижного фосфора от обменной кислотности ($r = 0,458$) и суммы обменных оснований ($r = 0,461$) и обратную от гидролитической кислотности ($r = -0,379$). В дерново-глеевых почвах определена связь с гидролитической кислотностью – обратная и средняя ($r = -0,505$). В дерново-карбонатных почвах установлена прямая средняя корреляционная зависимость между уровнем фосфора и суммой обменных оснований ($r = 0,547$), в аллювиально-дерновых почвах – обратная ($r = -0,613$).

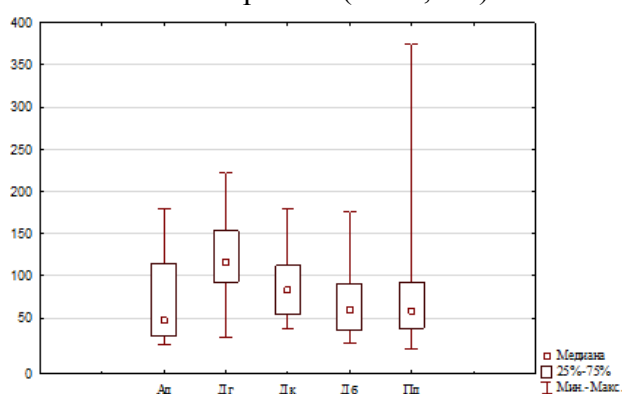


Рисунок. Распределение содержания подвижного фосфора по типам почв
Ад – аллювиально-дерновые, Дг – дерново-глеевые, Дк – дерново-карбонатные,
Дб – дерново-бурые, Пд – дерново-подзолистые

С помощью информационно-логического анализа установлена теснота и форма структурной связи между содержанием подвижного фосфора и кислотно-основными свойствами в почве (табл.).

Таблица

Теснота связи между содержанием подвижного фосфора и
кислотно-основными свойствами почвы

Почвы	Показатель											
	Обменная кислотность				Сумма обменных оснований				Гидролитическая кислотность			
	Н(А)	Н(В)	Т	К	Н(А)	Н(В)	Т	К	Н(А)	Н(В)	Т	К
Ад	2,1282	1,5566	0,8770	0,5633	2,1282	1,9500	1,5559	0,7979	2,1282	0,8631	0,8637	1,0007
Дг	1,8906	2,1966	1,3622	0,6200	1,8906	1,2241	0,6115	0,4996	1,8906	0,5031	0,1960	0,3896
Дб	1,7839	1,9587	0,8871	0,4528	1,7839	1,1883	0,5541	0,4663	1,7839	0,9181	0,6169	0,6718
Дк	1,7240	2,2166	0,7036	0,3173	1,7240	1,5774	0,3158	0,2001	1,7240	0,7496	0,1209	0,1613
Пд	2,0148	1,6637	0,1781	0,1071	1,7876	1,8810	0,1477	0,0784	1,7876	0,7957	0,1075	0,1350

Примечание: Н(А) – неопределенность изучаемого явления (свойств почв), Н(В) – неопределенность изучаемого фактора (содержание подвижного фосфора), Т – общая информативность (количество информации, поступающей от фактора В к явлению А), К – коэффициент эффективности передачи информации от фактора В к явлению А.

Анализ неопределенности состояния $H(B)$ показал, что для дерново-карбонатных, дерново-глеевых и дерново-бурых почв характерна для обменной кислотности, а для аллювиально-дерновых – суммы обменных оснований. Максимальная общая информативность $T(A/B)$ при высоком коэффициенте эффективности передачи информации $K(A/B)$, отражающие тесноту взаимосвязи, отмечены в аллювиально-дерновых почвах между содержанием подвижного фосфора и суммой обменных оснований.

Таким образом, по усилению степени влияния кислотно-основных свойств на уровень подвижного фосфора они расположились в следующие вариационные ряды:

- аллювиально-дерновые почвы – сумма обменных оснований > обменная кислотность > гидролитическая кислотность;
- дерново-карбонатные, дерново-глеевые и дерново-бурые почвы – обменная кислотность > сумма обменных оснований > гидролитическая кислотность.

Полученные взаимосвязи между изучаемыми свойствами могут быть использованы для разработки прогнозных моделей.

Литература

1. Кононцева Е.В., Пивоварова Е.Г., Хлуденцов Ж.Г., Кононова А.Ю. Использование агрохимических свойств для характеристики центральных образцов почв подзоны южных черноземов засушливой степи Алтайского края // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2018. № 10 (168). С. 61-67.
2. Мудрых Н.М., Самофалова И.А. Моделирование пространственной изменчивости агрохимических показателей почв в агроландшафтах Нечерноземья // Агрохимический вестник. 2019. № 5. С. 17-24.
3. Панкова Т.И., Масютенко Н.П., Колтышева Е.В. Возможности моделирования плодородия почв на основе информационно-логического анализа // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. 2018. №4. С. 8-16.
4. Сайранова П.Ш., Самофалова И.А. Кислотно-основные свойства горных почв на Северном и Среднем Урале // Антропогенная трансформация природной среды. 2018. № 4. С. 94-97.

USE OF INFORMATION-LOGICAL ANALYSIS FOR PREDICTION OF THE CONTENT OF MOBILE PHOSPHORUS IN SOILS

N.M. Mydrykh¹, E.S. Nadymova²

¹Perm SATU, Perm, Russia

²SCAS «Permsky», Perm, Russia

Abstract. The studies were carried out in the farms of the Perm Territory. Information-logical analysis showed that in sod-carbonate sod-brown and alluvial soils, the level of mobile phosphorus depends on acid-base properties ($T = 0.5541-0.8770$, $K = 0.1613-1.007$). In soddy-podzolic, the closeness of communication between the properties has not been proven.

Keywords: exchange acidity, correlation analysis, coefficient of information transmission efficiency, variation series.

References

1. Konontseva Ye.V., Pivovarova Ye.G., Khludenzov J.G., Kononova A.Yu. The use of soil agrochemical properties to characterize soil central images of the southern chernozem sub-zone of the arid steppe of the Altai region // Vestnik Altayskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2018. № 10 (168). P. 61-67.

2. Mudrykh N.M., Samofalova I.A. Simulation of spatial variability of agrochemical indicators of soils in agricultural fertilizers of the Non-chernozem region // Agrochemical Herald. 2019. № 5. P. 17-24.
3. Pankova T.I., Masyutenko N.P., Koltysheva E.V. Opportunities of soil fertility modelling on the basis of information-logic analysis // Bulletin of the Kursk State Agricultural Academy. 2018. №4. P. 8-16.
4. Sayranova P.Sh., Samofalova I.A. Acid-basic properties of the mountain soils in the North and Middle Urals // Anthropogenic transformation of environment. 2018. № 4. P. 94-97.

УДК 631.423:631.421:631.445.1

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ АГРОХИМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ В ПОЧВАХ ОСУШЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ

Н.М. Мудрых, М.И. Пинаева
ФГБОУ ВО Пермский ГАТУ, Пермь, Россия
e-mail: nata020880@hotmail.com

Аннотация. Исследования проведены на трех почвах мелиорированных земель (осушенная дерново-глееватая, осушенная дерново-глеевая, осушенная дерновая оподзоленная). Установлена корреляционная зависимость между кислотными свойствами и элементами питания. Построены прогнозные модели установленных зависимостей.

Ключевые слова: кислотность, элементы питания, корреляционный анализ, регрессионный анализ, модели.

Для определения тренда изменения состояния почв необходимо проводить её прогнозирование. Использование возможностей инструментов системно-ситуативного моделирования для прогнозирования процессов, протекающих в почве при антропогенном использовании, является актуальным вопросом современности. Применение различных подходов к получению прогнозных моделей позволяет получать качественные модели на конкретный момент времени [1-3].

Цель исследований – на основании корреляционно-регрессионного анализа получить адекватные модели прогнозирования агрохимических показателей в почвах осушенных земель.

В качестве объекта исследований выбран осушенный участок, расположенный в Пермском районе Пермского края. Осушенный участок представляет собой 12 полей площадью около 2 га каждый. Общая площадь обследуемого участка равна 22,6 га. Осушение участка было проведено более 40 лет назад методом открытой дренажной системы. В настоящее время участок представляет собой залежь. По материалам дешифрирования ортофотоплана были намечены точки для отбора индивидуальных почвенных образцов из слоя 0-20 см (рис.).

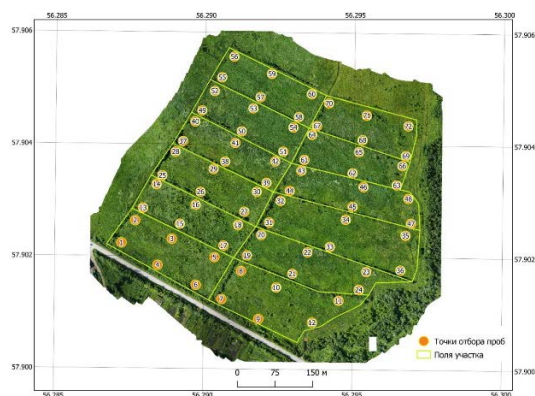


Рисунок. Схема расположение точек отбора почвенных проб на ортофотоплане (автор А.Н. Чащин)

Почвенный покров участка представлен тремя почвами: осушенная дерново-глееватая ($n = 5$), осушенная дерново-глеевая ($n = 60$), осушенная дерновая оподзоленная ($n = 7$). Почвенные образцы отбирали в августе 2022 года. В почвенных образцах определяли следующие агрохимические свойства: обменная кислотность (ГОСТ 26483-85), актуальная кислотность (ГОСТ 26423-85), гидролитическая кислотность (ГОСТ 26212-91), электропроводность (ГОСТ 26423-85), содержание подвижного фосфора и калия (ГОСТ Р 54650-2011). Математическую обработку полученных аналитических данных проводили в программах STATISTICA 8 и MINITAB 19.

Анализируя почвенные образцы установили, что обследуемые почвы характеризовались разными значениями агрохимических показателей (табл. 1).

Таблица 1

Значения агрохимических показателей почв

Почвы	Показатели				
	pH_{KCl}	$pH_{вод.}$	N_g , мг-экв./100 г	P_2O_5 , мг/кг	K_2O , мг/кг
осушенная дерново-глееватая	$5,7 \pm 0,1^*$	$6,5 \pm 0,1$	$2,4 \pm 0,4$	160 ± 23	104 ± 53
осушенная дерново-глеевая	$6,0 \pm 0,1$	$6,7 \pm 0,2$	$2,3 \pm 0,9$	104 ± 19	86 ± 16
осушенная дерновая оподзоленная	$5,8 \pm 0,3$	$6,6 \pm 0,3$	$3,0 \pm 2,2$	149 ± 45	86 ± 32

Примечание: $5,7 \pm 0,1^*$ – среднее значение \pm стандартное отклонение

Обменная кислотность изменялась от слабокислой (осушенная дерновая оподзоленная) до нейтральной (осушенная дерново-глеевая и осушенная дерновая оподзоленная). Актуальная кислотность во всех анализируемых образцах практически не варьировала ($pH_{вод.} = 6,3-6,9$) и относилась к пятой группе (нейтральная). По обменной и актуальной кислотности отмечена незначительная изменчивость по анализируемым почвенным образцам, коэффициент вариации составил 1,7-4,8 %. Значения гидролитической кислотности характеризовались средней изменчивостью в осушенной дерново-глееватой почве ($V = 15 \%$), значительной – в осушенной дерновой оподзоленной ($V = 38 \%$) и осушенной

дерново-глеевой ($V = 73 \%$). По содержанию подвижного фосфора в осушенной дерново-глеевой почве и осушенной дерновой оподзоленной изменчивость признака средняя, коэффициент вариации составил соответственно 14 и 18 %. В осушенной дерново-глеевой почве изменчивость содержания подвижных форм фосфора и калия значительная, коэффициент вариации составил соответственно 31 и 37 %. Подвижный калий в осушенной дерново-глеевой почве подвержен значительной изменчивости ($V = 52 \%$), а в осушенной дерновой оподзоленной – средней ($V = 19 \%$).

Корреляционный анализ взаимосвязей между агрохимическими показателями в осушенной дерново-глеевой почве показал математически доказанную сильную прямую зависимость между актуальной и обменной кислотностью ($r = 0,997$) и обратную – между гидролитической кислотностью и содержанием подвижного фосфора ($r = -0,894$). В осушенной дерновой оподзоленной почве установлены сильные обратные зависимости между актуальной и гидролитической кислотностями ($r = -0,846$), гидролитической кислотностью и содержанием подвижного калия ($r = -0,877$), а также прямую – между актуальной кислотностью и содержанием подвижного калия ($r = 0,817$). В осушенной дерново-глеевой почве установлено больше всего математически доказанных зависимостей между агрохимическими свойствами: актуальная и обменная кислотности ($r = 0,553$), обменная и гидролитическая кислотности ($r = -0,501$), актуальная и гидролитическая кислотности ($r = -0,524$), гидролитическая кислотность и содержание подвижного фосфора ($r = -0,523$).

Имея тесную зависимость между показателями, можно составить прогнозные модели для разных почв на конкретный момент времени. Расчеты показали, что $t > t_a$ с соответствующим уровнем значимости позволяет выразить линейными уравнениями взаимосвязи между изучаемыми показателями (табл. 2).

Таблица 2

Статистические показатели разработанных моделей

Почвы	Модели	$R^2, \%$	$\theta, \%$
осушенная дерново-глееватая	1 $Y_1 = 1,5200 + 0,6545x_1$	99	98
	2 $Y_2 = 295,0 - 56,1x_2$	80	73
осушенная дерново-глеевая	3 $Y_1 = 2,7830 + 0,4616x_1$	31	23
осушенная дерновая оподзоленная	4 $Y_3 = 33,01 - 4,56x_1$	72	66
	5 $Y_4 = -472,0 + 82,8x_1$	67	60
	6 $Y_4 = 123,74 - 16,49x_2$	77	72

Примечание: Y_1 – значение pH_{KCl} , Y_2 – содержание подвижного фосфора, мг/кг, Y_3 – значение гидролитической кислотности, мг-экв./100 г почвы, Y_4 – содержание подвижного калия, мг/кг, x_1 – значение $pH_{вод.}$, x_2 – значение гидролитической кислотности, мг-экв./100 г почвы, R^2 – коэффициент детерминации, θ – критерий надежности

Расчетные модели прогноза обменной кислотности и содержания подвижного фосфора для осушенной дерново-глеевой почвы имеют коэффициенты детерминации 80 % и выше, что говорит о достаточно хороших моделях прогноза. Модели прогноза гидролитической кислотности и содержания подвижного калия для осушенной дерновой оподзоленной почвы имеют

коэффициенты детерминации не менее 50 %, что является приемлемым для получения качественных моделей. Отклонение от тренда по моделям составило: первой – 0,0 ед., второй – 2-15 мг/кг, четвертой – 0,1-0,7 мг-экв./100 г почвы, пятой – 0-14 мг/кг и шестой – 1-12 мг/кг. Полученные отклонения соответствуют пределам относительной погрешности анализа почвенных образцов на соответствующие показатели, что также подтверждает качество полученных моделей. Для осушенной дерново-глеевой почвы была получена одна линейная модель прогноза обменной кислотности. Коэффициент детерминации и критерий надежности показывают на низкое качество полученного уравнения. Отклонение от тренда по моделям составило 0,0-0,7 ед., при этом только 58 % значений входили в пределы относительной погрешности анализа почвенных образцов на обменную кислотность.

Для дополнительной оценки качества моделей рассчитаны их параметры значимости (табл. 3).

Таблица 3

Доверительные параметры моделей

Предиктор	Значения	Доверительный интервал*	Уровень значимости
Модель 1			
β_0	1,5200	(1,3400; 1,7000)	0,000
β_{x_1}	0,6545	(0,6268; 0,6822)	0,003
Модель 2			
β_0	295,0	(255,5; 334,5)	0,005
β_{x_2}	-56,1	(-72,3; -39,9)	0,041
Модель 3			
β_0	2,7830	(2,1370; 3,4290)	0,000
β_{x_1}	0,4616	(0,3642; 0,5590)	0,000
Модель 4			
β_0	33,01	(24,36; 41,66)	0,012
β_{x_1}	4,56	(-5,84; -3,28)	0,016
Модель 5			
β_0	-472,0	(-648,0; -296,0)	0,044
β_{x_1}	82,8	(56,7; 108,9)	0,025
Модель 6			
β_0	123,74	(114,01; 133,47)	0,000
β_{x_2}	-16,49	(-20,52; -12,46)	0,009

Примечание: уровень надежности – 95 %

Все коэффициенты уравнений регрессии значимы, поэтому можно считать, что модели адекватны и могут быть использованы для прогноза агрохимических показателей в осушенной дерново-глеевой и осушенной дерновой оподзоленной почвах.

Литература

1. Гумбаров А.Д., Долобешкин Е.В. Оценка исходного агрохимического индекса плодородия пашни по средневзвешенным интегральным показателям // Новые технологии. 2019. № 2. С. 204-216.
2. Малашин С.Н., Саморуков В.И., Саморуков Д.В. Оценка качества плодородия почв сельскохозяйственных угодий хозяйств Ленинградской области // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. 2021. № 3 (64). С. 47-57.

3. Мудрых Н.М., Самофалова И.А. Моделирование пространственной изменчивости агрохимических показателей почв в агроландшафтах Нечерноземья // Агрохимический вестник. 2019. № 5. С. 17-24.

PREDICTION OF AGROCHEMICAL INDICATORS IN SOILS OF DRAINED LANDS

N.M. Mydrykh, M.I. Pinaeva

Perm SATU, Perm, Russia

Abstract. The studies were carried out on three soils of reclaimed lands (dried sod-gleepy, dried sod-gleyed, dried soddy podzolization). Correlation dependence between acidic properties and nutritive elements. Predictive models of established dependencies are built.

Keywords: acidity, nutritive elements, correlation analysis, regression analysis, models.

References

1. Gumbarov A.D., Dolobeshkin E.V. Estimation of the initial agrochemical index of farmland fertility by average weighted integral indices // New Technologies. 2019. № 2. Pp. 204-216.
2. Malashin S.N., Samorukov V.I., Samorukov D.V. Assessment of the quality of soil fertility of agricultural lands of farms of the Leningrad region // Izvesniya Saint-Petersburg State Agrarian University. 2021. Vol. 64, No. 3. PP. 47-57.
3. Mudrykh N.M., Samofalova I.A. Simulation of spatial variability of agrochemical indicators of soils in agricultural fertilizers of the Non-chernozem region // Agrochemical Herald. 2019. № 5. PP. 17-24.

УДК 631.4: 631.417.1

ДОСТИЖИМ ЛИ ПОКАЗАТЕЛЬ «4 ПРОМИЛЛЕ» ДЛЯ ПАХОТНЫХ ПОЧВ ПРИВОЛЖСКОГО ФЕДЕРАЛЬНОГО ОКРУГА И МОЖНО ЛИ ОБНАРУЖИТЬ ИЗМЕНЕНИЯ?

В.А. Романенков¹, Ю.Л. Мешалкина^{1, 2}, В.П. Самсонова¹, В.А. Добровольская¹,
А.Ю. Горбачева¹, А.Н. Кренке³

¹ Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Москва, Россия,

² РГАУ – МСХА имени К. А. Тимирязева, Москва, Россия

³ Институт географии РАН, Москва, Россия

Аннотация. Рассчитаны скорости секвестрации углерода пахотными почвами в слое 0 – 30 см, необходимые для достижения целей «4 промилле» и «2 промилле» для Приволжского ФО в разрезе административно-территориального и почвенно-географического деления, сделаны выводы об их достижимости и возможности обнаружения изменений на уровне элементарного контура.

Ключевые слова: секвестрация углерода, изменение климата, объем выборки.

Согласно Федеральному закону № 296-ФЗ «Об ограничении выбросов парниковых газов» от 02.07.2021 представляется необходимой разработка научной базы по оценке потенциала секвестрации углерода почвами с учетом почвенно-географического районирования. Взамен глобальной цели «4 промилле» отечественными учеными было предложена национальная цель – «2 промилле» с периодом реализации в течение 12 – 15 лет, после чего прогнозируется насыщение пахотных почв углеродом [1].

В 2021 г. ФАО ООН презентовала глобальную карту потенциала секвестрации углерода почвами сельхозугодий (*GSOCseq*) [4]. Она представляет собой серию картографических данных, которые получены путем моделирования на основе общедоступной информации о характеристиках почв, данных климата, типах землепользования, продолжительности вегетации и других. Моделирование было унифицировано для экспертов всех стран и проводилось с помощью Ротамстедской модели динамики углерода *RothC*. Карты содержали информацию о скорости секвестрации углерода (т С/га в год) верхним 30-см слоем почв с разрешением 1 км. Каждая точка карты включает 4 сценария прогноза скорости секвестрации в зависимости от выбранной оператором стратегии землепользования: сценарий неизменного хозяйствования (далее - BAU) или сценарии применения углеродсберегающих технологий (SSM1, SSM2 и SSM3). Последние предполагают увеличение поступающего органического вещества в почву по сравнению с BAU на 5, 10 и 20%, соответственно. Целевые уровни 4 и 2 промилле для каждой территориальной единицы могут быть рассчитаны как доли от смоделированного на 2020 г. запаса углерода.

Целью данной работы было применить методику ФАО на территории Приволжского ФО (ПФО) и на этой основе оценить достижим ли показатель «4 промилле» или «2 промилле» для пахотных почв ПФО. Второй вопрос, который затрагивается в этой работе – сколько нужно отобрать образцов, чтобы обнаружить изменения через 20, 30 или 40 лет? Территория ПФО изучалась согласно административно-территориальному и почвенно-географическому делению [3]. ПФО состоит из четырнадцати субъектов федерации и располагается на территории восьми почвенно-географических зон.

Результаты работы показали, что баланс углерода пахотных почв ПФО в целом положительный, что говорит о вкладе данного региона в секвестрацию углерода в масштабе всей страны. Скорость секвестрации углерода пахотными почвами административных субъектов, входящих в состав ПФО, также всегда положительная и достигает от 27 до 71 кг С/га в год даже при сценарии неизменного хозяйствования (табл. 1).

Таблица 1

Скорость секвестрации органического углерода почвами (кг С/га в год) для различных сценариев землепользования и значения показателей 2 и 4 промилле

Субъекты / Зоны	2 про-милле	4 про-милле	Сценарии			
			BAU	SSM1	SSM2	SSM3
Административно-территориальное деление						
Саратовская область	187,2	374,4	27,0	61,7	94,9	161,7
Пензенская область	244,2	488,5	30,8	78,1	119,4	205,4
Оренбургская область	207,3	414,7	33,2	67,0	103,1	174,9
Кировская область	98,8	197,6	40,2	54,1	69,3	101,0
Республика Марий Эл	100,5	201,0	44,2	57,5	73,5	106,0
Республика Мордовия	190,4	380,7	49,7	89,7	120,6	184,9
Самарская область	210,4	420,8	52,1	90,5	128,7	203,4
Республика Башкортостан	223,2	446,4	55,3	98,4	135,6	211,8
Пермский край	91,6	183,1	56,9	83,6	101,2	132,8
Удмуртская республика	112,0	223,9	57,0	81,8	101,6	140,7

Чувашская Республика	157,6	315,1	64,6	90,2	115,8	167,2
Нижегородская область	164,7	329,3	65,0	92,7	120,4	175,0
Ульяновская область	237,1	474,1	66,8	110,1	151,7	234,3
Республика Татарстан	185,8	371,6	71,1	107,6	140,6	204,8
Почвенно-географическое деление						
Алданская горная провинция	212,5	424,9	-0,4	37,3	72,8	144,7
Зона темно-каштановых и каштановых почв	142,2	284,4	23,4	51,6	78,2	130,9
Зона обыкновенных и южных черноземов степи	196,3	392,5	32,3	64,8	99,4	168,3
Зона дерново-подзо-листых почв южной тайги	90,7	181,5	40,9	57,5	72,2	102,1
Зона оподзоленных, выщ. и типичных черноземов и серых лесных почв	230,6	461,1	54,0	98,5	138,4	218,8
Зона серых лесных почв лиственных лесов	148,1	296,1	63,3	90,9	115,6	164,6

Незначительная эмиссия углерода (-0,4 кг С/га в год) наблюдается лишь в горной провинции. Обнаружена тенденция увеличения поглощения углерода в ряду каштановые почвы – черноземы – дерново-подзолистые почвы – серые лесные почвы. В целом, эти данные согласуются с недавними исследованиями [2].

Можно констатировать также эффективность применения углеродсберегающих практик на территории ПФО. При поступлении дополнительных объемов органического вещества в почву скорость секвестрации для всех территориальных единиц показывает увеличение (табл. 1).

В работе были рассчитаны целевые значения 4 и 2 промилле для каждой территориальной единицы как соответствующая доля от запаса углерода в почве на 2020 год. В результате оценки достижимости этих показателей оказалось, что ни одна территория не способна секвестрировать достаточно углерода, чтобы удовлетворить цели «4 промилле». Сравнение этих значений с полученными скоростями секвестрации углерода показали возможность достижения национальной цели «2 промилле» только при использовании сценария углеродсберегающих технологий самой высокой интенсивности (SSM3). В разрезе административно-территориального деления такой результат может быть получен для республик Марий Эл, Татарстан, Удмуртской и Чувашской республики, Пермского края, Кировской и Нижегородской областей, в разрезе почвенно-географического районирования – для зон дерново-подзолистых почв южной тайги и серых лесных почв лиственных лесов.

Построение моделей изменения запасов органического вещества основано на использовании усредненных данных (климата, рельефа, свойствах почвенного покрова и т.п.), которые усредняются для больших территорий в соответствии с размерами пикселей. При этом происходит потеря информации о действительной изменчивости показателя в пределах «точки» опробования, подразумевая под «точкой» территорию опытного участка или размер пикселя. Покажем на примере, какая повторность первичных данных нужна для выявления изменения содержания органического углерода в 30 – ти см слое почвы на территории опытного участка размером 100 гектаров (1 кв. км). Расчеты были произведены

исходя из начальной средней концентрации в 1,27% (цифра получена из среднего запаса углерода пахотных угодий Пермского края при плотности почвы 1,2 г/см³ и мощности слоя в 30 см) и возможного ежегодного прироста в 2 и 4 промилле (табл. 2). Минимальная величина коэффициента вариации, соответствующая аналитической неопределенности метода Тюрина в условиях воспроизводимости составляет 5 – 8%, а в реальных условиях, на площади 50 – 100 га, может достигать 20% и более. Соответственно, значения стандартного отклонения – 0,20% выглядит разумным. Задав уровень значимости *альфа* – 0,05 и мощность критерия (вероятность принятия гипотезы о равенстве средних значений, когда они на самом деле неравны. необходимый инструмент оценки качества принимаемых решений) – 0.80, можно рассчитать необходимую повторность определения содержания органического углерода через 20, 30 и 40 лет. Оказывается, если условия накопления углерода будут постоянными и равными 2 промилле в год при однородных условиях варьирования, лишь через 40 лет эффект накопления будет можно обнаружить с достаточно высокой надежностью, которая задается уровнем мощности критерия, при объеме выборки 60.

Таблица 2

Расчет числа повторностей, необходимых для подтверждения изменения среднего содержания углерода при мощности критерия 80% на уровне опытного участка (Пермский край) при начальном содержании углерода 1,27%

Срок наблюдений	20 лет		30 лет		40 лет	
	2 про-милле	4 про-милле	2 про-милле	4 про-милле	2 про-милле	4 про-милле
Национальная цель						
Среднее содержание С в конце наблюдений, %	1.32	1.37	1.35	1.42	1.37	1.48
Ст. отклонение, %	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20
Стандартизованный эффект	0.25	0.50	0.40	0.74	0.52	1.04
Значение t-критерия	1.96	1.98	1.97	2.00	1.98	2.04
Необходимая повторность (для каждой группы)	253	64*	100	29	60*	16

* Разница значений связана с округлением

Таким образом, для того чтобы на уровне элементарного пикселя (100 га) надежно обнаружить изменения, предсказываемые применением глобальных моделей, требуется достаточно большая повторность, практически достижимая только через 40 лет.

Баланс углерода в почвах Приволжского федерального округа положителен при всех рассмотренных сценариях землепользования. Наибольшая скорость секвестрации наблюдается в зоне серых лесных почв лиственных лесов. Углеродсберегающие технологии способствуют росту этого показателя на всех рассмотренных территориях. Достижение целей инициативы «4 промилле» невозможно в ПФО. Выполнение же цели на уровне 2 промилле реально для ряда территориальных единиц только при увеличении поступления органического вещества на 20%.

Работа выполнена в рамках реализации важнейшего инновационного проекта государственного значения "Разработка системы наземного и дистанционного мониторинга пулов углерода и потоков парниковых газов на территории Российской Федерации, обеспечение создания системы учета данных о потоках климатически активных веществ и бюджете углерода в лесах и других наземных экологических системах» (рег. № 123030300031-6).

Литература

1. Иванов А.Л., Столбовой В.С. Инициатива "4 промилле" – новый глобальный вызов для почв России // Бюллетень Почвенного института имени В.В. Докучаева. 2019. Вып. 98. С. 185-202. doi: 10.19047/0136-1694-2019-98-185-202
2. Когут Б.М., Семенов В.М. Оценка насыщенности почвы органическим углеродом // Бюллетень Почвенного института имени В.В. Докучаева. 2020. Вып. 102. С. 103-124. doi: 10.19047/0136-1694-2020-102-103-124
3. Урусевская И.С., Алябина И.О., Шоба С.А. Карта почвенно-экологического районирования Российской Федерации. Масштаб 1:8 000 000. Пояснительный текст и легенда к карте: Учебное пособие / отв. ред. И.С. Урусевская. М.: МАКС Пресс, 2020. 100 с.
4. Technical specifications and country guidelines for Global Soil Organic Carbon Sequestration Potential Map (GSOCseq). Rome: FAO, 2020. 34 p.

IS THE INDICATOR "4 PPM" REACHABLE FOR PACKAGE SOILS OF THE VOLGA FEDERAL DISTRICT AND IN HOW MANY YEARS CAN CHANGES BE DETECTED?

V.A. Romanenkov¹, J.L. Meshalkina^{1,2}, A.Yu. Gorbacheva¹, V.A. Dobrovolskaya¹, A.N. Krenke³

¹Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia,

²Russian State Agrarian University - Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow, Russia

³Institute of Geography, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

Abstract. For the Volga Federal District, the soil carbon sequestration rates were estimated for arable soils in a layer of 0 – 30 cm. There possibility to achieve the "4 per 1000" and "2 per 1000" goals were revised in the context of administrative-territorial and soil-geographical divisions. The possibility to detect these changes at the level of the elementary contour were checked.

Keywords: carbon sequestration, climate change, sample size.

References

1. Ivanov A.L., Stolbovoi V.S. The initiative "4 per 1000" – a new global challenge for the soils of Russia // Dokuchaev Soil Bull. 2019. V. 98. P. 185-202.
2. Kogut B.M., Semenov V.M. Estimation of soil saturation with organic carbon. // Dokuchaev Soil Bull. 2020. V. 102. P. 103-124..
3. Urusevskaya I.S., Alyabina I.O., Shoba S.A. Map of Soil and Ecological Zoning of the Russian Federation. Scale 1:8,000,000. Explanatory Text and Legend to the Map: Training Manual, Urusevskaya I.S., Ed. Moscow: MAKS Press Publ., 2020. 100 p.
4. Technical specifications and country guidelines for Global Soil Organic Carbon Sequestration Potential Map (GSOCseq). Rome: FAO, 2020. 34 p.

**МЕТРОЛОГИЯ ОЦЕНКИ ЗАПАСОВ
ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА ПОЧВЫ**

В.П. Самсонова¹, Ю.Л. Мешалкина^{1,2}, М.И. Кондрашкина¹, С.Е. Дядькина¹

¹Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Москва, Россия,

²РГАУ – МСХА имени К. А. Тимирязева, Москва, Россия

Аннотация. Рассматривается роль неопределенностей, возникающих на разных этапах оценки запасов почвенного органического вещества. С учетом неопределенностей сопутствующих переменных общая относительная неопределенность результата может превышать 20%.

Ключевые слова: запасы углерода, неопределенность, планирование эксперимента

Почва является резервуаром, в котором сосредоточены гигантские запасы углерода. Изменение климата, хозяйственная деятельность и естественное функционирование биогеоценозов могут изменять запасы, при отсутствии катастрофических природных и антропогенных воздействий содержание органического углерода в глобальном масштабе должно оставаться приблизительно постоянным. Однако локальное изменение запасов углерода может быть ощутимым. Так, например, сведение леса и развитие ветровой эрозии на конкретной территории приведет к закономерным потерям органического углерода в верхнем слое почвы вследствие выноса частиц почвы, одновременно эти частицы, откладываясь на других участках, увеличат запас гумуса. Если рассматривать эти участки изолированно, не учитывая совместные связи, выводы о динамике углерода могут быть прямо противоположными.

Большую роль в получении объективных результатов о запасах органического углерода в почве играет правильно спланированный эксперимент. В настоящее время большинство почвоведов согласны с тем, что свойства почвы меняются в пространстве и во времени, и что для уменьшения случайности необходимо использовать статистические методы. Однако в конкретном случае применение этих методов требует понимания того, какая схема опробования была использована. Так, если на каком-то угодье был заложен единственный разрез и из пахотного горизонта была отобрана *одна смешанная* проба, составленная из пяти индивидуальных, расположенных на расстоянии от ключевого разреза на расстояниях 10 – 20 м, то анализ этой пробы на содержание органического вещества при любом числе повторностей будет характеризовать в первую очередь неопределенность *метода* определения, а не *пространственную вариабельность свойства*, которая усредняется при смешивании. Предположим теперь, что образцы, отобранные вокруг разреза, не смешивались, а были проанализированы отдельно. Если метод определения точный, то создается иллюзия, что знание об угодье тоже очень точное. Это отражается в том, что в подавляющем

большинстве научных статей результаты приводятся в виде: $M \pm m$, где M – среднее, m – ошибка среднего, равная $= \frac{s}{\sqrt{n}}$, s – стандартное отклонение, n – повторность. Отметим, что повторность часто не указывается, так что оценить качество результатов практически невозможно. Иллюзорность представлений о точности проявляется в том, что, увеличивая повторность, мы уменьшаем ошибку среднего, но стандартное отклонение остается прежним. Вариабельность свойства на территории от этого не меняется. В результате, увеличивая повторность, можно сколь угодно точно вычислить среднее значение в некоторой окрестности разреза, при этом можно утратить информацию о многообразии условий на угодье. Нет никакой гарантии, что это вычисленное значение является оценкой, близкой к общему среднему на угодье, оно может отражать какой-либо артефакт, поскольку пространственное варьирование на территории обуславливает возможность получения сильно отклоняющихся значений.

При получении конечного значения содержания органического вещества почвы лежит несколько этапов, каждый из которых дает свой вклад в общую неопределенность результата. Так, малоучитываемым источником неопределенности, дающим тем не менее ощутимый вклад в общую неопределенность, является пробоподготовка. Зачастую считается, что этап пробоподготовки уже учтен в блоке аналитических ошибок. Однако отбор корней при анализе содержания органического вещества, степень предварительного измельчения и способ отбора аналитической пробы из подготовленного для анализа образца может обуславливать большой разброс значений. Этот фактор обычно совсем не учитывается, хотя он может составлять 10% и более [1].

Следующий уровень – это отбор проб в поле. В зависимости от процедуры пробоотбора, например, отбирались ли индивидуальные пробы или почвенная проба формировалась при смешивании нескольких проб, отбор шел по фиксированным глубинам или по почвенным горизонтам и т.д., то погрешности могут быть разными и, как следствие, получаемые результаты могут быть несопоставимыми. Так, например, сравнение данных, полученных в единичном разрезе, со смешанной пробой, полученной на угодье, может приводить к ошибочным выводам, поскольку отдельный разрез не может отражать всего многообразия свойств угодья. Следующий уровень – уровень территориальный. Это может быть сельскохозяйственное угодье, несколько угодий и т.п.

Степень влияния каждого фактора можно учесть путем иерархического дисперсионного анализа, однако его применимость ограничивается требованиями независимости наблюдений, однородности дисперсий по грациям и соответствием закона распределения свойства нормальному распределению. По крайней мере, эти требования должны быть проверены перед проведением анализа или известны из предыдущих исследований.

При расчетах запасов органического вещества используются такие величины, как плотность почвы d , мощность слоя h , и каменистость st . Эти величины также вносят свой вклад в общую неопределенность результата:

$$\varepsilon = \sqrt{\varepsilon_{hum}^2 + \varepsilon_d^2 + \varepsilon_h^2 + \varepsilon_{st}^2},$$

где ε_{hum} , ε_d , ε_h , ε_{st} – относительные неопределенности измерения (%), соответственно, содержания углерода, плотности, мощности слоя и каменистости. Если приближенно принять, что каждая из относительных погрешностей составляет 10%, то общая погрешность результата составит 20%. Использование смешанных проб и специальных схем опробования в ряде случаев позволяет существенно уменьшить эти неопределенности.

Для анализа источников неопределенности оценки запасов органического углерода в слое 0 – 30 см в 2022 г был проведен эксперимент на дерново-подзолистой окультуренной почве (Albic Glossic Retisol (Aric, Loamic, Ochric)). На площадке (100 × 100 м), было заложено 5 прикопок, в которых почвенные пробы отбирались на глубину 0 – 30 см двумя способами: по 10-сантиметровым слоям из прикопок и буром на глубину 0 – 30 см. Повторность проб в каждом слое единичной прикопки была двукратной. Плотность почвы определяли методом Качинского, содержание углерода – методом Тюрина в модификации Никитина со спектрометрическим окончанием. Часть проб дополнительно были проанализировали в Брянском государственном аграрном университете для учета неопределенности в условиях воспроизводимости. Оценивались неопределенности, связанные с природным варьированием, пробоподготовкой и аналитическим процессом. Были рассчитаны статистические показатели (табл. 1), компоненты общей дисперсии выделялись при помощи иерархического дисперсионного анализа.

Таблица 1

Статистические характеристики плотности и содержания органического углерода

Глубина	Среднее	Дисперсия	Ст. отклонение	Коэффициент вариации, %
Плотность, г/см ³				
0–10	1,25	0,010	0,101	8,1
10–20	1,31	0,006	0,076	5,8
20–30	1,39	0,009	0,094	6,8
Содержание органического углерода, %				
0–10	1,54	0,026	0,16	10,5
10–20	1,51	0,041	0,20	13,4
20–30	1,42	0,039	0,20	13,9

Поскольку почвы участка сформированы на легком покровном суглинке, неопределенность, связанная с наличием каменистости не учитывалась. Аналитическая неопределенность измерения плотности в условиях проведенного эксперимента не зависела от глубины опробования и составила около 6%. Аналитическая неопределенность результатов по методу Тюрина не отличалась в разных лабораториях. Ее вклад составлял 5–9% от общей дисперсии содержания органического углерода почвы на участке. Неопределенность пробоподготовки обуславливала от 11 до 26%, природное варьирование – от 49 до 68% от общей дисперсии, соответственно. Определение содержания углерода в пробах, отобранных буром, когда образец отбирается сразу на глубину 0 – 30 см,

выигрывает в уменьшении промежуточных операций и дает сопоставимые результаты по сравнению с послойным отбором почвенных проб.

Таким образом, представление о почве зависит от способа получения информации об объекте. Однако этот факт не всегда учитывается в почвенных исследованиях. Для оценки влияния факторов разной природы при оценке запасов органического вещества почвы необходимо четкое разделение масштабов возможных аналитических погрешностей, погрешностей связанных с пробоподготовкой и разномасштабных пространственных изменений. Анализ источников неопределенностей, связанных с получением первичной информации, должен быть неотъемлемым этапом любых почвенных исследований.

Работа выполнена в рамках реализации важнейшего инновационного проекта государственного значения "Разработка системы наземного и дистанционного мониторинга пулов углерода и потоков парниковых газов на территории Российской Федерации, обеспечение создания системы учета данных о потоках климатически активных веществ и бюджете углерода в лесах и других наземных экологических системах» (рег. № 123030300031-6).

Литература

1. Ramsey M.H. Sampling the environment: twelve key questions that need answers // Geostandards and Geoanalytical Research. 2004. № 28(2). С. 251–261. <https://doi.org/10.1111/j.1751-908x.2004.tb00741.x>

METROLOGY OF ESTIMATION OF SOIL ORGANIC MATTER STOCKS

V.P. Samsonova¹, J.L. Meshalkina^{1,2}, M.I. Kondrashkina¹, С.Е. Dyadkina¹

¹Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia

²Russian State Agrarian University - Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow, Russia

Abstract. The role of uncertainties occurring at different steps of the estimation of soil organic matter stocks is considered. Taking into account the uncertainties of the accompanying variables, the total relative uncertainty of the result may exceed 20%.

Keywords: carbon stocks, uncertainty, experiment planning

References

1. Ramsey M.H. Sampling the environment: twelve key questions that need answers // Geostandards and Geoanalytical Research. 2004. № 28(2). P. 251–261. <https://doi.org/10.1111/j.1751-908x.2004.tb00741.x>

УДК 661.183:1

СОРБЦИЯ СВИНЦА И КАДМИЯ ЧЕРНОЗЕМОМ ОБЫКНОВЕННЫМ

О.Е. Хронюк, Т.В. Бауэр, Т.М. Минкина, В.С. Цициуашвили, В.Э. Болдырева, Н.В. Старовойтова

Академия биологии и биотехнологии им. Д.И. Ивановского Южного федерального университета, Ростов-на-Дону, Россия

e-mail: hronyuk@sfedu.ru

Аннотация. Адсорбция тяжелых металлов почвой является важным процессом, влияющим на их миграцию, трансформацию и аккумуляцию. Серия лабораторных экспериментов дали представление о поведении ионов металлов Cd²⁺ и Pb²⁺ в почвенном покрове. Для описания эмпирических зависимостей использованы

модели Ленгмюра и Фрейндлиха. Установлено, что ионы свинца сорбируются почвой эффективнее, чем кадмия.

Ключевые слова: тяжёлые металлы, адсорбция, свинец, кадмий, почва

Введение. Загрязнение почв промышленными выбросами является важной проблемой современности. Почва является биологическим фильтром, способным поглощать и удерживать различные вещества, предотвращая их попадание в грунтовые воды. Адсорбция – первый защитный барьер, который может предоставить почва в ответ на поступление загрязняющих веществ, в том числе тяжёлых металлов (ТМ), большая часть которых может связываться с разной степенью прочности почвенным поглощающим комплексом (ППК).

Тяжелые металлы известны как одни из наиболее токсичных элементов и поэтому представляют большой интерес для экологических исследований [1]. Адсорбция тяжелых металлов является основным фактором, контролирующим их экологическую подвижность и биодоступность. Изучение поглощения ТМ почвами позволяет предсказать поведение поллютантов и оценить возможные стратегии по восстановлению загрязненных почвенных покровов.

В нашем исследовании внимание уделено металлам первого класса опасности, а именно кадмию (Cd) и свинцу (Pb). Проведена серия экспериментов, позволяющих количественно охарактеризовать сорбцию поллютантов на ионообменных позициях в почве, а также определить различия в поведении указанных ТМ.

Методы. Для изучения сорбционной способности почвы (чернозём обыкновенный карбонатный мощный среднегумусный тяжелосуглинистый на лессовидной глине) по отношению к ТМ (Cd, Pb) использованы растворы нитратных солей металлов в концентрациях 0,5; 1; 2; 4; 6; 8 и 10 мМ·л⁻¹. Массовое соотношение твердой и жидкой фаз составляло 1:10. Суспензии взбалтывали в течение часа и оставляли на сутки при температуре 298±1 К. Как показали исследования, выбранного времени достаточно для достижения полного равновесия в системе [2]. Затем суспензию фильтровали через фильтр «синяя лента». Концентрации ионов металла в водном растворе определяли с использованием атомно-абсорбционного спектрометра «Квант-2».

По полученным данным строили графическую зависимость в координатах $C_p - C_{ад}$; где C_p - равновесная концентрация внесенного поллютанта в растворе, мМ·л⁻¹; $C_{ад}$ - удельное содержание поллютанта в фазе сорбента, мМ·кг⁻¹. Для аппроксимации изотерм использованы двухпараметрические сорбционные модели Ленгмюра (1) и Фрейндлиха (2):

$$C_{ад} = C_{\infty} \frac{K_L C_p}{(1 + K_L C_p)} \quad (1)$$

$$C_{ад} = K_f C_p^{1/n} \quad (2)$$

где C_{∞} – величина максимальной адсорбции металла, $\text{мМ}\cdot\text{кг}^{-1}$; K_L – константа Ленгмюра, $\text{л}\cdot\text{мМ}^{-1}$; K_F – константа Фрейндлиха, $\text{кг}\cdot\text{л}^{-1}$; $1/n$ – эмпирический показатель степени в уравнении Фрейндлиха

Уравнение Фрейндлиха является эмпирическим. Однако оно широко используется для описания сорбционных процессов, поскольку позволяет описывать изотермы безграничной сорбции. Параметр K_F является мерой поглотительной способности, а величина безразмерного параметра $1/n$ позволяет выявить энергетическую неоднородность реакционных центров на сорбирующей поверхности и может изменяться в интервале $0 < 1/n < 1$ или $= 1$ [3]. При величине $1/n$, приближающейся к 0, возрастает неоднородность сорбционных центров, к 1 – уменьшается.

Свободную энергию Гиббса (ΔG) рассчитывали по формуле (3):

$$\Delta G = -RT \ln K_L \quad (3)$$

Построение экспериментальных изотерм и их аппроксимация были выполнены в статистической программе «SigmaPlot 12.5» (Systat Software, США) и графическом пакете программы «Origin 2018» (OriginLab, США).

Результаты и обсуждения. Изотермы адсорбции ионов Cd^{2+} и Pb^{2+} почвой (рис.) в целом относятся к L-форме по классификации Джайлса [4]. Для изотерм L-формы характерен выгнутый относительно оси концентрации начальный участок, так как с увеличением доли занятых адсорбционных мест адсорбату сложнее найти вакантные места. Зависимости отображают достаточно высокую степень закрепления металла на поверхности адсорбата.

Эмпирические зависимости хорошо описываются представленными моделями Ленгмюра и Фрейндлиха (табл.), коэффициенты корреляции имеют высокие значения ($R^2 > 0,844$). Установлено, что по величине максимальной сорбции (C_{∞}), полученной из уравнения Ленгмюра, представленные ТМ располагаются в ряду: $\text{Pb} > \text{Cd}$. Параметр K_L , характеризующий прочность связи между ионом металла и функциональными центрами на сорбирующей поверхности, имеет аналогичные зависимости.

Таблица

Параметры уравнений Ленгмюра и Фрейндлиха для адсорбции ТМ исследуемой почвой

ТМ	Уравнение Ленгмюра				Уравнение Фрейндлиха		
	$K_L, \text{л}\cdot\text{мМ}^{-1}$	$C_{\infty}, \text{мМ}\cdot\text{кг}^{-1}$	$-\Delta G, \text{кДж}\cdot\text{М}^{-1}$	R^2	$K_F, \text{л}\cdot\text{кг}^{-1}$	$1/n$	R^2
Cd	$18,2 \pm 1,9$	$29,9 \pm 6,2$	7,2	0,998	$22,9 \pm 3,6$	$0,21 \pm 0,13$	0,872
Pb	$46,2 \pm 5,4$	$61,9 \pm 8,6$	9,5	0,995	$56,7 \pm 8,3$	$0,18 \pm 0,09$	0,844

Отрицательные значения ΔG (табл.), рассчитанные по уравнению Ленгмюра, показали, что реакция поглощения ТМ почвой самопроизвольна в прямом направлении, что соответствует устойчивому закреплению ионов ТМ на поверхности сорбента.

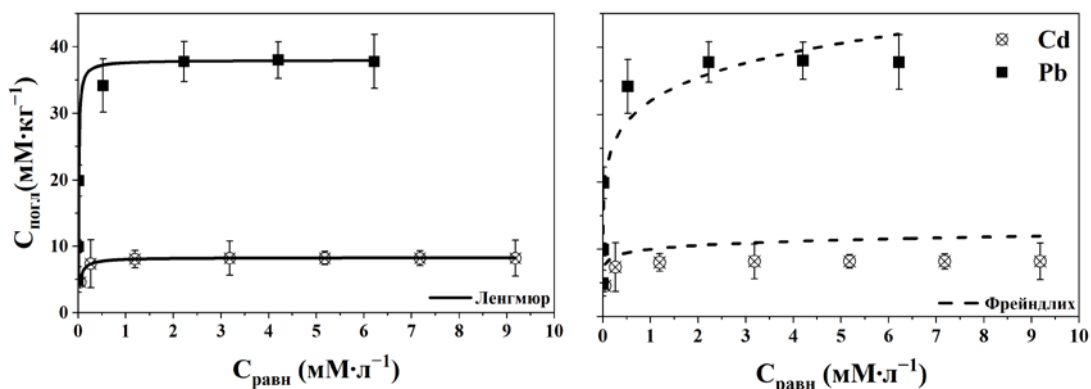


Рисунок. Изотермы адсорбции ТМ исследуемой почвой

Величины рассчитанного параметра K_f (кг·л⁻¹), рассчитанные по уравнению Фрейндлиха, располагаются в ряду $Pb > Cd$. Величина $1/n$, характеризующая степень неоднородности ППК по отношению к выбранным металлам, изменяется в пределах 0,18 – 0,21 (табл.). Значения параметров свидетельствуют о разной эффективности сорбции в отношении выбранных ТМ.

Поведение металлов объясняется их различной природой и характеристиками. Установленные различия между металлами в целом коррелируют с показателями электроотрицательности, определяющим способность металла к хемосорбции: $Pb (2,33) > Cd (1,69)$. Также стоит обратить внимание на значения констант гидролиза по первой ступени (pK_1), так как гидролиз катионов металла играет важную роль в процессе адсорбции: $Pb (7,48) > Cd (9,81)$. Меньшие значения обеспечивают эффективную адсорбцию за счет комплексообразования на поверхности внутренней сферы [5].

Выводы. Изучены зависимости поглощения Cd^{2+} и Pb^{2+} исследуемой почвой (чернозём обыкновенный карбонатный мощный среднетяжелосуглинистый на лессовидной глине). Выявлено, что ионы свинца лучше сорбируются, чем ионы кадмия. В ходе аппроксимации изотерм сорбции моделями Ленгмюра и Фрейндлиха установлено, что оба уравнения хорошо описывают эмпирические зависимости. Отрицательные значения ΔG показали, что реакция поглощения ТМ почвой самопроизвольна.

Исследование выполнено при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, соглашение № 075-15-2022-1122 и Программы стратегического академического лидерства Южного федерального университета ("Приоритет 2030").

Литература

1. Pujiati, S.A., Susatyo E. B., Widiarti N., Sukarjo S. Adsorpsi Tanah terhadap Ion Logam Ni (II) dan Zn (II) serta Remediasinya dengan Metode Pencucian //Indonesian Journal of Chemical Science. 2018. V. 7. №. 2. P. 187-194.
2. Пинский Д. Л., Минкина Т. М., Манджиева С. С., Федоров Ю. А., Бауэр Т. В., Невидомская Д. Г. Особенности поглощения Cu (II), Pb (II) и Zn (II) черноземом обыкновенным из растворов

нитратов, хлоридов, ацетатов и сульфатов // Почвоведение. 2014. № 1. С. 22-22.

3. Круглов С.В., Анисимов В.С., Лаврентьева Г.В., Анисимова Л.Н. Параметры селективной сорбции Co, Cu, Zn и Cd дерново-подзолистой почвой и черноземом // Почвоведение. 2009. № 4. С. 419–428.

4. Джайлс Ч., Инграм Б., Клюни Дж., Ликлема Я. Адсорбция из растворов на поверхности твердых тел. М.: «Мир», 1987. 488 с.

5. Abd-Elfaltah A., Wada K. Adsorption of lead, copper, zinc, cobalt and cadmium by soils that differ in cation exchange materials. Journal of Soil Science. Vol. 32. P. 271–283.

SORPTION OF LEAD AND CADMIUM BY ORDINARY CHERNOZEM

O.E. Khronyuk, T.V. Bauer, T.M. Minkina, V.S. Tsitsiuashvili, V.E. Boldyreva, N.V. Starovoitova
Academy of Biology and Biotechnology of D.I. Ivanovskogo, Southern Federal University, Rostov-on-Don, Russia

Abstract. The adsorption of metals in soil is an important factor influencing their transfer, transformation and accumulation. A series of laboratory experiments gave insight into the introduction of Cd²⁺ and Pb²⁺ metal ions into the soil cover. The Langmuir and Freundlich models were used to describe the empirical dependencies. It has been established that lead ions are sorbed by the soil more efficiently than cadmium.

Keywords: heavy metals, adsorption, lead, cadmium, soil.

References

1. Pujiati, S.A., Susatyo E. B., Widiarti N., Sukarjo S. Adsorpsi Tanah terhadap Ion Logam Ni (II) dan Zn (II) serta Remediasinya dengan Metode Pencucian // Indonesian Journal of Chemical Science. 2018. V. 7. № 2. P. 187-194.

2. Pinsky D. L., Minkina T. M., Mandzhieva S. S., Fedorov Yu. A., Bauer T. V., Nevidomskaya D. G. Cu (II), Pb (II) and Zn absorption features (II) ordinary chernozem from solutions of nitrates, chlorides, acetates and sulfates // Soil Science. 2014. no. 1. P. 22-22.

3. Kruglov S.V., Anisimov V.S., Lavrent'eva G.V., Anisimova L.N. Parameters of selective sorption of Co, Cu, Zn, and Cd by soddy-podzolic soil and chernozem // Eurasian Soil Sci. 2009. No. 4. P 419–428.

4. Giles C., Ingram B., Cluny J., Licklema J. Adsorption from solutions on the surface of solids. М.: "Mir", 1987. 488 p.

5. Abd-Elfaltah A., Wada K. Adsorption of lead, copper, zinc, cobalt and cadmium by soils that differ in cation exchange materials. Journal of Soil Science. Vol. 32. P. 271–283.

УДК 631.41: 631.861

ВАРИАБЕЛЬНОСТЬ АГРОХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ЗАЛЕЖНЫХ ПОЧВ ПФИЦ УРО РАН ПРИ ВНЕСЕНИИ КОМПоста НА ОСНОВЕ КУРИНОГО ПОМЁТА

Д.Г. Шишков, В.В. Валиев, О.В. Иванова

«Пермский НИИСХ» – филиал ПФИЦ УрО РАН, с. Лобаново, Пермский край,
Россия

e-mail: danil.shishkov@gmail.com

Аннотация. Внесение высоких доз компоста на основе побочных продуктов животноводства (куриного помёта) снижало вариабельность общего органического вещества (коэффициент вариации (V) 37,1 и 21,7 %). Происходило увеличение неоднородности по содержанию подвижного калия (V = 23,1 и 40,7 %). Увеличение неоднородности по другим показателям не отмечено.

Ключевые слова: вариабельность агрохимических свойств, куриный помёт, побочный продукт животноводства, залежные почвы.

Введение. Ежегодно птицефабриками России производится около 15 миллионов тонн птичьего помёта, основной способ утилизации которого – запашка в почву после компостирования [1]. Такой способ ограничивается небольшими собственными пахотными площадями птицефабрик и экологической нагрузкой на экосистему в целом при применении высоких доз [2]. С 1 марта 2023 года в соответствии с Постановлением Правительства РФ №1940 от 31.10.2022 [4] установлены обязательные требования к переработке и использованию побочных продуктов животноводства в сельскохозяйственном производстве, что подтверждает актуальность вышеуказанной проблемы.

В 90х годах прошлого века многие сельскохозяйственные угодья были выведены из сельскохозяйственного оборота. Одним из перспективных способов возвращения залежных почв в оборот может являться внесение компоста на основе побочных продуктов животноводства, проводимое совместно с рекультивацией.

Таким образом, целью исследования являлась оценка влияния внесения компоста на основе ППЖ на агрохимические показатели залежных почв ПФИЦ УрО РАН и их пространственную вариабельность.

Методы проведения исследований. Исследования проведены в 2021-2022 гг на полях ПФИЦ УрО РАН, Пермский район, Пермский край. Почвенные образцы для определения агрохимических показателей отбирали в мае-июне 2021 г. до распашки залежных участков и в мае-июне 2022 г., после внесения компоста и посева озимой тритикале. Образцы отбирали с глубины 0-20 см, по элементарным участкам площадью 8 га в соответствии с ГОСТ Р 58595-2019. Определение основных агрохимических показателей осуществляли по методикам, соответствующим общепринятым ГОСТам. Общее количество образцов – 13. Математическая обработка данных выполнена в программе STATISTICA 10

Исследуемый участок располагался в 27 км от г. Пермь и 3 км от с. Каяново (кадастровый № 59:32:3890013:429). Площадь поля 103 га, до возвращения в оборот на участке преобладала сорная растительность и козлятник восточный (*Galega orientalis*). Расположение исследуемого участка и схема отбора почвенных образцов представлена на рисунке 1. Доза внесения компоста на основе птичьего помёта составляла 80-100 т/га. Залежные участки выведены из оборота более 10 лет назад. Почва на участке дерново-подзолистая тяжелосуглинистая. Технология внесения компоста на основе ППЖ включала следующие этапы: мульчирование, внесение компоста, запашка на глубину 20 см, 2 предпосевные культивации, посев озимого тритикале. Компост перед внесением около 6 месяцев выдерживали в хранилище, затем около 6 месяцев в полевых буртах.

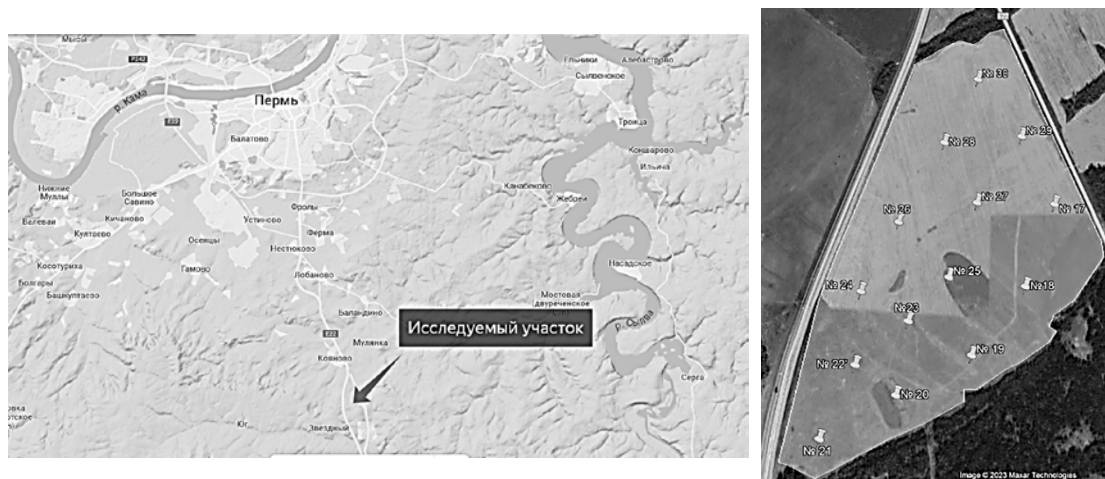


Рисунок 1. Расположение исследуемого участка и точек (центров элементарных участков) отбора образцов

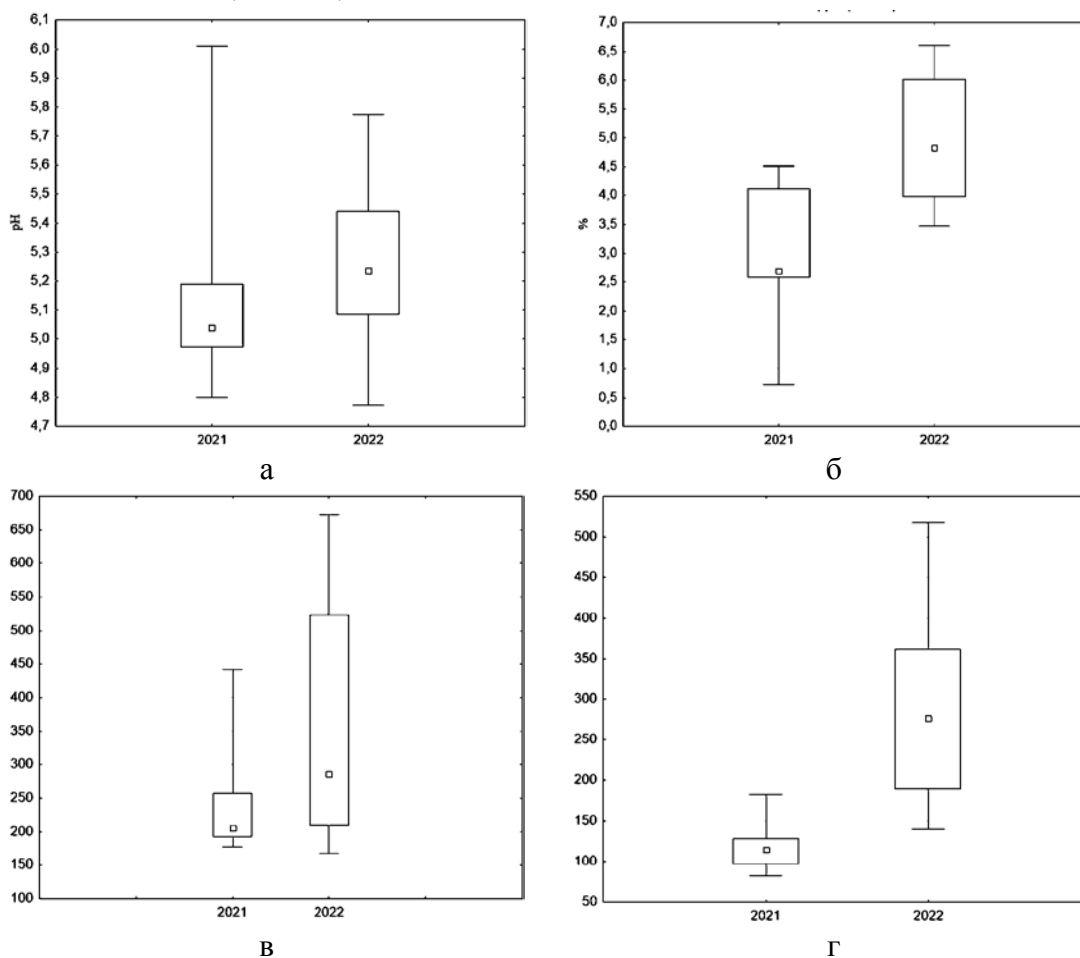
Результаты. Значения $pH_{КС}$ изменялись до распашки от 4,8 до 6,0, среднее значение и медиана составляли $5,1 \pm 0,1$ и 5,0 соответственно (рис. 2а). После внесения компоста значения показателя изменились не существенно: минимальное значение осталось на прежнем уровне, максимальное снизилось до 5,8, среднее значение и медиана повысились до $5,2 \pm 0,1$ соответственно. Вместе со снижением размаха варьирования (с 1,2 до 1,0), снизился коэффициент вариации (V) с 5,9 до 5,4 %. Несмотря на то, что по значению V степень рассеивания данных считается незначительной, на участке сохранился существенный разрыв по агрономической группировке степени кислотности от среднекислой до близкой к нейтральной.

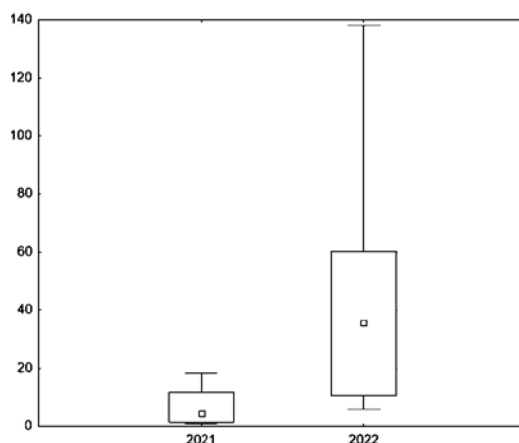
Среднее и медианное значения содержания общего органического вещества на исследуемом участке составляло $3,12 \pm 0,32$ и 2,70 % (рис. 2б). Размах значений составил 3,79 % (от 0,73 до 4,52 %). После внесения компоста значения показателя закономерно увеличились до среднего значения $4,93 \pm 0,30$ %, медианного 4,82 %. Размах снизился до 3,14 % (минимальное 3,47 %, максимальное 6,61 %). Коэффициент вариации снизился с 37,1 % до 21,7 %. Б.Г. Розанов [5] приводит сведения о том, что при в почвенных исследованиях при $V < 25$ % можно говорить об однородности исследуемого признака, в связи с чем можно сделать вывод о снижении неоднородности почвы исследуемого участка по данному показателю за счёт повышения среднего уровня его значения.

Ввод залежной почвы в оборот совместно с внесением компоста увеличил вариабельность содержания в почве подвижных форм фосфора и калия (рис. 2 в, г). Коэффициенты вариации для фосфора составили 35,3 и 52,2 %, для калия 23,1 и 40,7 % до и после распашки соответственно. Среднее значение содержания подвижного фосфора увеличилось с 254 до 349 мг/кг, медианное с 206 до 286 мг/кг, минимальное значение не изменилось (178 и 167 мг/кг), максимальное увеличилось в 1,5 раза (с 442 до 674 мг/кг). Среднее и медианное значения содержания подвижного калия в почве увеличились с 117 до 282 мг/кг и с 115 до

277 мг/кг соответственно. Размах значений увеличился с 101 до 378 мг/кг, минимальные и максимальные значения составили соответственно 82-183 мг/кг и 140-518 мг/кг до и после введения в оборот соответственно.

Наибольшую экологическую опасность при внесении высоких доз птичьего помёта в почву представляет количество нитратного азота. Исследованиями установлено, что до введения в оборот залежи содержание нитратного азота в почве изменялось от 0,8 до 18,3 мг/кг, после распашки и внесения компоста размах значений увеличился до 5,7-138 мг/кг (рис. 2д). Учитывая ошибку анализа почвы на содержание нитратов, составляющую 20 %, мы считаем, что нельзя говорить о загрязнении почвы исследуемого участка нитратным азотом (ПДК = 130 мг/кг). При соблюдении всех требований к качеству агротехнических работ (в первую очередь вспашке) при внесении высоких доз компоста на основе ППЖ возможно предотвращение загрязнения почвы нитратной формой азота. Степень варьирования признака по полю была существенной: коэффициенты вариации до и после распашки составляли соответственно 95,8 и 103,5 %.





Д

а – рН_{KCl}, б – содержание общего органического вещества, в – содержание подвижного фосфора, мг/кг, г – содержание подвижного калия, мг/кг, д – содержание нитратного азота, мг/кг;

□ – медиана, □ – квартильный размах 25-75%, I – минимальное и максимальное значение

Рисунок 2. Диаграммы размаха агрохимических показателей до (2021 г.) и после (2022 г.) внесения компоста на основе ППЖ (птичьего помёта)

Выводы и предложения. Возвращение в сельскохозяйственный оборот залежных почв совместно с внесением компоста на основе побочных продуктов животноводства (куриного помёта) является перспективным направлением повторного освоения залежных земель. Внесение компоста не оказало влияние на неоднородность почвы по таким показателям как рН_{KCl}, содержание подвижного фосфора и нитратного азота, так как по данным показателям почва изначально была неоднородна. За счёт повышения общего уровня содержания общего органического вещества его неоднородность по полю снизилась. Однако существенной стала неоднородность по содержанию подвижного калия.

Литература

1. Володина Е.Н., Титова В.И., Белоусова Е.Г. Фитотоксичность куриного помета, полученного при разных способах содержания птицы // Пермский аграрный вестник. 2022. № 3(39). С. 12-19.
2. Ганиев А.С., Сибатуллин Ф.С., Халиуллина З.М., Зиганшин Б.Г., Гайфуллин И.Х. Практическое использование куриного помета при возделывании озимой пшеницы // Вестник НГИЭИ. 2022. № 10(137). С. 38-47.
3. Попков А.П. Трансформация свойств почв залежей при зарастании лесом // Инновационные тенденции развития российской науки: материалы XII Международной научно-практической конференции молодых ученых. Красноярск: Красноярский государственный аграрный университет, 2019. Т. 1. С. 68-72.
4. Постановление Правительства Российской Федерации от 31.10.2022 № 1940 «Об утверждении требований к обращению побочных продуктов животноводства». М., 2022. 7 с.
5. Розанов Б.Г. Генетическая морфология почв. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1975. 293 с.

VARIABILITY OF AGROCHEMICAL PROPERTIES OF FALLOWS SOILS OF PFIC URO RAS WHEN COMPOSTING BASED ON CHICKEN MANURE

D.G. Shishkov, V.V. Valiev, O.V. Ivanova

«PARI» – PFRC UB RAS, Lobanovo village, Perm Krai, Russia

Abstract. The introduction of high doses of compost based on animal by-products (chicken manure) reduced the variability of total organic matter (coefficient of variation (V) 37.1 and 21.7%). There was an increase in heterogeneity in the content of mobile potassium (V = 23.1 and 40.7%). There was no increase in heterogeneity in other indicators.

Keywords: variability of agrochemical properties, chicken manure, by-product of animal husbandry, fallows soils

References

1. Volodina E.N., Titova V.I., Belousova E.G. Phytotoxicity of chicken manure obtained with different methods of poultry keeping // Perm Agrarian Bulletin. 2022. No. 3(39). P. 12-19.
2. Ganiev A.S., Sibagatullin F.S., Khaliullina Z.M., Ziganshin B.G., Gayfullin I.H. Practical use of chicken manure in the cultivation of winter wheat // Bulletin of the NGIEI. 2022. No. 10(137). P. 38-47.
3. Popkov A.P. Transformation of soil properties of deposits during overgrowth by forest // Innovative trends in the development of Russian science: materials of the XII International Scientific and Practical Conference of Young Scientists. Krasnoyarsk: Krasnoyarsk State Agrarian University, 2019. Vol. 1. P. 68-72.
4. Decree of the Government of the Russian Federation of 31.10.2022 No. 1940 "On approval of requirements for the circulation of animal by-products". M., 2022. 7 p.
5. Rozanov B.G. Genetic morphology of soils. M.: Publishing House of Moscow. un-ta, 1975. 293 p.

СЕКЦИЯ 6. ЭКОЛОГИЯ ПОЧВ

SECTION 6. ECOLOGY OF SOILS

УДК 334.02 : 631.4

КАРБОНОВЫЕ ПОЛИГОНЫ И ИЗМЕРЯЕМЫЕ ПАРАМЕТРЫ УГЛЕРОДНЫХ ЭКОСИСТЕМНЫХ УСЛУГ

Е.В. Абакумов, М.А. Макарова, Е.В. Шевченко, Е.Ю. Чебыкина, Т.И. Низамутдинов
Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия
e-mail: e.abakumov@bio.spbu.ru

Аннотация. Обсуждается проблема методологии и метрологии параметров, используемых для идентификации и монетизации углеродных экосистемных услуг почв карбоновых полигонов бореальных таежно-лесных экосистем. Описывается идеология и практический функционал карбонового полигона бореальной зональной экосистемы. Приведена предварительная характеристика карбонового полигона «Ладога» (Ленинградская область).

Ключевые слова: почвы, органическое вещество, карбоновые полигоны, экосистемные услуги.

Сегодня весь Мир и Россия стоят перед глобальными вызовами в отношении изменений климата. В составе наземных и водных экосистем России находится крупнейший резервуар органического углерода, трансформация которого в результате изменения климата способна привести к деградации существенной части ландшафтов и экосистем, включая, причем не только природные, но и урбанизированные и техногенные экосистемы, т.е. места преимущественного обитания человека. Бореальные и полярные экосистемы России – важнейший регулятор климата и биогеохимического состава биосферы. Газовое состояние атмосферы все более и более сильно влияет на качество жизни населения как через качество окружающей природной среды, так и через экономические эффекты. Газовое состояние атмосферы зависит от промышленных источников углекислого газа, от антропогенно-индуцированной эмиссии (агроландшафты, пожары, потери при внесении удобрений и т. п.) и от природных процессов эмиссии-стабилизации органических соединений. При этом параметры углеродного цикла в общестрановом масштабе оценены весьма приблизительно, хотя подобные работы ведутся в разных аспектах в течение многих лет и локализованы в различных регионах. Во многом, это связано со слабой проработанностью методик полевых оценок и математического моделирования динамики органических соединений, а также с сильной кластеризацией фактических измерений, которые используются для экстраполяции данных на огромные территории.

Вопросы стабилизации пулов углерода в наземных и водных экосистемах становятся все более и более актуальными для прикладной экологии и системы углеродного рынка, при этом наибольшая эффективность подобных исследований достигается при комплексном, междисциплинарном подходе. Ключевыми задачами функционирования карбоновых полигонов являются метрологические исследования и мониторинговые краткосрочные и долговременные наблюдения.

В качестве параметров, измеряемых на полигонах, обсуждение воспроизводимости измерения которых является приоритетным, можно перечислить следующие: (1) содержание углерода органических соединений в мелкоземной почве (gravimetric concentrations, %, $g\ kg^{-1}$), (2) оценка степени молекулярной окисленности-восстановленности органического вещества с различным балансом атомов кислорода и водорода в составе для разработки адекватных номограмм пересчета углерода, определенного по бихроматной окисляемости и прямым методом сухого сжигания, (3) запасы углерода (волюметрические концентрации) в органической и неорганической формах в общей массе почвы, включая мелкозем и скелетную фракцию (это особенно важно в связи с обычным недоучетом скелетной фракции почв в общем объеме при расчете запасов), количественная характеристика данного показателя крайне необходима для балансовых расчетов и различных видов моделирования, (4) оценка количества и фракционного состава опада фитоценозов с помощью стационарных опадометров, опад с которых собирается ежемесячно, сортируется на отдельно учитываемые фракции, в настоящее время в России практически не осталось подобных регулярных наблюдений, (5) создание унифицированных баз данных о содержании и запасах углерода органических соединений в почвах различных административных и физико-географических единиц с учетом специфики методик учета первичных данных и последующее достижение повышения точности репрезентативности данных, (6) оценка кинетических параметров стабилизации органического вещества для прогноза потенциальной эмиссии и эрозионных потерь в инвариантных биоклиматических сценариях и в разнонаправленных сценариях антропогенного воздействия на почвенный и растительный покров, а также для калибровки существующих имитационных моделей трансформации и аккумуляции органического вещества. (7) возвращение к относительно забытым лизиметрическим методам учета растворенного органического природного вещества с целью оценки потенциальных потерь из наземных экосистем и транслокации углеродсодержащих веществ в геохимически подчиненные позиции, (8) включение в схемы мониторинга системы органического вещества органических компонентов техногенного и пирогенного происхождения, его концентрации могут быть гораздо ниже концентраций природного органического вещества, но при этом быть гораздо более биохимически активны, включая, например, канцерогенный эффект, (9) решение вопроса с морфологическими формами гумуса – учет и недоучет подстилочного и тонкодисперсного органического вещества подстилок в общем балансе

почвенного углерода экосистемы, морфологический анализ степени стабилизации органического вещества, в том числе, его связей с минеральными компонентами, (10) анализ запасов и качества органического вещества в полигенетических почвенно-литологических образованиях, что особенно важно в случае проявления синлитогенных форм педогенеза, адекватная оценка погребенных форм углерода необходима для более точной оценки запасов, оценки которых, предположительно, могут значительно увеличиться.

В целом же, существует большое количество проблем и вопросов, которые связаны с экологической метрологией углеродного (карбонового) цикла (единство и гармонизация методов измерения параметров цикла, пути наполнения баз данных и интерпретация их содержания).

Возникает потребность в метрологическом обосновании углеродных единиц, которые необходимы для оценки и монетизации экосистемных услуг, связанных с углеродом, а также для бонитировки компартментов окружающей природной среды на региональном и макроландшафтном уровне. Остро стоит вопрос четкого определения понятия «углеродная единица», карбоновых компенсаций и запасов углерода в отдельных частях углеродной цепи. Формирование сети карбоновых полигонов сможет создать предпосылки к мониторингу и учету бюджета углерода в различных природных зонах. Карбоновые полигоны будут не только механизмом наблюдения за атмосферой, гидросферой и педосферой, растительным покровом, но и местом, где могут быть применены различные технологии, позволяющие сгладить последствия изменения климата за счет усиления секвестрации углерода природными и антропогенно-преобразованными ландшафтами, в связи с этим актуальными являются вопросы функционирования карбоновых ферм, главная цель которых не просто секвестрация соединений углерода, но обеспечение параметризации депонирующих по отношению к углероду процессов в качественном и количественном аспектах.

Карбоновые полигоны – не только имиджевый проект для любого региона, но и важный инструмент экологической метрологии и верификации оценок, результатов моделирования и расчётов. В связи с этим важнейшей задачей настоящего этапа исследований является разработка методик, методологии и метрологии сопровождения сети взаимосвязанных и комплементарных карбоновых полигонов в бореальном поясе Евразии. Эта задача актуальная еще и потому, что именно бореальные леса являются «легкими» Северного полушария. Другой важнейшей задачей является проектирование, создание и запуск карбоновой фермы, задачей функционирования которой будет верифицированный, предсказуемый и относительно управляемый процесс аккумуляции углерода органических соединений в составе биомассы, твердофазного и растворенного органического вещества в наземных экосистемах. В настоящее время Санкт-Петербургский государственный университет разрабатывает концепцию и осуществляет территориальное планирование карбонового полигона «Ладога».

Работа этого полигона будет направлена на синтез работ в области экологии, почвоведения, зеленой химии, физики атмосферы, экономики и экологического менеджмента на модельной мониторинговой площадке карбонового полигона в Ленинградской области (пос. Воейково). Этот уникальный объект является наиболее репрезентативным как для Балтийского региона, так и для Фенноскандии. Впервые для Северо-Западного Федерального округа будут проведены комплексные исследования параметров углеродного цикла с использованием междисциплинарного подхода, что обеспечит трансфер фундаментальных научных знаний в прикладную сферу (прикладная экология, экологический менеджмент, оценка природного капитала). Карбоновый полигон «Ладога» не будет ограничен определенным пространством на камовой постледниковой возвышенности, хотя его мониторинговая площадка на Карельском перешейке будет ключевой. Карбоновый полигон – концепция, которая включает территориально подкрепленные филиалы – морской полигон, площадка в урбоэкосистеме, участок в мониторинговой агроэкосистеме многолетнего сельскохозяйственного опыта. Карбоновый полигон – региональная часть пространственной верификации системы прямых и косвенных оценок бюджета углеродных экосистемных услуг. На федеральном уровне предлагается создать консорциум карбоновых полигонов бореального климата от Калининграда до Сахалина, о чем есть предварительные договоренности. Задачей консорциума будет унификация методов и подходов и обеспечение метрологического единства и воспроизводимости оценок и измерений хотя бы в пределах одного биомного типа экосистем – таежно-лесных, с возможностью спецификации роли континентальности климата в стабилизации системы органического вещества природного происхождения в составе почв и растительности.

В заключение следует сказать, что идея карбоновых полигонов нашла понимание во всех регионах РФ, правда, рецепция этой концепции оказалась не менее разнообразной, чем сами регионы и типы доминирующих в них экосистем. Поэтому, в настоящее время мы стоим перед целым рядом понятийных и терминологических проблем, не договорившись о решении которых, мы не сможем эффективно развивать указанную концепцию.

Благодарности: работа выполнена при поддержке СПбГУ, проект № ID PURE pure 101662710.

CARBON POLYGONS AND MEASUREMENTS OF CARBON ECOSYSTEM SERVICES

E.V. Abakumov, M.A. Makarova, E.V. Shevchenko, E.Yu. Chebykina, T.I. Nizamutdinov

St. Petersburg State University, St. Petersburg, Russia

Abstract. The problem of the methodology and metrology of the parameters used to identify and monetize the carbon ecosystem services of soils in the carbonic polygons of boreal taiga-forest ecosystems is discussed. The ideology and practical functionality of the carboniferous polygon of the boreal zonal ecosystem is described. The preliminary characteristics of the Ladoga carboniferous polygon (Leningrad region) are given.

Keywords: soils, organic matter, carbonic landfills, ecosystem services.

**ТЯЖЕЛЫЕ МЕТАЛЛЫ В АГРОЭКОСИСТЕМАХ
ОМСКОГО ПРИИРТЫШЬЯ**

Ю.А. Азаренко¹, В.М. Красницкий²

¹ФГБОУ ВО Омский ГАУ, Омск, Россия

²ФГБУ «ЦАС «Омский», Омск, Россия

e-mail: yua.azarenko@omgau.org

Аннотация. В статье представлены данные о содержании тяжелых металлов первого класса опасности (цинка, свинца, кадмия, ртути) в почвах и сельскохозяйственных культурах (пшеница, ячмень, овес) агроэкосистем лесостепной и степной зон Омской области. Установлены некоторые закономерности распределения элементов в пахотном слое почв и биологического поглощения их растениями.

Ключевые слова: цинк, свинец, кадмий, ртуть, почвы, растения.

Почвы агроландшафтов подвержены существенным антропогенным нагрузкам, в связи с чем необходим мониторинг их экологического состояния и уровня плодородия. В число потенциальных загрязнителей объектов окружающей среды входят тяжелые металлы, поэтому их содержание в системе «почва-растения» является одним из показателей эколого-биогеохимической обстановки территории. Изучению тяжелых металлов в почвах и растениях посвящено значительное количество работ [3, 6, 7]. В Омской области регулярные наблюдения за их содержанием в почвах и растениях сельскохозяйственных угодий проводит центр агрохимической службы «Омский» [4, 5]. Одним из актуальных вопросов является исследование фонового содержания химических элементов и закономерностей их распределения в почвах и растениях. В данном сообщении рассматриваются основные закономерности содержания тяжелых металлов первого класса опасности (Zn, Pb, Cd, Hg) в почвах и сельскохозяйственных культурах агроэкосистем лесостепной и степной зон Омской области.

Объектом исследования являлись почвы и растения сельскохозяйственных угодий лесостепной и степной зон на участках локального мониторинга ФГБУ ЦАС «Омский», представительного отражающих структуру почвенного покрова. Преобладающими типами почв на них являются лугово-черноземные (54,2%) и черноземы (33,3%), составляющие основу пахотного фонда области. Три участка (12,5%) представлены солонцами лугово-черноземными.

Почвы лесостепи и степи Омской области сформировались в условиях континентального климата с холодной продолжительной зимой и жарким летом с неустойчивым атмосферным увлажнением в лесостепи и недостаточным – в степи. Рельеф равнинный, слаборасчлененный. Преобладающие почвообразующие породы – четвертичные карбонатные лессовидные суглинки и

глины. Гранулометрический состав исследуемых почв в основном тяжелосуглинистый и глинистый, содержание гумуса изменяется от 2,3 до 6,6%, рН солевой – 5,3-7,4. Содержание Zn, Pb, Cd в почвах и растениях определено атомно-абсорбционным методом: валовое содержание в почве в вытяжке 1 : 1 HNO₃, подвижные формы – в ацетатно-аммонийном буферном растворе с рН 4,8, в растениях – после сухого озоления. Содержание Hg в почвах и растениях установлено методом беспламенной атомной абсорбции.

Валовое содержание исследуемых элементов в слое 0-20 см черноземов тяжелосуглинистого и глинистого гранулометрического состава составляло: цинка 57,3-61,7; свинца – 17-18,6; кадмия – 0,44-0,61; ртути – 0,022-0,024 мг/кг. Наименьшие концентрации элементов находились в супесчаных и среднесуглинистых черноземах (31,8-33,8; 9,9-11,6; 0,24-0,35; 0,017 мг/кг, соответственно).

Лугово-черноземные почвы тяжелого гранулометрического состава характеризовались близким к черноземам количеством металлов (цинка 46,8-69,47; свинца – 14,7-19,4; кадмия – 0,35-0,61; ртути – 0,019-0,03 мг/кг). Солонцы не имели существенных отличий по содержанию элементов от черноземов и лугово-черноземных почв. Валовое содержание рассмотренных элементов во всех почвах существенно меньше значений их ПДК и ОДК, что отмечалось ранее [4, 5].

В целом, содержание цинка, свинца и кадмия в гумусовом слое анализируемой выборки почв определялось не генезисом, а гранулометрическим составом, что подтверждается коэффициентами корреляции его с фракцией физической глины ($r = 0,68 \pm 0,15$; $0,70 \pm 0,15$; $0,61 \pm 0,17$, соответственно). Количество ртути, напротив, не зависело от содержания частиц физической глины ($r = 0,24 \pm 0,21$) и слабо различалось в верхних слоях почв. Величины коэффициентов корреляции содержания металлов с гумусом оказались значительно меньше ($r = 0,19-0,34$).

Для характеристики распределения элементов в почве рассчитывали соотношение (К) их содержания в горизонтах Апх (А, А1) к содержанию в горизонтах почвообразующих пород (Ск). В целом, отмечено слабо контрастное распределение химических элементов по профилям. Средние значения данного отношения составляют для кадмия 1,1, для свинца – 0,97, что свидетельствует об отсутствии различия их в гумусовом слое почв и породах. При этом для ртути и цинка отмечена тенденция к аккумулярованию их в гумусовом слое почв ($K=1,3$).

Концентрации подвижных форм тяжелых металлов были небольшими: цинка 0,35-0,77 мг/кг в лугово-черноземных почвах и черноземах, 0,48-0,62 мг/кг в солонцах; свинца – 0,47-1,7 и 0,76-0,82 мг/кг; кадмия 0,04-0,12 и 0,04-0,07 мг/кг, соответственно. На долю подвижных форм в черноземах, лугово-черноземных почвах и солонцах наименьшее количество приходилось для цинка (0,3-1,0% валового содержания). Мобильность соединений свинца была больше: 2,9-6%. Максимальных значений она достигала у кадмия: 11-26% валового содержания.

Высокая подвижность соединений этого элемента может способствовать их доступности для поглощения растениями.

Концентрации подвижных форм цинка и свинца в почвах значительно меньше их допустимых пределов (ПДК Zn – 23, Pb – 6 мг/кг). Следует отметить, что содержание подвижного цинка в почвах лесостепи и степи меньше оптимального уровня для ряда сельскохозяйственных культур, что указывает на их потребность в микроэлементе [1, 2]. Содержание подвижного кадмия в почвах Омского Прииртышья соответствует приведенным значениям для незагрязненных почв других регионов России [3].

Практическую значимость имеет оценка накопления тяжелых металлов в сельскохозяйственной продукции. Преобладающими культурами, возделываемыми на пахотных почвах, являются пшеница, ячмень и овес. Результаты исследований показали, что наибольшие концентрации в зерновых культурах характерны для цинка, меньшие – для свинца и кадмия (табл.). Концентрации ртути в пробах растений составляли менее 0,005мг/кг.

Таблица

Содержание тяжелых металлов и коэффициенты их биологического поглощения в зерновых культурах

Часть растения	Содержание, мг/кг абс. сухой массы			Коэффициенты биологического поглощения		
	Zn	Pb	Cd	Zn	Pb	Cd
Пшеница						
Зерно	3,5-14	0,24-0,55	0,02-0,05	3,4-15,6	0,8-2,1	2,6-6,4
Солома	5,4-13	0,29-0,95	0,03-0,09	1,2-5	0,2-1,2	0,8-6,4
Ячмень						
Зерно	11-38	0,37-0,52	0,039-0,044	6,5-28	0,6-1,1	2,3-3,9
Солома	9-16	0,26-1,2	0,04-0,069	1,2-3,1	0,2-0,6	1-1,7
Овес						
Зерно	8,6-32	0,34-0,54	0,036-0,04	8,2-9,8	0,6-1,8	2,3-3,8
Солома	3,6-12	0,69-0,96	0,04-0,09	0,8-2,1	0,6	0,9-2,1

Распределение элементов в разных частях растений неодинаково. Содержание цинка, как правило, больше в зерне, чем в соломе, что связано с его участием в процессах формирования семян и их прорастании. Однако, встречается и превышение содержания данного элемента в соломе, что, вероятно, обусловлено влиянием свойств почв и погодных условий на поглощение его растениями. Концентрации свинца и кадмия чаще всего несколько больше в соломе по сравнению с зерном культур. Приведенные количества элементов в зерне и соломе культур меньше величины их ОДК (цинк – 50 мг/кг, свинец 0,5мг/кг для зерна на продовольственные цели, 5 мг/кг – на фуражные; кадмий 0,1мг/кг, ртуть 0,02 мг/кг).

Рассчитанные значения коэффициентов биологического поглощения (КБП) характеризуют степень вовлечения элементов в цикл биогенной миграции. По их величине металлы образуют ряды для зерновых культур:

Зерно: Zn (11) > Cd (4,1) > Pb (1,2);

Солома: Zn (2,3) > Cd (1,7) > Pb (0,5).

Полученные результаты указывают на более интенсивное биологическое поглощение элементов зерном культур по сравнению с соломой. Наиболее активно поглощается растениями цинк, слабее кадмий и свинец. В соответствии с группировкой А.И. Перельмана элементов по значению КБП в зерне цинк относится к группе энергичного, кадмий и свинец – слабого биологического накопления. В соломе цинк и кадмий характеризуются как элементы слабого биологического накопления, свинец – элемент среднего биологического захвата.

Таким образом, приведенные данные указывают на то, что содержание тяжелых металлов в почвах агроэкосистем и зерновых культурах лесостепной и степной зон Омского Прииртышья соответствует гигиеническим нормативам. Количество тяжелых металлов в гумусовых слоях почв преимущественно определяется их гранулометрическим составом. Выявленные особенности биологического поглощения элементов растениями и распределения их в почвах необходимы для мониторинга экологического состояния агроэкосистем Омского Прииртышья.

Литература

1. Азаренко Ю.А. Закономерности содержания, распределения, взаимосвязей микроэлементов в системе почва-растение в условиях юга Западной Сибири. Омск: Изд-во Вариант-Омск, 2013. 232 с.
2. Азаренко Ю.А., Ермохин Ю.И., Аксенова Ю.В. Цинк в почвах агроценозов Омского Прииртышья и эффективность применения цинковых удобрений // Земледелие. 2019. №2. С. 13-17.
3. Ильин В.Б. Тяжелые металлы и неметаллы в системе почва-растение. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2012. 220 с.
4. Красницкий В. М. Агрохимическая и экологическая характеристика почв Западной Сибири. Омск: ОмГАУ, 2002. 144 с.
5. Красницкий В. М., Бобренко И. А., Попова В. И., Цыплёнок И. В. Основы агроэкологического мониторинга. Омск: Омский ГАУ, 2015. 53 с. // Лань: электронно-библиотечная система. URL: <https://e.lanbook.com/book/71545> (дата обращения: 19.07.2023).
6. Kabata-Pendias A. Trace Elements in Soils and Plants. 4th Edition. Boca Raton, FL: CRC Press, 2011. 548 p.
7. Trace elements in soils / Editor: Peter S. Hooda. Wiley. A John Wiley and Sons, Ltd., Publication, 2010. 596 p.

HEAVY METALS IN AGROECOSYSTEMS OF OMSK IRTYSH REGION

Yu.A. Azarenko¹, V.M. Krasnitsky²

¹OmSAU, Omsk, Russia

²FSBI "CAS" Omsk ", Omsk, Russia

Abstract. The article presents data on the content of heavy metals of the first hazard of danger (zinc, lead, cadmium, mercury) in soils and agricultural crops (wheat, barley, oats) of agroecosystems of forest - steppe and steppe zones of the Omsk region. Some patterns of the distribution of elements in the arable layer of soils and biological absorption by their plants are established.

Key words: zinc, lead, cadmium, mercury, soil, plants.

References

1. Azarenko Yu.A. Patterns of content, distribution, interconnections of microelements in the soil-growth system in the conditions of the south of Western Siberia. Omsk: Publishing House Variant-Omsk, 2013. 232 p.

2. Azarenko Yu.A., Ermokhin Yu.I., Aksenova Yu.V. Zinc in the soils of agricultural surnoses of Omsk Irtysh and the effectiveness of the use of zinc fertilizers // Agriculture. 2019. No. 2. S. 13-17.
3. Ilyin V.B. Heavy metals and non-metals in the soil system. Novosibirsk: Publishing House SB RAS, 2012. 220 p.
4. Krasnitsky V. M. Agrochemical and environmental characteristics of soils of Western Siberia. Omsk: OmSAU, 2002. 144 p.
5. Krasnitsky V.M., Bobrenko I.A., Popova V.I., Tsyplenkova I. V. Fundamentals of agroecological monitoring. Omsk: Omsk SAU, 2015. 53 p. // Lan: electronic biblio-flowing system. URL: <https://e.lanbook.com/book/71545> (date of appeal: 07/19/2023).
6. Kabata-Pendias A. Trace Elements in Soils and Plants. 4th Edition. Boca Raton, FL: CRC Press, 2011. 548 p.
7. Trace elements in soils / editor: peter S. Hooda. Wiley. A John Wiley and Sons, Ltd., Publication, 2010. 596 p.

УДК 631.437

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПОКАЗАТЕЛЯ МАГНИТНОЙ ВОСПРИИМЧИВОСТИ ПОЧВ ПРИ РЕШЕНИИ ПОЧВЕННО-ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ЗАДАЧ В МЕРЗЛОТНОЙ ОБЛАСТИ

А.А. Алексеев, А.П. Чевычелов, А.Н. Горохов, Л.И. Кузнецова
Обособленное подразделение ИБПК СО РАН ФГБУН ФИЦ «ЯНЦ СО РАН»,
Россия
e-mail: alex3.fromru@gmail.com

Аннотация. Впервые изучена возможность использования показателя объемной магнитной восприимчивости (ОМВ) почв для оценки техногенного загрязнения мерзлотных почв и почвогрунтов криолитозоны Центральной Якутии, формирующихся в условиях криоаридного климата и сплошного распространения многолетней мерзлоты.

Ключевые слова: мерзлотные почвогрунты, магнитная восприимчивость, техногенное загрязнение.

Город Якутск – крупнейший населенный пункт, который расположен на территории со сплошной криолитозонной. В отличие от других городов России, построенных на многолетнемерзлых грунтах (Норильск, Воркута, Магадан), население в Якутске продолжает расти. Так, только за период 2000-2015 гг. численность населения здесь выросла со 195,4 до 302 тыс. человек [9]. Рост города Якутска сопровождался возникновением многих негативных факторов, ухудшающих его экологическую обстановку. В настоящее время в черте города практически не осталось естественных почв, они полностью замещены техногенными слоями или почвоподобными телами – урбаноземами [7, 8].

Как уже отмечалось, магнитная восприимчивость (МВ) почв является интегральным показателем, который применяется в почвоведении при решении почвенно-генетических, почвенно-экологических и палеопочвенных задач [1]. Особенно успешно данный показатель в последнее время используется у нас в

России [2-4, 5, 6] и зарубежом [10, 11] для оценки техногенного загрязнения почв и городских почвогрунтов тяжелыми металлами (ТМ). В связи с этим целью проведенных исследований являлась количественная оценка степени техногенного загрязнения почвогрунтов г. Якутска и его окрестностей ТМ посредством измерения их ОМВ малогабаритным каппаметром КМ-7 в полевых условиях.

КМ-7 является усовершенствованной версией каппаметра КТ-6 чешского производителя StatisGeo, который характеризуется высокой чувствительностью (1×10^{-6} ед. Си) и превосходной точностью измерений. Магнитометрическая съёмка на территории г. Якутска проводилась по произвольной сети наблюдений. Величины ОМВ почвогрунтов г. Якутска изменялись значительно, при $\min=13,2$, $\max=1220,0$ и среднем значении $163,5 \times 10^{-5}$ ед. Си, предел измерения данного показателя составляет почти три порядка величин (10^3), что указывает на высокую его вариабельность, когда коэффициент вариации равен $V=64\%$. Также значительно варьируют и средние величины ОМВ, полученные для почвогрунтов отдельных улиц и районов города, изменяясь в среднем от 80,3 до $314,6 \times 10^{-5}$ ед. Си, то есть почти в 4 раза (табл. 1).

Таблица 1

Статистические показатели изменения ОМВ почвогрунтов г. Якутска

N п/п	Название улиц, районов города	n	lim	$\bar{x} \pm S_x$	S	V
1.	Парк культуры и отдыха	5	24,3-132,1	80,3±19,7	43,3	54
2.	Ул. Кирова	10	28,7-206,3	119,5±16,0	51,1	43
3.	Район Птицефабрики	9	35,9-229,0	123,1±21,9	65,6	53
4.	Ул. Чайковская	8	73,2-193,4	123,1±15,5	43,3	35
5.	Ул. Хабарова	14	50,9-179,0	129,9±10,0	36,9	28
6.	Ул. Лермонтова	18	32,3-255,5	135,3±14,2	59,5	44
7.	Окружное шоссе	12	34,6-392,1	142,9±30,1	105,2	74
8.	Пр. Ленина	35	67,4-335,7	146,5±10,8	64,0	44
9.	Ул. Орджоникидзе	15	82,0-226,4	147,4±11,9	46,6	32
10.	Район ДСК	16	54,0-263,8	151,8±13,3	53,1	35
11.	Вилуйский переулок	24	14,7-581,3	169,8±34,6	133,2	78
12.	Покровский тракт	10	89,0-285,5	172,4±17,5	56,0	32
13.	Автострада 50 лет Октября	13	107,6-327,7	215,2±25,7	92,4	43
14.	Ул. Ярославского	8	149,4-334,3	225,5±25,1	70,3	31
15.	Ул. Автодорожная	14	102,8-543,6	230,0±27,6	102,3	44
16.	Ул. Чернышевского	27	49,9-416,1	235,0±17,7	91,9	39
17.	Московская набережная	11	219,9-432,6	314,6±16,4	54,1	17
18.	В целом по городу	444	13,2-1220,0	163,5±4,9	104,3	64

Примечание. Здесь и далее: n – объем выборки; lim – пределы изменения величины; \bar{x} – среднее значение; S – стандартное отклонение; S_x – ошибка среднего; V – коэффициент вариации.

При этом минимально загрязненными ТМ, помимо зеленых зон, оказались почвогрунты улиц Кирова, Чайковского, Хабарова, Лермонтова, Орджоникидзе, просп. Ленина, Окружного шоссе, а также районов Птицефабрики и ДСК. Здесь уровень техногенного загрязнения ТМ оказался ниже такового, характерного для города в целом. И наоборот, степень техногенного загрязнения почвогрунтов ТМ

оказалось выше средней по городу для таких улиц, как Вилюйский переулок, Ярославского, Автодорожная, Чернышевского, Московской набережной, Покровского тракта и автострады 50 лет Октября. Особенно высокие максимальные значения ОМВ ($416,1-543,6 \times 10^{-5}$ ед. Си) были характерны для почвогрунтов улиц Чернышевского, автодорожной и Московской набережной, где отмечается более интенсивное движение грузового транспорта.

Впервые проведенное определение ОМВ техногенно-загрязненных почвогрунтов г. Якутска показало, что основная масса полученных величин (84 %) укладывалась в интервалы значений до 250×10^{-5} ед. Си. Среднее значение ОМВ почвогрунтов г. Якутска сопоставимо с таковыми, определенными для отдельных промышленных районов г. Москвы, г. Перми, г. Медногорска, и в тоже время значительно выше величин, полученных для крупных промышленно-развитых городов Китая, таких как Ханьчжоу и Лоян (табл. 2).

Таблица 2

Статистические показатели ОМВ почвогрунтов ($n \times 10^{-5}$ ед. Си) отдельных городов России и зарубежья

Город, район	Страна	x	min	max	Источник
Москва, Киевский вокзал	Россия	240	50	510	Гладышева и др, 2007
Москва, завод строит. материалов в районе м. Университет	-//-	190	100	360	То же
Москва, завод «Серп и молот»	-//-	180	110	290	То же
Москва, промзона завода ЗИЛ	-//-	180	30	370	То же
Москва, промзона Донская	-//-	160	60	190	То же
Пермь	-//-	183	7	1931	Васильев, Лобанова, 2013
Медногорск	-//-	158	36	941	Решетников и др., 2015
Ханьчжоу	-//-	128	-	914	Lu, You, 2006
Лоян	Китай	128	-	1128	Lu et al, 2007
Якутск	Россия	163	13	1220	Наши данные

Наши исследования по измерению ОМВ мерзлотных почв также проводились на территории Центральной Якутии, в окрестностях г. Якутск. Исследуемый полигон в форме прямоугольника размером $200 \text{ м} \times 50 \text{ м}$ располагался в придорожной полосе, с правой стороны автомобильной трассы Якутск-Покровск на 12 км от г. Якутск. Географические координаты данного полигона составляли: $61^{\circ}56'19,6'' \text{ N}$; $129^{\circ}36'38,0'' \text{ E}$ – $61^{\circ}56'20,8'' \text{ N}$; $129^{\circ}36'20,0'' \text{ E}$ – $61^{\circ}56'23,1'' \text{ N}$; $129^{\circ}36'24,9'' \text{ E}$ – $61^{\circ}56'21,9'' \text{ N}$; $129^{\circ}36'27,3'' \text{ E}$. Вся площадь полигона была разбита на пикеты с шагом по горизонтали – 10 м, а по вертикали – 5 м. На каждом пикете площадью $10 \times 5 \text{ м}$ в 3х-кратной повторности определялось значение ОМВ поверхности почвы. Вся ровная поверхность полигона была представлена одним контуром мерзлотной лугово-черноземной почвы.

Вариационно-статистический анализ полученных данных показал, что в пределах площади данного полигона значения ОМВ ($n=220$) почвы изменяются в широких пределах $60-262 \times 10^{-5}$ ед. Си, то есть максимально в 4,4 раза, а среднее значение ОМВ составляет $159,9$ или 160×10^{-5} ед. Си (табл. 3).

Таблица 3

Вариационно-статистические показатели изменения ОМВ (n=20) на различном расстоянии от автомобильной трассы Якутск-Покровск

L, м	lim	x	S	Sx	V, %
0	60-142	88,0	24,2	5,4	27
5	91-168	120,2	20,7	4,6	17
10	95-186	135,1	22,2	5,0	16
15	109-181	148,6	22,9	5,1	15
20	109-218	164,9	29,3	6,5	18
25	113-220	182,6	32,4	7,2	18
30	133-262	200,0	31,7	7,1	16
35	174-255	201,9	24,5	5,5	12
40	134-241	195,3	41,1	9,2	21
45	121-198	162,8	20,6	4,6	13
50	96-217	159,3	38,4	8,6	24

Примечание. L – расстояние от трассы, м.

Общая вариабельность изменения величин ОМВ в целом незначительная, равная 12-27 %, при этом максимальная изменчивость данного показателя (V=27 %) отмечается непосредственно вблизи от трассы, а также на расстоянии 50 м (V=24 %) от данной автомобильной магистрали.

Литература

1. Бабанин В.Ф., Трухин В.И., Карпачевский Л.О., Иванов А.В., Морозов В.В. Магнетизм почв. Ярославль: ЯГТУ, 1995. 223 с.
2. Васильев А.А., Лобанова Е.С. Картограмма магнитной восприимчивости почвенного покрова г. Перми // Пермский аграрный вестник. 2013. № 3(3). С. 24-27.
3. Водяницкий Ю.Н., Шоба С.А. Магнитная восприимчивость как индикатор загрязнений тяжелыми металлами городских почв (обзор литературы) // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 17. Почвоведение. 2015. № 1. С. 13-20.
4. Гладышева М.А., Иванов А.В., Строганова М.Н. Выявление ареолов техногенного-загрязнённых почв Москвы по их магнитной восприимчивости // Почвоведение. 2007. № 2. С. 235-242.
5. Макаров О.А., Кубарев Е.Н., Чистова О.А., Карева О.В., Крикуненко А.С., Балджиев А.С. Магнитная восприимчивость почв на придорожных территориях // Земледелие. 2019. № 2. С. 17-20.
6. Решетников М.В., Гребенюк Л.В., Кузнецов В.В. Пространственное распределение магнитной восприимчивости почв в пределах города Медногорска (Оренбургская область) // Вестник Оренбургского государственного университета. 2015. № 3 (178). С. 177-182.
7. Сивцева Н.Е. Экогеохимические особенности формирования урбаноземов в условиях криолитозоны (на примере г. Якутска): авторефер. на соиск. учёной степ. канд. биол. наук: 03.02.08 – экология. Якутск, 2012. 23 с.
8. Соломонов Н.Г., Ремигайло П.А., Десяткин Р.В., Охлопков И.М., Исаев А.П., Захарова В.И. Биоэкологические проблемы крупного города на Севере (на примере г. Якутска) // Вестник СВФУ. 2011. Т. 8. № 4. С. 32-39.
9. Торговкин Н.В. Геохимические особенности техногенных грунтов криолитозоны на примере территории г. Якутска: автореф. на соиск. учёной степ. канд. геол-минер. наук: 25.00.08 – инженерная геология, мерзлотоведение и грунтоведение. Якутск, 2017. 21 с.
10. Lu S.G., Bou S.Q. Study on the correlation of magnetic properties an heavy metals content in urban soils of Hagzhou city, China // J. Appl. Geophys. 2006. Vol. 60. P. 1-12.
11. Lu S.G., Bou S.Q., Xue G.F. Magnetic properties as indicators of heavy metals pollution in urban topsoils: a case study from the city of Luoyang, China // Geophys. J. Intern. 2007. Vol. 171. P. 568-580.

THE USE OF THE MAGNETIC SUSCEPTIBILITY INDEX OF SOILS IN SOLVING SOIL- ECOLOGICAL PROBLEMS IN THE PERMAFROST REGION

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

A separate division of IBPC SB RAS FBGUN FITC "YANC SB RAS", Russia

Abstract. For the first time, the possibility of using the volumetric magnetic susceptibility index (VMS) of soils to assess man-made pollution of permafrost soils and soils of the cryolithozone of Central Yakutia, formed under conditions of a cryoarid climate and continuous permafrost distribution, has been studied.

Keywords: permafrost soils, magnetic susceptibility, technogenic pollution.

References

1. Babanin V.F., Trukhin V.I., Karpachevsky L.O., Ivanov A.V., Morozov V.V. Soil magnetism. Yaroslavl: YAGTU, 1995. 223 p.
2. Vasiliev A.A., Lobanova E.S. Cartographic scheme of magnetic susceptibility of Perm soil cover // Perm Agrarian Bulletin. 2013. No. 3(3). P. 24-27.
3. Vodyanitsky Yu.N., Shoba S.A. Magnetic susceptibility as an indicator of heavy metal pollution of urban soils (literature review) // Vestn. Moscow. un-ta. Ser. 17. Soil science. 2015. No. 1. P. 13-20.
4. Gladysheva M.A., Ivanov A.V., Stroganova M.N. Identification of areoles of technogenic-polluted soils of Moscow by their magnetic susceptibility // Soil science. 2007. No. 2. P. 235-242.
5. Makarov O.A., Kubarev E.N., Chistova O.A., Kareva O.V., Krikunenko A.S., Baldjiev A.S. Magnetic susceptibility of soils on roadside territories // Agriculture. 2019. No. 2. P. 17-20.
6. Reshetnikov M.V., Grebenyuk L.V., Kuznetsov V.V. Spatial distribution of magnetic susceptibility of soils within the city of Mednogorsk (Orenburg region) // Bulletin of Orenburg State University. 2015. No. 3 (178). P. 177-182.
7. Sivtseva N.E. Ecogeochemical features of the formation of urbanozems in the cryolithozone (on the example of Yakutsk): autorefer. on the job. scientific step. cand. biol. sciences: 03.02.08 – ecology. Yakutsk, 2012. 23 p.
8. Solomonov N.G., Remigailo P.A., Desyatkin R.V., Okhlopov I.M., Isaev A.P., Zakharova V.I. Bioecological problems of a large city in the North (on the example of Yakutsk) // Vestnik SVFU. 2011. Vol. 8. No. 4. P. 32-39.
9. Torgovkin N.V. Geochemical features of technogenic soils of the cryolithozone on the example of the territory of Yakutsk: abstract. on the job. scientific step. candidate of geological and mining sciences: 25.00.08 – engineering geology, permafrost and soil science. Yakutsk, 2017. 21 p.
10. Lu S.G., Bou S.Q. Study on the correlation of magnetic properties an heavy metals content in urban soils of Haghzhou city, China // J. Appl. Geophys. 2006. Vol. 60. P. 1-12.
11. Lu S.G., Bou S.Q., Xue G.F. Magnetic properties as indicators of heavy metals pollution in urban topsoils: a case study from the city of Luoyang, China // Geophys. J. Intern. 2007. Vol. 171. P. 568-580.

УДК 631.4

ВЗАИМОСВЯЗЬ ФЛУОРЕСЦЕНТНЫХ СВОЙСТВ ГУМИНОВЫХ КИСЛОТ ГОРНО-ЛУГОВЫХ ПОЧВ ТУВЫ С ЭКОЛОГИЧЕСКИМИ УСЛОВИЯМИ ИХ ФОРМИРОВАНИЯ

Н.Л. Бажина

ФГБУН Институт почвоведения и агрохимии СО РАН, Новосибирск, Россия

e-mail: natasha-bazhina@mail.ru

Аннотация. Обобщены количественные параметры спектров испускания флуоресценции гуминовых кислот горно-луговых почв Тувы и показано, что один из основных показателей – первый момент флуоресценции – имеет тесные связи с

параметрами климата локальных участков расположения разрезов: среднегодовыми температурами воздуха, осадками и суммой активных температур больше 10 °С (коэффициент корреляции составляет 0,91, 0,94 и 0,82, соответственно).

Ключевые слова: флуоресцентная спектроскопия, максимум флуоресценции, первый момент.

Введение. На территории Тувы почвы горных лугов, испытывающие значительные изменения при избыточных пастбищных нагрузках, требуют повышенного внимания к сохранению и/или восстановлению их состояния и свойств. Большое значение при этом имеет система гумусовых веществ почв, а среди её компонентов – гуминовые кислоты, которые служат надежными индикаторами состояния природной среды [3].

Анализ публикаций по характеристике гумусовых веществ горно-луговых почв Тувы [2, 7, 9] показал, что они среди всех почв с этих позиций изучены недостаточно, чтобы стать основой при оценке состояния почв и их длительного мониторинга.

Объекты исследования. В Туве горно-луговые почвы занимают нижние границы высокогорных областей Шапшальского хребта и Алашского нагорья Западного Саяна, а также хребта Западного Танну-Ола. Согласно местоположению объектов исследования, были выделены ключевые участки – территории, где преобладают субальпийские и альпийские луга с горно-луговыми почвами.

Ключевой участок Мугур-Аксы расположенный в юго-западной части Тувы, относящейся к Монгун-Тайгинскому высокогорному району [6], характеризуется тем, что на его территории распространены субальпийские луга с горными лугово-степными почвами, где горно-луговая зона по нижней границе смыкается с сухими горными степями. Ключевые участки Сут-Холь-II и Сут-Холь-III приурочены к юго-восточной части Тувы, относящейся в Алашскому горному району [6]. В отличие от предыдущего они являются представителями высокогорной альпийской зоны, на территории которой распространены горно-луговые почвы, формирующиеся в условиях пониженных среднегодовых и резких колебаний суточных температур, более постоянным режимом поверхностного увлажнения [6]. Ключевые участки Улуг-Хондергей-I и Арасканныг входят в Таннуольский горный лугово-таежный степной округ [6]. Первый расположен на северном склоне хребта Танну-Ола на ровном участке в средней части склона и отличается распространением горно-луговых почв под субальпийскими лугами. Этот участок контактирует с расположенным рядом листовенничным таежным массивом. Участок Арысканныг находится на южных склонах хребта Танну-Ола, отличается преобладанием горно-луговых степных почв, лежащих в нижней субальпийской подзоне на границе с горными степями.

Согласно выведенным для территории Тувы уравнениям регрессий по взаимосвязи климатических показателей с высотой местности над уровнем моря [3–4, 7, 9] для каждого индивидуального разреза были рассчитаны количественные показатели среднегодовой температуры воздуха и среднегодового количества осадков и суммы температур больше +10 °С (табл. 1) [2].

Таблица 1
Характеристика климатических условий формирования индивидуальных разрезов горно-луговых почв Тувы (по: [2] с добавлениями)

Ключевой участок	№ разреза	h, н.у.м.	Среднегодовое количество осадков, мм	Среднегодовая температура воздуха, °С	$\sum t \geq 10 \text{ } ^\circ\text{C}$
Мугур-Аксы	244	1675	402	-5,6	1212
	245	1675	402	-5,6	1212
Сут-Холь-II*	201*	1829	427	-5,8	1116
	202*	1838	429	-5,9	1110
	203*	1893	438	-6,1	1076
Сут-Холь-III	2-013	1816	462	-5,8	1124
Улуг-Хондергей-I	4-07	1589	384	-5,1	1257
Улуг-Хондергей	217**	1589	348	-5,1	1257
	218**	1589	348	-5,1	1257
	219**	1589	348	-5,1	1257
Арысканныг	72	1600	310	-5,0	1272

*Разрезы расположены по катене.

** Прикопки к основному разрезу

Таким образом, объектами исследования явились горно-луговые почвы разных условий формирования: положения по отношению к сопредельным локальным территориям, относящимся к другим высотным зонам; расположения по катене или на одной и той же высоте, с разными показателями мезоклимата.

Методы исследования. При изучении гуминовых кислот (ГК) применялся единый комплекс современных аналитических и инструментальных методов [3]. Отбор почвенных образцов производился подробно послойно, каждые 5–10 или менее см в пределах морфологически выделяемых горизонтов. Препараты гуминовых кислот выделялись из почвы 0,1n раствором NaOH после предварительного декальцирования. Осаждение и переосаждение гуминовых кислот проводилось при pH=2,0 с применением 2n HCl без жесткой очистки от минеральных компонентов 6n HCl и HF+HCl, поскольку такой способ изменяет структурные особенности гуминовых кислот [10].

Спектры испускания флуоресценции гуминовых кислот снимались на сканирующем спектрофлуориметре Cary Eclipse Fluorescence Spectrophotometer (возб. = 330 нм). Для съемки образца ГК использовалась кварцевая кювета (1 см²). В качестве параметров для характеристики спектров флуоресценции использовались: длина волны максимального проявления флуоресценции испускания ГК (λ_{max} , nm), величина первого момента M_1 [8] и коэффициент α [5].

Результаты и их обсуждение. Обобщение полученных данных, представленное в табл. 2, показало, что длина волны, на которую приходится

максимум флуоресценции гуминовых кислот, относится в целом к синей области спектра, не одинаков в почвах разных участков и лежит в диапазоне 460–475 нм.

Таблица 2

Количественные характеристики спектров флуоресценции
гуминовых кислот горизонта А горно-луговых почв Тувы

Ключевой участок	n	λ_{\max} , nm	M_1 , nm	α
Сут-Холь II в целом,	9	463±3,3	474±4,5	0,51±0,14
в том числе на позиции :АК	3	465±4,5	475±3,1	0,52±0,11
Транс	3	463±2,5	474±1,2	0,51±0,18
Эль	3	462±1,9	473±3,6	0,51±0,12
Сут-Холь III	7	463±3,6	473±2,6	0,51±0,17
Мугур-Аксы	10	467±2,3	478±4,5	0,68±0,15
Улуг-Хондергей-I	11*	470±5,3	480±4,5	0,67±0,14
Арысканныг	3	474±1,6	487±0,9	0,79±0,04

*В обобщение вошли гуминовые кислоты, выделенные из горизонта А основного разреза и находящихся с ним на одном участке прикопок на глубину гумусового горизонта.

В почвах, расположенных вблизи границ тундровых участков, положение максимума испускания флуоресценции сдвинуто в сторону более низких абсолютных величин, в других почвах, испытывающих влияние находящихся вблизи участков со степными условиями, положение λ_{\max} сдвинуто в сторону более длинных волн почти на 10 нм, что свидетельствует об изменении структурных особенностей ГК в зависимости от условий их функционирования. Специфика флуоресценции испускания ГК проявляется также в изменении величины M_1 в зависимости от расположения участков на границе с горной степью или лесом: в первом случае она достигает 478–487 у. ед., в последнем – лежит в пределах 473–475. Это подтверждается также еще одной количественной характеристикой спектров флуоресценции – величиной коэффициента α – который отражает соотношение частей макромолекулы ГК разной степени ароматичности и закономерно изменяется в связи со сложностью строения молекулы почв разных условий формирования.

Количественные параметры спектров испускания флуоресценции гуминовых кислот тесно связаны с климатическими показателями локальных участков их расположения, приведенных в табл. 1. Поскольку ранее установлена тесная связь всех обсуждаемых показателей флуоресценции между собой [1, 3], приводим коэффициенты корреляции между параметрами ГК и климата только для первого момента флуоресценции – M_1 .

Таким образом, анализ количественных параметров спектров флуоресценции гуминовых кислот почв позволил показать неоднозначность структурного состояния гуминовых кислот, которая проявляется в положении максимума флуоресценции, величине первого момента и соотношении интегральных интенсивностей в длинноволновой и коротковолновой частях спектра [1, 3, 8], что позволяет использовать данный метод при выявлении особенностей гуминовых кислот разных условий формирования. Тесная

корреляция количественных параметров флуоресценции испускания ГК с климатическими показателями на уровне индивидуальных разрезов позволяет использовать эти легко и быстро получаемые характеристики в качестве индикатора оценки состояния природной среды.

Работа выполнена в рамках государственного задания ИПА СО РАН.

Литература

1. Бажина Н.Л., Дергачева М.И. Флуоресцентные свойства гуминовых кислот почв разных условий формирования // Почвы и окружающая среда. 2021. Т.4. №4. E167. <https://doi.org/10.31251/pos.v4i4.167>.
2. Бажина Н.Л., Очур К.О., Ондар Е.Э., Захарова Е.Г., Рябова Н.Н, Гумус горно-луговых почв Западной части Тувы // Вестник ОГУ. 2017. № 12. С. 43–47.
3. Дергачева М.И. Система гумусовых веществ как основа диагностики палеопочв и реконструкции палеоприродной среды. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2018. 292
4. Дергачева М.И., Бажина Н.Л., Ондар Е.Э., Очур К.О., Рябова Н.Н. Экологическая обусловленность состава и свойств гуминовых кислот почв западной части Тувы // Вестник ОГУ. Оренбург. 2015. № 10. С. 162–165.
5. Лаврик Н.Л. Изучение полидисперсных свойств молекул гуминовых кислот с помощью люминесцентной спектроскопии // Химия в интересах устойчивого развития. 2003. Т. 11. № 5. С.751–755.
6. Носин В.А. Почвы Тувы. М.: Изд-во АН СССР, 1963. 342 с.
7. Ондар Е.Э. Гумус почв Тувы: Автореф. дисс. канд. биол. наук. Томск, 2008. 29с.
8. Паркер С. Введение в фотолюминесценцию растворов. М.: Иностран. лит., 1968. 156 с.
9. Рябова Н.Н. Эколого-гумусовые связи в горных почвах экстраконтинентальных регионов юга Сибири: Автореф. дис. канд. биол. наук. Томск, 2005. 20 с.
10. Тихова В.Д., Фадеева В.П., Дергачева М.И., Шакиров М.М. Исследование кислотного гидролиза для анализа состава гуминовых кислот разного генезиса // Журнал прикладной химии. 2008. Т. 81. № 1. С. 1841– 1846.

INTERRELATION OF FLUORESCENT PROPERTIES OF HUMIC ACIDS OF MOUNTAIN-MEADOW SOILS OF TUVA WITH ENVIRONMENTAL CONDITIONS FOR THEIR FORMATION

N.L. Bazhina

Institute of Soil Science and Agrochemistry SB RAS, Novosibirsk, Russia

Abstract. The quantitative parameters of the fluorescence emission spectra of humic acids of the mountain meadow soils of Tuva are summarized and it is shown that one of the main indicators - the first moment of fluorescence - has close relationships with the climate parameters of the local areas of the sections: average annual air temperatures, precipitation and the sum of active temperatures above 10 °C (correlation coefficient is 0.91, 0.94 and 0.82, respectively).

Key words: fluorescence spectroscopy, fluorescence maximum, first moment.

References

1. Bazhina N.L., Dergacheva M.I. Fluorescent properties of humic acids of soils of different conditions of formation // Soil and environment. 2021. V. 4. E 167. <https://doi.org/10.31251/pos.v4i4.167>.
2. Bazhina N.L., Ochur K.O., Ondar E.E., Zakharova E.G., Ryabova N.N., Humus mountain meadow soils of the western part of Tuva // Vestnik OSU. 2017. V. 12. P. 43–47.
3. Dergacheva M.I. Humus substances system as a basis for diagnosis of paleopodic and reconstruction of paleopyroid environment. Novosibirsk: Izd-vo SO RAN, 2018. 292 p.
4. Dergacheva M.I., Bazhina N.L., Ondar E.E., Ochur K.O., Ryabova N.N. Ecological condition of the composition and properties of humic acids of soils of western Tuva // Vestnik OSU. 2015. V. 10. P. 162–165.

5. Lavrik N.L. Study of polydesensitive properties of humic acid molecules using luminescent spectroscopy // Chemistry for sustainable development. 2003. V. 5. P.751–755.
6. Nosin V.A. Soil of Tuva. M.: AS USSR, 1963. 342 p.
7. Ondar E.E. Soil humus in Tuva: Aftor. of diss. cand. biol. sciences. Tomsk, 2008. 29
8. Parker S. Introduction to the photoluminescence of solutions. M.: Foreign. lit., 1968. 156 p.
9. Ryabova N.N. Ecological-humus relationships in mountain soils of extracontinental regions of southern Siberia: Afr. of dis. Cand. biol. sciences. Tomsk, 2005. 20 p.
10. Tikhova V.D., Fadeeva V.P., Dergacheva M.I., Shakirov M.M. Study of acid hydrolysis to analyze the composition of humic acids of different genesis // Journal of Applied Chemistry. 2008. V. 81. P. 1841–1846.

УДК 631.4

ИЗМЕНЕНИЕ СОСТАВА СОЕДИНЕНИЙ Zn В ЧЕРНОЗЕМЕ ОБЫКНОВЕННОМ ПРИ ВНЕСЕНИИ УГЛЕРОДИСТОГО СОРБЕНТА

А.В. Барахов, Т.В. Бауэр, С.С. Манджиева, Т.М. Минкина, Е.С. Лацыник,
М.В. Бурачевская, В.Э. Болдырева, Д.В. Брень, А.Л. Мелкумян
Южный федеральный университет, Ростов-на-Дону, Россия
e-mail: tolik.barakhov@mail.ru

Аннотация. По результатам модельного опыта изучена эффективность применения углеродистого сорбента (биочара) в иммобилизации Zn в черноземе обыкновенном. Выявлены изменения фракционного состава соединений металла с помощью метода последовательных селективных экстракций Тессье. На вариантах с внесением сорбента установлено снижение содержания обменной фракции и фракции, связанной с карбонатами, за счет увеличения фракции, связанной с органическим веществом, и остаточной. Обнаруженные закономерности трансформации Zn в почве являются маркерами эффективности использования биочара.

Ключевые слова: последовательная экстракция, тяжелые металлы, биодоступность, фракционный состав, загрязнение, биочар, ремедиация.

Введение. Загрязнение тяжелыми металлами (ТМ) широко распространено во многих регионах планеты, что делает данную проблему глобальной для здоровья человека и производства безопасных продуктов питания. В невысоких концентрациях часть ТМ, таких как - цинк (Zn), железо (Fe), медь (Cu), молибден (Mo), марганец (Mn) выполняет роль микроэлементов в жизни растений. Они участвуют в окислительно-восстановительных процессах и осморегуляции и действуют как кофакторы ферментов [5]. Однако их высокие концентрации являются чрезвычайно токсичными для живых организмов и зачастую приводят к тяжелым поражениям органов, неврологическим расстройствам и в особо тяжелых случаях к летальным исходам [4]. Растворимость, подвижность, удерживание и доступность металлов, в основном, контролируется органо-минеральной матрицей почв.

Наличие разных фракций ТМ, отличающихся как по подвижности, так и по механизмам закрепления в почве, предполагает их детальное изучение. Наиболее распространенными методами изучения форм соединений ТМ в почвах являются методы последовательного фракционирования. Они представляют наиболее быстрый и доступный способ оценки состояния ТМ в почвах и позволяют получить актуальную информацию об ассоциациях ТМ с почвенными компонентами и процессах мобилизации металлов и оценить экологические риски [6]. Широкое распространение и популярность в России и Европе получил метод последовательной экстракции Тессье (Tessier et al., 1979).

За последние годы были разработаны различные in-situ и ex-situ технологии восстановления почв, загрязненных ТМ, получившие широкое распространение. В последнее время все большую популярность набирают технологии ремедиации почв, направленные на закрепление ТМ в почве и уменьшение их биологической доступности и мобильности. Одним из таких методов служит внесение сорбентов на загрязненные территории [7], среди которых особой популярностью пользуется биочар из-за низкой стоимости, высокой стабильности и большого потенциала удаления загрязняющих веществ. Данный сорбент не только способствует закреплению подвижных форм ТМ, но и также способствует увеличению барьерных функций почв и создает оптимальные условия для произрастания растений, благодаря тому, что сам по себе является дополнительным источником углерода в почве [8].

Цель работы - изучение эффективности применения биочара на изменение состава соединений Zn в черноземе обыкновенном карбонатном при различных уровнях загрязнения.

Методы. С целью изучения фракционного состава и стабилизации соединений Zn в загрязненных почвах был поставлен модельный эксперимент. Для закладки модельного опыта отбирался верхний слой (0–20 см) почвы целинного участка, представленный черноземом обыкновенным тяжелосуглинистым на лессовидных учебно-опытного хозяйства «Донское» ДонГАУ (Октябрьский район Ростовской области). Почва характеризуется следующими физическими и химическими свойствами: физическая глина – 53,1%, ил – 32,4%, Сорг. – 3,4%; ЕКО – 37,1 смоль (экв)/кг; обменные катионы (смоль (экв)/кг): Ca^{2+} – 31,0, Mg^{2+} – 4,5; CaCO_3 – 0,1%; pH – 7,3.

Непосредственно перед закладкой опыта образцы почв очищали от растительных остатков и других включений, перетирали в фарфоровой ступке и пропускали через сито с диаметром отверстий 2 мм. Вегетационные сосуды с закрытой дренажной системой объемом 3 л заполняли 2кг почвы. Количество вносимого поллютанта составило: 1100 мг/кг (5 ОДК) и 2200 мг/кг (10 ОДК) Zn. Внесение Zn в черноземную почву осуществлялось в форме оксидов металла. Через 1 месяц инкубации в почву вносили биочар в дозах 2,5 %. Опыт заложен в 3-х кратной повторности. Инкубационный период составил 12 месяцев при

поддержании влажности в сосудах на уровне 60% от полной полевой влагоемкости, после чего был произведен отбор образцов.

Схема опыта включала контроль (почва без внесения поллютанта), варианты с внесением поллютанта: 1) контроль; 2) Zn 5 ОДК; 3) Zn 10 ОДК; 4) Zn 5 ОДК+ 2,5% биочар; 5) Zn 10 ОДК+ 2,5% биочар.

Общее содержание Zn в почвенных пробах определяли методом рентгенофлуоресцентного анализа на приборе «Спектроскан МАКС-GV». Для исследования фракционного состава Zn использовали метод последовательных селективных экстракций Тессье (Tessier et al., 1979). Выделяемые фракции: обменная - 1М раствор MgCl₂ (рН 7,0); связанная с карбонатами - 1М NaCH₃COO, рН 5,0; связанная с (гидр)оксидами Fe и Mn - 0,04М раствор NH₂OH·HCl в 25%-ой CH₃COOH при нагревании до 96±3°C; связанные с органическим веществом - 0,02М HNO₃+30% H₂O₂, рН 2,0 (HNO₃), затем 3,2М NH₄CH₃COO в 20%-ой HNO₃; остаточная - HF+HClO₄, затем HNO₃ конц.

Содержание металла в вытяжках определяли методом атомно-абсорбционной спектроскопии (ААС). Все анализы выполнены в трехкратной аналитической повторности, их результаты статистически обработаны.

Результаты исследования и обсуждение. Проведение последовательного фракционирования по Тессье установило, что в незагрязненной почве доля остаточной фракции составляет 74% от суммы фракций, а доля первых двух, наименее прочно связанных с почвой фракций (обменная и связанная с карбонатами) - 11%. В целом, относительное распределение соединений Zn в незагрязненном черноземе следующее: остаточная > связанная с оксидами Fe-Mn > связанная с карбонатами > обменная > связанная с органическим веществом (рис. 1).

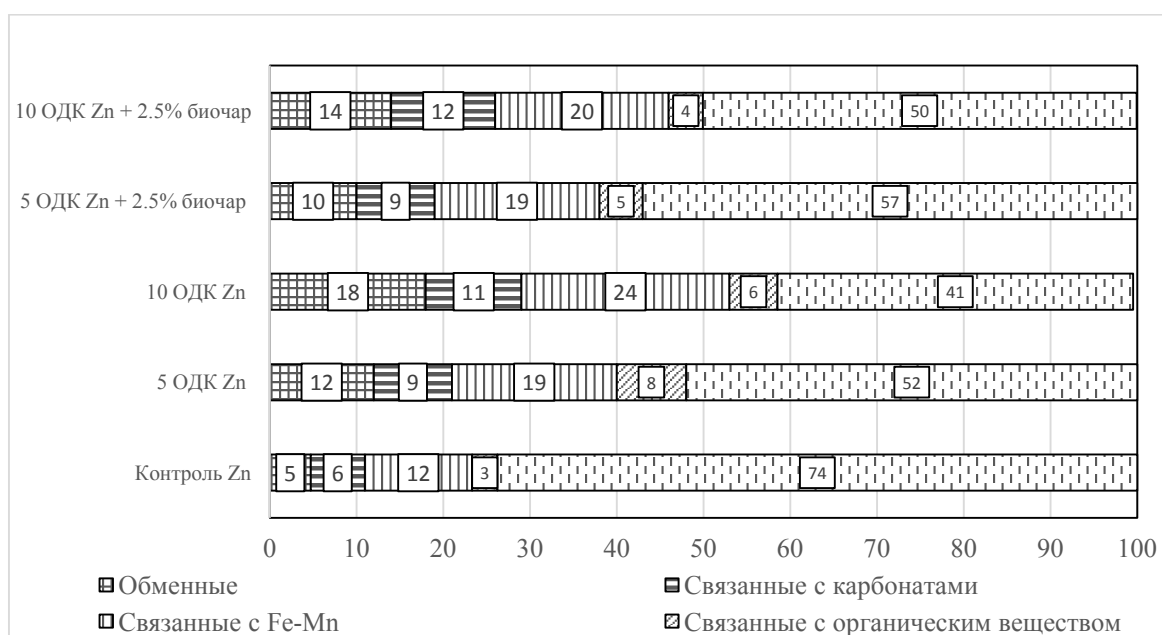


Рисунок 1. Фракционный состав соединений Zn в почвах, % от валовых форм

Увеличение концентрации Zn до 5 ОДК и 10 ОДК приводит к повышению абсолютного содержания всех фракций, а также происходит смещение равновесия и изменение распределения фракций. Так, повышение концентрации Zn в почве привело к увеличению доли обменной фракции до 12% (при внесении 5 ОДК) и 18% (при внесении 10 ОДК) и фракции, связанной с карбонатами, до 9% и 11%, соответственно (рис. 1). Остаточная фракция металла снижается до 41%. Распределение Zn по фракциям независимо от внесенной концентрации металла в почву следующее: остаточная > связанная с оксидами Fe-Mn > обменная > связанная с карбонатами > связанная с органическим веществом.

При внесении углеродистого сорбента наблюдается одновременное снижение подвижных фракций металла и увеличение остаточной фракции и фракции, связанной с органическим веществом (рис. 1). Однако распределение фракций Zn не изменилось по сравнению с загрязненными вариантами. Внесение биочара в дозе 2,5 % в почву, загрязненную 10 ОДК Zn, показало меньшую эффективность по сравнению с вариантом с 5 ОДК металла.

Выводы. Применением метода последовательного фракционирования показало различия во фракционном составе Zn в загрязненном черноземе обыкновенном при внесении углеродистого сорбента. Использование биочара привело к снижению обменной фракции и фракции, связанной с карбонатами. Снижение наименее прочно связанных форм Zn, представляющих наибольшую опасность с экологической точки зрения, свидетельствует об эффективности применения биочара в снижении биодоступности Zn в загрязненном черноземе обыкновенном.

Исследование выполнено в лаборатории «Здоровье почв» Южного федерального университета при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, соглашение № 075-15-2022-1122, и Программы стратегического академического лидерства Южного федерального университета ("Приоритет 2030").

Литература

1. Bin H., Zhongwu L., Jinqun H., Liang G., Xiaodong N., Yan W., Yan Z., Guangming Z. Adsorption characteristics of Cu and Zn onto various size fractions of aggregates from red paddy soil // Journal of Hazardous Materials. 2014. № 264. P.176– 183.
2. Hu P. J., Qiu R. L., Senthikumar P., Jang D., Chen Z. W., Tang Y. T., Liu F. J. Tolerance, accumulation and distribution of zinc and cadmium in hyperaccumulator *Potentilla griffithii* // Environmental and experimental botany. 2009. № 66 (2). P. 317-325.
3. Muhammad N., Nafees M., Khan M.H., Ge L., Lisak G. Effect of biochars on bioaccumulation and human health risks of potentially toxic elements in wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivated on industrially contaminated soil // Environmental Pollution. 2020. 113887 p.
4. Minkina T.M., Motuzova G.V., Nazarenko O.G., Kryshchenko V.S., Mandzhieva S.S. Forms of heavy metal compounds in soils of the steppe zone // Soil Science. 2008a. No. 7. P. 810-818.

5. Rog-Young K., Jeong-Ki Y., Tae-Seung K., Jae Y., Gary O., Kwon-Rae K. Bioavailability of heavy metals in soils: definitions and practical implementation—a critical review // *Environ Geochem Health*. 2015. № 37. P. 1041–1061.
6. Tessier A., Campbell P.G.C., Bisson M., Sequential extraction procedure for the speciation of particulate trace metals // *Analytical chemistry*. 1979. № 51(7). P. 844-851.
7. Violante A., Cozzolino V., Perelomov L., Caporale A.G., Pigna M. Mobility and bioavailability of heavy metals and metalloids in soil environments // *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*. 2010. № 10(3). P. 268 – 292.
8. Zhitong Y., Jinhui L., Henghua X., Conghai Y. Review on remediation technologies of soil contaminated by heavy metals // *Procedia Environmental Sciences*. 2012. № 16. P. 722 – 729.

**CHANGES IN THE COMPOSITION OF Zn COMPOUNDS IN ORDINARY CHERNOZEM
DURING THE INTRODUCTION OF CARBON SORBENT**

A.V. Barakhov, T.V. Bauer, S.S. Mandzhieva, T.M. Minkina, E.S. Latsynik, M.V. Burachevskaya, V.E. Boldyreva, D.V. Bren, A.L. Melkumyan

Southern Federal University, Rostov-on-Don, Russian

Abstract. Based on the results of a model experiment, the efficiency of using a carbonaceous sorbent (biochar) in the immobilization of Zn in ordinary chernozem was studied. Changes in the fractional composition of metal compounds were revealed using Tessier's method of successive selective extractions (Tessier et al., 1979). On variants with the introduction of a sorbent, a decrease in the content of the exchangeable fraction and the fraction associated with carbonates was found due to an increase in the fraction associated with organic matter and the residual. The revealed patterns of Zn transformation in the soil are markers of the efficiency of biochar use.

Keywords: sequential extraction, heavy metals, bioavailability, fractional composition, contamination, biochar, remediation.

УДК 661.183:1

**НАНОКОМПОЗИТЫ НА ОСНОВЕ БИОЧАРОВ И МЕТАЛЛ-
ОРГАНИЧЕСКИХ КАРКАСОВ ДЛЯ ИММОБИЛИЗАЦИИ СВИНЦА
В ЗАГРЯЗНЕННЫХ ПОЧВАХ**

Т.В. Бауэр¹, В.А. Поляков², В.В. Бутова², М.А. Грицай², П.А. Рудь², Т.М. Минкина¹

¹Академия биологии и биотехнологии им. Д.И. Ивановского Южного федерального университета, Ростов-на-Дону, Россия

²Международный исследовательский институт Интеллектуальных материалов Южного федерального университета, Ростов-на-Дону, Россия

e-mail: bauer@sfedu.ru

Аннотация. Исследование посвящено разработке высокоэффективных пористых наноконпозитов на основе углеродистой матрицы – биочара и металл-органического каркаса (МОК) MIL-100(Fe). Анализ образца методом SEM-EDX показал успешность создания композита за счет равномерного распределения MIL-100(Fe) на поверхности биочара.

Ключевые слова: биочары, металл-органические каркасы, композит, адсорбция, свинец.

Введение. В связи с возрастающим антропогенным влиянием в последние десятилетия вопрос охраны окружающей среды стоит наиболее остро. Одной из наиболее важных проблем, вызванных развитием металлургии, горнодобывающей промышленности, а также влиянием автотранспорта является загрязнение почв тяжелыми металлами (ТМ). Попадая в почву, металлы способны накапливаться в ней и затем мигрировать в ткани растений. Употребление загрязненной ТМ растительной продукции может приводить к серьезным заболеваниям не только человека, но и животных. Одним из наиболее токсичных ТМ является свинец. Токсическое действие его заключается в высокой способности ионов Pb^{2+} угнетать активность порфирилиногенсинтазы за счёт прочного связывания с тио-группами белков фермента [1]. Ингибирование этого фермента свинцом приводит к подавлению биосинтеза гема, а также сокращает время жизни циркулирующих красных кровяных телец, что приводит к возникновению анемии. Таким образом, разработка систем очистки почв от свинца и других ТМ является важной глобальной задачей, стоящей перед современными исследователями.

В последние годы внимание исследователей направлено на разработку новых типов углеродных сорбентов на основе продуктов пиролиза отходов растительного сырья – биочаров. Одно из их важнейших преимуществ – нетоксичность и биосовместимость. Кроме того, биочары способны улучшать качество почв [3]. Однако, относительно низкие значения удельных площадей поверхности биочаров могут накладывать ограничения на применение этих материалов в почвах с высоким уровнем загрязнения ТМ, либо приводить к их перерасходу. Для расширения возможностей использования биочаров эффективным подходом является функционализация их поверхности и создание композитных материалов. Повышение удельной площади поверхности возможно путем нанесения на поверхность биочара металл-органических каркасов (МОК). Это новый класс соединений, имеющих модульную конструкцию, состоящую из ионов металлов/металлических кластеров и мостиковой органической молекулы – линкера, связывающей ионы металлов в трехмерный каркас, пронизанный полостями и каналами. Варьируя тип линкера, можно настраивать размер полостей и пор, увеличивая или уменьшая удельную площадь поверхности, а также улучшать селективность сорбции.

В данном исследовании мы разработали высокоэффективный нанокompозит на основе биочара, полученного пиролизом соломы пшеницы, и МОК MIL-100(Fe) на основе ионов Fe^{3+} , связанных 1,3,5-бензолтрикарбоновой (тримезиновой) кислотой. В дальнейшем разработанный композит может применяться при ремедиации почв, загрязненных свинцом.

Методы. Для получения биочара проводили пиролиз соломы пшеницы в потоке газообразного азота (50 мл/мин) при 500 °С в течение 45 минут и скорости нагрева 10 °С/мин. Измерение удельной площади поверхности и пористости полученного биочара проводили на анализаторе площади поверхности ASAP 2020 (Micromeritics, USA).

В качестве МОК был выбран MIL-100(Fe), т.к. он теоретически должен обладать высокими значениями удельной площади поверхности за счет крупных пор диаметром 25 и 29 Å [2]. MIL-100(Fe) получали методом гидротермального синтеза в тefлоновом автоклаве Berghof BR-200 при 120 °С в течение 20 минут. Успешность образования фазы MIL-100(Fe) контролировали измерением порошковой рентгеновской дифракции (XRD) на дифрактометре Bruker D2 Phaser, а чистоту – измерением ИК спектров на спектрометре Bruker Vertex 70. Затем проводили измерения удельной площади поверхности на анализаторе ASAP 2020.

Для оценки качества сорбента MIL-100(Fe) была исследована поглотительная способность по отношению к ионам Pb²⁺. Для этого навески предварительно активированных в вакууме MIL-100(Fe) помещали в водные растворы нитрата свинца различной концентрации при перемешивании в течение 4 ч. Оценку стабильности MIL в водных растворах солей контролировали методом дифракционного анализа до и после сорбции, а динамику сорбции – методом рентгенофлуоресцентного анализа (XRF) на спектрометре Bruker M4 Tornado.

Нанокompозит получали методом *in-situ* формирования MIL-100(Fe) на матрице биочара. Для этого двукратное относительно выхода МОК количество биочара прибавлялось к суспензии порошка железа и тримезиновой кислоты, после чего проводили гидротермальный синтез. Успешность формирования композита и его чистота были подтверждены XRD, ИК спектроскопией, термогравиметрическим анализом (ТГА), электронной микроскопией с элементным картированием SEM-EDX (Helios Nanolab 660).

Результаты и обсуждение. Согласно результатам измерения удельная площадь поверхности соломы пшеницы составила 1,96 м²/г с суммарным объемом пор 0,005 см³/г, а биочара, полученного из нее (БСП) – 132 м²/г и 0,214 см³/г, соответственно. Увеличение пористости материалов в процессе пиролиза вызвано процессами термического разложения органического сырья без доступа воздуха, включающими главным образом дегидратацию и декарбонизацию целлюлозы и лигнина, а также других соединений. Интенсивное газовыделение приводит к растрескиванию структуры и появлению новых пор. После завершения процесса пиролиза в качестве продукта образуется углеродный остов, повторяющий очертания тканей растения, из которого был получен.

Успешность формирования фазы MIL-100(Fe), а также его чистота была подтверждена методами XRD и ИК спектроскопии, соответственно. Удельная площадь поверхности оказалась равной 1930 м²/г, что объясняется наличием крупных пор в структуре MIL. Размер частиц составил 500-1000 нм. При этом фаза оставалась стабильной даже во время сорбции из наиболее концентрированного 0,1 М раствора нитрата свинца. В ходе сорбционных экспериментов с ростом концентрации нитрата наблюдалось постепенное увеличение содержания свинца в МОК и достигло максимального значения поглотительной способности 71,7 мкг Pb на 1 мг MIL-100(Fe) (рис. 1-а).

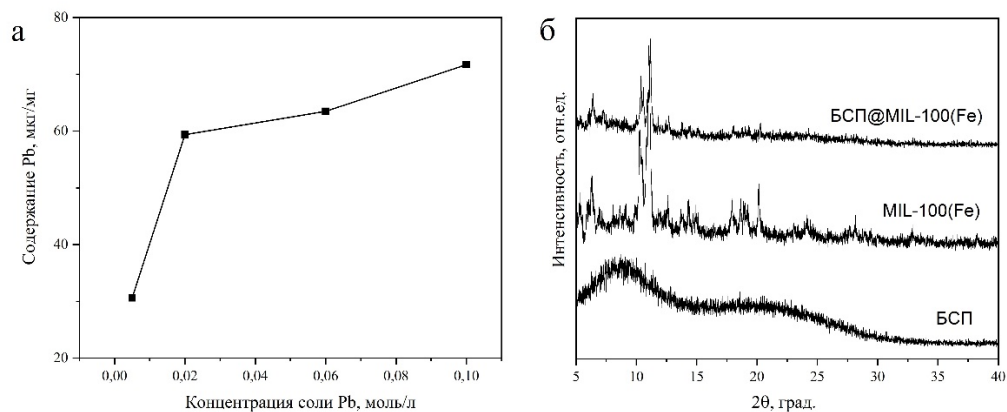


Рисунок 1. График сорбционной емкости образца MIL-100(Fe) (а); сравнение дифракционных профилей БСП, MIL-100(Fe) и нанокompозита на их основе (б)

Гидротермальным способом был получен композит состава БСП@MIL-100(Fe). Профили порошковой рентгеновской дифракции композита в сравнении с чистыми БСП и MIL-100(Fe) представлены на рисунке 1-б.

Дифракционный профиль композита является суперпозицией профилей отдельных компонентов, что подтверждает успешность образования фазы MIL. Однако, полученные данные XRD могут указывать не только на композит, но и на механическую смесь не связанных между собой фаз БСП и MIL. Доказать композитную структуру нового материала удалось с помощью анализа SEM-EDX (рис. 2). Выявлено, что частицы MIL-100(Fe) равномерно распределены по поверхности биочара и не являются самостоятельной фазой.

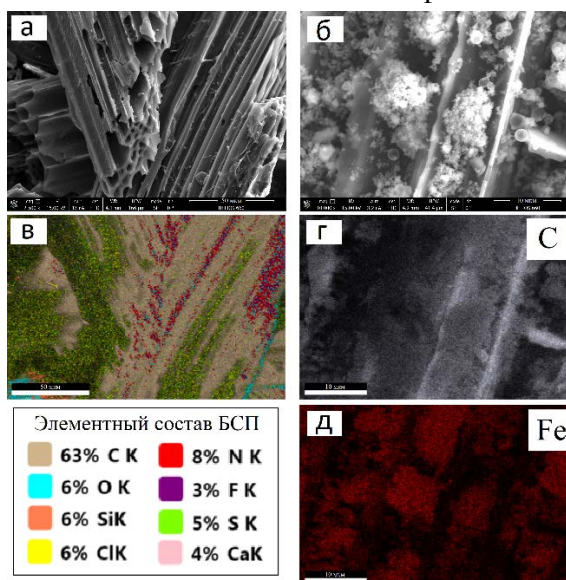


Рисунок 2. SEM-изображение БСП (а) и соответствующая ему карта элементного распределения (в); SEM-изображение нанокompозита (б) и соответствующие ему карты распределения атомов углерода (г) и железа (д)

Выводы. Разработан нанокompозит на основе высокоуглеродистой матрицы биочара, полученного пиролизом соломы пшеницы, покрытый наночастицами MIL-100(Fe) с высоким значением удельной площади

поверхности. Полученный новый материал является биосовместимым, нетоксичным и в дальнейшем сможет применяться в качестве эффективного материала для ремедиации почв, загрязненных свинцом.

Исследование выполнено при поддержке гранта Российского научного фонда (проект № 22-76-10054) в Южном федеральном университете.

Литература

1. Abadin H., Ashizawa A., Stevens Y.W., Lladós F., Diamond G., Sage G., Citra M., Quinones A., Bosch S.J., Swarts S.G. Toxicological Profile for Lead // Atlanta (GA): Agency for Toxic Substances and Disease Registry (US); 2007 Авг. PMID: 24049859.
2. Horcajada P., Surble S., Serre C., Hong D. Y., Seo Y. K., Chang J. S., Grenèche J. M., Margiolaki I., Férey G. Synthesis and catalytic properties of MIL-100(Fe), an iron(III) carboxylate with large pores // Chem Commun (Camb). 2007. № 27. С. 2820-2.
3. Muzyka R., Misztal E., Hrabak J., Banks S. W., Sajdak M. Various biomass pyrolysis conditions influence the porosity and pore size distribution of biochar // Energy. 2023. Т. 263. С. 126128.

NANOCOMPOSITES BASED ON BIOCHARS AND METAL-ORGANIC FRAMEWORKS FOR LEAD IMMOBILIZATION IN CONTAMINATED SOILS

T.V. Bauer¹, V.A. Polyakov², V.V. Butova², M.A. Gritsai², P.A. Rud², T.M. Minkina¹

¹Academy of Biology and Biotechnology of D.I. Ivanovskogo, Southern Federal University, Rostov-on-Don, Russia

²The Smart Materials Research Institute, Southern Federal University, Rostov-on-Don, Russia

Abstract. The study is devoted to the development of highly efficient porous nanocomposites based on a carbon matrix - biochar and metal-organic framework (MOF) MIL-100(Fe). Analysis of the obtained sample by SEM-EDX showed the success of creating a composite due to the uniform distribution of MIL-100(Fe) on the biochar surface.

Keywords: biochars, metal-organic frameworks, composite, adsorption, lead.

УДК 631.416

СОСТАВ СОЕДИНЕНИЙ МЫШЬЯКА

ПРИ ИЗМЕНЕНИИ СВОЙСТВ ПОЧВ ПРИ МОДЕЛЬНОМ ЗАГРЯЗНЕНИИ

М.В. Бурачевская, Т.М. Минкина, Е.С. Федоренко, Е.С. Лацынник,

А.П. Щербаков

ФГАОУ ВО Южный федеральный университет, Ростов-на-Дону, Россия

e-mail: marina.0911@mail.ru

Аннотация. При модельном загрязнении чернозема южного показано изменение его буферной способности при изменении состава и свойств почв путем разбавления кварцевым песком при загрязнении почвы As. Показано снижение устойчивости почвы к загрязнению As, а также увеличение содержания непрочно связанных соединений металла при разбавлении почвы песком.

Ключевые слова мышьяк, чернозем, моделируемые условия, соединения.

Проблемы загрязнения мышьяком (As) окружающей среды признаны и выявлены во многих странах мира, в широком диапазоне геологических и

климатических условий. As токсичен, влияет на все органы человека, установлена его связь с раком кожи и легких [4, 6, 7, 10].

Одной из причин того, что биогеохимия мышьяка изучена недостаточно, является сложность его аналитического определения, а также неоднозначность подходов к способам фракционирования его соединений [5]. До сих пор остается открытым вопрос о том, какие почвенные компоненты ответственны за фиксацию и биодоступность мышьяка в почвах природных ландшафтов. Биогеохимия As на черноземах практически не изучена и мало данных о доступности данного элемента растениям. В черноземах, содержание As варьирует в широких пределах (от 1,1 до 150 мг/кг) [5]. Помимо природных источников, As может попадать в почву в результате антропогенной деятельности, такой как производство и широкое применение инсектицидов, гербицидов, дефолиантов, кормовых добавок для домашней птицы и свиней, консервантов для древесины, а также такие источники как сжигание угля, добыча полезных ископаемых и производство цветных металлов [8]. Цель работы – изучить фракционное распределение As в черноземе обыкновенном при модельном загрязнении и изменяющихся физико-химических свойствах почвы.

Заложен модельный опыт с загрязнением почвы нитратом As. Образцы почвы были отобраны вдали от всех возможных источников загрязнения. Физико-химический анализ почвы показал следующие свойства [1]: содержание физической глины 49,3%, ила – 24,6%; органического углерода 5,0%; карбонатов – 0,3%; ЕКО почвы – 36,5 сМ(+)-кг⁻¹; рН – 7,5. Валовое содержание As – 8,8 мг/кг соответствовало его фоновому содержанию и не превышало ориентировочно-допустимых концентраций (ОДК) As (10 мг/кг) [2].

В сосуды с дренажем помещали по 2 кг почвы, просеянной через сито диаметром ячеек 2 мм. Доза внесения металла 5 ОДК (1 ОДК = 10 мг/кг) [2]. Инкубация проходила при температуре +20-22°C и естественном освещении. Опыт был заложен по следующей схеме: 1) контроль (почва без загрязнения); 2) As 5 ОДК; 3) As 5 ОДК+25% песка (почва с разбавлением кварцевым песком 25% от массы почвы); 4) As 5 ОДК+50% песка; 5) As 5 ОДК+75% песка. Доза внесения металлоида соответствует встречающемуся уровню загрязнению почв Ростовской области. Почву инкубировали 6 месяцев при влажности 60 % полной полевой влагоемкости. Опыт проводился в 3-х повторностях.

Для установления полифункциональности почвенных компонентов в процессах мобилизации и иммобилизации As была применена комбинированная схема фракционирования [3]. Данная схема основана на сочетании методов последовательного фракционирования Тессье [9] и отдельных селективных экстракций (1% NH₄As, рН 4,8; 1% ЭДТА в NH₄As и 1н. HCl). На основе фракционно-группового состава соединений становится возможным определить способность как в почвы в целом, так и отдельных ее компонентов удерживать загрязняющие вещества. По данной схеме возможно выделение соединений: непрочные связанные (обменные, комплексные, специфически сорбированные с

карбонатами, специфически сорбированные с несиликатными соединениями Fe, Mn), прочносвязанные (прочносвязанные с несиликатными соединениями Fe, Mn; прочносвязанные с органическим веществом; прочно связанные с силикатами). Содержание As в вытяжках определяли методом атомно-абсорбционной спектроскопии. Результаты статистически обработаны.

Наибольшее количество As в незагрязненной почве сосредоточено в остаточной фракции (59% от суммы фракций). Ионы As, закрепленные в кристаллических решетках минералов, представленных в черноземах, в основном, глинистыми минералами, наиболее прочно связаны с почвой, вследствие этого они трудно извлекаемы и менее всего доступны для растений [5]. Распределение As по фракциям в незагрязненной почве образует следующий ряд: соединения прочно связанные с силикатами > прочно связанные с оксидами Fe-Mn > прочно связанные с органическим веществом > специфически сорбированные с оксидами Fe-Mn > специфически сорбированные с карбонатами > комплексные = обменные. Подвижность As низкая, а прочно связанные соединения составляют 87% от суммы фракций (рис.).

При внесении металлов в почву в дозе 50 мг/кг общее содержание As увеличивается и превышает ОДК в 5 раз соответственно. Доля наиболее подвижных обменных соединений As возросла в 2 раза (до 4%). В загрязненной As почве соотношение его соединений не меняется, однако увеличивается роль непрочно связанных соединений As (до 27%).

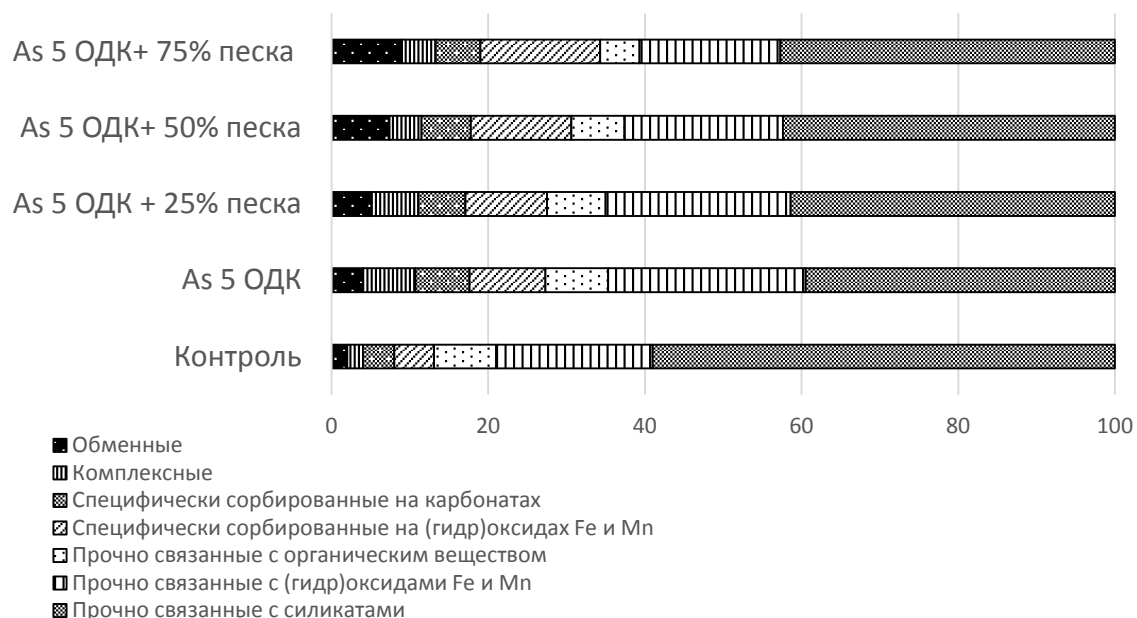


Рисунок. Состав соединений As в почве при модельном загрязнении с разной степенью разбавления песком.

Несмотря на высокую гумусированность в исследуемой почве, As предпочтительно образует соединения с (гидро)оксидами Fe и Mn. При загрязнении доля As в составе этих соединений фракции достигает 25%. Кроме того, исследуемый чернозем имеет слабощелочную реакцию среды, что вызывает

процессы соосаждения арсенатионов гидроксидами железа и алюминия. Это свидетельствует о том, что As, прочно фиксируется почвенными компонентами, прежде всего несиликатными соединениями Fe. Также было установлено, что коэффициент корреляции между параметрами сорбции As(V) некоторыми почвами и содержанием слабоокристаллизованных несиликатных соединений железа ($R = 0.80$) выявляет их тесную зависимость [8]. Часть As в виде устойчивых соединений, не переходящих в вытяжки, связанных с силикатами почвы, снижается с 59% до 40%. Данная тенденция свидетельствует о повышении уровня подвижности соединений мышьяка в почве, в связи повышением доли неспецифически и специфически сорбированных форм (рис.).

При разбавлении почвы песком загрязненной As почвы соотношение его соединений меняется. Увеличивается роль непрочно связанных соединений As (28-34%), одновременно снижается роль органического вещества как в прочном, так и непрочно удерживании соединений металла. Особенно заметно при сильном разбавлении почвы песком. В варианте опыта с 75% песка фракционный ряд As приобретает следующий вид: прочно связанные с силикатами > прочно связанные с оксидами Fe-Mn > специфически сорбированные с оксидами Fe-Mn > обменные > специфически сорбированные с карбонатами > прочно связанные с органическим веществом > комплексные. Возрастает количество наиболее подвижных соединений As. Увеличение наиболее подвижной обменной фракции составило до 9%.

Таким образом, на основе комбинированной схемы фракционирования выявлено решающее влияние на экологическое состояние загрязненных металлами почв двух важнейших групп соединений ТМ в почвах: непрочно и прочно связанных с почвенными компонентами. В незагрязненной почве отмечается преобладание прочно связанных соединений (87% от суммы фракций) обеспечивается удержанием As силикатами почвы (60%). Сумма непрочно связанных подвижных соединений As невысока (до 13%) и представлена в основном формами специфически сорбированными на (гидр)оксидами Fe-Mn.

При загрязнении почвы не только повышается содержание всех соединений As, но и происходят изменения в их соотношении в сторону увеличения доли непрочно связанных соединений (до 34%). Важное значение во фракционном распределении As как в прочном, так и непрочно удерживании играют (гидр)оксиды Fe-Mn. При разбавлении почвы песком большее значение приобретают наиболее подвижные обменные соединения металлоида. В связи с физическим разбавлением песком почвы и вследствие этого изменением ее физико-химических свойств происходит уменьшение буферной способности и устойчивости почвы к загрязнению. Происходит снижение содержания As в основных прочно удерживающих почвенных компонентах почвы, таких как органическое вещество, полуторные оксиды Fe-Mn и карбонаты.

Исследование выполнено при поддержке гранта РФФ, проект № 23-24-00646.

Литература

1. Воробьева Л. А. Теория и практика химического анализа почв // М.: ГЕОС. 2006. 400 с.
2. ГН 2.1.7.2511-09. Ориентировочно допустимые концентрации (ОДК) химических веществ в почве. М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора. 2009. 10 с.
3. Минкина Т.М., Мотузова Г.В., Назаренко О.Г., Крыщенко В. С., Манджиева С. С. Комбинированный прием фракционирования соединений металлов в почвах // Почвоведение. 2008. №11. С. 1324-1333.
4. Bundschuh J., Litter M. I., Parvez F., Román-Ross G., Nicolli H. B., Jean J. S., Liu C.W., López D., Armienta M. A., Guilherme L. R. G., Cuevas A. G. One century of As exposure in Latin America: a review of history and occurrence from 14 countries. // Science of The Total Environment. 2012. № 429. P 2-35.
5. Motuzova, G.V., Aptikaev, R.S., Karpova, E.A. Fractionation of soil As compounds. Eurasian Soil Science // 2006. №39(4). P.387-396.
6. Oberoi, S., Devleeschauwer, B., Gibb, H.J., Barchowsky, A., 2019. Global burden of cancer and coronary heart disease resulting from dietary exposure to As, 2015 // Environmental research. 2019. № 171. P. 185-192.
7. Palma-Lara I., Martínez-Castillo M., Quintana-Pérez J.C., Arellano-Mendoza M.G., Tamay-Cach F., Valenzuela-Limón O.L., García-Montalvo E.A., Hernández-Zavala A., As exposure: A public health problem leading to several cancers // Regulatory Toxicology and Pharmacology. 2020. №110. P. 104539.
8. Smith E., Naidu R., Alston A.M. Arsenic in the soil environment: A review. // Advances in Agronomy. 1998. № 64. P. 149-195.
9. Tessier A., Campbell P., Bisson M. Sequential extraction procedure for the speciation of particulate trace metals // Analytical chemistry. 1979. № 51. P. 844-850.
10. Tong J., Guo H., Wei C. As contamination of the soil-wheat system irrigated with high As groundwater in the Hetao Basin, Inner Mongolia, China // Science of The Total Environment. 2014. № 496. P. 479-487.

COMPOSITION OF ARSENIC COMPOUNDS WHEN SOIL PROPERTIES CHANGE DURING MODEL POLLUTION

M.V. Burachevskaya, T.M. Minkina, E.S. Fedorenko, E.S. Latsynnik, A.P. Shcherbakov
Southern Federal University, Rostov-on-Don, Russia

Abstract. In the case of model contamination of southern chernozem, a change in its buffering capacity is shown when the composition and properties of soils change by dilution with quartz sand when As soil is contaminated. A decrease in soil resistance to As contamination is shown, as well as an increase in the content of loosely bound metal compounds when soil is diluted with sand.

Keywords: arsenic, chernozem, simulated conditions, compounds.

References

1. Vorob'eva, L. A., 2006. Theory and practice of the chemical analysis of soils. GEOS. Moscow. 400 p.
2. GN 2.1.7.2511-09, 2009. Approximate permissible concentrations (APC) of chemicals in soil. Hygiene standards. Rospotrebnadzor, Moscow. 10 p.
3. Minkina T. M., Motuzova G.V., Nazarenko O.G., Kryshchenko V. S., Mandzhieva S. S. Combined approach for fractioning metal compounds in soils // Eurasian Soil Science. 2008. №. 41. P. 1171-1179.
4. Bundschuh J., Litter M. I., Parvez F., Román-Ross G., Nicolli H. B., Jean J. S., Liu C.W., López D., Armienta M. A., Guilherme L. R. G., Cuevas A. G. One century of As exposure in Latin America: a review of history and occurrence from 14 countries. // Science of The Total Environment. 2012. №429. P 2-35.
5. Motuzova, G.V., Aptikaev, R.S., Karpova, E.A. Fractionation of soil As compounds. Eurasian Soil Science // 2006. №39(4). P.387-396.

6. Oberoi, S., Devleeschauwer, B., Gibb, H.J., Barchowsky, A., 2019. Global burden of cancer and coronary heart disease resulting from dietary exposure to As, 2015 // Environmental research. 2019. № 171. P. 185-192.
7. Palma-Lara I., Martínez-Castillo M., Quintana-Pérez J.C., Arellano-Mendoza M.G., Tamay-Cach F., Valenzuela-Limón O.L., García-Montalvo E.A., Hernández-Zavala A., As exposure: A public health problem leading to several cancers // Regulatory Toxicology and Pharmacology. 2020. №110. P. 104539.
8. Smith E., Naidu R., Alston A.M. Arsenic in the soil environment: A review. // Advances in Agronomy. 1998. № 64. P. 149-195.
9. Tessier A., Campbell P., Bisson M. Sequential extraction procedure for the speciation of particulate trace metals // Analytical chemistry. 1979. № 51. P. 844-850.
10. Tong J., Guo H., Wei C. As contamination of the soil–wheat system irrigated with high As groundwater in the Hetao Basin, Inner Mongolia, China // Science of The Total Environment. 2014. № 496. P. 479-487.

УДК 631.484:631.51:574.2

ВЛИЯНИЕ НУЛЕВОЙ И ТРАДИЦИОННОЙ ТЕХНОЛОГИИ НА РАСПРОСТРАНЕНИЕ ПОЧВЕННЫХ МИКРОМИЦЕТОВ В УСЛОВИЯХ СЕВЕРНОГО КАЗАХСТАНА

В.А. Васильева¹, О.В. Ткаченко²

¹Омский ГАУ им. П.А. Столыпина, Омск, Россия

²ТОО «Научно-производственный центр зернового хозяйства им. А.И. Бараева»,
Казахстан

e-mail: vbalchugova00@mail.ru

Аннотация. Изучено влияние нулевой и традиционной технологии возделывания на распространение микромицетов в почвах чернозема южного карбонатного. Установлено, что традиционная технология возделывания оказывает значительное влияние на численность микромицетов.

Ключевые слова: почвенные микромицеты, нулевая и традиционная технология, грибы, бессменная пшеница.

Постановка проблемы. В связи с всевозрастающей актуальностью экологических проблем и особой роли микроорганизмов при оценке последних большое значение имеет учет почвенных грибов. Грибы – царство живой природы, объединяющее эукариотические организмы, сочетающие в себе некоторые признаки, как растений, так и животных. Особое значение имеют микромицеты – микроскопические грибы, являющиеся источниками микозов и микотоксикозов [3]. Почва является природным резервуаром грибов, которые вызывают трансформацию сложных органических соединений: в качестве источника углерода могут использовать такие труднорастворимые вещества, как целлюлоза, крахмал, лигнин, пектиновые вещества, нефть, пестициды [1].

На формирование грибного комплекса в почве могут оказывать влияние различные факторы, в том числе агроклиматические, антропогенные и другие. В частности применение различных технологий возделывания

сельскохозяйственных культур способствует изменению почвенного микробиоценоза, в том числе видового и численного состава микромицетов.

В связи с этим, целью данного исследования являлось изучение влияния нулевой и традиционной технологии на накопление почвенных грибов в посевах бессменной пшеницы.

Методы проведения эксперимента. Объектом исследований являлась почва чернозема южного карбонатного и почвенные грибы.

Исследования проводили на полевых многолетних стационарах лаборатории Адаптивной и агроландшафтной технологии, ТОО «НПЦЗХ имени А.И. Бараева» в период с 2021 по 2022 гг.

Почвенные образцы отбирались в слое 0-20 см по фазам вегетации пшеницы (до посева, в период всходов, колошения-цветения и полной спелости) в стерильные пакеты по общепринятым методикам. Выделение грибов проводили из свежих почвенных образцов [4]. Для этого в колбу со 100 мл стерильной водопроводной водой помещали почвенную навеску массой 10 г, образцы взбалтывали на шейкере OS-20 в течение 10 минут при 120 об./мин и затем почвенную суспензию высевали методом предельных разведений на среду Чапека в двух повторениях. Культивирование грибов проводили в термостате при температуре 25-27°C, учет на 5-7 сутки. Численность микроорганизмов выражали в количестве колониеобразующих единиц (КОЕ) на грамм абсолютно сухой почвы (тыс. КОЕ/г а.с.п.).

Для определения влияния макроэлементов на содержание почвенных грибов было определено содержание NPK в соответствии с ГОСТ: нитратный азот ГОСТ 26488-85, подвижный фосфор и обменный калий по методу Мачигина (ГОСТ 26205-91).

Описание результатов. Исследования показали, что как по традиционной, так и по нулевой технологии наблюдалась выраженная динамика изменения численного состава почвенных грибов по фазам вегетации пшеницы.

По традиционной технологии максимальная численность грибов отмечалась в 2021 году в период всходов пшеницы и составляла 18,2 тыс. КОЕ/г а.с.п., минимальная – в фазу до посева и составила 9,4 тыс. КОЕ/г а.с.п. В 2022 году в фазу всходов наоборот численность микромицетов снижалась фактически в 10 раз (рис. 1). Это может быть обусловлено очень высокими концентрациями азота (43,0 мг/кг) и калия (854,0 мг/кг) в почве в данный период времени в результате внесения их в виде минеральных удобрений по традиционной технологии возделывания. Избыток данных веществ неблагоприятно влияет на развитие почвенных грибов [2].

По нулевой технологии максимальное количество грибов наблюдалось в 2021 году в период колошения и составило 14,4 тыс. КОЕ/г а.с.п., а минимальное в фазу до посева и составило 7,1 тыс. КОЕ/г а.с.п. В 2022 году происходил заметный спад численного состава микромицетов, причем по всем фазам вегетации бессменной пшеницы в сравнение с 2021 годом.

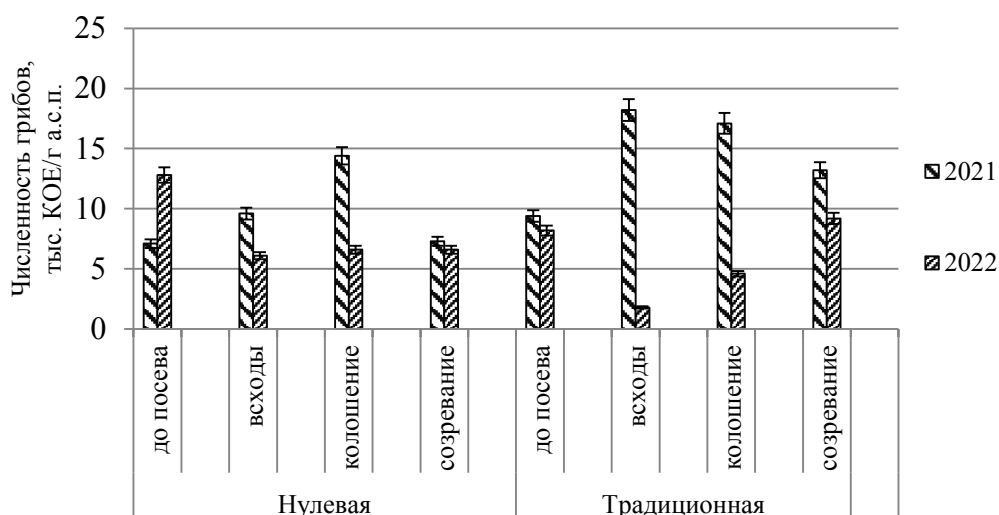


Рисунок 1. Динамика численности почвенных грибов в посевах бессменной пшеницы по нулевой и традиционной технологии (2021-2022 гг.)

При видовой идентификации были выявлены грибы *Penicillium spp.* и *Trichoderma spp.*, которые доминировали, а также *Aspergillus spp.*, *Mucor spp.* и др.

Технологии возделывания оказали существенное влияние на численный состав почвенных грибов. Так, традиционная технология способствовала активному развитию микромицетов, особенно в фазу всходов и колошения пшеницы в 2021 году, и в фазу созревания в 2022 году, когда происходит накопление органических остатков в почве. Вероятно, применение различных агроприемов, предусмотренных в данной технологии, особенно обработки почвы, способствовали активизации жизнедеятельности микромицетов. Напротив, нулевая технология способствовала снижению численного состава почвенных грибов.

Почвенные макроэлементы также оказали влияние на численный состав грибов, что подтвердилось статистическими данными. На нулевой технологии была выявлена существенная положительная коррелятивная связь между содержанием фосфора в почве и численностью микромицетов ($r = 0,70 \pm 0,44$, $d_{yx} = 0,50$ или 50% влияния), т.е. увеличение фосфора в почве способствует активизации жизнедеятельности грибов, в результате чего увеличивается биологическая активность почв [2]. Содержание азота и калия не отразилось на численности микромицетов, эта связь была несущественной и составляла менее 10%. Что касается традиционной технологии, то содержание макроэлементов в почве (NPK) фактически не влияло на формирование грибного пула, доля влияния составляла менее 3%.

Выводы. Таким образом, установлено, что традиционная технология способствовала активному развитию микромицетов, особенно в фазу всходов и колошения пшеницы в 2021 году, и в фазу созревания в 2022 году, а нулевая, напротив, снижала численность почвенных грибов.

На численный состав грибов частично оказали влияние макроэлементы, содержащиеся в почве, а именно наличие фосфора. На нулевой технологии была

выявлена существенная положительная коррелятивная связь между содержанием фосфора в почве и численностью микромицетов ($r = 0,70 \pm 0,44$, $d_{yx} = 0,50$ или 50% влияния).

Предложения. Дальнейшее изучение вопросов, связанных с воздействием нулевой и традиционной технологии на распространение почвенных микромицетов в посевах бесменной пшеницы, а также влияния макроэлементов для получения расширенных научных результатов и подтверждения влияния технологий возделывания на численный и видовой состав микромицетов.

Работа выполнена при финансовой поддержке МСХ РК в рамках ПЦФ по проекту «Разработать систему земледелия возделывания сельскохозяйственных культур (зерновых, зернобобовых, масличных и технических культур) с применением элементов технологии возделывания, дифференцированного питания, средств защиты растений и техники для рентабельного производства на основе сравнительного исследования различных технологий возделывания для регионов Казахстана» (№BR10764908).

Литература

1. Бельченок И.С. Микроорганизмы почв и их роль в функционировании аграрных ландшафтов // Наука, технологии и инновации в современном мире. 2016. №1. С. 18-25.
2. Бурканова О. А. Влияние минеральных удобрений на процессы колонизации микроорганизмами прикорневых зон ячменя и фасоли : автореф... дис. кан. биол. наук. М.: 2007. 113 с.
3. Кухар Е. В. Экология микроскопических грибов, патогенов животных и человека // Эколого-географические проблемы развития регионов и городов Республики Казахстан. 2017. С. 119-130.
4. Теппер Е.З. Практикум по микробиологии. Москва: Дрофа, 2004. 256 с.

INFLUENCE OF ZERO AND TRADITIONAL TECHNOLOGY ON DISTRIBUTION SOIL MICROMYCETES IN THE CONDITIONS OF NORTHERN KAZAKHSTAN

Vasilyeva V.A., Tkachenko O.V.

Omsk State Agrarian University P.A. Stolypin, Omsk, Russia

LLP "Scientific and production center of grain farming named after. A.I. Baraev, Kazakhstan

Abstract. The influence of zero and traditional cultivation technologies on the spread of micromycetes in the soils of the southern carbonate chernozem was studied. It has been established that the traditional cultivation technology has a significant impact on the number of micromycetes.

Keywords: soil micromycetes, zero and traditional technology, fungi, permanent wheat.

References

1. Belyuchenko I.S. Soil microorganisms and their role in the functioning of agricultural landscapes // Science, technology and innovation in the modern world. 2016. No. 1. P. 18-25.
2. Burkanova O. A. Influence of mineral fertilizers on the processes of colonization by microorganisms of the root zones of barley and beans: abstract of ... thesis. can. biol. Sciences. M.: 2007. 113 p.
3. Kukhar E. V. Ecology of microscopic fungi, pathogens of animals and humans // Ecological and geographical problems of development of regions and cities of the Republic of Kazakhstan. 2017. P. 119-130.
4. Tepper E Z. Workshop on microbiology. Moscow: Drofa, 2004. 256 p.

УДК 631.4

СОРБЦИЯ БЕНЗ(А)ПИРЕНА ГУМИНОВЫМИ КИСЛОТАМИ ПОЧВ РАЗЛИЧНЫХ ТИПОВ

Т.С. Дудникова, С.Н. Сушкова, Т.М. Минкина, А.И. Барбашев, Е.М. Антоненко,
А.В. Иванцов

ФГАОУ ВО Южный федеральный университет, Ростов-на-Дону, Россия

e-mail: tyto98@yamdex.ru

Аннотация. С использованием метода тушения флуоресценции определены степень снижения сорбции бенз(а)пирена (БаП) (S) и константа связывания поллютанта гуминовой кислотой (ГК) (IgK_{oc}) из почв различных типов. Показано, что ароматичность субстрата – тушителя (ГК), а также его происхождение влияют на связывающую способность почвы по отношению к БаП.

Ключевые слова: гуминовый препарат, загрязнение почв, полиарены, гидроморфные и полугидроморфные почвы.

В настоящее время загрязнение почв является второй по значимости причиной их деградации. [1] К числу широко распространённых поллютантов относятся полициклические ароматические углеводороды, которые образуются в результате пиролиза и разливов топлива [2]. Среди них обязательному контролю во всех природных средах подлежит БаП – канцероген первого класса опасности. Механизмы процессов, обуславливающих накопление и миграцию БаП в почве, до настоящего времени изучены недостаточно [3]. Особенно остро эта проблема касается гидроморфных почв прибрежных территорий, где активно протекают процессы переноса и осаждения потоков веществ природного и антропогенного характера. ГК способны сорбировать молекулы БаП, что способствует стабилизации поллютантов в почвах автоморфных ландшафтов и препятствует их миграции. Однако для прибрежных территорий БаП, ассоциированные с ГК подвержены миграции с природным током воды [4]. В следствие неоднородности почв по количеству и качественным характеристикам ГК, требуется определение связывающей способности с учетом их типовых особенностей. Целью данной работы являлось оценить степень сорбции БаП органическим веществом почв различных типов.

Объект и методы исследования. Объектом исследования являлись автоморфные, гидроморфные и полугидроморфные почвы прибрежной зоны природных и антропогенных ландшафтов Таганрогского залива, включая чернозем обыкновенный, аллювиальную луговую, урбостратозем и солончак корковый (табл.).

Определение количественных характеристик связывающей способности ГК проведено методом тушения флуоресценции на флуориметрическом спектрометре Cary Eclipse (Agilent). Для этой цели измеряли интенсивность флуоресценции раствора флуорофора в отсутствие и в присутствии различных концентраций тушителя при длине волны возбуждения 270 нм. В качестве

модельного ПАУ (флуорофор) использован БаП, в качестве тушителя – ГК, выделенные из чернозема обыкновенного, аллювиальной луговой почвы, солончака коркового и урбостратозема. Содержание поллютанта в исходных почвах не превышало ПДК [3]. Для проведения анализа готовили водный раствор БаП в ацетонитриле, соответствующий 200 нг/мл. Перед началом измерений в подготовленный раствор БаП вносили 0,5 мл ГК различных типов почв в диапазоне концентраций от 0,0001-0,05 г/л. Доля сорбции БаП (S) определена согласно формуле: $S = 100 - (F_0/F * 100)$, где F_0 - интенсивность флуоресценции БаП, F - интенсивность флуоресценции БаП в присутствии гуминовой кислоты. Константы связывания БаП (K_{OC}) рассчитаны по формуле: $K_{OC} = ((1-a)/a) * (1/C_{ГК})$, при этом величина a вычислена по формуле: $a = [BaP]/C_{BaP}$, где $[BaP]$ – равновесная концентрация свободнорастворенного БаП, C_{BaP} - общая концентрация БаП в растворе [4].

Таблица

Свойства исследуемых почв

Наименование почвы	рН	CaCO ₃	C _{орг}	Физическая глина	Ил
		%			
Чернозем обыкновенный	7,8	3,7	2	29,8	56,8
Солончак корковый	7,9	3,6	1,8	25,5	63,8
Урбостратозем	8,2	3,2	2,2	26,4	51,6
Аллювиальная луговая	7,6	2,0	0,9	5,6	12,9

Результаты. Установлено снижение интенсивности флуоресценции при увеличении концентрации ГК в растворах, что характерно для всех исследуемых типов почв. При увеличении концентрации тушителя эффект усиливается, что характерно для всех исследуемых типов почв (рис. 1).

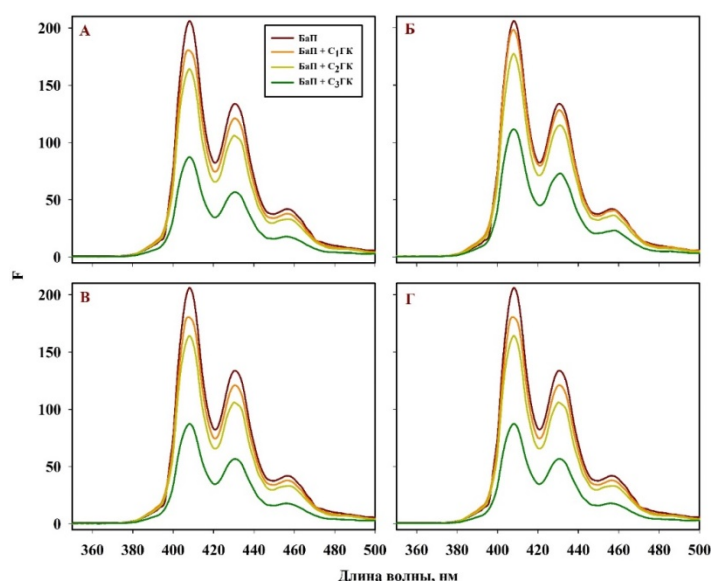


Рисунок 1. Спектры флуоресценции бенз(а)пирена в присутствии ГК из чернозема обыкновенного (А), аллювиальной луговой почвы (Б), урбостратозема (В) и

солончака коркового (Г) при концентрации гуминовой кислоты С₁ГК - 0,0001 г/л, С₂ГК – 0,005 г/л и С₃ГК – 0,05 г/л

Наблюдается увеличение доли сорбированного БаП (S) с увеличением концентрации ГК до 58% при концентрации тушителя 0,05 г/л (рис. 2).

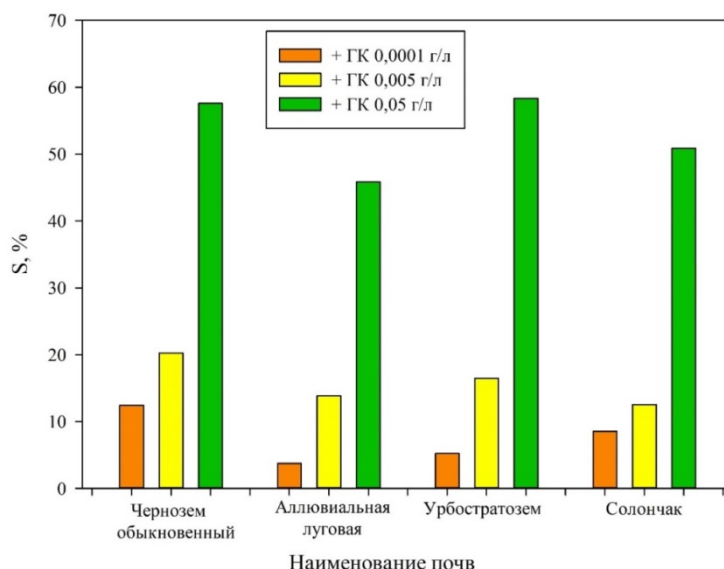


Рисунок 2. Доля сорбируемого бенз(а)пирена различными концентрациями гуминовых кислот, выделенных из разных типов почв

Препараты ГК из различных почв тушат флуоресценцию БаП, снижая ее интенсивность в последовательности: чернозем обыкновенный > урбостратозем > солончак корковый > аллювиальная луговая. При этом, сродство ГК к БаП несколько выше у чернозема обыкновенного и урбостратозема, что определяется источником происхождения ГВ и степенью ароматичности так как значения lgK_{OC}. Тем не менее различия между почвами по коэффициенту связывания незначительны (рис. 3).

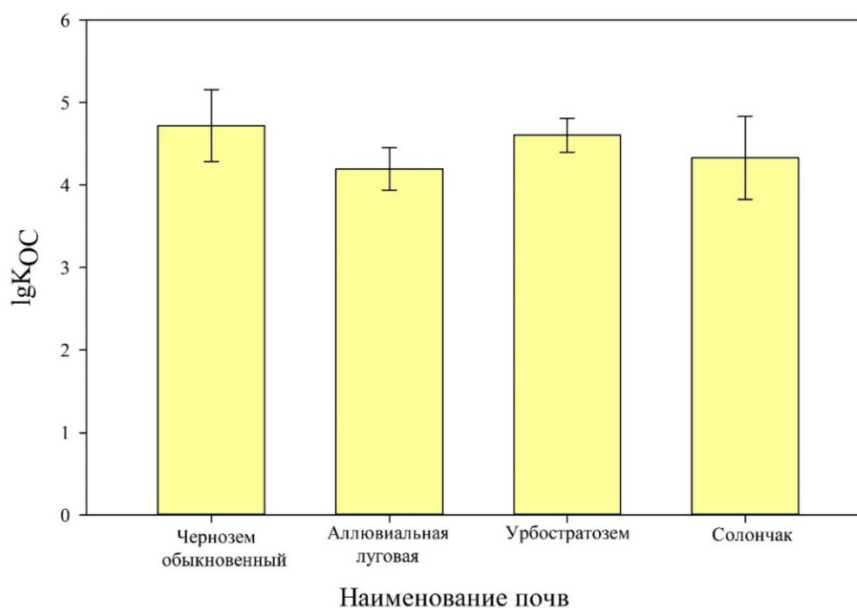


Рисунок 3. Константа сорбции бенз(а)пирена гуминовыми кислотами из различных типов почв

Закключение. Таким образом, по мере увеличения концентрации тушителя в растворе наблюдается уменьшения интенсивности флуоресценции БаП, что свидетельствует о сорбции полиарена ГК почв различных типов. При этом наибольшая интенсивность снижения флуоресценции характерна для почв с наибольшим родством ГК к БаП – чернозему обыкновенному и урбостратозему.

Исследование выполнено при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, договор №. 075-15-2022-1122.

Литература

1. Montanarella L., Rusco E. Threats to soil quality in Europe. Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities, 2008. 151 p.
2. Tsibart A.S., Gennadiev A.N. Polycyclic aromatic hydrocarbons in soils: sources, behavior, and indication significance (a review) // Eurasian Soil Science. 2013. V. 46. №. 7. P. 728–741.
3. ГН 2.1.7.2041-06 Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в почве», утверждено Главным государственным санитарным врачом РФ 19 января 2006 года.
4. Перминова И.В. Анализ, классификация и прогноз свойств гумусовых кислот: дис. ... д-ра хим. наук: 02.00.02 / Перминова Ирина Васильевна. М., 2000. С. 77–80.

SORPTION OF Benz(A)PYRENE BY ORGANIC MATTER IN SOILS OF VARIOUS TYPES

T.S. Dudnikova, S.N. Sushkova, T.M. Minkina, A.I. Barbashev, E.M. Antonenko, A.V. Ivantsov
Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education South Federal University, Rostov-on-Don, Russia

Abstract. Using the method of fluorescence quenching, the proportion of the decrease in the sorption of BaP (S) and the binding constant of the HA pollutant (lgKOS) from soils of various types were determined. It is shown that the aromaticity of the substrate - quencher (HA), as well as its origin, affect the binding capacity of the soil in relation to BaP.

Keywords: humic preparation, soil pollution, polyarenes, hydromorphic and semihydromorphic soils.

References

1. Montanarella L., Rusco E. Threats to soil quality in Europe. Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities, 2008. 151 p.
2. Tsibart A.S., Gennadiev A.N. Polycyclic aromatic hydrocarbons in soils: sources, behavior, and indication significance (a review) // Eurasian Soil Science. 2013. V. 46. №. 7. P. 728–741.
3. GN 2.1.7.2041-06 Predel'no dopustimyye kontsentratsii (PDK) khimicheskikh veshchestv v pochve», utverzhdenno Glavnym gosudarstvennym sanitarnym vrachom RF 19 yanvary 2006.
4. Perminova I.V. Analysis, classification and prediction of the properties of humic acids: dis. ... Dr. chem. Sciences: 02.00.02 / Perminova Irina Vasilievna. M., 2000. P. 77–80.

УДК 631.4

**ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ МИКРОБНО-
МЕТАБОЛИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ПОЧВЫ В УСЛОВИЯХ
СВЕРХДЛИТЕЛЬНОЙ АГРОГЕННОЙ НАГРУЗКИ**

А.В. Козлов, И.В. Коржов

ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, Москва, Россия

e-mail: a.kozlov@rgau-msha.ru

Аннотация. В работе изложены результаты проведенных исследований по оценке влияния севооборота, бессменного возделывания сельскохозяйственных культур, а также применения минеральных и органических удобрений на микробиологическую активность дерново-подзолистой почвы в условиях длительного полевого опыта РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева. Отмечено, что большинство вариантов опыта с чередованием культур в севообороте показали благоприятный метаболический коэффициент (0,32-0,34 усл. ед.). При бессменном возделывании культур функционирование микробного сообщества нарушено (0,51-0,58 усл. ед.). При этом внесение органических удобрений эффективно восполняет данный недостаток, оптимизируя показатель, а применение комплекса минеральных и органических удобрений в целом повышает общий уровень микробиологической активности почвы.

Ключевые слова: эколого-микробиологическое состояние почвы, микробно-метаболический коэффициент, минеральное удобрение, органическое удобрение, монокультура, севооборот, сверхдлительная агрогенная нагрузка.

Биологическая активность почвы – интегральный результат совокупности микробиологических процессов, протекающих в почве. Биологическая активность основана на способности живых организмов почвы (в основном микроорганизмов) осуществлять процессы разложения и синтеза веществ. Уровень биологической активности зависит от количественного и качественного состава почвенных организмов (бактерий, актиномицетов, дрожжей, простейших, водорослей и др.) [5]. Чем интенсивнее происходит выделение углекислого газа из почвы, тем активнее происходят в ней биологические процессы и, соответственно тем лучше складываются условия для возделывания культур и становится выше их потенциальная урожайность [3].

Основным интегральным показателем активности биологических процессов и эколого-микробиологического состояния почв является интенсивность продуцирования углекислого газа – почвенное «дыхание». Наличие и интенсивность дыхания у почв является одной из важнейших их экологических функций [2]. Почвенное дыхание характеризует функциональное состояние экосистемы в целом в каждый конкретный момент времени и является параметром ее функционирования. На основе параметров почвенного дыхания определение такого показателя как микробный метаболический коэффициент, в

том числе, необходим для определения степени нарушения нормального функционирования внутрипочвенной системы.

Регулирование микробиологической активности почвы, необходимое с целью создания управляемых почвенных режимов, обеспечивающих оптимальные условия для роста и продуктивности сельскохозяйственных культур, как известно, достигается внесением различных удобрений, а также ведением принципа севооборота культур и известкованием почв [4].

В условиях интенсивного использования земель важно учитывать микробиологические изменения, которые происходят в почве, а также необходимо учитывать выделение из почвы углекислого газа. Все эти показатели считаются чувствительными индикаторами, которые наиболее активно реагируют на внешние изменения условий среды обитания. Определение биологической активности почвы и изучение ее физико-химических свойств является важнейшим признаком, по которым можно диагностировать ее эколого-микробиологическое состояние.

Цель настоящего исследования заключалась в определении биологической активности дерново-подзолистой почвы и в оценке устойчивости микробных почвенных сообществ в условиях длительного полевого опыта РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева.

Объектами исследования служили образцы дерново-подзолистой почвы, отобранные с опытного поля Длительного полевого опыта РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева. Варианты опыта, на которых отбирались образцы, приведены в таблице 1. Почвенные пробы отбирались согласно ГОСТ Р 58595-2019.

Количество углекислого газа, образующегося в результате деятельности микроорганизмов в почве, определяли методом газовой хроматографии. Расчетным путем и с помощью математической обработки полученных данных определяли следующие показатели: базальное дыхание почвы, субстрат-индуцированное дыхание почвы и метаболические коэффициенты.

Для оценки состояния микробного сообщества были определены несколько показателей: базальное дыхание почвы и субстрат-индуцированное дыхание почвы. На основании этих двух показателей был рассчитаны метаболические коэффициенты. Метаболический коэффициент представляет собой удельную скорость метаболизма микроорганизмов, отнесенную к единице биомассы и скорость потребления субстрата культурой.

Таблица 1

Схема отбора образцов почвы и номера опытных делянок
Длительного полевого опыта РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева

Вариант опыта	БЕССМЕННАЯ КУЛЬТУРА					
	пар	рожь	картофель	ячмень	клевер	лен
НПК	1	2	3	4	5	6
НПК + навоз	7	8	9	10	11	12
Без удобрений	13	14	15	16	17	18
	По извести					

Вариант опыта	КУЛЬТУРА В СЕВООБОРОТЕ					
	картофель	ячмень	клевер	лен	пар	рожь
НРК	19	20	21	22	23	24
НРК + навоз	25	26	27	28	29	30
Без удобрений	31	32	33	34	35	36
	Без извести					

В таблице 2 представлены метаболические коэффициенты почвы, рассчитанные для вариантов опыта с бессменным возделыванием сельскохозяйственных культур. В таблице 3 представлены метаболические коэффициенты почвы, рассчитанные для вариантов опыта с чередованием культур в севообороте.

Таблица 2

Метаболические коэффициенты почвы
по вариантам Длительного опыта в условиях монокультуры

Вариант опыта	БЕССМЕННАЯ КУЛЬТУРА					
	пар	рожь	картофель	ячмень	клевер	лен
НРК	0,51	0,27	0,45	0,42	0,30	0,28
НРК+навоз	0,28	0,21	0,20	0,16	0,30	0,17
Без удобрений	0,54	0,37	0,59	0,30	0,58	0,29
	По извести					

Таблица 3

Метаболические коэффициенты почвы
по вариантам Длительного опыта в условиях севооборота

Вариант опыта	КУЛЬТУРА В СЕВООБОРОТЕ					
	пар	рожь	картофель	ячмень	клевер	лен
НРК	0,17	0,26	0,36	0,39	0,24	0,34
НРК+навоз	0,27	0,30	0,38	0,17	0,32	0,33
Без удобрений	0,13	0,23	0,30	0,41	0,43	0,37
	Без извести					

Известно, что оптимальные значения метаболического коэффициента находятся в пределах 0,2-0,3 усл. ед. [1]. В случае если данный показатель снижается, то почва содержит недостаточное количество доступного органического вещества и микробное сообщество находится в состоянии условного покоя. Если значение показателя стремится к единице, то все микроорганизмы почвы находятся в активном состоянии. Отклонение от оптимума в меньшую сторону говорит о том, что микробное сообщество метаболически подавлено и испытывает острый недостаток в питательном субстрате, а если отклонение в большую сторону, то это свидетельствует о том, что микробный пул функционирует напряженно и относительно неустойчиво.

По данным таблицы 2 следует, что большинство рассчитанных коэффициентов значительно превышали оптимальный показатель 0,2 усл. ед. Так, в зависимости от варианта исследования присутствовали значения, равные 0,51, 0,54 и 0,58 усл. ед. Такие данные могут свидетельствовать об угнетении микробиоты почвы при бессменном землепользовании в виде их чрезмерной

активизации в процессах деструкции органического вещества. Можно сказать, что выращивание культур бессменно имеет более высокую степень нарушения функционирования микробного сообщества. При этом, внесение минеральных и органических удобрений эффективно восполняет этот недостаток.

По результатам таблицы 3, которые демонстрируют рассчитанные метаболические коэффициенты для вариантов опыта с чередованием культур в севообороте, видно, что большинство вариантов опыта показали благоприятный метаболический коэффициент почвы. Максимальными значениями являются 0,32, 0,33 и 0,34 усл. ед. Данный уровень показателя является приемлемым и демонстрирует оптимальное функционирование микробного сообщества в условиях севооборота.

Таким образом, проведенные исследования показали благоприятное воздействие севооборота на микробиологическую активность дерново-подзолистой почвы в условиях сверхдлительной агрогенной нагрузки. При оценке влияния монокультуры на биологическую активность почвы было установлено, что выращивание культур бессменным образом имеет более высокую степень дисбаланса в функционировании микробного сообщества. В условиях оптимального значения метаболического коэффициента, равного 0,2 усл. ед., при монокультуре данный показатель достигал 0,6 усл. ед. Здесь нужно отметить, что внесение органических удобрений эффективно восполняет данный недостаток, оптимизируя показатель, а применение комплекса минеральных и органических удобрений в целом повышает общий уровень микробиологической активности почвы.

Литература

1. Ананьева Н.Д. Микробиологические аспекты самоочищения и устойчивости почв. М.: Наука, 2003. 223 с.
2. Андреев М.И., Марьина-Черных О.Г. Влияние интенсивных систем земледелия на почвенную биоту // Вестник Марийского государственного университета. Серия «Сельскохозяйственные науки. Экономические науки». 2017. Т. 3. № 4 (12). С. 11-15.
3. Кутузова Р.С. и др. Использование математического анализа для оценки микробиологического состояния почв агроландшафтного опыта // Агрехимия. 2001. № 1. С. 19-33.
4. Мельникова О.В. Технологии возделывания культур и биологическая активность почвы // Земледелие. 2009. № 1. С. 22-24.
5. Темиров А.А., Облобердиева М.О. Экологическая и систематическая характеристика почвенных водорослей города Чирчик // Academic research in educational sciences. 2022. Т. 3. № 5. С. 339-347.

ECOLOGICAL FEATURES OF MICROBIAL-METABOLIC STATE OF SOIL IN CONDITIONS OF ULTRA-LONG AGROGENIC LOAD

A.V. Kozlov, I.V. Korzhov

Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow, Russia

Abstract. The paper presents the results of studies conducted to assess the impact of crop rotation, permanent cultivation of agricultural crops, as well as the use of mineral and organic fertilizers on the microbiological activity of sod-podzolic soil under conditions of long-term field experience of the Russian State Agricultural Academy named after K.A. Timiryazev. It is noted that most variants of the experiment with alternating crops in crop rotation showed a favorable metabolic coefficient (0.32-0.34

conl. units). With permanent cultivation of crops, the functioning of the microbial community is disrupted (0.51-0.58 conl. units). At the same time, the application of organic fertilizers effectively makes up for this shortage, optimizing the indicator, and the use of a complex of mineral and organic fertilizers generally increases the overall level of microbiological activity of the soil.

Keywords: ecological and microbiological state of the soil, microbial-metabolic coefficient, mineral fertilizer, organic fertilizer, monoculture, crop rotation, super-long agrogenic load.

References

1. Ananyeva N.D. Microbiological aspects of self-purification and soil stability. Moscow: Nauka, 2003. 223 p.
2. Andreev M.I., Maryina-Chernykh O.G. Influence of intensive farming systems on soil biota // Bulletin of the Mari State University. The series «Agricultural sciences. Economic Sciences». 2017. Vol. 3. № 4 (12). pp. 11-15.
3. Kutuzova R.S. et al. The use of mathematical analysis to assess the microbiological state of soils of agro-landscape experience // Agrochemistry. 2001. № 1. pp. 19-33.
4. Melnikova O.V. Technologies of cultivation of crops and biological activity of soil // Agriculture. 2009. № 1. pp. 22-24.
5. Temirov A.A., Obloberdieva M.O. Ecological and systematic characteristics of soil algae of the city of Chirchik // Academic research in educational sciences. 2022. Vol. 3. № 5. pp. 339-347.

УДК 631.461

ВЛИЯНИЕ СОРБЕНТОВ НА ОСНОВЕ МОНТМОРИЛЛОНИТА МОДИФИЦИРОВАННОГО ДОДЕЦИЛСУЛЬФАТОМ НАТРИЯ НА РОСТ И ДИНАМИКУ ЧИСЛЕННОСТИ ПОЧВЕННЫХ АВТОХТОННЫХ МИКРООРГАНИЗМОВ

С.В. Козьменко^{1,2}, М.В. Бурачевская¹, Л.В. Переломов¹, Е.С. Федоренко^{1,2}

¹ФГБОУ ВО «Тульский государственный педагогический университет им. Л.Н. Толстого», Тула, Россия

²ФГБОУ ВО «Южный федеральный университет», Ростов-на-Дону, Россия
e-mail: kozmenko@sfedu.ru

Аннотация. Исследовано влияние различных концентраций монтмориллонита модифицированного додецилсульфатом натрия на рост и динамику численности олиготрофных микроорганизмов. Показано отсутствие токсического эффекта в отношении почвенной микробиоты, что делает сорбенты на основе монтмориллонита перспективными для ремедиации.

Ключевые слова: монтмориллонит, додецилсульфат натрия, почва, ремедиация, олиготрофы.

На сегодняшний день проблема загрязнения почв различными поллютантами, среди которых наибольшую опасность представляют тяжелые металлы (ТМ) и полициклические ароматические углеводороды (ПАУ), стоит как никогда остро. ТМ и ПАУ представляют огромную опасность для здоровья человека. Соединения ПАУ обладают сильными канцерогенным и мутагенным эффектом, а ионы ТМ, которые за счет аккумуляции в растениях попадают в организм человека по цепям питания, оказывают негативное влияние на все системы и органы организма человека.[3],[4] В связи с чем становится актуальным разработка новых методов и подходов к ремедиации загрязненных почв. Известные

ранее физические и химические методы ремедиации обладают рядом недостатков, которые делают невозможным их повсеместное применение. [2].

Высокую эффективность показали методы нейтрализации загрязнений поллютантами путем их связывания с помощью различных сорбентов, в частности на основе органоглин, таких как монтмориллонит. Монтмориллонит относится к алюмосилкатам со слоистой структурой кристаллической решетки. Это обуславливает их высокую дисперсность и вследствие этого большую удельную поверхность, что делает их эффективными сорбентами [4].

Для повышения эффективности сорбции частицы органоглин подвергаются различным модификациям. Одним из методов получения сорбентов с новыми свойствами является «прививка» слоев из ПАВ, за счет чего органоглины приобретают свойства гидрофобности и органофильности. Это приводит к увеличению расстояния между слоями алюмосиликатов, что облегчает проникновение адсорбатов и как следствие приводит к увеличению сорбционной емкости [5]. Однако, остается не до конца изученным влияние модифицированных органоглин на почвенную биоту.

Целью данной работы было изучение токсичности монтмориллонита модифицированного додецилсульфатом натрия в отношении почвенных олиготрофных микроорганизмов. Для оценки роста бактерий в присутствии монтмориллонита модифицированного додецилсульфатом натрия был произведен посев почвенной суспензии методом десятикратных разведений в трех повторностях. Для селективного культивирования группы олиготрофных бактерий готовилась питательная среда на основе почвенной вытяжки с добавлением органоглин модифицированных додецилсульфатом натрия. Навески органоглин добавлялись непосредственно перед розливом питательной среды на чашку Петри в соотношении 3%, 5% и 7% органоглин от объема питательной среды. Для приготовления почвенной суспензии навеска почвы 10 г добавлялась в колбу со стерильной водой объемом 100 мл. Десорбция бактериальных клеток с почвенных частиц производилась резиновым пестиком в фарфоровой ступке с последующим перемешиванием на шейкере при 150 об/мин в течение 20 мин. Количественный учет численности бактерий производился на 3, 7, 14 и 30 сутки.

На диаграмме показано изменение численности бактерий в течение 30 сут. (рис.).

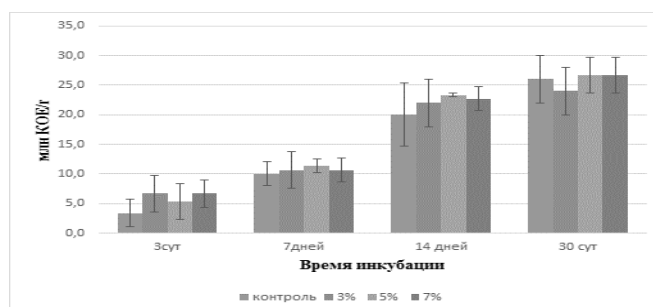


Рисунок. Влияние монтмориллонита модифицированного додецилсульфатом натрия на численность олиготрофных микроорганизмов

При культивации олиготрофов на питательной среде с добавлением монтмориллонита модифицированного додецилсульфатом натрия. Отличий между контролем и образцами с различным процентным соотношением не наблюдается. Динамика численности не отличается от контроля.

Таким образом, исходя из полученных данных можно сделать вывод о том, что монтмориллонит модифицированный додецилсульфатом натрия не оказывают токсического действия на сообщество олиготрофных микроорганизмов, что позволяет использовать данные сорбенты для ремедиации загрязненных почв.

Исследование выполнено при поддержке гранта Министерства образования и науки РФ на развитие молодёжных лабораторий, в рамках реализации ТГПУ им. Л. Н. Толстого программы "Приоритет 2030" по Соглашению №073-03-2022-117/7.

Литература

1. Guo Y.X., Liu J.H., Gates W.P., Zhou C.H. Organo-modification of montmorillonite //Clays and Clay Minerals. 2020. Т. 68. С. 601-622.
2. Khan S., Naushad M., Lima E.C., Zhang S., Shahee S.M., Rinklebe J. Global soil pollution by toxic elements: Current status and future perspectives on the risk assessment and remediation strategies—A review //Journal of Hazardous Materials. 2021. Т. 417. С. 126039.
3. Mahurpawar M. Effects of heavy metals on human health //Int J Res Granthaalayah. 2015. Т. 530. №. 516. С. 1-7.
4. Козловский В.А., Жубато, Ж., Бекешев Е.А., Байбатчаев А.А. Влияние углеводородного ракетного топлива на окружающую среду и живые организмы (обзор научной литературы) // Вестник НАН РК. 2015. Т. 54. С. 5.
5. Переломов Л.В., Лагунова Н.Л., Сяндюкова К.В., Переломова И.В., Хасая Д.А., Равендра Н. Адсорбция свинца натриевым бентонитом и бентонитом, модифицированным гидроксидом алюминия, в присутствии органических кислот // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. 2013. №. 6-2. С. 237-245.

INFLUENCE OF SORBENTS ON THE BASE OF MONTMORILLONITE ON THE GROWTH AND DYNAMICS OF SOIL OLIGOTROPHIC MICROORGANISMS

S.V. Kozmenko^{1,2}, M.V. Burachevskaya¹, L.V. Perelomov¹, E.S. Fedorenko^{1,2}

¹Tula State Lev Tolstoy Pedagogical University, Tula

² Southern Federal University, Rostov-on-Don, marina.0911@mail.ru

Abstract. The influence of various concentrations of montmorillonite modified on the growth and dynamics of the density of oligotrophic emissions has been studied. To do this, the soil suspension was sown on a solid nutrient medium based on soil extract for the selective cultivation of groups of oligotrophic crops. Modified montmorillonite is absorbed into the nutrient medium in the range of 3%, 5% and 7% of the environment. The absence of a toxic effect on microorganisms was shown, which makes sorbents based on montmorillonite promising sorbents.

Keywords: montmorillonite, sodium dodecyl sulfate, soils, remediation, oligotrophs.

References

1. Guo Y. X., Liu J. H., Gates W. P., Zhou C. H. Organo-modification of montmorillonite //Clays and Clay Minerals. 2020. Vol. 68. P. 601-622.
2. Khan S., Naushad M., Lima E. C., Zhang S., Shahee S. M., Rinklebe J. Global soil pollution by toxic elements: Current status and future perspectives on the risk assessment and remediation strategies—A review //Journal of Hazardous materials. 2021. Vol. 417. P. 126039.

3. Mahurpawar M. Effects of heavy metals on human health // Int J Res Granthaalayah. 2015. Vol. 530. No. 516. P. 1-7.
4. Kozlovsky V. A., Zhubato, Zh., Bekeshev E. A., Baibatchaev A. A. Influence of hydrocarbon rocket fuel on the environment and living organisms (review of scientific literature) // Bulletin of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan. 2015. Vol. 54. P. 5.
5. Perelomov L.V., Lagunova N.L., Syundyukova K.V., Perelomova I.V., Khasaya D.A., Ravendra N. Adsorption of lead by sodium bentonite and bentonite modified with aluminum hydroxide in the presence of organic acids // News of the Tula State University. Technical science. 2013. №. 6-2. P. 237-245.

УДК 631.41

**ОСОБЕННОСТИ СОДЕРЖАНИЯ, РАСПРЕДЕЛЕНИЯ И ПОДВИЖНОСТИ
Zn И Pb В ПОЧВАХ ПРИРОДООХРАННЫХ И ИМПАКТНЫХ
ТЕРРИТОРИЙ ПОБЕРЕЖЬЯ ТАГАНРОГСКОГО ЗАЛИВА**

Т.М. Минкина, Д.Г. Невидомская, С.С. Манджиева, Ю.А. Литвинов,
А.П. Щербаков

Южный федеральный университет, Ростов-на-Дону, Россия

e-mail: tminkina@mail.ru

Аннотация. Диагностика по уровню валового содержания и концентрации подвижных форм Zn и Pb не выявила антропогенного загрязнения почв ООПТ «Беглицкая коса». Среди территорий исследованных населенных пунктов северного побережья Таганрогского залива выявлены локальные очаги, характеризующиеся увеличением содержания и подвижности Zn.

Ключевые слова: прибрежные территории, свинец, цинк, почвы, подвижность, загрязнение.

Таганрогский залив является водоемом-приемником одной из крупнейших водных артерий Европы – реки Дон. Прибрежные территории Таганрогского залива характеризуется интенсивным сельским хозяйством, развитием промышленных производств в крупных городских кластерах, наличием портовых комплексов, высокой плотность заселения [3]. Как следствие, прибрежные районы испытывают антропогенную нагрузку, а природные экосистемы подвержены трансформации. Деградация прибрежных экотопов способствует поступление многообразных загрязняющих веществ, среди которых значительную долю составляют тяжелые металлы [6]. Вместе с этим на северном побережье Таганрогского залива расположена особо охраняемая природная территория (ООПТ) памятник природы – «Беглицкая коса», которая представляет уникальное геоморфологическое образование и является важным хранителем природного наследия Приазовья. Природоохранная ценность ООПТ «Беглицкая коса» обусловлена произрастающими и обитающими на ней краснокнижными видами флоры и фауны Ростовской области [4]. Благодаря своему природоохранному статусу это единственная коса на северном побережье

Азовского моря, где ведется сохранение ландшафтов настоящих, засоленных лугов, песков и литорали [5].

Целью работы было изучение уровня содержания, распределения и подвижности Zn и Pb в почвах природоохранных и антропогенно-преобразованных территорий побережья Таганрогского залива.

Полевые исследования природных и антропогенно-преобразованных территорий ландшафтно-гидрологической системы северного побережья Таганрогского залива проводились в 2023 году. Для характеристики, исследуемой территории, заложены площадки мониторинга (рис.). Почвенный покров формируют гидроморфные и полугидроморфные почвы на морских отложениях Таганрогского залива, представленные обширной группой аллювиальных почв. На площадках мониторинга отобраны образцы поверхностных почвенных горизонтов (0-20 см) в соответствии с ГОСТ 17.4.3.01-2017.

Содержание валовых форм Zn и Pb было определено рентген-флуоресцентным методом на спектроскане Макс-GV. Определение подвижных форм металлов было произведено экстракцией образцов почв 1н. ААБ с последующим анализом на атомно-абсорбционном спектрометре. Оценку уровня загрязнения почв Zn и Pb проводили на основе предельно допустимых концентраций (ПДК) [2] и кларка литосферы [1].

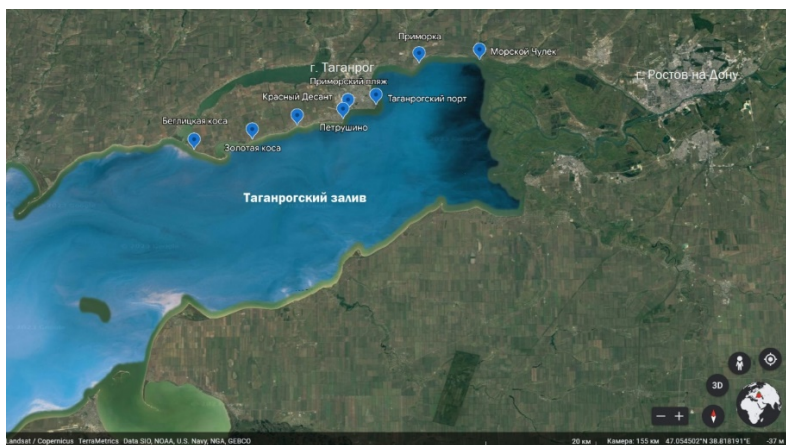


Рисунок. Местоположение отбора почвенных проб с исследованной территории побережья Таганрогского залива (выполнено авторами по данным Google Earth)

В результате проведенного исследования было установлено варьирование в валовых содержаниях Zn и Pb. В аллювиальной луговой насыщенной слоистой почве природоохранной территории валовое содержание Pb составило $37,7 \pm 1,5$ мг/кг (при ПДК – 32 мг/кг [2] и кларке литосферы – 16 мг/кг [2]) для Zn концентрация составила $94,3 \pm 5,0$ мг/кг (при ПДК – 100 мг/кг [2] и кларке литосферы – 83 мг/кг [2]). Установлены варьирования валового содержания Pb и Zn в аллювиальных луговых почвах по площадкам мониторинга (Табл.). Отмечаются локальные превышения ПДК по Zn (до 2 ПДК). Содержания подвижных форм Pb и Zn аллювиальной луговой почвы ООПТ не превышают установленные ПДК для подвижных форм и составляют для Pb – $4,9 \pm 0,3$ мг/кг

(при ПДК для Pb – 6 мг/кг [2]) и Zn – 13,5±0,6 мг/кг (при ПДК для Zn – 23 мг/кг [2]) (табл.). Показано, что прибрежные территории характеризуются большей подвижностью Zn, значения которого возрастают до 3 ПДК. Интенсивность накопления, распределения и мобильности металлов в гидроморфных почвах побережья лимитируются экологическими условиями формирования этих почв, в том числе, надо отметить, что на северном побережье Таганрогского залива сконцентрирован высокий процент промышленного производства (15% от областного показателя), что обуславливает повышенную степень загрязнения пляжевой зоны [3].

Таким образом, диагностика по уровню валового содержания и концентрации подвижных форм Zn и Pb не выявила антропогенного загрязнения почв природоохранной территории памятника природы «Беглицкая коса», однако, ухудшение экологической обстановки Таганрогского залива на границе вода-суша может привести к миграции тяжелых металлов на территорию ООПТ. Среди территорий исследованных населенных пунктов северного побережья Таганрогского залива выявлены локальные очаги, характеризующиеся увеличением содержания и подвижности Zn.

Таблица

Валовое содержание и подвижные формы Zn и Pb в гидроморфных почвах площадок мониторинга, мг/кг

Местоположение площадок мониторинга	Zn		Pb	
	Валовое содержание	Подвижная форма	Валовое содержание	Подвижная форма
ООПТ «Беглицкая коса»	94,3±5,0	13,5±0,6	37,7±1,5	4,9±0,3
пляж хут. Морской Чулек	187,4±9,0*	59,4±4,0	30,9±1,4	2,6±0,1
пляж пос. Приморка	202,6±9,7	63,5±4,7	35,9±1,0	1,7±0,1
береговая зона Таганрогского порта	124,4±6,3	13,0±0,5	41,7±2,8	1,9±0,2
Приморский пляж г. Таганрог	115,0±5,9	22,9±1,0	33,8±2,0	2,8±0,2
пляж с. Петрушино	144,0±7,5	24,3±1,1	47,4±2,9	6,2±0,5
пляж хут. Красный Десант	101,0±5,7	14,8±0,7	16,5±0,7	1,2±0,1
пляж пос. Золотая коса	185,0±9,4	28,1±1,3	46,0±2,5	4,2±0,3
Кларк литосферы [1]	83	-	16	-
ПДК [2]	100,0	23,0	32,0	6,0

* - жирным шрифтом выделено превышение над ПДК.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РНФ № 20-14-00317, <https://rscf.ru/project/23-14-45025/>.

Литература

1. Виноградов А. П. Геохимия редких и рассеянных химических элементов в почвах. М., 1957. 237 с.
2. ГН 2.1.7.2041-06. Предельно-допустимые концентрации химических веществ в почве: Гигиенические стандарты. Введ. 2006-04-01. М.: Роспотребнадзор, 2006. 15 с.
3. Ивлиева О.В., Беспалова Л.А., Мысливец В.И., Шипилова Л.М. Прогноз развития северного берега Таганрогского залива Азовского моря // Вестник Московского университета. 2017. Сер. 5. География. № 6. С. 71-78.

4. Коломийчук В.П., Федяева В.В. Растительность кос Таганрогского залива Азовского моря // Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Серия: Естественные науки. 2012. № 1 (167). С. 76-81.
5. Постановление администрации Ростовской области от 19.10.2006 № 418 «О памятниках природы Ростовской области».
6. Minkina T.M., Nevidomskaya D.G., Pol'shina, T.N., Fedorov, Yu.A., Mandzhieva, S.S., Chaplygin, V.A., et al. Heavy metals in the soil-plant system of the Don River estuarine region and the Taganrog Bay coast // Journal of Soils and Sediments. 2017. Vol. 17. P. 1474-1491.

SPECIAL FEATURES OF THE CONTENT, DISTRIBUTION, AND MOBILITY OF Zn AND Pb IN SOILS OF PROTECTED AREA AND IMPACT TERRITORIES OF THE TAGANROG BAY COAST

T.M. Minkina, D.G. Nevidomskaya, S.S. Mandzhieva, Yu.A. Litvinov, A.P. Shcherbakov
Southern Federal University, Rostov-on-Don, Russia

Abstract. Diagnostics based on the level of total content and concentration of mobile forms of Zn and Pb did not reveal anthropogenic pollution of the soils of the protected area "Beglitskaya Kosa". Among the studied of populated areas the northern coast of the Taganrog Bay, local foci were identified, characterized by an increase in the content and mobility of Zn.

Keywords: coastal areas, lead, zinc, soils, mobility, pollution.

References

1. Vinogradov A.P. Geochemistry of rare and dispersed chemical elements in soils. RAN. Moscow, 1957. 237 p.
2. GN 2.1.7.2041-06. Maximum Permissible Concentrations of Chemical Substances in Soil: Hygienic Standards. Introduction 2006-04-01. M.: Rosпотребнадзор, 2006. 15 p.
3. Ivlieva O.V., Bepalova L.A., Myslivets V.I., Shipilova L.M. Forecast of the development of the northern coast of the Taganrog Bay of the Sea of Azov // Bulletin of the Moscow University. 2017. Ser. 5. Geography. Vol. 6. P. 71-78.
4. Kolomiychuk V.P., Fedyaeva V.V. Vegetation of the spits of the Taganrog Bay of the Sea of Azov // News of higher educational institutions. North Caucasian region. Series: Natural Sciences. 2012. Vol. 1. Is. 167. P. 76-81.
5. Proposition of the Administration of the Rostov Region dated October 19, 2006 No. 418 "On natural monuments of the Rostov Region".
6. Minkina T.M., Nevidomskaya D.G., Pol'shina, T.N., Fedorov, Yu.A., Mandzhieva, S.S., Chaplygin, V.A., et al. Heavy metals in the soil-plant system of the Don River estuarine region and the Taganrog Bay coast // Journal of Soils and Sediments. 2017. Vol. 17. P. 1474-1491.

УДК 631.431.1

**ПЛОТНОСТЬ ПОЧВЫ ТРОПИНОЧНОЙ СЕТИ ООПТ
«КАМЕННЫЙ ГОРОД» ПЕРМСКИЙ КРАЙ**

Н.И. Никитская

ФГБОУ ВО Пермский ГАТУ, Пермь, Россия

e-mail: natali_nikitska@mail.ru

Аннотация. В работе рассмотрено влияние антропогенной нагрузки на особо охраняемую территорию регионального значения памятник природы «Каменный город» Пермский край. Приведён расчет площади тропинойной сети и изучена плотность почвы на исследуемой территории.

Ключевые слова: особо охраняемые природные территории, памятник природы, тропиная сеть, площадь тропиной сети, плотность почвы.

Введение. Антропогенная нагрузка растет и вместе с ней растет и уровень загрязнения, что негативно влияет на природу, поэтому для защиты естественного состояния стали создавать территории с особым режимом охраны. Создание особо охраняемые природных территорий (ООПТ) направлено на охрану природных территорий с целью поддержания естественного состояния охраняемых природных объектов и сохранения биологического разнообразия. Одной из таких территорий является памятник природы регионального значения «Каменный город». Территория признана сохранить естественный природный ландшафт. На данный момент территория входит в состав природного парка «Пермский».

Под влиянием рекреационной нагрузки происходит деградация подстильно-торфяного горизонта и нарушение почвенного покрова в хвойных и лиственных древостоях. На пикниковых площадках и пешеходных тропах может наблюдаться значительное увеличение объемной массы почвы - важнейшего физического свойства. Уплотнение почвы под влиянием рекреации происходит во много раз быстрее, чем восстановление исходных значений объемного веса после прекращения нагрузки. Изменение под влиянием рекреации морфологии и структуры верхних почвенных горизонтов: так, мощность гумусово-аккумулятивного горизонта способна уменьшаться более чем на 50 %. Под действием активного вытаптывания подстильно-торфяного горизонта и уплотнения верхней части минерального слоя изменяются почвенно-экологические условия для обитающих здесь видов растений и животных.

Растительный и почвенный покровы при воздействии отдыхающих так же подвержены вытаптыванию. Под влиянием рекреационных нагрузок трансформируется видовой состав травянистого покрова. На самых выраженных тропах плотность почвы способна увеличиваться, что снижает способность почв выполнять свои экологические функции [4].

Памятник природы «Каменный город» подвержен высокой антропогенной нагрузке, вследствие большого потока туристов. Он один из самых часто посещаемых природных объектов Прикамья. За последние годы, под влиянием человеческого фактора, он претерпел большие изменения и данное исследование направлено на прогнозирование и оценку его состояния, поэтому данное исследование актуально для этой территории.

Цель исследования – изучить плотность почвы тропиной сети ООПТ «Каменный город».

Объекты и методы. Исследования проведены на территории природного парка «Пермский» - его объекте памятнике природы «Каменный город» в 2022 году. Природный парк «Пермский» расположен в восточной части Пермского

края на землях лесного фонда. Три обособленных участка парка располагаются на площади: Усьвинский — 18 482 га, Чусовской – 34 714 га, Вишерский– 72 217 га. Памятник природы «Каменный Город» - это скальный массив мелкозернистых песчаников нижнего карбона, сформированных 350–300 млн. лет назад в дельте большой реки, который прорезан глубокими (до 8–12 м), похожими на улицы, меридиональными и широтными трещинами шириной 1–8 м. Город расположен на главной вершине хребта Рудянский спой, высота которой равна 526 м над уровнем моря. По ботанико-географическому районированию он расположен в районе средне- и южнотаёжных предгорных пихтово-еловых и елово-пихтовых лесов [3].

Для измерения тропинойной сети использовалась измерительная рулетка, а для измерения вытопанных площадок территории памятника использовали приложение «Шагометр – Счетчик Шагов&Счетчик Калорий». Ширину площадок измеряли с помощью измерительной рулетки. Площадь тропинойной сети рассчитывали по формуле:

$$S = a \times b$$

где S-площадь тропинойной сети (вытаптывания), м²;

a-длина площадок, м;

b-ширина площадок, м.

Почвенные образцы отобраны в июне 2022 г. на 6 участках природного памятника «Каменный город». Участок 1 - вблизи аншлага ООПТ «Каменный город». Участок 2 - на пути к скалам «Малый город». Участок 3 - у скал «Малый город». Участок 4 - между скалой «Черепаша» и останцем «Пернатый страж». Участок 5 - на пути к скале «Черепаша» и останцу «Пернатый страж». Участок 6 - под деревянным настилом участка тропинойной сети.

Для определения плотности почвы на тропинойной сети памятника природы «Каменный город» была применена методика и шкала Качинского [2].

Результаты исследования. Большую часть площади памятника природы формируют слабодegradированные горнотаежные экосистемы. Значительно меньшие ареалы занимают также слабодegradированные каменные останцы и среднедеградированное сообщество мелколиственного леса. В целом почвы ООПТ характеризуются как среднедеградированные. Наиболее глубокие повреждения почв характерны для зоны каменных останцев. Эрозия почвенного покрова настолько существенна и глубока, что о естественном восстановлении почв не может быть и речи. Значительные участки уже вообще полностью лишены почвенного покрова. Причина столь глубокой трансформации – свехинтенсивная рекреационная нагрузка [1].

В целях сохранения территории от вытаптывания проведен анализ антропогенной нагрузки. Измерения показали, что длина троп на территории памятника природы «Каменный город» в сумме составляет 504 м, а ширина 3,7 м.

$$S = 504 \times 3,7 = 1864,8 \text{ м}^2.$$

Следовательно, площадь тропинойной сети памятника природы «Каменный город» составляет 1864,8м² (рис.).



Рисунок. Схема тропинойной сети памятника природы «Каменный город»
Общая длина всей площади подверженная антропогенной нагрузке в памятнике природы «Каменный город» составляет 830 м, а ширина 18 м.

Площадь площадок подверженных антропогенной нагрузке памятника природы «Каменный город»,

$$S=830*18=14940\text{м}^2.$$

Таким образом, общая площадь территории, подверженной антропогенной нагрузке, равняется:

$$14940+1864,8=16804,8\text{ м}^2.$$

Площадь памятника природы «Каменный город» составляет 30 га, то есть 300000 м². Вытопанная площадь = 16804,8*100/300000=5,6%. Таким образом, площадь подверженная антропогенной нагрузке занимает 5,6% от площади памятника природы «Каменный город».

До территории памятника природы «Каменный город», годами ранее, был построен деревянный настил, который сейчас приходит в негодность, но он существенно снижает антропогенную нагрузку на тропу, по которой проходят к памятнику природы «Каменный город». Площадь тропы из деревянного настила по пути в «Каменный город» - длина тропы - 1360 м и 1м ширина. Таким образом, площадь деревянного настила составляет 1360 м².

Плотность почвы – одно из основных, фундаментальных свойств почвы. Без знания этой величины невозможны расчеты и количественная оценка почв. Для изучения плотности почвы на антропогеннонарушенных территориях памятника природы «Каменный город» проведен анализ (табл.).

Таблица

Определение плотности почвы памятника природы «Каменный город»

№ участка	Расположение	Плотность почвы, г/см ³	Оценка плотности почвы [2]
1.	Вблизи аншлага аншлага памятника природы «Каменный город»	1,3+/-0,43	сильно
2.	На пути к скалам «Малый город»	1,3+/-0,01	сильно
3.	У скал «Малый город»	1,13+/-0,26	оптимальная
4.	Между скалой «Черепаша» и остнанцем «Пернатый страж»	1,54+/-0,5	очень сильно
5.	На пути к скале «Черепаша» и остнанцу «Пернатый страж»	0,97+/-1,7	излишне рыхлая
6.	Под деревянным настилом	1,13+/-0,1	оптимальная

Сравнивая полученные результаты со шкалой плотности почвы Н.А. Качинского [2], можно говорить о том, что на участке 4 (между скалой «Черепаша» и остнанцем «Пернатый страж») почва уплотнена очень сильно, на участках 1 и 2 (вблизи аншлага аншлага памятника природы «Каменный город» и на пути к скалам «Малый город») - сильно, на участках 3 и 6 (у скал «Малый город» и под деревянным настилом) - оптимальная, а на участке 5 (на пути к скале «Черепаша» и остнанцу «Пернатый страж») - излишне рыхлая.

Выводы. Таким образом, на данный момент наблюдается большая антропогенная нагрузка тропиной сети ООПТ «Каменный город». В целях защиты созданы территории с особым режимом охраны, но и они, даже при сегодняшнем режиме охраны, не способны в полной мере защитить особо охраняемую природную территорию от такого воздействия.

Площадь территории, подверженной антропогенной нагрузке, составила 5,6% от всей площади памятника природы «Каменный город», что говорит о существенном антропогенном воздействии.

Анализ образцов почвы на плотность показал, что почва вблизи аншлага памятника природы «Каменный город» и на пути к скалам «Малый город» сильно уплотнена, у скал «Малый город» и под деревянным настилом почва оптимальна, между скалой «Черепаша» и остнанцем «Пернатый страж» очень сильно уплотнена, на пути к скале «Черепаша» и остнанцу «Пернатый страж» излишне рыхлая.

Исходя из полученных данных, стоит говорить о различной плотности почвы на разных участках территории памятника природы «Каменный город» и можем рекомендовать установку деревянного настила на тропиной сети или изменение направления туристического потока.

Литература

1. Бузмаков С.А. Геоэкологические проблемы Приуралья: материалы междунар. летней школы-семинара (1– 12 августа 2012 г.) / Перм. гос.нац. исслед. ун-т. Пермь, 2012. 246 с.
2. Качинский Н. А. Физика почв. М., 1965. Т. 1. С. 155–161; М., 1970. Т. 2. С. 88.
3. Овёснов С.А., Ефимик Е.Г., Козьминых Т.В. Иллюстрированный определитель растений Пермского края / под ред. доктора биол. наук С.А. Овёснова. Пермь: Книжный мир, 2007. 743 с.

4. Шугалей Л.С. Рекреационное воздействие на лесные биogeоценозы государственного природного заповедника «Столбы» // Вестник КрасГАУ. 2017. №9. С. 189-199.

SOIL DENSITY OF THE SPECIALLY PROTECTED NATURAL TERRITORY «STONE CITY» PERM REGION

N.I. Nikitskaya

Perm State Technical University, Perm, Russia

Abstract. The paper considers the impact of anthropogenic load on a specially protected area of regional significance, a natural monument «Stone City» in the Perm region. The calculation of the area of the path network is given and the density of the soil in the study area is studied.

Keywords: specially protected natural areas, natural monument, path network, area of the path network, soil density.

References

1. Buzmakov S.A. Geocological problems of the Urals: materials of the international. summer school-seminar (August 1–12, 2012) / Perm. state national research un-t. - Perm, 2012. 246 p.
2. Kachinsky N. A. Physics of soils. M., 1965. Т. 1. S. 155-161; M., 1970. Т. 2. P. 88.
3. Ovesnov S.A., Efimik E.G., Kozminykh T.V. Illustrated guide to plants of the Perm region / ed. doctor of biol. Sciences S.A. Ovesnova. Perm: Knizhny Mir, 2007. 743 p.
4. Shugaley L.S. Recreational impact on forest biogeocenoses of the state natural reserve «Stolby» // Bulletin of KrasSAU. 2017. №. 9. P. 189-199.

УДК 633.2: 631.84

ВЛИЯНИЕ АЗОТНЫХ УДОБРЕНИЙ НА УРОЖАЙНОСТЬ И КОРМОВУЮ ЦЕННОСТЬ ФАЦЕЛИИ РЯБИНКОЛИСТНОЙ

Ю.В Огородов, В.Р. Олехов

ФГБОУ ВО Пермский ГАТУ, г. Пермь, Россия

e-mail: Ogyur@mail.ru, olekhovr@pgatu.ru

Аннотация. В статье представлены результаты полевого опыта по изучению влияния возрастающих доз азотных удобрений на урожайность фацелии рябинколистной. Определены кормовые показатели качества и дана оценка пригодности сена фацелии рябинколистной на корм скоту.

Ключевые слова: фацелия рябинколистная, азотные удобрения, сырой протеин, сырая зола, сырая клетчатка.

Введение. *Phacelia tanacetifolia* (Benth) – фацелия рябинколистная (семейство Водолистниковых) – широко распространенный в Нечерноземье медонос, чаще произрастающий на пустырях и невозделываемых землях [3]. Культура неприхотлива к плодородию почвы, засухоустойчива и выдерживает заморозки до минус 6 °С [1]. Ее можно использовать не только, как медонос, но и в качестве сидерата и на корм скоту. Урожайность зеленой массы фацелии рябинколистной до 300 ц/га и более. На корм ее используют только в молодом возрасте, так как волоски, которыми покрыто все растение, грубеют по мере старения [6]. Для увеличения продуктивности сельскохозяйственных угодий фацелию можно применять как промежуточную культуру, тем самым увеличивая сбор кормов с единицы площади [2].

Данных по минеральному питанию фацелии очень мало. Слабо изучен вопрос азотного питания и влияния его на продуктивность и кормовые качества.

Цель исследований – изучить влияние доз азотных удобрений на урожайность и кормовые качества фацелии рябинколистной.

Материалы и методы. Полевой опыт с фацелией рябинколистной сорта «Радуга» был заложен на учебно-научном опытном поле Пермского ГАТУ в 2022 году по следующей схеме:

Фактор А – дозы фосфорно-калийных удобрений

A0 – P₀K₀

A1 – P₃₀K₃₀

A2 – P₆₀K₆₀

Фактор В – дозы азотных удобрений

B0 – N₀

B1 – N₃₀

B2 – N₆₀

B3 – N₉₀

Площадь делянки 150 м², повторность опыта четырехкратная, расположение делянок систематическое. В качестве удобрений использовали: простой суперфосфат, хлористый калий и карбамид. Почва опытного участка дерново-мелкоподзолистая тяжелосуглинистая с очень высоким содержанием фосфора и калия, кислотность близкая к нейтральной.

Результаты исследований. Учет урожайности фацелии рябинколистной проводили в фазу бутонизации – начала цветения.

По главным эффектам фактора А достоверных различий не отмечено, урожайность воздушно-сухой массы составила 2,59-2,66 т/га (табл. 1).

Таблица 1

Влияние удобрений на урожайность воздушно-сухой массы фацелии рябинколистной, т/га

Дозы азотных удобрений (фактор В)	Дозы фосфорно-калийных удобрений (фактор А)			Среднее по фактору В
	P ₀ K ₀	P ₃₀ K ₃₀	P ₆₀ K ₆₀	
N ₀	1,94	1,90	1,94	1,93
N ₃₀	2,80	2,68	2,56	2,68
N ₆₀	3,18	3,24	3,13	3,18
N ₉₀	2,70	2,79	2,74	2,74
Среднее по фактору А	2,66	2,65	2,59	2,63
НСР ₀₅				
главных эффектов	фактора А			F _ф < F _т
	фактора В и взаимодействия АВ			0,11
частных различий	I порядка			0,31
	II порядка			0,20

При внесении азотных удобрений получили достоверные прибавки урожайности. Максимальная урожайность, исходя из главных эффектов по фактору В, получена в варианте с дозой N₆₀ и составляет 3,18 т/га. Увеличение дозы азота до 90 кг/га привело к снижению урожайности до 2,74 т/га, то есть

фактически до уровня варианта с дозой N₃₀, где получена урожайность воздушно-сухой массы 2,68 т/га.

Содержание «сырого» протеина находится в прямой зависимости от доз азотных удобрений (табл. 2), фосфорно-калийные удобрения не оказали существенного влияния. Наибольшее количество «сырого» протеина в варианте N₉₀ на всех фонах: N₉₀ – 15,01 %, N₉₀P₃₀K₃₀ – 14,17 %, N₉₀P₆₀K₆₀ – 15,19 %. Минимум в варианте P₆₀K₆₀ – 10,88 %. Стоит отметить, что в вариантах без азотных удобрений наблюдается тенденция к снижению показателя при внесении фосфорно-калийных удобрений.

Полученные результаты позволяют отнести сено фацелии к 1 классу качества, согласно нормативным требованиям оценки качества и питательности сена для естественных сенокосов [7].

Таблица 2

Влияние удобрений на содержание «сырого» протеина в фацелии рябинколистной, %

Дозы азотных удобрений (фактор В)	Дозы фосфорно-калийных удобрений (фактор А)			Среднее по фактору В
	P ₀ K ₀	P ₃₀ K ₃₀	P ₆₀ K ₆₀	
N ₀	12,10	11,69	10,88	11,56
N ₃₀	12,15	12,65	11,62	12,14
N ₆₀	12,12	12,93	12,74	12,59
N ₉₀	15,01	14,17	15,19	14,79
Среднее по фактору А	12,85	12,86	12,61	
НСР ₀₅				
главных эффектов	фактора А			F _ф < F _т
	фактора В и взаимодействия АВ			0,88
частных различий	I порядка			1,46
	II порядка			1,52

Наибольшее содержание «сырой» золы (табл. 3) отмечено в варианте с односторонним внесением 90 кг/га азота (15,36 %), минимальное – при внесении N₃₀P₆₀K₆₀ (13,47 %).

Таблица 3

Влияние удобрений на содержание «сырой» золы в фацелии рябинколистной, %

Дозы азотных удобрений (фактор В)	Дозы фосфорно-калийных удобрений (фактор А)			Среднее по фактору В
	P ₀ K ₀	P ₃₀ K ₃₀	P ₆₀ K ₆₀	
N ₀	13,61	13,95	14,73	14,10
N ₃₀	14,08	14,47	13,47	14,01
N ₆₀	14,93	15,29	14,19	14,80
N ₉₀	15,36	14,69	15,18	15,08
Среднее по фактору А	14,50	14,60	14,39	
НСР ₀₅				
главных эффектов	фактора А			F _ф < F _т
	фактора В и взаимодействия АВ			0,61
частных различий	I порядка			1,65
	II порядка			1,06

По главным эффектам фактора А нет существенных различий, однако по фактору В наблюдается достоверные изменения. В вариантах с дозой азота 30 кг/га и без азота содержание «сырой» золы находится практически на одном уровне (среднее по фактору В). Повышенные дозы азотных удобрений N₆₀ и N₉₀

достоверно повысили содержание «сырой» золы до 14,80 % и 15,08 % соответственно.

В целом, содержание «сырой» золы довольно высокое на всех вариантах, что не позволяет отнести сено к какому-либо классу. Согласно нормативным требованиям оценки качества и питательности сена, этот показатель для естественных сенокосов не должен превышать 12 % [7].

Согласно данным таблицы 4, содержание «сырой» клетчатки варьирует в пределах от 36,0 до 39,17 %. По главным эффектам фактора А и В нет существенных различий и, соответственно, каких-либо закономерностей не выявлено.

Таблица 4

Влияние удобрений на содержание «сырой» клетчатки в фацелии
рябинколистной, %

Дозы азотных удобрений (фактор В)	Дозы фосфорно-калийных удобрений (фактор А)			Среднее по фактору В
	P ₀ K ₀	P ₃₀ K ₃₀	P ₆₀ K ₆₀	
N ₀	36,00	38,00	38,33	37,44
N ₃₀	36,00	36,50	39,00	37,17
N ₆₀	37,00	37,67	39,17	37,94
N ₉₀	37,17	37,33	39,00	37,83
Среднее по фактору А	36,54	37,37	38,88	
НСР ₀₅				
главных эффектов	фактора А			F _ф < F _т
	фактора В и взаимодействия АВ			F _ф < F _т
частных различий	I порядка			4,30
	II порядка			3,22

Во всех вариантах, как и в случае с зольностью, содержание «сырой» клетчатки превышает нормативы, установленные для сена третьего класса.

Выводы. Наши исследования показали, что фосфорно-калийные удобрения не обеспечили достоверных прибавок урожайности фацелии на почве с высоким содержанием фосфора и калия, поэтому наиболее эффективным является одностороннее внесение азота в дозе 60 кг/га.

Определение качества сена фацелии показало, что азотные удобрения повышают содержание «сырого» протеина и «сырой» золы в растениях. В то же время, несмотря на высокое содержание «сырого» протеина, по комплексу показателей качества полученное сено нельзя отнести даже к третьему классу.

Литература

1. Глухов М.М. Альбом Медоносов. Москва: Министерство сельского хозяйства РСФСР, 1960. 173 с.
2. Дмитриев В.И. Изучение технологии приготовления сенажа и гранулированных кормов из фацелии : специальность 06.02.02 «Ветеринарная микробиология, вирусология, эпизоотология, микология с микотоксикологией и иммунология» : автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата сельскохозяйственных наук / Дмитриев Виктор Иванович. Боровск; Дубровицы, 1982. 24 с.
3. Медоносные растения Костромской области : альбом / составители Н.С. Баранова, Н.Н. Горлова. пос. Караваяево : КГСХА, 2016. 97 с.

4. Ненайденко Г.Н., Сибирякова Т.В. Изменения химсостава и урожайности зеленой массы фацелии под влиянием удобрений // Владимирский земледелец. 2011. № 2. С. 11–12.
5. Ненайденко Г.Н., Окорков В.В. Урожайность, химический состав и расход фацелией основных элементов питания при применении удобрений // Владимирский земледелец. 2013. № 1(63). С. 22–26.
6. Пономарёва Е.Г. Кормовая база пчеловодства и опыление сельскохозяйственных растений. Москва: Колос, 1980. 254с.
7. Сычев В.Г., Лепешкин В.В. Методические указания по оценке качества и питательности кормов: Методические указания; Министерство сельского хозяйства Российской Федерации, Центральный научно-исследовательский институт агрохимического обслуживания сельского хозяйства. Москва : Центральный научно-исследовательский институт агрохимического обслуживания сельского хозяйства, 2002. 76 с.

INFLUENCE OF NITROGEN FERTILIZERS ON PRODUCTIVITY AND FORAGE VALUE OF RIABINKOLIA PHACELIA

Yu.V Ogorodov, V.R. Olekhov

Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education Perm State Technical University, Perm, Russia

Abstract. The article presents the results of a field experiment on the study of the effect of increasing doses of nitrogen fertilizers on the yield of field ash phacelia. Feed quality indicators have been determined and an assessment has been made of the suitability of rowan-leaved phacelia hay for livestock feed.

Keywords: rowan phacelia, nitrogen fertilizers, productivity, crude protein, crude ash, crude fiber.

References

1. Glukhov M.M. Albom Medonosov. Moscow: Ministry of Agriculture of the RSFSR, 1960. 173 p.
2. Dmitriev V.I. Studying the technology of preparing haylage and granulated feed from phacelia: specialty 06.02.02 «Veterinary microbiology, virology, epizootology, mycology with mycotoxicology and immunology» : abstract of the dissertation for the degree of candidate of agricultural sciences / Dmitriev Viktor Ivanovich. Borovsk; Dubrovitsy, 1982. 24 p.
3. Honey plants of the Kostroma region: album / compiled by N.S. Baranova, N.N. Gorlova. pos. Karavaevo: KGSHA, 2016. 97 p
4. Nenaidenko G.N., Sibiryakova T.V. Changes in the chemical composition and productivity of the green mass of phacelia under the influence of fertilizers // Vladimirsky farmer. 2011. No. 2. P. 11–12.
5. Nenaidenko G.N., Okorkov V.V. Yield, chemical composition and consumption of the main nutrients by phacelia when applying fertilizers // Vladimirsky farmer. 2013. No. 1 (63). P. 22–26.
6. Ponomareva E.G. Food base of beekeeping and pollination of agricultural plants. Moscow: Kolos, 1980. 254 p.
7. Sychev V.G., Lepeshkin V.V. Guidelines for assessing the quality and nutritional value of feed: Guidelines; Ministry of Agriculture of the Russian Federation, Central Research Institute of Agrochemical Services for Agriculture. Moscow: Central Research Institute of Agrochemical Services for Agriculture, 2002. 76 p.

**ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ КУРИНОГО ПОМЕТА НА ПЛОДОРОДИЕ
ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ СВЯЗНО-СУПЕСЧАНОЙ ПОЧВЫ И
КАЧЕСТВО ВЫРАЩИВАЕМОЙ ПРОДУКЦИИ ПРИ ДЛИТЕЛЬНОМ ЕГО
ПРИМЕНЕНИИ**

Т.Ф. Персикова, М.В. Царёва

УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия», Горки,
Беларусь

e-mail: persikova52@ Rambler.ru

Аннотация. При длительном использовании куриного помета на дерново-подзолистой связно-супесчаной почве, отмечаются благоприятные физико-химические (S-19,91 М.экв/100 г почвы, V-94,4, %) и физические (dv-1,40, d-2,35 г/см³, Р общ., 42%) свойства пахотного горизонта, высокие запасы продуктивной влаги (912 т/га), очень высокое содержание гумуса (3,76%), близкая к нейтральной реакция почвенного раствора (рН 6,30); высокое содержание подвижного фосфора (341 мг/кг) и повышенное калия (217 мг/кг), высокая обеспеченность медью и избыточная цинком и марганцем. Содержание свинца и кадмия не превышает допустимых уровней. Установлено, что максимальной способностью к накоплению меди характеризуются морковь (Кбн = 1,04–1,08) и картофель (Кбн = 0,82–0,91). Цинк в больших количествах способны накапливать свекла (Кбн = 2,66–2,87) и морковь (Кбн = 1,9). Максимальной способностью накапливать кадмий характеризуются огурцы – Кбн = 0,011–0,013, а свинец – морковь (Кбн = 0,025–0,071) и свекла (Кбн = 0,019–0,064). При наличии в почве значительных избыточных количеств химических элементов именно указанные культуры будут находиться в группе риска загрязнения ими.

Ключевые слова: куриный помёт, почва, плодородие, овощные культуры, качество

Постановка проблемы. Усиление техногенного воздействия на экосистемы приводит к ухудшению экологической ситуации не только на территориях, которые являются центрами развития промышленности или в пределах урбоэкосистем, но и в аграрных регионах с низкой степенью концентрации промышленного производства [3]. Среди многочисленных антропогенных загрязнителей окружающей среды приоритетное значение имеют тяжелые металлы и их соединения, характеризующиеся значительной стабильностью, высокой токсичностью, выраженными кумулятивными свойствами и негативным влиянием на здоровье населения [1]. Одним из источников поступления тяжелых металлов в почву можно считать применение в качестве органического удобрения отходов птицеводческой отрасли – куриного помета, что практикуется не только на землях значительных сельхозпроизводителей и крестьянских (фермерских) хозяйств, но и в частных подворьях граждан.

С целью оценки влияния куриного помета на агрофизические свойства и агрохимические показатели дерново-подзолистой связно-супесчаной почвы взяты два огорода частных подворий, на которых длительное время (более 10 лет) в качестве органического удобрения применяли куриный помёт.

Методы проведения эксперимента. Исследования проводились в Витебском районе, расположенном в северо-восточной части Белоруссии. Для данного региона характерен умеренно-континентальный климат, среднегодовая температура воздуха находится на отметке +5,3 °С, среднегодовые показатели влажности – 78%. Агрофизические свойства и агрохимические показатели почвы, качество продукции, выращиваемой на приусадебных участках, определяли в химико-экологической лаборатории УО БГСХА, кафедре почвоведения по общепринятым методикам.

Описание результатов. Содержание элементов питания в курином помёте при естественной влажности составляет: общего азота - 1,40 %; фосфора - 1,51%, калия - 1,37 кальция - 0,83%, магния - 0,62 %. Содержание Zn - 76,3 мг/кг, Mn - 53,8 мг/кг, Cu - 14,3 мг/кг сухого вещества, т.е. это высококонцентрированное органическое удобрение.

Дерново-подзолистая связно-супесчаная почва при длительном (более 10 лет) применении куриного помёта имеет благоприятные физико-химические (S-19,91 м.экв/100 г почвы, V - 94,4, %) и физические (dv - 1,40, d-2,35 г/см³, Робщ., 42%) свойства пахотного горизонта, а также достаточно высокие запасы продуктивной влаги (912 т/га) (табл. 1, 2).

Таблица 1

Физико-химические и физические свойства пахотного горизонта почв частного подворья

Место	Почва	Масса, т/га	М.экв/100 г почвы			V, %	г/см ³		Робщ, %	Разр, %
			Hг	S	ЕКО		dv	d		
Огород 1	Дерново-подзолистая связно-супесчаная	3020	1,29	19,78	21,07	93,9	1,51	2,43	38,87	15,54
Огород 2	Дерново-подзолистая связно-супесчаная	2960	1,07	20,03	21,10	94,9	1,28	2,26	44,37	18,19

Таблица 2

Общий запас влаги в пахотном горизонте почв частного подворья

Место	Почва	W, %	ПВ, %	ВЗ, %	M, т/га	ОЗВ		ЗТВ		ПЗВ	
						мм	т/га	мм	т/га	мм	т/га
Огород 1	Дерново-подзолистая связно-супесчаная	32,63	54,39	3,94	3020	98,56	985,7	11,92	119,2	86,64	866,5
Огород 2	Дерново-подзолистая связно-супесчаная	36,42	60,70	4,10	2960	107,8	1078,	12,15	121,6	95,64	956,5

Имеет благоприятные агрохимические показатели: очень высокое содержание гумуса (3,76%), близкую к нейтральной реакцию почвенного

раствора (рН 6,30); высокое содержание подвижного фосфора (341 мг/кг) и повышенное калия (217 мг/кг) (табл. 3).

Следует отметить, что агрохимические показатели почвы непосредственно влияют на подвижность тяжелых металлов, а, следовательно, и на их доступность для растений и возможность миграции по трофическим цепям [2].

Таблица 3

Агрохимические показатели пахотного горизонта почв частного подворья

Место отбора образцов	Почва	рН	N, %	мг/кг почвы			Гумус, %	Запасы гумуса, т/га
				P ₂ O ₅	K ₂ O	Mn		
Огород 1	Дерново-подзолистая связно-супесчаная	6,32	0,14	328	215	302,7	3,86	116,86
Огород 2	Дерново-подзолистая связно-супесчаная	6,29	0,11	354	220	311,4	3,72	115,73

Исследуемые почвы, как показали анализы, имеют высокую (более 3 мг/кг) обеспеченность медью и избыточную (более 10 мг/кг) обеспеченность цинком. Содержание подвижной меди достигает уровня 1,1 ПДК. Кроме того, в почве частных подворий содержится избыточное количество марганца, которое достигает 0,6 доли ПДК, составляющей для почв с рН более 6,0 500 мг/кг. Содержание токсичных элементов – свинца и кадмия – в указанных почвах не превышает допустимых уровней: коэффициент опасности содержания свинца составляет 0,6–0,8, кадмия – 0,02–0,03 доли единицы.

Однако, наличие в почве избыточных количеств подвижных форм тяжелых металлов еще не значит, что выращиваемая на ней растениеводческая продукция будет непригодной к потреблению из-за высокого загрязнения. Не всегда на загрязненной почве получают такую продукцию, к тому же различные культуры способны в разной степени накапливать поллютанты [4]. В частности, все исследуемые овощные культуры, выращиваемые в частных подворьях, не смотря на повышенное содержание в почве подвижной меди, не накапливали этот элемент в повышенных количествах. Причиной этого является то, что медь – элемент малоподвижный в почве из-за высокого содержания в ней гумуса (табл. 3) с преобладанием гуминовых кислот с большой молекулярной массой, что способствует образованию нерастворимых комплексов с гумусовыми веществами. Нивелирует токсичность и снижает доступность меди для растений и близкая к нейтральной рН почвенного раствора.

Содержание в овощах таких поллютантов, как свинец и кадмий находилось на уровне, не превышающем 0,1–0,4 ПДК и 0,1–0,2 ПДК соответственно. Установлено также отсутствие загрязнения кадмием томатов, а свинцом – огурцов и картофеля.

Для количественной оценки поступления тяжелых металлов из почвы в растения использовали коэффициент биологического накопления элемента:

$$K_{\text{бн}} = \frac{C_p}{C_n} (1)$$

где C_p – концентрация химического вещества в фитомассе растения, мг/кг; C_n – концентрация химического вещества в почве, мг/кг.

Установлено, что максимальной способностью к накоплению меди характеризуются морковь ($K_{\text{бн}} = 1,04-1,08$) и картофель ($K_{\text{бн}} = 0,82-0,91$). Цинк в больших количествах способны накапливать свекла ($K_{\text{бн}} = 2,66-2,87$) и морковь ($K_{\text{бн}} = 1,9$). Максимальной способностью накапливать кадмий характеризуются огурцы – $K_{\text{бн}} = 0,011-0,013$, а свинец – морковь ($K_{\text{бн}} = 0,025-0,071$) и свекла ($K_{\text{бн}} = 0,019-0,064$). При наличии в почве значительных избыточных количеств химических элементов именно указанные культуры будут находиться в группе риска загрязнения ими

Выводы. При длительном использовании куриного помета на дерново-подзолистой связно-супесчаной почве, отмечаются благоприятные физико-химические (S-19,91 м.экв/100 г почвы, V-94,4 %) и физические ($d_v-1,40$, $d-2,35$ г/см³, Р общ. 42%) свойства пахотного горизонта, высокие запасы продуктивной влаги (912 т/га), очень высокое содержание гумуса (3,76%), близкая к нейтральной реакция почвенного раствора (рН 6,30); высокое содержание подвижного фосфора (341 мг/кг) и повышенное калия (217 мг/кг), высокая обеспеченность медью и избыточная цинком и марганцем. Содержание свинца и кадмия не превышает допустимых уровней. Установлено, что максимальной способностью к накоплению меди характеризуются морковь ($K_{\text{бн}} = 1,04-1,08$) и картофель ($K_{\text{бн}} = 0,82-0,91$). Цинк в больших количествах способны накапливать свекла ($K_{\text{бн}} = 2,66-2,87$) и морковь ($K_{\text{бн}} = 1,9$). Максимальной способностью накапливать кадмий характеризуются огурцы – $K_{\text{бн}} = 0,011-0,013$, а свинец – морковь ($K_{\text{бн}} = 0,025-0,071$) и свекла ($K_{\text{бн}} = 0,019-0,064$). При наличии в почве значительных избыточных количеств химических элементов именно указанные культуры будут находиться в группе риска загрязнения ими.

Литература

1. Агрохимия: Учебник / В.Г. Минеев, В.Г. Сычёв, Г.П. Гамзиков, Т.Ф. Персикова и др.; под ред. В.Г. Минеева. М.: Изд-во ВНИИА им. Д.Н. Прянишникова, 2017. 854с.
2. 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.
3. Дабахов М.В., Титов С.И. Агротехногенное воздействие на почвы крупного птицеводческого хозяйства // Плодородие. 2001. № 3. С. 35 – 45.
4. Подоляк А.Г., Персикова Т.Ф. К вопросу возврата в хозяйственное использование земель, выведенных из оборота по радиационному фактору // Плодородие почв – основа продовольственной безопасности государства: Материалы VI съезда Белорусского общества почвоведов и агрохимиков, Минск, 21 июля 2022г. / Институт почвоведения и агрохимии, Белорусское общество почвоведов и агрохимиков; редкол.: Ю.К. Шашко [и др.]. Минск: Институт системных исследований в АПК НАН Беларуси, 2022. С. 236-241.

**ASSESSMENT OF THE EFFECT OF CHICKEN MANURE ON THE FERTILITY OF SOD-
PODZOLIC COHESIVE-SANDY LOAM SOIL AND THE QUALITY OF GROWN PRODUCTS
WITH ITS LONG-TERM USE.**

T.F. Persikova, M.V. Tsareva

EE "Belarusian State Agricultural Academy" Gorki, Belarus

Abstract. With prolonged use of chicken manure on sod-podzolic cohesive-sandy loam soil, favorable physicochemical (S-19.91 Meq/100 g of soil, V-94.4%) and physical (dv-1.40, d-2.35 g/cm³, P total, 42%) properties of the arable horizon, high reserves of productive moisture (912 t/ha), very high humus content (3.76%), close to neutral reaction of the soil solution (pH 6.30); high content of mobile phosphorus (341 mg/kg) and high potassium (217 mg/kg), high availability of copper and excess zinc and manganese. The content of lead and cadmium does not exceed permissible levels. It has been established that carrots (Kbn = 1.04–1.08) and potatoes (Kbn = 0.82–0.91) are characterized by the maximum ability to accumulate copper. Zinc in large quantities can accumulate beets (Kbn = 2.66–2.87) and carrots (Kbn = 1.9). The maximum ability to accumulate cadmium is characterized by cucumbers - Kbn = 0.011–0.013, and lead – carrots (Kbn = 0.025–0.071) and beets (Kbn = 0.019–0.064). If there are significant excess amounts of chemical elements in the soil, it is these crops that will be at risk of contamination with them.

Keywords: chicken manure, soil, fertility, vegetable crops, quality.

References

1. Agrochemistry: Textbook / V.G. Mineev, V.G. Sychev, G.P. Gamzikov, T.F. Persikova and others; under the editorship of V.G. Mineev. Moscow: VNIIA im. D.N. Pryanishnikova, 2017. 854 p.
2. Golovaty S. E., Baranovsky V.S., Savchenko S.V. Ecological and geochemical assessment of lands in the zone of influence of poultry complexes // Ecological Bulletin. 2015. No. 4 (34). P. 90-95.
3. Dabakhov M.V., Titov S.I. Agrotechnogenic impact on the soils of a large poultry farm // Fertility. 2001. No. 3. P. 35 – 45.
4. Podolyak A.G., Persikova T.F. On the issue of returning to the economic use of lands withdrawn from circulation due to the radiological factor // Soil fertility - the basis of the food security of the state: Materials of the VI Congress of the Belarusian Society of Soil Scientists and Agrochemists, Minsk, July 21, 2022. / Institute of Soil Science and Agrochemistry, Belarusian Society of Soil Scientists and Agrochemists; editorial board: Yu.K. Shashko [and others]. Minsk: Institute for System Research in the Agroindustrial Complex of the National Academy of Sciences of Belarus, 2022. P. 236-241.

УДК 631.42

**МОРФОЛОГИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ МИКРОПЛАСТИКА
В АГРОПОЧВАХ ТАЕЖНО-ЛЕСНОЙ И СТЕПНОЙ ЗОНЫ
ЗАПАДНОЙ СИБИРИ**

К.В. Ручкина, О.Э. Мерзляков

НИ Томский государственный университет, Томск, Россия

e-mail: Ruchkinakristina99@mail.ru

Аннотация. Представлены результаты микроскопического определения морфологических характеристик микропластика (МП) в агропочвах таежно-лесной и степной зоны Западной Сибири. По результатам исследования установлено, что наибольшее количество микропластика во всех образцах агропочв представлено в форме волокон прозрачной окраски разных размеров.

Ключевые слова: агропочвы, микропластик, окраска, форма, размер.

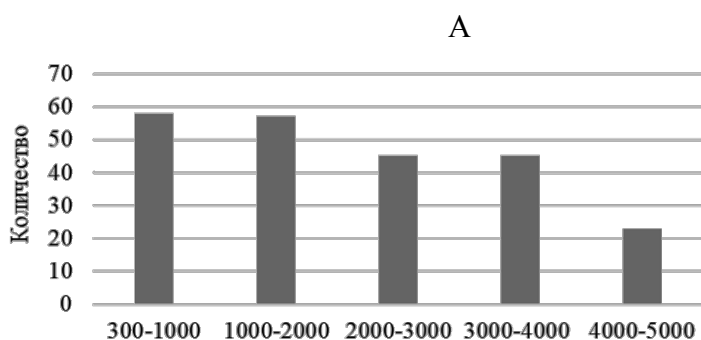
Загрязнение микропластиком в настоящее время является одной из самых больших проблем и угроз для окружающей среды. Морфологические характеристики (размер, форма и окраска) МП определяют его судьбу в окружающей среде, а также способы воздействия на почву и биоту.

Объектами исследования были выбраны агросерые и агротемно-серые лесные почвы таежно-лесной зоны, а также южные и обыкновенные агрочерноземы степи. Всего было отобрано 30 образцов: 10 в таежно-лесной и 20 в степной зоне.

Отбор образцов проводился на глубину 0-10 см в пределах пахотного горизонта. Каждый образец был собран из 5 дискретных участков одной и той же зоны, методом отбора проб на трансекте [2], далее объединялся и гомогенизировался в единую пробу. Все образцы были перенесены в чистые и маркированные стеклянные контейнеры с крышками (без пластика) для транспортировки и хранения. Перед началом исследования образцы агропочв естественным образом высушивались на воздухе. Далее проводилась детекция МП адаптированным методом для образцов агропочв [1].

С помощью микроскопического метода, совмещенного с тестом горячей иглой, были определены форма, размер и окраска МП в исследуемых пахотных горизонтах. Использование теста горячей иглой позволяет быстро разделить органические и пластиковые частицы. Этот метод основан на термопластических свойствах пластиковых частиц. Частицы пластика плавятся, а органический материал сгорает в пепел. Сочетание микроскопического метода с тестом горячей иглой способствует наиболее точному определению количества, формы и распределения частиц МП по размерам.

По результатам исследования установлено, что в степной зоне по преобладающей окраске количество МП распределено в следующем порядке: прозрачная (77,63%), белая (16,22%) и черная (3,07 %), редко встречалась желтая (1,32%) и синяя (1,32%). Наибольшее количество МП по размеру представлено в диапазонах 300-1000 мкм (25,44 %) и 1000-2000 мкм (25,00%), наименьшее 4000-5000 мкм (10,09%). В данной зоне МП представлен в трех формах: волокна (82,89%), пленки (11,40%) и фрагменты (5,70%) (рис. 1).



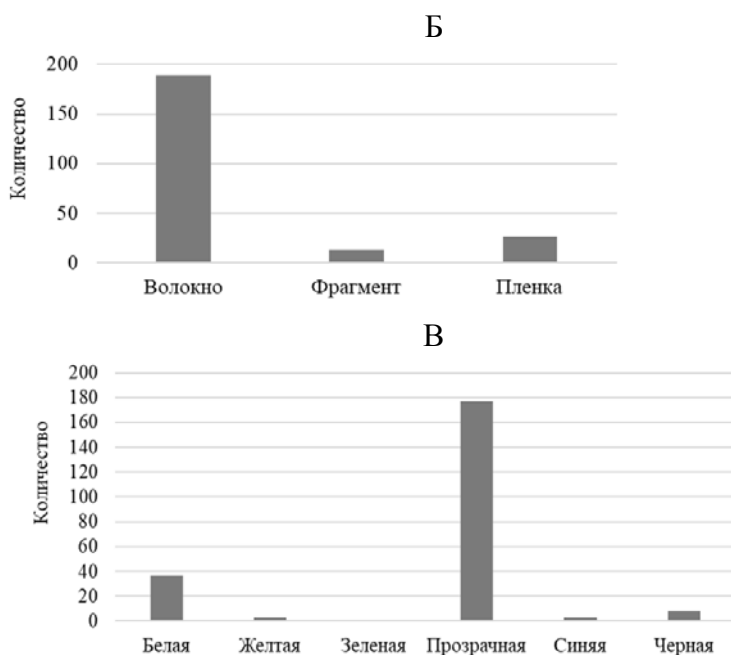
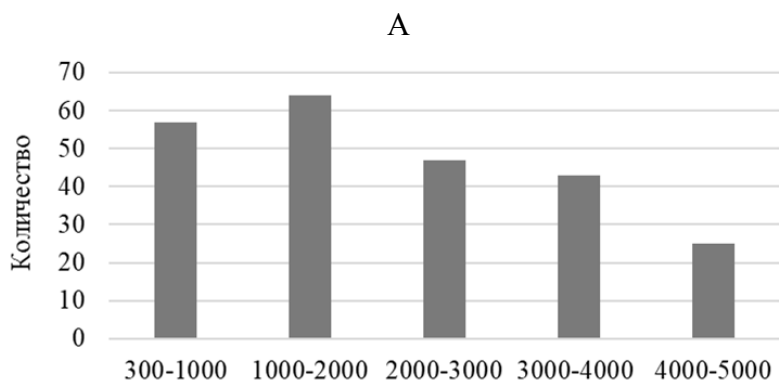


Рисунок 1. Распределение количества микропластика в агропочвах степной зоны: А) по размеру, мкм; Б) по форме; В) по окраске

В таёжно-лесной зоне в отличие от степной встречается микропластик розовой окраски, однако также преобладает прозрачная (82,63%), белая (7,63%), на третьем месте в данной зоне желтая (4,66%), потом идет черная (3,39%), меньше всего встречается розовая (0,85%), синяя (0,42%) и зеленая (0,42%). По размеру преобладает диапазон 1000-2000 мкм (27,19%), на втором месте 300-1000 мкм (24,15 %) (рис. 2). Далее распределение по размеру совпадает с распределением в степной зоне. Волокна являются преобладающей формой (91,53%), встречаются пленки (5,08%) и фрагменты (3,39%), что также полностью повторяет ситуацию в агропочвах степной зоны.



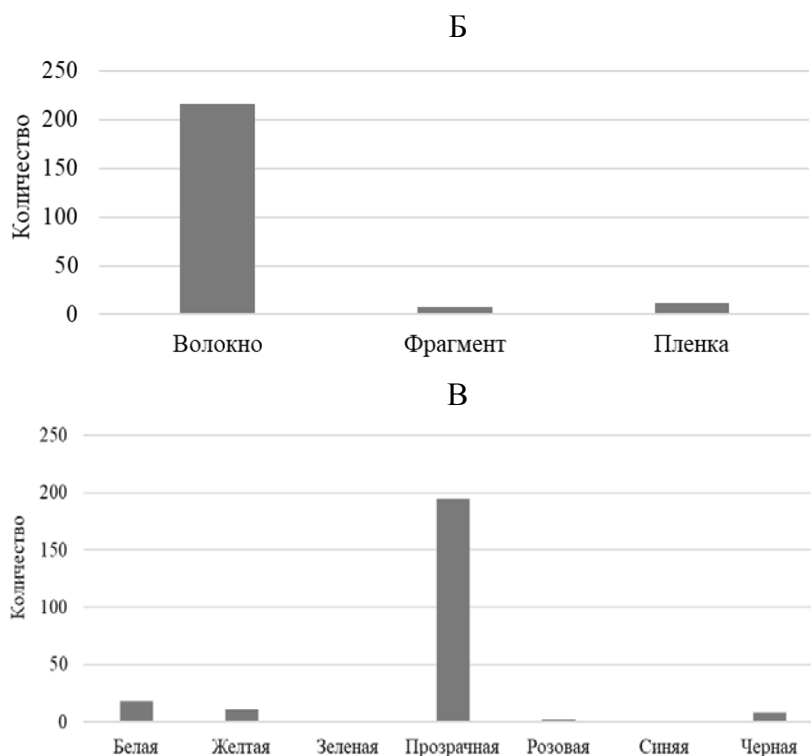


Рисунок 2. Распределение количества микропластика в агропочвах таежно-лесной зоны: А) по размеру, мкм; Б) по форме; В) по окраске

В итоге наиболее распространёнными частицами микропластика во всех образцах агропочв двух природно-климатических зон были волокна (87,28%) прозрачной окраски (80,17%) разного размера, что подтверждает результаты других исследований, что волокна являются наиболее распространёнными формами микропластика, встречающимися в окружающей среде.

В статье использованы результаты, полученные в ходе выполнения проекта в рамках проекта ТГУ Приоритет 2030 спец. часть S4 №2.2.5.22 ОНГ.

Литература

1. Мерзляков О.Э., Ручкина К.В. Микропластик в почвах: разработка методик детекции на примере агропочв Западной Сибири // Материалы I Всероссийской конференции с международным участием по загрязнению окружающей среды микропластиком "MicroPlasticsEnvironment-2022" (МРЕ-2022), 02-06 августа 2022 г., п. Шира, Хакасия. Томск: Изд-во Том. ун-та, 2022. С. 91–94.
2. Сапрыкин А. И. Самойлов П. П. Микро- и нанопластики в окружающей среде (Аналитика, источники, распределение и проблемы экологии) = Micro- and nanoplastics in the environment (Analytics, sources, distribution and environmental issues): аналит. обзор / Федер. гос. бюджет. учреждение науки Гос. публич. науч.-техн. б-ка Сиб. отд-ния Рос. акад. наук. Новосибирск : ГПНТБ СО РАН, 2021. Сер. Экология. Вып. 110. 115 с.

MORPHOLOGICAL CHARACTERISTICS OF MICROPLASTICS IN AGROSOILS OF THE TAIGA-FOREST AND STEPPE ZONES OF WESTERN SIBERIA

K.V. Ruchkina, O.E. Merzlyakov
National Research Tomsk State University, Tomsk, Russia

Abstract. The results of microscopic determination of the morphological characteristics of microplastics (MP) in agrosols of the taiga-forest and steppe zones of Western Siberia are presented. According to the results of the study, it was found that the largest amount of microplastics in all samples of agricultural soils is presented in the form of fibers of a transparent color of different sizes.

Keywords: agricultural soils, microplastics, coloring, shape, size.

References

1. Merzlyakov O.E., Ruchkina K.V. Microplastics in soils: development of detection methods using the example of agricultural soils in Western Siberia // Proceedings of the I All-Russian Conference with international participation on environmental pollution with microplastics "MicroPlasticsEnvironment-2022" (MPE-2022), August 02-06, 2022, Shira village, Khakassia . Tomsk: Publishing House Vol. un-ta, 2022. P. 91–94.
2. Saprykin A. I. Samoilov P. P. Micro- and nanoplastics in the environment (Analytics, sources, distribution and environmental issues): analyt. review / Feder. state budget. institution of science State. public sci.-tech. b-ka Sib. Department of Ros. acad. Sciences. Novosibirsk: State Public Scientific and Technical Library of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, 2021. Ser. Ecology. Issue 110. 115 p.

УДК 631.4

ИНДИКАТОРЫ ЭКОЛОГО-БИОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ НЕФТЕЗАГРЯЗНЕННОЙ ПОЧВЫ

Р.В. Сапцын, О.З. Еремченко

ФГБОУ ВО Пермский ГНИУ, Пермь, Россия

e-mail: ruslansaptsyn@gmail.com

Аннотация. Проведен полевой опыт с загрязнением дерново-подзолистой почвы нефтью. Прослежено содержание нефтепродуктов, pH и количество подвижных соединений фосфора и калия, каталазная и уреазная активность, ответная реакция кресс-салата; рассчитан интегральный эколого-биологический показатель почвы.

Ключевые слова: дерново-подзолистая почва, нефтезагрязнение, ремедиация, интегральная оценка.

С конца XX в. исследователи связывают качество почвы с ее способностью выполнять экологические функции. Одной из острых экологических проблем стало загрязнение почв нефтью, которое изменяет растительность, животный мир и общее состояние почвы. При оценке состояния загрязненных почв в первую очередь рекомендуют учитывать параметры, максимально отражающие воспроизводство среды жизнеобеспечения [1, 2].

Цель исследований – применение эколого-биологических показателей для оценки эффективности ремедиации нефтезагрязненной дерново-подзолистой почвы в подзоне южной тайги.

Для эксперимента использовали пробы из верхней части дерново-подзолистой почвы мощностью около 15 см, которые загрязняли сырой нефтью из расчета 1% и 3% от воздушно-сухого веса почвы. Известкование провели по величине гидролитической кислотности почвы. В почву согласно инструкции производителя внесли биопрепараты: биопрепарат №1 – комплексный препарат,

обладающий свойствами регулятора роста, фунгицида, удобрения, рекомендованный для ремедиации нефтезагрязненных почв; биопрепарат №2 – микробиологический препарат, содержащий активные штаммы углеводородокисляющих бактерий. Схема эксперимента: 1) контроль, 2) нефть 1%, 3) нефть 3%, 4) известь + нефть 1%, 5) известь + нефть 3%, 6) нефть 1% + биопрепарат №1, 7) нефть 3% + биопрепарат №1, 8) нефть 1% + биопрепарат №2, 9) нефть 3% + биопрепарат №2.

Образцы почвы весом 5 кг перемешали с известью и нефтью, поместили в сосуды с отверстиями для оттока избыточного количества дождевой воды, полили биопрепаратами. Сосуды прикопали на открытом воздухе. В течение летних месяцев почву несколько раз рыхлили. В начале сентября из каждого сосуда извлекли половину почвы, вторую половину оставили для последующих наблюдений.

Через три летних месяца в вариантах с 1%-м загрязнением в почве осталось около 0,5% нефтепродуктов, а при 3%-м загрязнении – около 1% нефтепродуктов. Деградацию нефти в почве связывают с активностью почвенных углеводородокисляющих микроорганизмов [3]. Применение биопрепарата №2, содержащего активные штаммы углеводородокисляющих бактерий, способствовало снижению содержания остаточной нефти в варианте с 1%-м загрязнением.

В нефтезагрязненных вариантах опыта отмечали тенденцию к некоторому подкислению почвы, возможно, это обусловлено тем, что при окислении углеводов в почве образуются органические кислоты [4]. На фоне известкования в нефтезагрязненной почве сформировалась нейтральная реакция среды. Применение биопрепаратов при 1%-м и 3%-м нефтезагрязнении способствовало относительно пониженной кислотности почвы, по сравнению с почвой в вариантах без биопрепаратов.

Все нефтезагрязненные варианты опыта отличались от контроля повышенным количеством подвижных фосфатов в почве, их количество особенно увеличилось в вариантах с 3%-м загрязнением на фоне известкования и применения биопрепарата №1. Повышение содержания подвижных фосфатов также наблюдали в дерново-карбонатной нефтезагрязненной почве [3], возможно, подвижные фосфаты появлялись в результате разложения органических соединений нефти.

Одновременно в некоторых нефтезагрязненных вариантах опыта отмечена тенденция к снижению содержания подвижного калия в почве. Отрицательное влияние возрастающих доз нефтепродуктов на содержание обменных форм калия выявлено в черноземе, при нефтезагрязнении 3 г/кг почвы наблюдали наибольшее снижение – на 30% по сравнению с контролем. Возможно, уменьшение количества питательных форм калия в нефтезагрязненной почве связано с поглощением углеводородокисляющими микроорганизмами.

В подзолистой почве активность каталазы заметно подавлялась при загрязнении нефтью. В нашем эксперименте в вариантах опыта с 1%-м и 3%-м нефтезагрязнением по активности каталазы в почве, в том числе, известкованной, не установлено значимых различий с контролем. По С.И. Колесникову с соавторами [5] степень снижения каталазной активности зависит от содержания в почве нефти и генетических свойств почвы. Однако нефтезагрязненные варианты опыта с применением биопрепаратов характеризовались пониженной каталазной активностью почвы, по сравнению с соответствующими вариантами без применения биопрепаратов. Отмеченное снижение каталазной активности почвы в вариантах с биопрепаратами, вероятно, связано с тем, что индукция ферментов микробиотой может блокироваться появлением токсичных продуктов полураспада нефти [6].

По активности уреазы в почве большинство нефтезагрязненных вариантов опыта не имели значимых различий с контролем. Однако, в двух вариантах опыта с 3%-м нефтезагрязнением активность уреазы была заметно повышенной, именно в этих вариантах опыта наблюдали накопление подвижных фосфатов в почве.

Остаточные нефтепродукты в почве отрицательно повлияли на морфометрические показатели кресс-салата. Длина надземной части тест-культуры на нефтезагрязненных почвах была заметно ниже, чем в контрольном варианте: в варианте с 1%-м загрязнением – на 20%, в варианте с 3%-м загрязнением – на 37%. Известкование почвы положительно повлияло на состояние растений, в варианте с 1%-м нефтезагрязнением длина растений не отличалась от контрольных значений. Положительное воздействие биопрепарата №1 на длину растений прослежено в варианте с 1%-м загрязнением. На фоне применения микробиологического биопрепарата №2 длина растений увеличилась на 10%, по сравнению с растениями в загрязненных вариантах опыта.

Масса надземной части кресс-салата относительно повышена при выращивании на известкованной нефтезагрязненной почве. Положительное влияние биопрепаратов было небольшим, прибавки массы кресс-салата не всегда были значимыми относительно растений на нефтезагрязненной почве без применения биопрепаратов.

В растениях на нефтезагрязненной почве содержание белка было ниже, чем в контрольных растениях, особенно, в вариантах с 3%-м нефтезагрязнением. Нефтяное загрязнение почвы также сопровождалось снижением содержания белка в растениях *Medicago sativa* L. [7]. Ранее в лабораторном эксперименте с загрязнением дерново-подзолистой почвы мы наблюдали снижение содержания белков в кресс-салате пропорционально увеличению дозы нефти [8]. На фоне известкования нефтезагрязненной почвы наблюдали накопление белков в кресс-салате, по сравнению с растениями на немелиорированной почве с соответствующим уровнем загрязнения.

В вариантах с известкованной почвой не отмечали усиления редокс-активности в листьях кресс-салата. Вероятно, благодаря обеспеченности ионами

Ca^{2+} растения испытывали меньший стресс, что подтверждают и данные по накоплению белков.

Для общей оценки эффективности восстановления нефтезагрязненной почвы был использован метод математической оптимизации. Из выборки показателей оптимальных свойств почвы ($x_1, x_2, x_3, x_4, \dots, x_n$) выбран экстремум – минимальное (x_{\min}) или максимальное (x_{\max}) значение. Для содержания остаточных нефтепродуктов в качестве наилучшего был выбран уровень их содержания в незагрязненной почве. Для показателей длины, массы тест-культуры, содержания в ней белков, величины рН, подвижных фосфатов и калия использованы максимальные значения, полученные в вариантах опыта. В качестве экстремума для редокс-активности растительных экстрактов был взят минимальный показатель, полученный в эксперименте. Относительно экстремума рассчитали нормированные значения показателей: $x_k = x_{\min} / x_n$, или $x_k = x_n / x_{\max}$. Путем сложения нормированного значения показателей получили критерий оптимизации в каждом варианте опыта.

Расчет интегрального эколого-биологического показателя почвы провели следующим образом: значение критерия оптимизации в контрольном варианте опыта приняли за 100%, относительно этого рассчитали интегральные показатели в остальных вариантах опыта. По величине интегрального эколого-биологического показателя почвы варианты с 1%-м нефтезагрязнением выстроились в следующую последовательность: контроль / **100%** > известь + нефть 1% / **91%** > известь + нефть 1% + биопрепарат №2 / **88%** > нефть 1% / **86%** = нефть 1% + биопрепарат №1 / **86%**. Интегральные эколого-биологические показатели почвы в вариантах опыта с 3%-м нефтезагрязнением образовали такую последовательность: контроль / **100%** > известь + нефть 3% / **99%** > нефть 3% + биопрепарат №1 / **81%** > нефть 3% / **78%** > нефть 3% + биопрепарат №2 / **72%**.

Литература

1. Колесников С. И., Азнаурьян Д. К., Казеев К. Ш., Вальков В. Ф. Устойчивость биологических свойств почв юга России к нефтяному загрязнению // Экология. 2010. № 5. С. 357-364.
2. Лаптева Е.М., Виноградова Ю.А., Кудрин А.А. Биологическая активность почв: методы оценки и проблемы интерпретации результатов // Вестник института биологии Коми научного центра Уральского отделения РАН. 2011. №12. С. 37-40.
3. Баландина А.В., Еремченко О.З. Микробная ремедиация нефтезагрязненных агродерново-карбонатных почв и техногенных поверхностных образований в подзоне южной тайги. Пермь, 2016. 100 с.
4. Киреева Н.А., Новоселова Е.И., Хазиев Ф.Х. Активность карбогидраз в нефтезагрязненных почвах // Почвоведение. 1998. № 12. С. 1444-1448
5. Колесников С. И., Азнаурьян Д. К., Казеев К. Ш., Вальков В. Ф. Устойчивость биологических свойств почв юга России к нефтяному загрязнению // Экология. 2010. № 5. С. 357-364.
6. Киреева Н.А., Новоселова Е.И., Хазиев Ф.Х. Активность карбогидраз в нефтезагрязненных почвах // Почвоведение. 1998. № 12. С. 1444-1448/
7. Сотникова Ю.М., Григориади А.С., Фархутдинов Р.Г. Изменение содержания белка у растений люцерны посевной *Medicago sativa* L. под влиянием загрязнения почвы нефтью и рекультивации с применением препарата «Елена» // Биомика. 2020. Т.12(3). С. 324-328.

8. Сапцын Р.В., Чудинова Н.В., Еремченко О.З., Баландина А.В. Влияние нефтезагрязнения на активность редокс-процессов, содержание белков и развитие кресс-салата [Электрон. ресурс] // Сб. статей XXIII Международной конференции ученых – биологов «Симбиоз – Россия 2022». Пермь, 2022. Режим доступа: <http://www.psu.ru/files/docs/science/books/sborniki/Simbioz-Russia-2022.pdf>.

INDICATORS OF THE ECOLOGICAL AND BIOLOGICAL STATE OF OIL-CONTAMINATED SOLS

Saptsyn R.V., Eremchenko O.Z.

Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education “Perm State National Research University”, Perm, Russia

Abstract. A field experiment was carried out with the contamination of soddy-podzolic soil (umbric albeluvisols) with oil. The content of oil products, pH and the amount of mobile compounds of phosphorus and potassium, catalase and urease activity, watercress response were monitored; the integral ecological and biological indicator of the soil was calculated.

Keywords: soddy-podzolic soil (umbric albeluvisols), oil pollution, remediation, integral assessment.

References

1. Kolesnikov S.I., Aznaur'yan D.K., Kazeev K.Sh., Val'kov V.F. Resistance of the biological properties of soils in the south of Russia to oil pollution // Ecology. 2010. No. 5. P. 357-364.
2. Lapteva E.M., Vinogradova Yu.A., Kudrin A.A. Biological activity of soils: assessment methods and problems of interpretation of the results // Bulletin of the Institute of Biology of the Komi Scientific Center of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences. 2011. No. 12. P. 37-40.
3. Balandina A.V., Eremchenko O.Z. Microbial remediation of oil-contaminated agro-soddy-calcareous soils and technogenic surface formations in the southern taiga subzone. Perm, 2016. 100. p.
4. Kireeva N.A., Novoselova E.I., Khaziev F.Kh. Activity of carbohydrases in oil-contaminated soils // Eurasian Soil Sci. 1998. No. 12. P. 1444-1448
5. S. I. Kolesnikov, D. K. Aznaur'yan, K. Sh. Kazeev, and V. F. Val'kov, “Resistance of the biological properties of soils in the south of Russia to oil pollution,” Ecology. 2010. No. 5. S. 357-364.
6. Kireeva N.A., Novoselova E.I., Khaziev F.Kh. Activity of carbohydrases in oil-contaminated soils // Eurasian Soil Sci. 1998. No. 12. P. 1444-1448 /
7. Sotnikova Yu.M., Grigoriadi A.S., Farkhutdinov R.G. Changes in protein content in plants of alfalfa *Medicago sativa* L. under the influence of soil pollution with oil and reclamation with the use of the drug "Elena" // Biomika. 2020. V.12(3). P. 324-328.
8. Saptsyn R.V., Chudinova N.V., Eremchenko O.Z., Balandina A.V. The effect of oil pollution on the activity of redox processes, protein content and watercress development [Electron. resource] // Sat. articles of the XXIII International Conference of Biologists "Symbiosis - Russia 2022". Perm, 2022. Access mode: <http://www.psu.ru/files/docs/science/books/sborniki/Simbioz-Russia-2022.pdf>.

УДК 628.544:006.354

ПРОБЛЕМА УТИЛИЗАЦИИ ОТХОДОВ ПРОИЗВОДСТВА И ПРИМЕНЕНИЯ

С.А. Семакова, М.В. Клементьева

ФГБОУ ВО Пермский ГАТУ, Пермь, Россия

e-mail: [lana.54@mail.ru](mailto: lana.54@mail.ru)

Аннотация. В статье рассматривается самая главная экологическая проблема – загрязнение природы пищевыми отходами. Поэтому возможность применения квасного остатка, полученного в процессе производства бездрожжевого кваса для дальнейшего использования в сельском хозяйстве является актуальной.

Ключевые слова: экология, пищевые отходы, квасной остаток, класс опасности, химический состав.

В современном мире экологические проблемы по своей общественной значимости вышли на одно из первых мест, оттеснив даже опасные ядерные войны. Бурное развитие хозяйственной деятельности людей привело к интенсивному, часто разрушительному воздействию на окружающую среду. Влияние человека на природу происходит как путем преобразования сложившихся в течение тысячелетий естественных систем, так и в результате загрязнения почв, вод, воздуха. Это влечет за собой резкое ухудшение состояния природы, часто с необратимыми последствиями. Поэтому самая главная экологическая проблема – загрязнение природы пищевыми отходами [2].

Одним из важных направлений современной биотехнологии является эффективное использование возобновляемых источников сырья, целлюлозосодержащих отходов сельского хозяйства и пищевой промышленности для получения ценных продуктов и решения экологических проблем [1].

Отходами пищевой промышленности являются легкоусваиваемые, высококалорийные и высокобелковые компоненты (побочные продукты переработки сырья предприятий пищевой и легкой промышленности). Такие отходы широко используются, включая отходы от производства муки и круп.

Пищевые отходы можно разделить на отходы до потребления, производственные отходы и отходы после потребления. Производственные или промышленные отходы обычно определяются как органические остатки от процессов сортировки и очистки (неизбежные пищевые отходы), в основном представлены в виде отходов растительного происхождения, такими как кожура фруктов и овощей или жмыха; зерновые и крупяные отруби; отходы животного происхождения [3].

Согласно договору о совместном сотрудничестве с ПКФ «Благодать» нами рассматривается возможность дальнейшего использования квасного остатка в сельском хозяйстве. Производственно-коммерческая фирма «Благодать» – это предприятие, которое с 2010 года производит натуральные продукты. При производстве кваса ежедневно на предприятии образуется 3 т отхода (в зависимости от сезона), что создает определенные проблемы по утилизации данного продукта с привлечением финансовых затрат - 3 000 000 руб. в год. Поэтому возможность использования данного отхода в сельском хозяйстве делает исследование актуальным.

Нами изучен и представлен в таблице 1 химический состав квасного осадка, в таблице 2 представлен аминокислотный состав.

Таблица 1

Химический состав квасного осадка

Сырой протеин, %	Перевариваемый протеин, г	Органическое вещество, %	Сырая клетчатка, %	Сахар, %	Элементный состав, %			
					N	P	K	Ca
3,49	25,48	99,8±0,09	0,61	0,97	0,78±0,07	0,06±0,01	0,91±0,01	0,18

По данным таблицы видно, что в квасном остатке содержится много органического вещества (99,8%), а также азота (0,78%), фосфора (0,06%), калия (0,91%) и кальция (0,18%), а также богатый аминокислотный состав.

Таблица 2

Аминокислотный состав

Название аминокислоты	В исходной пробе	В пересчете на сухое вещество
	%	%
Глутаминовая кислота	0,98	5,0
Аргинин	0,13	0,65
Изолейцин	0,11	0,56
Лейцин	0,19	0,95
Сумма цистеина и цистина	0,058	0,30

Микробиологическое исследование квасного остатка показали, что продукт не содержит грибной микрофлоры.

В соответствии с критериями, установленными федеральным органом исполнительной власти, осуществляющим государственное регулирование в области охраны окружающей среды, отходы классифицируются по пяти классам опасности в зависимости от степени их негативного воздействия на окружающую среду:

I класс – чрезвычайно опасные отходы – экологическая система необратимо нарушена, период восстановления ее отсутствует;

II класс – высокоопасные отходы – экологическая система сильно нарушена, период восстановления составляет не менее 30 лет после полного устранения источника вредного воздействия;

III класс – умеренно опасные отходы – экологическая система нарушена, период восстановления не менее 10 лет после снижения вредного воздействия от существующего источника;

IV класс – малоопасные отходы – экологическая система нарушена, период самовосстановления составляет не менее 3 лет;

V класс – практически неопасные отходы – экологическая система практически не нарушена [4].

Наш отход согласно Приказа Минприроды России от 08.12.2020 № 1027 "Об утверждении порядка подтверждения отнесения отходов I – V классов опасности к конкретному классу опасности" (Зарегистрировано в Минюсте России 25.12.2020 № 61833) относится к IV классу опасности для окружающей

среды, но не содержит токсичные вещества или патогенные микроорганизмы. Сам квас относится к V классу, т.е. неопасен.

Для суспензии отхода определялось рН потенциометрическим методом (ГОСТ 26483-85) и общая минерализация (кондуктометрическим методом на приборе Анион 4100). Отход является сильно кислым (рН варьирует от 2,10-4,21).

Для оценки влияния внесенного в почву отхода на основании ГОСТ Р ИСО 220030-2009 «Качество почвы. Биологические методы. Хроническая фитотоксичность в отношении высших растений» было проведено фитотестирование, где в качестве тест-объекта был выбран вид семян, используемых в сельском хозяйстве, а именно сорт озимой ржи Фаленская 4.

В ходе тестирования планировалось измерить параметры прорастания, роста и размножения наземных растений. Сравнить ответные реакции растений в исследуемой почве и/или серии разбавлений с контрольной почвой.

Семена озимой ржи сорта Фаленская 4 были посажены в вегетационные сосуды с почвенной смесью, перемешанной высушенным отходом и с нейтрализованным отходом, а также в контрольные вегетационные сосуды со стандартной почвой. Было внесено по 15 семян в каждый вариант эксперимента.

Первый опыт по фитотестированию озимой ржи был заложен в 5 вариантах:

1. Контроль 1 (почва);
2. Контроль 2 (отход);
3. Почва + 10% отхода (280 т/га);
4. Почва + 20% отхода (579 т/га);
5. Почва + 30% отхода (860 т/га).

В ходе опыта выяснилось, что взятые концентрации отхода слишком высокие, по этой причине проведен перерасчет, который будет использоваться в дальнейших исследованиях.

Выводы. Биотестированием отхода с помощью *Scenedesmus quadricauda* и *Daphnia magna* подтвержден IV класс опасности.

Выявлено ингибирующее воздействие водной вытяжки (1:1-1:10) на проростки сельскохозяйственных культур. Сверхвысокие дозы отхода от 6 до 9 г на 30 г (570-860 т/га) почвы без предварительной нейтрализации обуславливают ее фитотоксичность, а внесение небольших доз – 0,7-3,5 г на 100 г (20-100 т/га) не оказывает негативного воздействия на проростки зерновых культур.

Таким образом, использование остатка в сельском хозяйстве нами рассматривается как возможность вторичной переработки пищевых отходов. По результатам проведенных исследований была обоснована перспектива использования кислого остатка в качестве удобрения, что замкнет цикл сырьепроduct-отход. На примере большого количества съедобных продуктов, от которых отказываются производители, мы решаем проблему улучшения состояния окружающей среды и проблему продовольственной безопасности.

Литература

1. Башашкина Е.В. Комплексная переработка кофейного шлама с получением белково-углеводной кормовой добавки и «сырого» экстракта кофейного масла: Автореф... дис. М.: 2011. 23 с.
2. Бродский А.К. Общая экология: Учебник для студентов вузов. М.: Изд. Центр «Академия», 2006. 13 с.
3. Клементьева М.В., Семакова С.А., Мудрых Н.М. Преимущество квасного остатка // Форум молодых ученых. 2019. № 9(37). С. 175-177. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/preimuschestva-kvasnogo-ostatka/viewer> (дата обращения 07.07.2023)
4. Обоснование класса опасности отходов производства и потребления по фитотоксичности: Методические рекомендации. М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2008. 15 с.

THE PROBLEM OF PRODUCTION AND APPLICATION WASTE UTILIZATION

S.A. Semakova, M.V. Klementieva

Perm State Technical University, Perm, Russia

Abstract. The article deals with the most important environmental problem - pollution of nature with food waste. Therefore, the possibility of using kvass residue obtained during the production of yeast-free kvass for further use in agriculture is relevant.

Keywords: ecology, food waste, kvass residue, hazard class, chemical composition.

References

1. Bashashkina E.V. Complex processing of coffee sludge with the production of a protein-carbohydrate feed additive and a "crude" extract of coffee oil: Abstract of the thesis. M.: 2011. 23 p.
2. Brodsky A.K. General ecology: A textbook for university students. M.: Ed. Center "Academy", 2006. 13 p.
3. Klement'eva M.V., Semakova S.A., Mudrykh N.M. The advantage of kvass residue // Forum of young scientists. 2019. No. 9(37). pp. 175-177. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/preimuschestva-kvasnogo-ostatka/viewer> (accessed 07.07.2023)
4. Substantiation of the hazard class of production and consumption wastes in terms of phytotoxicity: Guidelines. M.: Federal Center for Hygiene and Epidemiology of Rospotrebnadzor, 2008. 15 p.

УДК: 574.42

ВЛИЯНИЕ HERACLEUM SOSNOWSKI MANDEN. НА СВОЙСТВА ПОЧВ И ИХ ДИНАМИКУ В ПОСТАГРОГЕННЫХ ЭКОСИСТЕМАХ СРЕДНЕЙ ТАЙГИ (на примере Республики Коми)

Ю.А. Смотрина^{1,2}, Е.М. Лаптева¹, И.В. Далькэ^{1,2}, И.Г. Захожий¹

¹Институт биологии ФИЦ Коми НЦ УрО РАН, Сыктывкар, Россия

²ФГБОУ ВО Сыктывкарский государственный университет имени Питирима Сорокина, Сыктывкар, Россия

e-mail: smotrina-juliya@yandex.ru

Аннотация. Представлены результаты изучения динамики некоторых агрохимических показателей в постагрогенных почвах средней тайги на этапе из зарастания различными типами растительности – мелколиственный лес, злаково-разнотравный луг, маловидовое сообщество *H. sosnowskyi*. Установлено значительное сезонное варьирование таких параметров, как содержание

подвижных форм калия и фосфора, нитратного и аммонийного азота. Показана роль *H. sosnowskyi* в сохранении высокого уровня их обеспеченности биофильными элементами и стабилизации параметров кислотности.

Ключевые слова: постагрогенные экосистемы, плодородие почв, химический состав почв, борщевик Сосновского, средняя тайга.

В Республике Коми в процессе активного развития сельскохозяйственного производства во второй половине XX века были созданы пахотные угодья разной степени окультуренности – от слабоокультуренных с содержанием гумуса в пахотном слое около 1-1,5% до уникальных, высокоокультуренных угодий, содержание гумуса в которых находилось на уровне 4-5%. Создание таких пахотных угодий в условиях Севера было осуществлено за счет проведения агромелиоративных работ, внесения значительных доз минеральных удобрений и органического вещества в виде навоза, торфа и торфо-навозного компоста [3]. Изменение социально-экономических условий на рубеже XX-XXI веков привело к выводу значительных площадей из сельскохозяйственного производства не только в целом по стране [6], но также и в Республике Коми. За последние 20 лет в центральных районах республики находятся в заброшенном состоянии от 10 до 40% сельскохозяйственных земель, как низкопродуктивных (со слабоокультуренными почвами), так и высокопродуктивных угодий (со средне- и высокоокультуренными почвами).

Вывод земель из сельскохозяйственного производства сопровождается формированием постагрогенных экосистем, сукцессионная смена растительности в которых направлена на последовательное восстановление природных зональных фитоценозов [4]. Постагрогенные сукцессии отражаются в изменении морфологии, физических, химических и микробиологических свойств бывших пахотных почв [2, 8].

Цель данной работы заключалась в выявлении особенностей сезонной динамики некоторых агрохимических параметров постагрогенных почв, формирующихся на данном этапе под разными типами растительных сообществ.

Исследования проводили на залежном участке (ЗУ), выведенном из сельскохозяйственного оборота в 2003 г. Участок расположен в окрестностях города Сыктывкара, на территории Радиобиологического корпуса ИБ ФИЦ Коми НЦ УрО РАН. Почва участка высокоокультуренная, среднесуглинистая, вторжение и расселение по территории ЗУ особей *Heraclium sosnowskwi* Manden. началось с 2003 г. [1]. В настоящее время в пределах ЗУ распространены: маловидовые заросли *H. sosnowskwi* (Участок №1), злаково-разнотравная растительность – преимущественно по окрайке ЗУ (Участок №2), мелколиственная кустарниково-древесная поросль с преобладанием осины – *Populus tremula* L. (Участок №3).

В 2021 году на всех трех участках проведен отбор проб почв из бывшего пахотного горизонта (0-10 см). Пробы отбирали ежемесячно с июня по декабрь 2022 и в апреле 2023г. в 5-кратной повторности методом конверта. Анализировали смешанные образцы, составленные из 5 индивидуальных.

Определяли рН солевой КСl вытяжки (ГОСТ 26423–85), величину гидролитической кислотности (ГОСТ 26212—91), подвижные формы фосфора и калия – по Кирсанову, содержание обменных оснований (Ca^{2+} , Mg^{2+}), аммонийных и нитратных форм азота – общепринятыми методами [7]. Содержание гумуса рассчитывали по данным определения углерода органических веществ методом Тюрина со спектрофотометрическим окончанием. Статистическую обработку данных выполняли в программе Excel.

Исследования, проведенные на ЗУ, показали, что в почвах рассмотренного ряда постагрогенных экосистем наблюдается закономерное возрастание содержания гумуса в направлении от молодого осинового сообщества к зарослям борщевика (табл.). Максимальная аккумуляция гумусовых веществ отмечена в почве под зарослями борщевика ($8,47 \pm 0,78\%$), минимальное – в почве осинника ($4,07 \pm 1,17\%$). Почва участков со злаково-разнотравной растительностью характеризуется также достаточно высоким содержанием гумуса – $6,81 \pm 0,56\%$. Высокое содержание гумуса под травянистой растительностью и, особенно, на участках с зарослями борщевика обусловлено поступлением значительной массы быстро минерализуемого растительного опада и его включением в процессы минерализации и гумификации. Преобладание в структуре фитомассы *H. sosnowskyi* надземных (65,3%) органов над подземными (34,8%) способствует возврату в почвы постагрогенных экосистем значительного количества углерода (7,4 т/га), азота (208 кг/га) и зольных элементов (847 кг/га) [5].

Статистическая обработка полученного массива данных свидетельствует о преимущественно слабокислой реакции почв ЗУ. рН солевой вытяжки в среднем на всех трех участках находится на уровне 5,0-5,5 ед. рН. Под зарослями борщевика наблюдается некоторое смещение реакции среды в сторону близкой к нейтральной. Это может быть обусловлено активной аккумуляцией в тканях и органах борщевика кальция [5] и его возвратом в почву, обеспечивающим в ней более высокий уровень содержания обменных оснований (см. табл.). Однако суммарное содержание обменных оснований в почвах рассмотренных участков практически не меняется, что связано с возрастанием содержания обменного магния в ряду почв: борщевик → луг → осинник.

Таблица

Усредненные значения некоторых агрохимических показателей постагрогенных почв (0-10 см) по данным наблюдений 2022-2023 гг.*

Показатель		Участок №1	Участок № 2	Участок № 3
		Заросли борщевика Сосновского	Злаково-разнотравный луг	Молодое осинное сообщество
рН(KCl), ед. рН		$5,56 \pm 0,20$ 4,2	$5,0 \pm 0,3$ 8,1	$5,49 \pm 0,25$ 5,5
Гидролитическая кислотность, смоль/кг		$6,79 \pm 0,11$ 4,2	$4,4 \pm 1,1$ 30,5	$3,0 \pm 1,2$ 5,5
Гумус, %		$8,47 \pm 0,78$ 10,9	$6,81 \pm 0,56$ 9,88	$4,07 \pm 1,17$ 34,4
Подвижные формы, мг/кг	K ₂ O	253 ± 89 42	187 ± 46 29	145 ± 31 26
	P ₂ O ₅	265 ± 88 40	167 ± 66 48	140 ± 45 39

Обменные основания, смоль/кг	Ca ²⁺	$\frac{12,1 \pm 0,7}{6,7}$	$\frac{10,0 \pm 1,5}{17,8}$	$\frac{9,3 \pm 1,4}{17,8}$
	Mg ²⁺	$\frac{1,94 \pm 0,14}{8,6}$	$\frac{2,1 \pm 0,7}{38,5}$	$\frac{3,1 \pm 0,5}{20,3}$
Обменные формы, мг/кг	NH ₄ ⁺	$\frac{26 \pm 6}{28,5}$	$\frac{26 \pm 10}{45,5}$	$\frac{23 \pm 7}{39,2}$
	NO ₃ ⁻	$\frac{42 \pm 23}{64,8}$	$\frac{16 \pm 16}{117}$	$\frac{15 \pm 15}{121}$

* в числителе – среднее значение ± доверительный интервал для $p < 0.95$ ($n = 8$); в знаменателе – коэффициент варьирования, %.

Влияние борщевика на агрохимические параметры постагрогенных почв прослеживается также при оценке подвижных форм фосфора и калия (см. табл.). В целом, все рассмотренные участки (под всеми типами растительности) характеризуются повышенным содержанием в почвах P₂O₅ и K₂O, однако для участка с зарослями борщевика отмечено практически двукратное (в 1,7-1,9 раз) возрастание их содержания, благодаря чему почва под борщевиком по уровню обеспеченности этими элементами попадает в категории высоко и очень высоко обеспеченных.

Эти показатели, равно как и содержание аммонийных и нитратных форм азота в почвах, значительно варьируют в течение вегетационного сезона. Коэффициент варьирования для подвижных форм P₂O₅ и K₂O 26-48%, для NH₄⁺ – 29-39%, для NO₃⁻ – 64-121%. Повышенное содержание подвижных форм фосфора и калия, а также нитратного азота в почвах луга и борщевика приурочено, как правило, к концу вегетационного сезона и зимнему периоду, аммонийного азота – к летним месяцам года, что связано со спецификой и сроками поступления растительного материала и особенностями жизнедеятельности почвенной биоты. В почве осинника сезонная динамика агрохимических показателей имеет некоторые отличия.

Таким образом, впервые для Республики Коми получены данные о плодородии и динамике агрохимических показателей высококультурных пахотных почв средней тайги, находящихся в стадии постагрогенной трансформации. Показано, что в зависимости от типа растительного сообщества почвы постагрогенных экосистем либо сохраняют свой изначальный уровень плодородия (например, в случае колонизации залежных участков таким видом, как *Heracleum sosnowskwi*), либо происходит последовательное снижение уровня почвенного плодородия, что прослеживается в возрастании кислотности почв, занятых злаково-разнотравной растительностью и древесными мелколиственными сообществами, снижении в них содержания подвижных форм фосфора и калия, а также обменных форм кальция. Однако скорость этого процесса, по всей видимости, ниже по сравнению с экосистемами, в которых в процессы постагрогенной трансформации включены почвы слабокультурных пахотных угодий.

Литература

1. Гольке Г. А., Далькэ И. В., Захожий И. Г. Трансформация растительного покрова залежей при вторжении *Heracleum sosnowskyi* Manden. (на примере Республики Коми) // Биологические и географические аспекты экологии человека сборник докладов г. Сыктывкар 2021. С.45-49.
2. Дымов А. А., Михайлова Е. Н. Свойства лесных и постагрогенных почв, развивающихся на песчаных и суглинистых отложениях Республики Коми / Известия Коми научного центра УрО РАН. Сыктывкар, 2017. № 3(31). С. 24-33.
3. Елькина Г.Я. Оптимизация минерального питания растений на подзолистых почвах. Екатеринбург, 2008. 277 с.
4. Курганова И.Н., Телеснина В.М., Лопес де Гереню В.О., Личко В.И., Караванова Е.И. Динамика пулов углерода и биологической активности агродерново-подзолов южной тайги в ходе постагрогенной эволюции // Почвоведение. 2021. № 3. С. 287–303.
5. Лаптева Е.М., Захожий И.Г., Далькэ И.В., Смотрина Ю.А., Генрих Э.А. Влияние инвазии борщевика Сосновского (*Heracleum sosnowskyi* Manden.) на плодородие постагрогенных почв Европейского Северо-Востока // Теоретическая и прикладная экология. 2021. № 3. С. 66-73.
6. Люри Д.И., Горячкин С.В., Караваева Н.А., Денисенко Е.А., Нефедова Т.Г. Динамика сельскохозяйственных земель России в XX веке и постагрогенное восстановление растительности и почв. М., 2010. 415 с.
7. Теория и практика химического анализа почв / под ред. Л. А. Воробьевой. М: ГЕОС, 2006. 400 с.
8. Шабанов М.В. Процессы постагрогенной трансформации минеральной части дерново-подзолистых почв (на примере соединений железа, алюминия и марганца): автореф. дис. ... канд. с.-х. СПб., 2007. 19 с.

THE INFLUENCE OF HERACLEUM SOSNOWSKYI MANDEN. ON SOIL PROPERTIES AND THEIR DYNAMICS IN POSTAGROGENIC ECOSYSTEMS OF THE MIDDLE TAIGA (on the example of the Komi Republic)

Yu.A. Smotrina^{1,2}, E.M. Lapteva¹, I.V. Dalke^{1,2}, I.G. Zakhochiy¹

¹Institute of Biology, Komi Science Centre, Ural Branch, Russian Academy of Sciences, Syktyvkar, Russia

²Pitirim Sorokin Syktyvkar State University, Syktyvkar, Russia

Abstract. The results of studying the dynamics of some agrochemical parameters in post-agrogenic soils of the middle taiga at the stage of overgrowing with various types of vegetation - small-leaved forest, grass-forb meadow, low-species community of *H. sosnowskyi* are presented. A significant seasonal variation of such parameters as the content of mobile forms of potassium and phosphorus, nitrate and ammonium nitrogen has been established. The role of *H. sosnowskyi* in maintaining a high level of their provision with biophilic elements and stabilizing acidity parameters is shown.

Keywords: *postagrogenic ecosystems, soil fertility, chemical composition of soils, Sosnovsky hogweed, middle taiga.*

References

1. Golke G. A., Dalke I. V., Zahozhiy I. G. Transformation of the vegetation cover of deposits during the invasion of *Heraculum sosnowskyi* Manden. (on the example of the Komi Republic) // Biological and geographical aspects of human ecology collection of reports Syktyvkar 2021. P. 45-49.
2. Dymov A. A., Mikhailova E. N. Properties of forest and postagrogenic soils developing on sandy and loamy deposits of the Komi Republic / News of the Komi Scientific Center of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences. Syktyvkar, 2017. No. 3(31). P. 24-33.
3. Yelkina G.Ya. Optimization of mineral nutrition of plants on podzolic soils. Yekaterinburg, 2008. 277 p.
4. Kurganova I.N., Telesnina V.M., Lopez de Gerenyu V.O., Lichko V.I., Karavanova E.I. Dynamics sweater ugleroda and biological activities agroderново-subzole southern Tyga in Hode postagrogenicity involution // Soil Management. 2021. № 3. P. 287–303.
5. Lapteva E.M., Zahozhy I.G., Dalke I.V., Smotrina Yu.A., Heinrich E.A. The influence of the invasion of the Sosnovsky hogweed (*Heraculum sosnowskyi* Manden.) on the fertility of postagrogenic soils of the European Northeast // Theoretical and applied ecology. 2021. No. 3. P. 66-73.

6. Lurie D. And. Dynamics of the selsovegetmentnavenshemel Russii in the Apostille Veche and postagrogenic wax plant and soil / d. And. Lurie, S. V. Goryachkin, N. A. Karavaeva, E. A. Denisenko, T. G. Nefedova. M., 2010. 415 p.
7. Theory and practice of chemical analysis of soils / edited by N. L. A. Vorobyov. M: GEOS, 2006. 400 p.
8. Shabanov M.V. Processes of postagrogenic transformation of the mineral part of sod-podzolic soils (on the example of iron, aluminum and manganese compounds): autoref. dis. ... Candidate of Agricultural Sciences. St. Petersburg, 2007. 19 p.

УДК 631(41:51) 574.2

ВЛИЯНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ НА СУПРЕССИВНОСТЬ ПОЧВЫ В УСЛОВИЯХ СЕВЕРНОГО КАЗАХСТАНА

О.В. Ткаченко¹, В.А. Васильева²

¹ТОО «НПЦЗХ им. А.И. Бараева», п. Научный, Казахстан

²ОмГАУ им. П.А. Столыпина, Омск, Россия

e-mail: olyatkachenko95@mail.ru

Аннотация. В статье представлены исследования по изучению супрессивности черноземов южных карбонатных, проведенные в 2021-2022 годах, в посевах яровой пшеницы, возделываемой по разным технологиям. В зависимости от технологии возделывания супрессивность почв к грибам *F. equiseti* и *Fusarium spp.* варьировала от 22 до 82% и обусловлена биотическими и физико-химическими характеристиками почвы. По традиционной технологии на вариантах бессменной пшеницы, пшеницы после гороха и после пара супрессирующая активность почвы была высокой по отношению к *F. equiseti* (штамм 1/3) и составляла 22%, 27% и 30% соответственно. По нулевой технологии отмечалась слабая супрессивность почвы на всех изучаемых вариантах и составляла в среднем 48-67%.

Ключевые слова: черноземы южные карбонатные, супрессивность, нулевая и традиционная технологии, здоровье и качество почвы, фитопатогены.

За последние десятилетия почвы и почвенный покров сельскохозяйственных угодий Казахстана претерпели масштабные за весь период их сельскохозяйственного освоения изменения. В Казахстане 30,5 млн. га земель подвержены ветровой и водной эрозии, из них 1,6 млн. га пашни, 2,0 млн. га засоленных, 2,5 млн. га солонцовых земель. На 14 % пастбищ отмечена сильная степень деградации. Единственно правильный путь выхода из этой ситуации – установление рациональных взаимоотношений с окружающей средой, возможность сбережения и поддержания в здоровом состоянии самодостаточного природного ресурса – почвы.

Здоровая почва характеризуется супрессивностью (в отношении экономически значимых фитопатогенов, других вредных организмов) и самоочищающей способностью (в отношении ксенобиотических и природных поллютантов). В условиях интенсификации земледелия обсуждаются проблемы сохранения почвенного плодородия.

В связи с этим изучение супрессирующих свойств почвы при возделывании сельскохозяйственных культур при различных агротехнологиях являются практически и теоретически необходимыми.

Исследования проводились в 2021-2022 гг. на полевых многолетних стационарах лаборатории Адаптивной и агроландшафтной технологии ТОО «НПЦЗХ имени А.И. Бараева», расположенных в зоне южных карбонатных черноземов, развернутых во времени и пространстве в химическом и традиционном пару, в посевах пшеницы возделываемой по нулевой (NT) и традиционной (ТТ) технологиям, в пятипольном севообороте горох – пшеница – пшеница – лен – пшеница.

Почвы, на которых проводились исследования, представляют собой малогумусные (4-5%), южные карбонатные черноземы тяжелого механического состава. Гумусовый горизонт составляет в среднем 50 см. Почвы характеризуются высоким содержанием карбонатов – до 5 %. Содержание азота и фосфора в почве составляет 0,3 и 0,1 % соответственно. Кислотность почвы (рН) на уровне 7,6-7,9, что относится к слабощелочной реакции среды. В почвенно-поглощающем комплексе преобладает кальций (до 80 %) и магний (11 %).

Общую супрессивность почвы определяли по ограничению роста фитопатогенов [3]. Для исследований были использованы грибы *Fusarium sp.* (штамм 1/3) и *Fusarium spp.* (штамм 302/1), выделенные из почвы. Данные микромицеты являются возбудителями корневой гнили и фузариоза зерна пшеницы и является коллекционными штаммами лаборатории микробиологии ТОО «НПЦЗХ им. А.И. Бараева». В качестве контроля использовали среду голодный агар (ГА).

Полученные экспериментальные данные обработаны статистически с использованием пакета прикладного программного обеспечения «SNEDECOR», а также методом дисперсионного и корреляционного анализа с использованием пакета программ Excel. Графическое оформление результатов проводили в программе Microsoft Excel.

Для оценки уровня супрессивности почвы принята шкала от 100% (полная супрессивность – все блоки без признаков роста тест-объекта) до 0 (несупрессивная почва – все блоки тест-объекта развиваются на уровне контроля). Значение супрессивности может быть отрицательным, если почва характеризуется кондуктивностью, т.е. способствует размножению и выживанию тест-объекта [2]. Такие способы позволяют оценить качество почвы, ее способность к самоочищению от фитопатогенов, обосновать необходимость специальных мероприятий для очищения почвы и повышения супрессивности с целью обеспечения более полной реализации плодородия.

Как показали результаты исследований, супрессивность почв в отношении гриба *F. equiseti* (штамм 1/3) варьировала от 22 до 82% в сравнении с контролем (рис. 1).

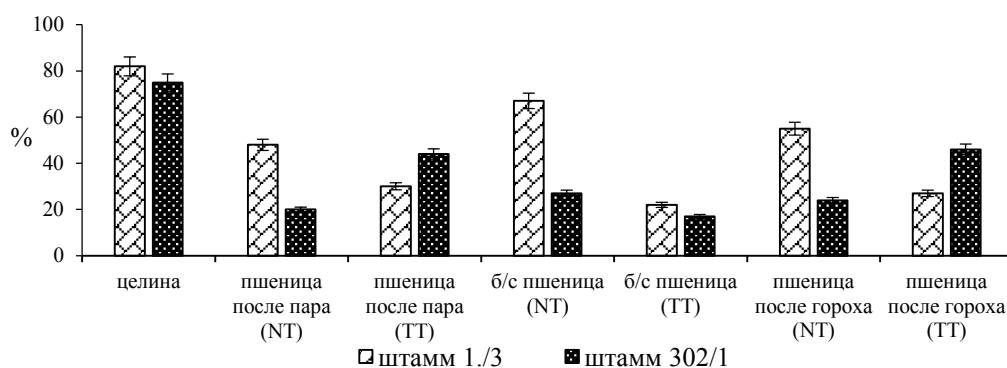


Рисунок 1. Супрессивные свойства почвы по отношению к *F. equiseti* (штамм 1/3) и к *Fusarium sp.* (штамм 302/1)

Рост гриба *F. equiseti* (штамм 1/3) наиболее эффективно подавлялся на вариантах по традиционной технологии в посевах бессменной пшеницы, пшеницы после гороха и после пара и составлял 22%, 27% и 30% соответственно. Повышение супрессивности почвы обусловлено повышением ее гетеротрофной активности, увеличением численности олиготрофных бактерий и актиномицетов. На вариантах по нулевой технологии супрессивность почвы отмечалась выше показателей, чем на вариантах по традиционной технологии, и варьировала от 48 до 67% соответственно, что свидетельствует о слабой супрессивности почвы.

При оценке супрессивности почв в отношении гриба к *Fusarium sp.* (штамм 302/1) показатели варьировали от 17% (на варианте бессменной пшеницы по традиционной технологии) до 75% (целина). Максимальные показатели отмечались на вариантах по традиционной технологии в посевах пшеницы после пара – 44%, пшеницы после гороха – 46%, что свидетельствует о снижении супрессирующих свойств почвы.

На рисунке 2 представлено супрессирующее действие почвы на фитопатогенные грибы.

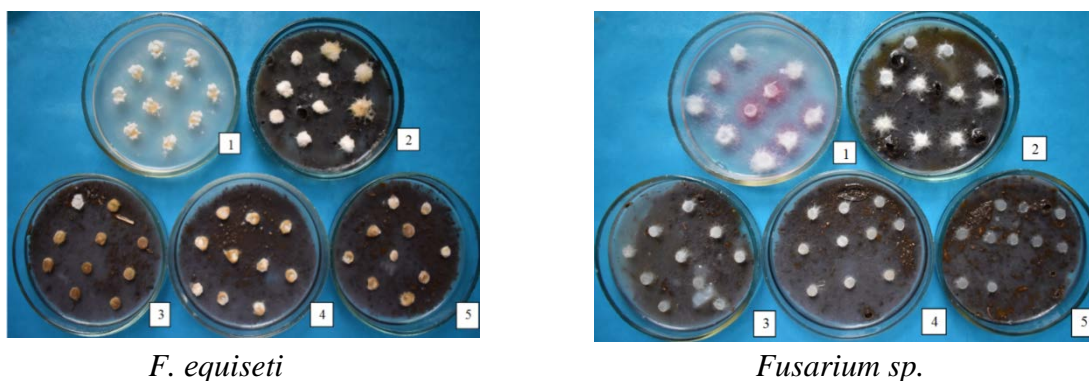


Рисунок 2. Супрессивные свойства почвы по отношению к микромицетам:

1- голодный агар (контроль), 2 – целина, 3 - б/с пшеница (NT), 4 - пшеница после пара (NT), 5 - пшеница после гороха (NT)

По мере дегумусирования почвы нарушается равновесие в наземно-почвенной экосистеме, возрастает численность фитопатогенов, хронически проявляются токсикоз и «почвоутомление». В отличие от естественных

экосистем, пахотные почвы характеризуются высоким инфекционным потенциалом и повышенной агрессивностью фитопатогенов. В них постоянно скрыта угроза эпифитотий корневых гнилей зерновых культур, ризоктониоза картофеля, вилта хлопчатника, белой гнили подсолнечника и других почвенно-клубневых инфекций сельскохозяйственных культур [4].

Особенности использования органического вещества наиболее эффективный способ нехимического оздоровления почвы – повышение ее супрессивности посредством индуцирования гумусообразования и систематического внесения органических удобрений. Использование для воспроизводства здоровья почвы преимущественно перегноя, биогумуса, компоста, сидератов и др. обосновано и апробировано многолетним опытом ведения систем органического земледелия [1].

Таким образом, проведенные исследования показали, что нулевая и традиционная технологии, равно как и возделываемая культура оказывают значительное влияние на супрессирующие свойства почвы.

Работа выполнена при финансовой поддержке МСХ РК в рамках ПЦФ по проекту «Разработать систему земледелия возделывания сельскохозяйственных культур (зерновых, зернобобовых, масличных и технических культур) с применением элементов технологии возделывания дифференцированного питания, средств защиты растений и техники для рентабельного производства на основе сравнительного исследования различных технологий возделывания для регионов Казахстана» (№BR10764908).

Литература

1. Соколов М.С., Семёнов А.М., Спиридонов Ю.Я. и др. Важнейшие экосистемные функции почвы агрозоны и социозоны // Защита зерновых культур от болезней, вредителей, сорняков: достижения и проблемы: мат-лы Международной научно-практической конференции. Б. Вяземы: ВНИИФ, 2016. С. 207–227.
2. Спиридонов Ю.Я., Соколов М.С., Глинушкин А.П., Каракотов С.Д., Коршунов А.В., Торопова Е.Ю., Сараев П.В., Семенов А.М., Семенов В.М., Никитин Н.В., Калинин В.П., Лысенко Ю.Н. Адаптивно-интегрированная защита растений. М.: Печатный город, 2019. 626 с.
3. Торопова Е.Ю., Кириченко А.А. Способ определения супрессивности почвы // Патент РФ № RU 2568913 C1 (опубликован 20.11.2015). № 32. 5 с.
4. Чулкина В.А., Торопова Е.Ю., Чулкин Ю.И. и др. Агротехнический метод защиты растений. Учебное пособие / под редакцией А.Н. Каштанова. М.: ИВЦ «МАРКЕТИНГ», 2000. 336 с.

THE INFLUENCE OF CULTIVATION TECHNOLOGIES ON THE SUPPRESSIVENESS OF THE SOIL IN THE CONDITIONS OF NORTHERN KAZAKHSTAN

O.V. Tkachenko¹, V.A. Vasilyeva²

¹Omsk State Agrarian University P.A. Stolypin, Omsk, Russia

²«A.I. Barayev Research and Production Center for Grain Farming» LLP, Nauchnyi set, Republic of Kazakhstan

Abstract. The article presents studies conducted in 2021-2022 to identify the suppressiveness of southern carbonate chernozems in spring wheat crops cultivated using various technologies. The suppressiveness of all soil variants to *F. equiseti* and *Fusarium* spp. it varied from 22 to 82% in comparison with the control, and is due to the biotic and physico-chemical characteristics of the soil.

Keywords: southern carbonate chernozems, suppressiveness, No-Till and traditional technologies, soil health and quality, phytopathogens.

References

1. Sokolov M.S., Semenov A.M., Spiridonov Yu.Ya. et al. The most important ecosystem functions of the soil of the agro-sphere and the sociosphere // Protection of grain crops from diseases, pests, weeds: achievements and problems: materials of the International Scientific and Practical Conference. B. Vyazemy: VNIIF, 2016. P. 207-227.
2. Spiridonov Yu.Ya., Sokolov M.S., Glinushkin A.P., Karakotov S.D., Korshunov A.V., Toropova E.Yu., Saraev P.V., Semenov A.M., Semenov V.M., Nikitin N.V., Kalinichenko V.P., Lysenko Yu.N. Adaptive integrated plant protection. Moscow: Print City, 2019. 626 p .
3. Toropova E.Yu., Kirichenko A.A. A method for determining the suppressiveness of the soil // Patent of the Russian Federation No. RU 2568913 C1 (published on 11/20/2015). No. 32. 5 p.
4. Chulkina V.A., Toropova E.Yu., Chulkin Yu.I. et al. Agrotechnical method of plant protection. Textbook / edited by A.N. Kashtanov. M.: IVC "MARKETING", 2000. 336 p.

УДК 632.15

ЦИНК, СВИНЕЦ И КАДМИЙ В РАСТЕНИЯХ ТЫСЯЧЕЛИСТНИКА ЩЕТИНИСТОГО (*ACHILLEA SETACEA*) ИМПАКТНОЙ ЗОНЫ НОВОЧЕРКАССКОЙ ГРЭС

В.А. Чаплыгин, С.С. Манджиева, Т.И. Сиромля, Н.П. Черникова, Ю.А. Литвинов,
Т.М. Минкина

ФГАОУ ВО Южный федеральный университет, Ростов-на-Дону, Россия

e-mail: chaplygin@sfedu.ru

Аннотация. Изучено содержание Zn, Pb и Cd в лекарственных растениях тысячелистника щетинистого импактной зоны Новочеркасской ГРЭС. Установлено техногенное загрязнение изучаемых видов тяжелыми металлами. Аккумуляция большинства элементов в тысячелистнике идет преимущественно в корнях.

Ключевые слова: тяжелые металлы, техногенное загрязнение, лекарственные растения.

Введение. Загрязнение окружающей среды тяжелыми металлами (ТМ) является одной из актуальнейших проблем нашего времени. Данные поллютанты распространены всюду, где присутствуют промышленные предприятия или городская инфраструктура, а выбросы предприятий химической и энергетической промышленности являются наиболее значимыми источниками поступления ТМ в окружающую среду [10]. Основное воздействие техногенного загрязнения приходится на почву – основу любой наземной экосистемы. Следующим звеном в цепи биогенной миграции элементов являются растения.

В настоящее время сохраняется интерес научной медицины к растительным лекарственным средствам, несмотря на значительные достижения в области химического синтеза. На основе растительного сырья изготовлен каждый

третий лекарственный препарат (ЛП) на мировом рынке [7]. В некоторых фармацевтических группах доля фитопрепаратов еще выше, например, около 70 % препаратов для лечения сердечно-сосудистых заболеваний изготавливается на основе растений [5]. В РФ около 40 % от общего количества используемых в практической медицине лекарственных средств приходится на фитопрепараты [1].

Крупнейшим в Ростовской области предприятием, загрязняющим окружающую среду ТМ, является филиал ПАО «ОГК-2» «Новочеркасская» ГРЭС (НчГРЭС). На долю этого предприятия приходится 1 % всех выбросов поллютантов в атмосферу в РФ, в Ростовской области - свыше 50 %, в Новочеркасске - порядка 90 % [9]. Негативные последствия выбросов НчГРЭС, ведущие к накоплению ТМ в почве и растениях, могут отчетливо проявиться со временем. Отсюда вытекает важная проблема, ограничивающая возможности использования в медицине данного региона ЛР - постоянное сокращение территорий, не испытывающих антропогенной нагрузки. В связи с этим не всегда возможно заготавливать лекарственное растительное сырье (ЛРС) только в экологически чистых зонах. Поэтому одной из наиболее актуальных проблем в лекарственном растениеводстве является анализ возможности использования в лечебных целях растений, произрастающих в условиях техногенного прессинга. Актуальной эта проблема является для всей России, поскольку основную часть заготовок ЛРС проводят в населенных и промышленно освоенных регионах [4].

Объекты и методы. Площадки мониторинга были заложены на расстоянии 1-20 км от НчГРЭС. Образцы растений отбирались по установленному в ходе многолетних метеорологических исследований преобладающему северо-западному направлению ветров на площадках № 4, № 9 и прилегающей к нему площадке № 13. Точки № 1, № 2, № 3, № 11, № 12, № 15, № 19 и № 22 заложены на расстоянии 1-9 км от НчГРЭС в различных направлениях, для определения уровня загрязнения растений территорий, лежащих вне преобладающего направления.

Образцы растений отбирались с площадок мониторинга во второй декаде июня в фазу массового цветения, поскольку репродуктивные органы растений являются лекарственным сырьем. Минерализацию проб растений проводили методом сухого озоления по ГОСТ 26657-85. Экстракция ТМ из золы проводилась растворением в 20%-ном растворе HCl с последующим анализом методом ААС [6].

Проанализировано содержание таких элементов как Zn, Pb и Cd в лекарственных травянистых растениях исследуемых территорий и распределение ТМ в различных частях тысячелистника щетинистого (*Achillea setacea*). Изучены закономерности аккумуляции элементов в надземной или подземной части изучаемого вида растения. Оценка уровня загрязнения ТМ проводилась путем сопоставления содержания ТМ в исследуемом растении с максимально допустимыми уровнями (МДУ) химических элементов в травах для

сельскохозяйственных животных и кормовых добавках [2], а также с предельно допустимыми концентрациями (ПДК) для биологически активных добавок (БАД) [8], с ПДК для лекарственного растительного сырья [3]. Элементный состав растений импактных территорий сравнивался также с составом данного вида на фоновой территории ООПТ «Персиановская заповедная степь» для определения превышения содержания элементов по сравнению с природными условиями.

Результаты. Для всех металлов наблюдается превышение фоновых значений для растений, составившее для стеблей 1,2-3,1 по Zn, 1,5-4,2 по Pb и 1,6-15,6 по Cd. Для корней тысячелистника превышения фона составили 1,1-2,7 по Zn, 2,3-21,5 по Pb и 1,1-4,0 по Cd. В соцветиях содержание ТМ превысило фон в 1,3-3,5 по Zn, 1,8-47,8 по Pb, 1,6-14,9 по Cd (табл.). В восточном, южном и юго-западном направлениях от источника загрязнения содержание элементов в растениях тысячелистника не превышает фоновых значений на большинстве площадок. Установлено, что в стеблях тысячелистника отмечается превышение МДУ по Cd (1,2-2,6 раза) и Pb (1,3-1,8 раза) на площадках мониторинга, расположенных на северо-западе от НЧГРЭС. Для соцветий данного вида уровень содержания Cd и Pb составляет 1,8-3,5 и 1,3-5,7 МДУ соответственно, что указывает на большее накопление поллютантов в репродуктивных органах растения. Также для соцветий МДУ по Cd и Pb превышен на площадках северо-восточного направления. Выявлено превышение содержания Pb в надземной части тысячелистника над СанПин в 1,5 раза в стеблях и 1,5-4,8 раза в соцветиях. Преимущественная аккумуляция Zn идет в надземной части, Pb и Cd – в корнях.

Таблица

Содержание ТМ в различных частях растений тысячелистника щетинистого (*Achillea setacea*), мг/кг

Площадка / Часть	Zn			Pb			Cd		
	стебли	корни	цветки	стебли	корни	цветки	стебли	корни	цветки
4 (1,6 СЗ)**	44,6±4,0	28,8±2,3	53,8±4,5	8,9±0,7	26,4±2,2	28,7±2,5	0,78±0,06	0,20±0,02	1,04±0,08
13 (5,7 ССЗ)	23,6±1,7	43,6±3,9	55,3±4,3	5,2±0,4	32,3±2,8	23,2±1,9	0,36±0,03	0,36±0,04	0,55±0,06
9 (15,0 СЗ)	31,3±2,8	40,9±3,4	26,3±2,1	6,7±0,5	23,5±1,9	8,9±0,7	0,11±0,1	0,27±0,02	0,13±0,01
1 (1,0 СВ)	30,5±2,5	35,1±3,1	35,7±3,2	4,8±0,4	10,7±0,6	6,3±0,4	0,34±0,02	0,21±0,01	0,47±0,04
22 (7,9 СВ)	17,6±1,3	26,8±2,4	28,3±2,4	3,1±0,2	9,1±0,6	3,7±0,3	0,08±0,01	0,26±0,02	0,13±0,01
12 (1,1 В)	22,9±1,8	33,3±3,0	51,3±4,6	2,1±0,1	15,0±1,2	3,6±0,3	0,05±0,01	0,32±0,03	0,04±0,0
11 (1,2 Ю)	13,7±1,0	23,9±1,9	25,5±2,1	1,7±0,1	14,5±1,1	2,7±0,2	0,08±0,01	0,15±0,01	0,19±0,02
15 (3,8 Ю)	19,5±1,4	24,7±2,1	26,0±2,3	1,5±0,1	11,3±0,8	1,1±0,1	0,16±0,02	0,12±0,01	0,11±0,01
3 (2,7 ЮЗ)	20,7±1,8	42,6±3,6	23,1±2,0	1,8±0,2	5,7±0,4	2,2±0,1	0,07±0,01	0,40±0,03	0,15±0,01
2 (3,0 ЮЗ)	22,3±1,7	53,9±4,8	26,7±2,5	2,0±0,2	4,9±0,4	2,4±0,2	0,12±0,01	0,34±0,03	0,17±0,02
19 (9,4 ЮЗ)	14,1±1,1	26,2±2,2	20,7±1,6	1,3±0,1	3,4±0,2	2,1±0,1	0,06±0,0	0,11±0,01	0,14±0,01
Фон	14,5±1,0	20,3±1,4	15,6±1,0	2,1±0,1	1,5±0,1	0,6±0,04	0,05±0,002	0,1±0,01	0,07±0,004

* полужирным шрифтом выделены превышения МДУ для кормов и ПДК для ЛРС

** направление и расстояние площадки мониторинга от источника выбросов

Таким образом, установлено полиэлементное загрязнение растений тысячелистника на территории импактной зоны НчГРЭС такими ТМ как Pb и Cd, а также незначительное превышение МДУ по Zn. Для тысячелистника щетинистого определено превышение ПДК для ЛРС по Pb. Наблюдается повышенное содержание рассматриваемых элементов по сравнению с фоном даже на площадках, для которых не установлено загрязнение, за исключением площадок южного и юго-западного направления. Тысячелистник аккумулирует большинство изучаемых поллютантов преимущественно в корнях. Прослеживается тенденция к значительно большей аккумуляции ТМ растениями на площадках в северо-западном направлении от НчГРЭС, что указывает на ведущую роль атмосферных выбросов предприятия в содержании ТМ в растениях импактной зоны.

Исследование выполнено при поддержке гранта Российского научного фонда (проект № 22-77-10097) в Южном федеральном университете.

Литература

1. Бойко Н.Н., Бондарев А.В., Жилиякова Е.Т., Писарев Д.И., Новиков О.О. Фитопрепараты, анализ фармацевтического рынка Российской Федерации // Научный результат. Медицина и фармация. 2017. Т.3. № 4. С. 30-38.
2. Временные максимально допустимые уровни (МДУ) некоторых химических элементов госсипола в кормах сельскохозяйственных животных. Утвержден Главным Управлением Ветеринарии министерства сельского хозяйства РФ, 1991.
3. Государственная фармакопея Российской Федерации. XIV изд. Т. IV. М.: ФЭМБ, 2018. 719 с.
4. Дьякова Н.А., Мындра А.А., Сливкин А.И. Безопасность и эффективность лекарственного растительного сырья одуванчика лекарственного, собранного в районах, испытывающих антропогенную нагрузку // Разработка и регистрация лекарственных средств. 2018. № 2 (23). С. 120-123.
5. Карачевская Е.В. Развитие лекарственного растениеводства в контексте мировой глобализации // Проблемы экономики: сборник научных трудов. 2021. № 1 (32). С. 33-43.
6. Методические указания по определению тяжелых металлов в почвах сельхозугодий и продукции растениеводства. М.: ЦИНАО, 1992. 61 с.
7. Оленина Н.Г., Михеева Н.С., Крутикова Н.М. Особенности экспертизы «польза/риск» лекарственных растительных препаратов: анализ регистрационных досье // Ведомости Научного центра экспертизы средств медицинского применения. 2018. Т. 8. № 2. С. 84-91. doi: 10.30895/1991-2919-2018-8-2-84-91.
8. СанПиН 2.3.2.1078-01 «Гигиенические требования безопасности и пищевой ценности пищевых продуктов». Утвержден 06.11.2001. 269 с.
9. Экологический вестник Дона: О состоянии окружающей среды и природных ресурсов Ростовской области в 2019 году. Ростов-На-Дону. 2020. 283 с.
10. Zhao Z.J., Nan Z.R., Wang Z.W., Yang Y.M., Shimizu M. Interaction between Cd and Pb in the soil-plant system: a case study of an arid oasis soil-cole system // J Arid Land. 2014. № 6 (1). P. 59–68. Doi: 10.1007/s40333-013-0194-7.

ZINC, LEAD AND CADMIUM IN PLANTS OF YARROW BRISTLY (ACHILLEA SETACEA) OF THE NOVOCHERKASSK POWER PLANT IMPACT ZONE

V.A. Chaplygin, S.S. Mandzhieva, T.I. Siromlya, N.P. Chernikova, Yu.A. Litvinov, T.M. Minkina
Southern Federal University, Rostov-on-Don, Russia

Abstract. The content of Zn, Pb and Cd in medicinal plants of yarrow bristly in the impact zone of Novocherkassk Power Plant was studied. Technogenic contamination of the studied species with heavy metals has been established. The accumulation of elements in *Achillea setacea* occurs mainly in the roots.
Keywords: heavy metals, technogenic pollution, medicinal plants.

References

1. Boyko N.N., Bondarev A.V., Zhilyakova E.T., Pisarev D.I., Novikov O.O. Phytopreparations, analysis of the pharmaceutical market of the Russian Federation // Scientific result. Medicine and pharmacy. 2017. Vol.3, No. 4. P. 30-38. doi: 10.18413/2313-8955-2017-3-4-30-38.
2. Temporary maximum permissible levels (MDU) of some chemical elements of gossypol in farm animal feed. Approved by the Main Veterinary Department of the Ministry of Agriculture of the Russian Federation, 1991.
3. State Pharmacopoeia of the Russian Federation. XIV ed. T.IV. M.: FEMB, 2018. 719 p.
4. Dyakova N.A., Myndra A.A., Slivkin A.I. Safety and effectiveness of medicinal plant raw materials of medicinal dandelion collected in areas experiencing anthropogenic load // Development and registration of medicines. 2018. No. 2 (23). P. 120-123.
5. Zhuikova T.V., Zinnatova I.R. The accumulating ability of plants in conditions of technogenic soil pollution // Volga Ecological Journal. 2014. No. 2. P. 196-207.
6. Karachevskaya E.V. Development of medicinal plant growing in the context of global globalization // Problems of economics: collection of scientific papers. 2021. No. 1 (32). P. 33-43.
7. Methodological guidelines for the determination of heavy metals in the soils of farmland and crop production. Moscow: TSINAO, 1992. 61 p.
8. Olenina N.G., Mikheeva N.S., Krutikova N.M. Features of the "benefit/risk" examination of medicinal herbal preparations: analysis of registration dossiers // Vedomosti of the Scientific Center for the Examination of Medical Products. 2018. Vol. 8, No. 2. P. 84-91. doi: 10.30895/1991-2919-2018-8-2-84-91.
9. SanPiN 2.3.2.1078-01 "Hygienic requirements for the safety and nutritional value of food products". Approved 06.11.2001. 269 p.
10. Ecological Bulletin of the Don: On the state of the environment and natural resources of the Rostov region in 2019. Rostov-on-Don. 2020. p. 283.
11. Zhao Z.J., Nan Z.R., Wang Z.W., Yang Y.M., Shimizu M. Interaction between Cd and Pb in the soil-plant system: a case study of an arid oasis soil-cole system // J Arid Land. 2014. № 6 (1). P. 59–68. Doi: 10.1007/s40333-013-0194-7.

УДК 631.4

ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ ПОЧВ ПИРОГЕННЫХ ТЕРРИТОРИЙ НАЦИОНАЛЬНОГО ПАРКА "ЛАДОЖСКИЕ ШХЕРЫ" (РЕСПУБЛИКА КАРЕЛИЯ)

Е.Ю. Чебыкина, Т.И. Низамутдинов, Е.В. Абакумов

Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия

e-mail: e.chebykina@spbu.ru

Аннотация. В материалах представлено исследование закономерностей изменения морфологической организации и содержания тяжелых металлов и их миграции по почвенному профилю в процессе пиропедогенеза на примере пирогенных ландшафтов национального парка «Ладожские шхеры» (Республика Карелия).

Ключевые слова: лесные пожары, морфологическая организация, пирогенный признак, уплотнение, подстилка

Пожары вносят коренные изменения в лесные экосистемы. Согласно официальным данным, которые распространяет Рослесхоз, в среднем площадь лесных пожаров в России ежегодно составляет 2,5-3 млн га. Если учесть, что помимо нарушения экосистем пожары приводят к переводу лесов из стоков углерода в источники парниковых газов, то в будущем может возникнуть проблема выполнения международных соглашений и дополнительные экономические потери. По завершении пожара запускается пирогенная сукцессия [3], направленность, темпы и стадии которой различны и зависят от таких факторов, как климатические и микроклиматические условия, исходный тип растительного сообщества, степень повреждения древостоя и др. [4]. Пожары оказывают влияние на все компоненты ландшафта, но наиболее существенно – на почвенный и растительный покров. Для противодействия этому опасному явлению, разработки программ борьбы с лесными пожарами и их последствиями необходима научная основа, в том числе данные о состоянии почв и растительности после прохождения огня. Поэтому актуальность работ по изучению влияния пожаров на лесные экосистемы в последние годы значительно возрастает.

Для сосновых сообществ Ладожских шхер пожар опасен. Почвы сосновых лесов на скалистых островах и мысах Ладожских шхер маломощны. Во время низовых пожаров они в большей степени повреждаются огнем, чем в сосняках зеленомошных типов леса. Древостой в результате пожаров практически полностью погибает, и в дальнейшем активное восстановление лесных сообществ происходит за счет возобновления мелколиственных пород с небольшой примесью сосны обыкновенной [1]. Основной причиной пожаров на островах Ладожских шхер являются плохо затушенные костры. Надо обратить внимание, что наибольшей пожароопасностью отличаются леса ландшафтов с преобладанием сосновых местообитаний из групп озерных и озерно-ледниковых равнин, ледниковых и водно-ледниковых вытянутых холмов и холмов, созданных за счет движения подземных плит с обнаженной поверхностью кристаллического фундамента [2].

Для изучения пирогенных изменений в почвах Республики Карелия были выбраны два постпирогенных участка на территории Лахденпохского лесничества, которые горели в соответствии с данными Общества добровольных лесных пожарных в 2021 году.

Первый участок на материке, перед мостом у о. Корписаари (81 квартал Куркиекское участкового лесничества), ориентировочные координаты 61°15'3.79"N, 29°54'13.97"E. Площадь пожара 1,06 га. Второй участок за мостом у о. Корписаари (93 квартал Куркиекское участкового лесничества), 61°14'31.08"N,

29°55'25.94"E. Площадь пожара 1,1 га. В качестве контроля использовали негоревшие участки леса с таким же типом почв на значительном удалении от пирогенного воздействия. Для исследований последствий пирогенного воздействия на почву в ходе лесных пожаров, связанных с изменением её температурного режима, который во многом определяет ход почвообразовательных и лесовозобновительных процессов, на исследуемых участках были установлены автономные температурные логгеры «Термохрон», которые будут в течение года регистрировать температуру и влажность почвы на глубине 20 см. Поскольку именно на такой глубине температура почвы характеризует тепловое состояние всего корнеобитаемого слоя.

Беглый пожар на исследуемом участке возник в 2021 году и охватил весь нижний полог леса и ослабил некоторую часть древесных пород. Локальные участки гари низового пожара имеют небольшую площадь около 1 га. Интенсивность горения на участке исследования была низкой. Подстилочно-торфяные горизонты повреждены на всей площади гари, но в различной степени: в ряде локаций они обуглены, в других случаях – частично выжжены.

Почвы участка исследования представлены дерново-подбуром иллювиально-железистым на скальных породах (Entic Podzols). Профиль почвы контрольного участка выглядит так: АУ–BF–BC–С. Стоит отметить малую мощность профилей исследованных почв: всего 25-35 см (табл. 1). Такие маломощные почвы, сформировавшиеся на скалах, в силу своего расположения, они легко подвержены антропогенному воздействию: смыву с крутых склонов при повреждении техникой при лесозаготовительных работах, деградации при вытаптывании туристами, лесным пожарам. Восстанавливаются такие почвы очень долго.

Таблица 1

Морфологические особенности пирогенного воздействия на исследуемые почвы

Участок	Положение в рельефе	Изменение в подстилке	Мощность верхнего горизонта, см	Включения углей	Уплотнение верхних горизонтов	Влажность
После пожара	Вершина сельги	Полное выгорание	6	+	-	Влажный
После пожара	Вершина сельги	Полное выгорание, перенос материала вниз по склону	4	+	-	Влажный
Контроль	Вершина сельги	Не обнаружено	12	-	-	Сухой

Воздействию низового беглого пожара был подвержен верхний серогумусовый горизонт. Неравномерное воздействие огня привело к увеличению неоднородности в мощностях горизонтов (табл. 2). Верхний слой лесной подстилки и мохового охеса (обнаруженный в контрольной почве) полностью

сгорел на послепожарных участках, что привело к значительному снижению мощности серогумусового горизонта. Верхняя часть почв постпирогенной сукцессии представлена поверхностными гумусовыми горизонтами, сохраняющими следы пирогенного воздействия. Наличие углистых частиц визуально диагностируется на границе органогенного и альфегумусового горизонтов. В нижней части профиля почвы имеют типичное для подбуров строение. После пожаров наблюдается изменение гидрологического режима в сторону увлажнения серогумусовых горизонтов. Важнейшие деградационные явления после пожаров связаны с потерей гумуса, нарушением водного режима, включая заболачивание. В средней и нижней частях профиля изменению подверглись глубины и мощности генетических горизонтов (табл. 1,2). Мощность срединного альфегумусового горизонта ниже в почвах после пожаров, тогда, как мощность переходного к породе горизонта не изменяется. Данный факт также, как и в случае с почвами Новгородской области, вряд ли можно связать с пирогенным фактором, однако, вероятно, лесной пожар, который привел к уменьшению мощности верхнего серогумусового горизонта, тем самым это повлекло к относительному снижению мощности срединного горизонта.

Лесные пожары в настоящее время признаются одним из самых значительных факторов, определяющих активную миграцию химических элементов на земной поверхности. Среди пирогенных выбросов высокая роль принадлежит различным органическим и неорганическим соединениям, химическим элементам, включая тяжелые металлы, полициклические ароматические углеводороды (ПАУ) и радионуклиды, находившимся в почве, подстилке, коре и древесине деревьев. Поэтому в дальнейшем в рамках настоящего исследования также будет изучено влияние пожара на содержание тяжелых металлов в почвах и оценена временная динамика изменения свойств после пожаров.

Таблица 2

Средние значения глубин нижних границ генетических горизонтов (см) в послепожарных и фоновых почвах

Индекс горизонта	Генетический горизонт	Фоновая почва (1 разрез)		Послепожарные почвы (2 разреза)	
		Глубина, см	Мощность, см	Глубина, см	Мощность, см
АУ	Серогумусовый	0-12	12	-	0
АУруг	Серогумусовый пирогенный	-	0	0-4	4
ВF	Иллювиально-железистый	12-20	8	4-10	6
BC	Переходный к породе	20-35	15	10-25	15

Работа выполнена при поддержке Президента РФ для молодых кандидатов наук № МК-4596.2022.1.4.

Работа посвящена 300-летию Санкт-Петербургского государственного университета.

Литература

1. Ашик Е.В., Чубарова Ю.М., Ярмишко В.Т. Послепожарная динамика древостоев и подроста *Pinus Sylvestris* (*Pinaceae*) в условиях Ладожских шхер // Растительные ресурсы. 2015. Т. 51. №3. С. 384-396.
2. Волков А.Д., Шелехов А.М. Биогеоценотическая структура лесов различных типов ландшафта подзоны средней тайги: Петрозаводск, Структура и динамика лесных ландшафтов Карелии, 1985.
3. Гамова Н.С. Пирогенные смены лесной растительности центральной части Хамар-Дабана (Южное Прибайкалье) // Проблемы ботаники Южной Сибири и Монголии: сборник научных статей по материалам XIII международной научно-практической конференции, 20-23 октября 2014 г. Барнаул. С. 5559.
4. Certini G. Fire as a soil-forming factor // *Ambio*. 2014. V. 43. P. 191–195.

ECOLOGICAL SOILS STATE OF PYROGENIC TERRITORIES IN NATIONAL PARK "LADOGA SKERRIES" (REPUBLIC OF KARELIA)

E. Chebykina, T. Nizamutdinov, E. Abakumov
Saint Petersburg State University, Saint-Petersburg, Russia

Abstract. Materials present a study of changes regularities in morphological soil organization and heavy metals content and its migration within a soil profile during pyrogenic soil formation using the example of pyrogenic landscapes of national park "Ladoga Skerries" (Republic of Karelia).

Keywords: forest fires, morphological organization, pyrogenic character, compaction, litter

References

1. Ashik E.V., Chubarova Yu.M., Yarmishko V.T. Postfire dynamics of forest stands and undergrowth of *Pinus Sylvestris* (*Pinaceae*) at Ladoga skerries // *Plant Resources*. 2015. vol. 51. no. 3. P. 384-396.
2. Volkov A.D., Shelekhov A.M. Biogeocenotic structure of forests in various landscape types of the middle taiga subzone: Petrazovodsk, Structure and dynamics of forest landscapes in Karelia, 1985.
3. Gamova N.S. Pyrogenic changes in forest vegetation in the central part of Khamar-Daban (Southern Baikal region) // *Problems of Botany of Southern Siberia and Mongolia: collection of scientific papers based on the materials of the XIII International Scientific and Practical Conference, October 20-23, 2014* Barnaul. P. 5559.
4. Certini G. Fire as a soil-forming factor // *Ambio*. 2014. V. 43. P. 191–195.

УДК 631.445.4:631.433.3

НЕЙТРАЛИЗАЦИЯ ОПОДЗОЛЕННЫХ ЧЕРНОЗЕМОВ, ЗАГРЯЗНЕННЫХ ТЯЖЕЛЫМИ МЕТАЛЛАМИ

О.В. Черникова, Ю.А. Мажайский
Академия ФСИН России, Рязань, Россия
e-mail: chernikova_olga@inbox.ru

Аннотация. Изучено влияние систем удобрений на эмиссию углекислого газа оподзоленных черноземов, загрязненных повышенным уровнем тяжелых металлов. Показано, что максимальное увеличение отмечается в вариантах с использованием органо-минеральной системы и при применении суперфосфата 240 кг/га на четыре года при ежегодном использовании НК.

Ключевые слова: чернозем оподзоленный, тяжелые металлы, эмиссия CO₂, детоксикация, системы удобрений.

Почвенный воздух имеет большое значение для почвенных процессов и роста растений. Он участвует в химических и биологических процессах, протекающих в почве, оказывает влияние на окислительно-восстановительные условия в почве, ее реакцию и растворимость химических компонентов. В результате биологических процессов в почве поглощается кислород и выделяется углекислый газ [4].

В продуцировании углекислого газа почвой решающая роль принадлежит биологическим факторам. Жизнедеятельность микроорганизмов в почве связана с окислением связанного углерода до CO_2 . Количество продуцированного при этом CO_2 зависит от количества организмов и интенсивности их обмена веществ. Поэтому изменения в интенсивности выделения CO_2 из почвы или в содержании CO_2 в почвенном воздухе дают представления о масштабе деятельности почвенных микроорганизмов, характеризуют биологические процессы в почве. Вследствие этого дыхание – один из показателей биологической активности почвы, ее плодородия и эффективности агрохимических приемов.

Каждому сочетанию почвенных и климатических условий соответствует ценоз микроорганизмов. Среди основных факторов, влияющих на почвенное микробное сообщество, возможно, отнести кислотно-основные свойства почв (величина pH), содержание в ней органического вещества и действие техногенных нагрузок. С увеличением антропогенной нагрузки в звене залежь – пар – пашня происходило снижение эмиссии CO_2 , дегидрогеназной активности и общей численности микроорганизмов [1,2].

Моделирование повышенного комплексного уровня загрязнения почвы (Pb – 40 мг/кг, Cd – 0,6 мг/кг, Zn – 110 мг/кг, Cu – 90 мг/кг) было выполнено с помощью донесения в почву. При этом использовались химически чистые соли: $\text{Zn}(\text{CH}_3\text{COO})_2 \times 2\text{H}_2\text{O}$; $\text{CuSO}_4 \times 5\text{H}_2\text{O}$; $\text{Pb}(\text{CH}_3\text{COO})_2$; CdSO_4 . В опыте по изучали системы удобрений: органическая (навоз КРС), органо-минеральная и минеральная, согласно которой суперфосфат двойной использовался периодически и ежегодно повышенными дозами. Для чернозема оподзоленного тяжелосуглинистого принята норма навоза 100 т/га.

Определение активности эмиссии CO_2 из почвы методами газовой хроматографии в полевых и лабораторных условиях наряду с другими (ферментативной активности почвы, скорости разложения вносимых субстратов и др.) является простым и чувствительным методом определения интенсивности биологических процессов [3,5,6].

Проведенные нами исследования показали, что в условиях загрязнения почвы тяжелыми металлами при показателях близкой к нейтральной реакции среды ее почвенного раствора применение разработанных систем удобрений математически достоверные различия в значениях актуальной эмиссии CO_2 существуют между всеми вариантами опыта.

Выделение CO_2 из почвы в атмосферу в вариантах исследований составило 9,94 – 11,44 мкмоль CO_2 /г час (табл.). В целом по количеству выделяемого CO_2 системы удобрений можно сгруппировать в следующей последовательности: самый низкий показатель эмиссии CO_2 регистрировали в контрольном варианте (без удобрений) – 9,94 мкмоль CO_2 /г час и $\text{P}_2\text{N}_1\text{K}_1$ – 10,11 мкмоль CO_2 /г час, средний – варианты 2 и 6, что составило, соответственно 10,33 и 10,47 мкмоль

CO₂/г час, и высокий – варианты 3 и 5, значения которых составили 11,41 и 11,44 мкмоль CO₂/г час.

В загрязненной почве, без агрохимических мелиораций наблюдается угнетение микробоценоза за счет действия тяжелых металлов. Система удобрений, где использовалась доза фосфора 120 кг P₂O₅ на один гектар раз в два года, была недостаточной, чтобы снизить негативное влияние экотоксикантов. Изменения были в пределах НСР_{0,95} (+0,17).

Одинаковое максимальное увеличение активности дыхания почвенных микроорганизмов отмечается в варианте периодического использования навоза, дозой 100 т/га на фоне ежегодного применения N₁P₁K₁ и в варианте при применении суперфосфата P₂₄₀ на четыре года при ежегодном использовании азотных и калийных удобрений. Органо-минеральная и минеральная системы при периодическом способе внесения высоких доз фосфатов создают лучшие условия жизнедеятельности почвенным микроорганизмам. В результате этого эмиссия диоксида углерода на этих вариантах оказалась максимальной.

Отмечено, что после внесения фосфора существенно увеличивается общая биологическая активность, возрастает количество выделяемого CO₂. Его активность повышается с возрастанием дозы до P₂₄₀ и снижается при более высоких нормах.

Таблица

Влияние систем удобрений на активность эмиссии углекислого газа

№ варианта	Вариант опыта	№ повторности	Эмиссия CO ₂ в мкмоль CO ₂ /г час	Средний показатель	Изменение
1	Контроль	1	10,03	9,94	-
		2	9,97		
		3	9,94		
		4	9,82		
		5	9,95		
2	H ₁₀₀	1	10,22	10,33	0,39
		2	10,35		
		3	10,39		
		4	10,15		
		5	10,52		
3	H ₁₀₀ N ₁ P ₁ K ₁	1	11,65	11,41	1,47
		2	11,27		
		3	11,62		
		4	11,42		
		5	11,10		
4	P ₂ N ₁ K ₁	1	10,22	10,11	0,17
		2	10,08		
		3	10,12		
		4	10,11		
		5	10,03		
5	P ₄ N ₁ K ₁	1	11,46	11,44	1,50
		2	11,56		
		3	11,40,		
		4	11,45		
		5	11,35		
6	P _{2(с)} N ₁ K ₁	1	10,44	10,47	0,53
		2	10,37		
		3	10,33		
		4	10,54		
		5	10,66		

	Точность исследований	m=0,59 % НСР _{0,95} =0,19 мкмоль/г час
--	-----------------------	--

Вероятно поэтому использование органики (Н₁₀₀) или минеральных удобрений (Р_{2(е)}Н₁К₁) в чистом виде не привело еще к наиболее лучшему изменению качественного состава микробоценоза чернозема оподзоленного. И так, выделение углекислого газа из почвы в атмосферу в процессе диффузии зависит от продуцирования СО₂ почвой, ее физических, химических, микробиологических, гидротермических условий. Процесс диффузного газообмена выявил, что использование в качестве санации черноземов оподзоленных органо-минеральной (Н₁₀₀Н₁Р₁К₁) и минеральной (Р₄Н₁К₁) систем интенсифицирует микробиологические процессы в почве, а также улучшает биохимические процессы у растений.

Литература

1. Мажайский Ю.А., Черникова О.В. Микробиологическая активность оподзоленного чернозема, загрязненного тяжелыми металлами, при агрохимической санации // В сборнике: Мелиорация земель - неотъемлемая часть восстановления и развития АПК Нечерноземной зоны Российской Федерации. Материалы международной научно-практической конференции, 2019. С. 229-232.
2. Черникова О.В. Экологическое обоснование комплексных приемов реабилитации черноземов, загрязненных тяжелыми металлами (на примере рязанской области) / автореферат дис. ... кандидата биологических наук / Рос. гос. аграр. ун-т. Рязань, 2010. 24 с.
3. Черникова О.В., Мажайский Ю.А., Амплеева Л.Е. Изменение каталазной активности оподзоленного чернозема, загрязненного поллютантами, при его детоксикации // В сборнике: 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. Иркутск, 2021. С. 560-563.
4. Черникова О.В., Мажайский Ю.А., Давыдова И.Ю. Эмиссия СО₂ и микробоценоз чернозема, загрязненного при агрохимической мелиорации тяжелыми металлами // Плодородие, 2009. № 4 (49). С. 48-49.
5. Chernikova O., Mazhayskiy Y., Seregina T., Buryak S. Translocation of heavy metals and methods of their detoxification in podzolized chernozem // В сборнике: E3S Web of Conferences. Сер. "2020 International Conference on Building Energy Conservation, Thermal Safety and Environmental Pollution Control, ICBTE 2020" 2020. С. 01002.
6. Chernikova O., Mazhayskiy Y., Ampleeva L. Enzymatic activity of podzolized chernozem contaminated by pollutants during its detoxification // Agronomy Research. 2021. V. 19. № 2. P. 385-393.

NEUTRALIZATION OF PODZOLIZED CHERNOZEMS CONTAMINATED WITH HEAVY METALS

O.V. Chernikova, Yu. A. Mazhayskiy

THE ACADEMY OF THE FPS OF RUSSIA, Ryazan, Russia

Abstract. The influence of fertilizer systems on the carbon dioxide emission of podzolized chernozems contaminated with elevated levels of heavy metals has been studied. It is shown that the maximum increase is observed in the variants using the organo-mineral system and with the use of 240 kg/ha superphosphate for four years with the annual use of NK.

Keywords: podzolized chernozem, heavy metals, CO₂ emissions, detoxification, fertilizer systems.

References

1. Mazhaisky Yu. A., Chernikova O.V. Microbiological activity of podzolized chernozem contaminated with heavy metals during agrochemical sanitation // In the collection: Land reclamation is an integral part of the restoration and development of the agro-industrial complex of the non-chernozem zone of the Russian Federation. Materials of the International Scientific and Practical Conference, 2019. P. 229-232.
2. Chernikova O.V. Ecological justification of complex methods of rehabilitation of chernozems contaminated with heavy metals (on the example of the Ryazan region) / abstract of the dissertation of the Candidate of Biological Sciences / Russian State Agrarian University. Ryazan, 2010. 24 p.
3. Chernikova O.V., Mazhaisky Yu. A., Ampleeva L.E. Change in catalase activity of podzolized chernozem contaminated with pollutants during its detoxification // In the collection: Soil as a link between the functioning of natural and anthropogenic-transformed ecosystems. materials of the V International Scientific and Practical conference dedicated to the 90th anniversary of the Department of Soil Science and Assessment of Land Resources of the ISU and the Day of Baikal. Irkutsk, 2021. P. 560-563.
4. Chernikova O.V., Mazhaisky Yu. A., Davydova I. Yu. CO₂ emission and microbocenosis of chernozem contaminated with agrochemical melioration with heavy metals // Fertility. 2009. No. 4 (49). P. 48-49.
5. Chernikova O., Mazhaisky Y., Seregina T., Buryak S. Translocation of heavy metals and methods of their detoxification in podzolized chernozem // В сборнике: E3S Web of Conferences. Сер. "2020 International Conference on Building Energy Conservation, Thermal Safety and Environmental Pollution Control, ICBTE 2020" 2020. P. 01002.
6. Chernikova O., Mazhaiskiy Y., Ampleeva L. Enzymatic activity of podzolized chernozem contaminated by pollutants during its detoxification // Agronomy Research. 2021. V. 19. № 2. P. 385-393.

УДК 631.412

СИНХРОТРОННЫЕ МЕТОДЫ ДЛЯ ОЦЕНКИ ТРАНСФОРМАЦИИ НАНО- И МАКРОФОРМ РЬО В ПОЧВАХ И РАСТЕНИЯХ *HORDEUM SATIVUM*

В.А. Шуваева, Д.Г. Невидомская, М.В. Киричков, В.Г. Власенко, В.С.

Цицуашвили

Южный федеральный университет, Ростов-на-Дону, Россия

e-mail: dnevidomskaya@mail.ru

Аннотация. С использованием источника синхротронного излучения проведены рентгеновские исследования почвы и растений ярового ячменя, искусственно загрязненных в процессе модельного опыта макро- и наночастицами PbO. Установлена трансформация исходных соединений PbO по типу аквакомплексов $Pb^{2+}(H_2O)_n$, увеличивающих биодоступность Pb.

Ключевые слова: свинец, наночастицы, чернозем обыкновенный, загрязнение, спектроскопия рентгеновского поглощения.

Нанотехнологии – бурно развивающаяся область в 21 веке. Наноматериалы чрезвычайно малы по размеру и обладают большой площадью поверхности на единицу объема. Такие новые физические характеристики наноматериалов способствуют тому, что они имеют совершенно разные химические и биологические свойства отличные от соединений в макроформах [1]. Благодаря своим свойствам наноматериалы являются реакционноспособными и

каталитически активными. Для дальнейшего использования наноматериалов в коммерческих целях, необходимы исследования экотоксичности при взаимодействии наночастиц с биологическими и полидисперсными системами. Однако еще недостаточно накоплено и систематизировано информации о молекулярных механизмах, лежащих в основе фитотоксичности наночастиц в растениях, хотя попытки обобщения полученных данных предпринимаются [3]. Для решения подобных задач все чаще применяются уникальные высокотехнологичные методы, основанные на комплексной исследовательской инфраструктуре синхротронных центров [4]. Нарастающей тенденцией последних лет является переход к методикам, позволяющим изучать характеристики материалов с высоким разрешением в пространстве и времени.

Настоящее исследование посвящено изучению трансформации потенциально токсичной концентрации нано- и макроформ PbO в почве и растениях ярового ячменя (*Hordeum sativum* L.) на основе модельного эксперимента с искусственным загрязнением.

Загрязнение почвы проводилось в условиях модельного эксперимента. Для опыта по насыщению наночастицами и макроформами PbO был использован верхний слой (0-20 см) чернозема обыкновенного карбонатного целинного участка особо охраняемой природной территории (ООПТ) «Персиановская заповедная степь» (Ростовская область). На дно специальных пластиковых емкостей объемом 0,1 л укладывали слой фильтра в качестве дренажа. В емкости вносили почву, просеянную через сито 2 мм и смешивали с сухими оксидами Pb в форме макрооксидов и нанооксидов в единой дозе 2610 мг/кг, что соответствует экотоксичному уровню (90 фонов) содержания Pb в почве. Инкубация почвы происходила в течение полугода при комнатной температуре и естественном освещении. В почве постоянно поддерживали наименьшую полевую влагоемкость. На загрязненных вариантах почвы выращивали яровой ячмень (сорт «Ратник») до фазы кущения. Затем растения ячменя высушивали, измельчали и подвергали озолению в муфельной печи при температуре 650 °С, чтобы удалить все органические составляющие и оставить в образце только минеральные соединения.

Рентгеновские Pb L₃-края поглощения спектры почвенных и растительных образцов в твердом состоянии регистрировали в режиме флуоресценции, а соединений-стандартов – в режиме пропускания проводилось методом ближней тонкой структуры края – XANES на станции “Структурного материаловедения” в Курчатовском синхротронном центре [2]. Энергия электронного пучка, использованного в качестве источника рентгеновского синхротронного излучения – 2.5 ГэВ при токе 80–100 мА. Для монохроматизации рентгеновского излучения использовали двухкристальный Si(111) монохроматор. Обработку полученных

спектров поглощения осуществляли стандартными процедурами выделения фона, нормирования на величину скачка L_3 -края.

Анализ молекулярно-структурных данных показал, что спектры XANES очень чувствительны к электронному состоянию поглощающего атома и его локального окружения, поэтому любые изменения симметрии окружения влияют на спектры поглощения рентгеновских лучей. На рисунке 1 представлены нормированные XANES различных соединений свинца: PbO_2 , Pb_3O_4 , PbO , $Pb(NO_3)_2$, $PbCO_3$, $Pb(CH_3COO)_2$, $Pb(CH_3COO)_2 \cdot 3H_2O$, PbS , $PbCl_2$, в которых ионы Pb имеют как различную формальную степень окисления (II) или (IV), так и различный состав и строение ближайшего атомного окружения. Из рисунка 1а хорошо видны различия в XANES соединений, где Pb имеет различные степени окисления. Эти различия особенно отчетливо проявляются на соответствующих первых производных $d\mu/dE$ Pb L_3 -краев поглощения (рис. 1б). XANES образца $Pb^{4+}O_2$ (электронная конфигурация $[Xe]4f^{14}5d^{10}6s^0$) имеет ярко выраженную предкраевую особенность при 13031 эВ, соответствующую электронному переходу $2p \rightarrow 6s$. Эта особенность практически отсутствует в соединениях с Pb^{2+} (электронная конфигурация $[Xe]4f^{14}5d^{10}6s^2$), например, в XANES образца $Pb^{2+}O$, так как состояние $6s$ в этих соединениях заполнено и нет условий для дипольного электронного перехода. Присутствие плеча в этих соединениях Pb^{2+} при больших энергиях (E) около 13032 эВ связывают с переходом электрона с $2p$ на энергетический уровень, возникающий при гибридизации Pb $6s$, $6p$ и $6d$ орбиталей.

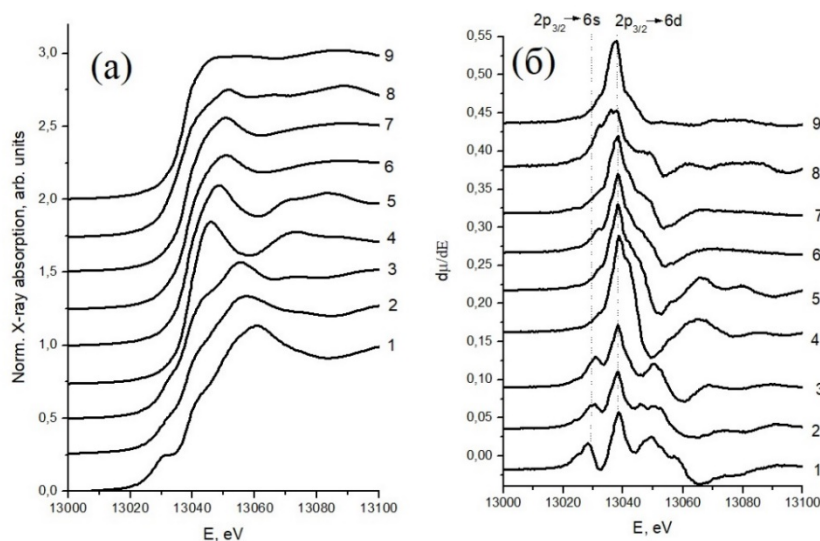


Рисунок 1. Нормированные XANES (а) и их первые производные $d\mu/dE$ (б) Pb L_3 краев поглощения соединений свинца: PbO_2 (1), Pb_3O_4 (2), PbO (3), $Pb(NO_3)_2$ (4), $PbCO_3$ (5), $Pb(CH_3COO)_2$ (6), $Pb(CH_3COO)_2 \cdot 3H_2O$ (7), PbS (8), $PbCl_2$ (9)

Кроме того, в тонкой структуре XANES свинецсодержащих соединений, особенно в положении и интенсивности главного максимума спектра поглощения наблюдаются значительные вариации, обусловленные различием вида атомов

ближайшего окружения. Так, интенсивность максимума спектра значительно падает для XANES PbS и PbCl₂ по сравнению с XANES кислородсодержащих соединений, что связано с различной степенью ковалентности этих атомов.

Нормированные спектры XANES соединений Pb, экспериментальных почвенных и растительных образцов после загрязнения макро- и наночастицами PbO представлены на рисунке 2. Анализ формы XANES и их первых производных dμ/dE показывает (рис. 2б), что во всех образцах ионы Pb находятся в двухвалентном состоянии. Установлены различия в спектрах XANES в составе исследуемых образцов. Выявлено, что структурные характеристики XANES спектров соединений наночастиц и макроформ PbO практически не отличаются от XANES PbO стандартного модельного образца. В спектрах XANES экспериментальных образцов почв и частей растений ячменя металл находится в состоянии наиболее близком к гидратированным соединениям свинца. При этом молекулярно-структурные данные спектров характеризуются высокими значениями координационного числа и дисперсией расстояний для ближайшей координационной сферы за счет локального окружения молекул воды. Анализ структурных данных показал трансформацию исходного оксида PbO и образования свинецсодержащих соединений по типу аквакомплексов Pb²⁺(H₂O)_n.

Была проведена линейная аппроксимация Pb L₃-краев поглощения соединений, которая выявила во всех растительных образцах присутствие содержания PbO, которое варьирует в зависимости от частей растений, составляя в корнях – от 41% до 29% и в листьях от 14% до 4%.

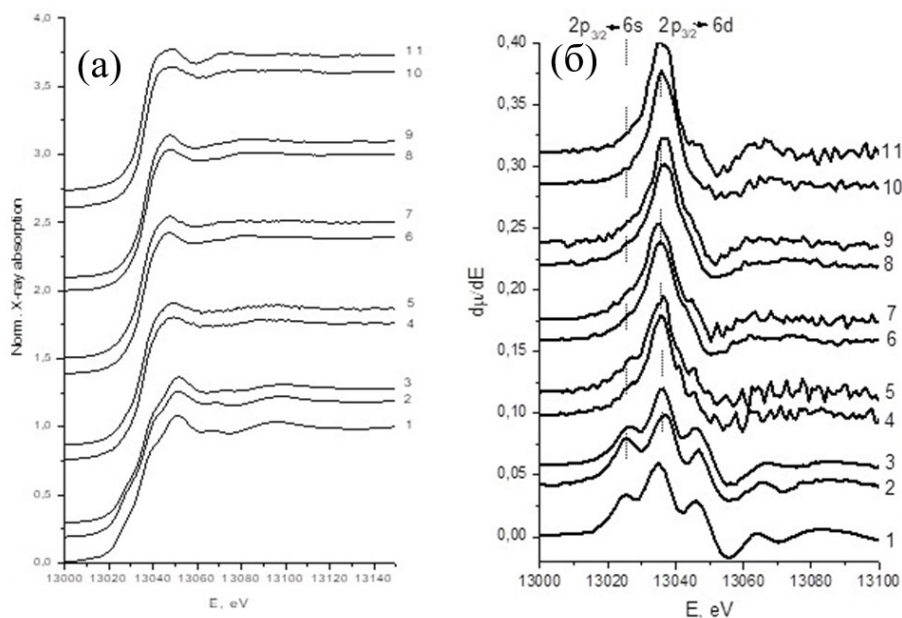


Рисунок 2. Нормированные спектры XANES (а) и их первые производные dμ/dE (б) Pb L₃-краев поглощения соединений свинца: PbO стандарт-модель (1), нано-PbO (2), макро-PbO (3), нано-PbO+почва (4), макро-PbO+почва (5), нано-PbO+корни ячменя (6), макро-PbO+корни ячменя (7), нано-PbO+стебель ячменя (8), макро-PbO+стебель ячменя (9), нано-PbO+листья ячменя (10), макро-PbO+листья ячменя (11)

Таким образом, анализ структурных данных показал наличие в тканях растений ячменя исходных соединений оксидов PbO, а также высокие значения дисперсии локальных расстояний атомов ближайших координационных сфер вокруг поглощающего атома Pb показал различную трансформацию исходного оксида PbO и образования свинецсодержащих соединений по типу аквакомплексов $Pb^{2+}(H_2O)_n$.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ (проект № 21-77-20089) Южного федерального университета.

Литература

1. Burachevskaya M., Minkina T., Mandzhieva S., Bauer T., Nevidomskaya D., Shuvaeva V., Sushkova S., Kizilkaya R., Gülser C., Rajput V. Transformation of copper oxide and copper oxide nanoparticles in the soil and their accumulation by *Hordeum sativum* // Environmental Geochemistry and Health. 2021. Vol. 43. P. 1655-1672.
2. Chernyshov A.A., Vegizhanin A.A., Zubavichus Y.V. Structural materials science end-station at the Kurchatov synchrotron radiation source: Recent instrumentation upgrades and experimental results // Nuclear Instruments and Methods in Physics Research. 2009. Vol. 603. P. 95-98.
3. Madanayake N.H., Nadeesh M.A. Phytotoxicity of Nanomaterials in Agriculture // The Open Biotechnology Journal. 2021. Vol. 15. Is. 1. P. 109-118.
4. Singh B., Grafe M. (Eds.), Synchrotron-Based Techniques in Soils and Sediment. Elsevier Science, 2010. 480 p.

SYNCHROTRON METHODS FOR THE EVALUATION OF THE TRANSFORMATION OF PbO NANO- AND MACROFORM IN SOILS AND PLANTS OF HORDEUM SATIVUM

V.A. Shuvaeva, D.G. Nevidomskaya, M.V. Kirichkov, V.G. Vlasenko, V.S. Tsitsuashvili

Southern Federal University, Rostov-on-Don, Russia

Abstract. Using a synchrotron radiation source, X-ray studies of soil and spring barley spring barley plants artificially contaminated with macro- and nanoforms of PbO during the modeling experiment were carried out. The transformation of the initial PbO compounds according to the type $Pb^{2+}(H_2O)_n$ aquacomplexes, which increase the bioavailability of Pb, was established.

Keywords: lead, nanoparticles, ordinary chernozem, pollution, X-ray absorption spectroscopy.

UDC 504.53

METHODS OF CLEANING THE AZERBAIJANI SHORES OF THE CASPIAN SEA FROM OIL

L.A. Guliyeva

Baku State University, Baku, Azerbaijan

e-mail: lemanezizli2016@gmail.com

Abstract. In this article, the damage caused to the marine ecosystem as a result of direct spillage of oil, the consequences of this pollution and the solutions are mentioned. The process of cleaning oil located on the surface of the sea, the preventive measures necessary to prevent such situations are reflected in the article.

Keywords: Oil spill, Caspian Sea, cleaning, destruction, recovery, methods.

Introduction. In recent years, as the sphere of marine developed, some side effects of this development started to show themselves as the time passed by. While technological advancements got better, some issues are still preserving their residence. One of the major issues which was the result of this, is oil spill. Oil spill may cause to plenty of issues, which damage ecosystem. As a result of destructive human activity, marine ecosystem gets the most of the damage. One thing that must be mentioned is that, the sea basin will be polluted with the oil if the seashore countries have access to the oil source and output from there.

The Caspian Sea is one of the world's largest sources for its hydrocarbon resources. This abundance establishes a really good potential for the coast countries. As a country located in the shore of Caspian Sea, Azerbaijan also uses the oil fields such as "Azeri", "Chirag" and "Gunashli" in order to extract oil. While these processes are happening, environmental conditions must be taken into consideration in order to not causing deterioration in the water area.

For more than fifty years, the agriculture, resort and recreation areas, land fund and transport & communication framework which are located on the 825 kilometers coastline of the Sea have been enduring gigantic harms [1].

Besides the fluctuations and rapid changes in the level of the Caspian Sea, issues related to pollution are on the agenda of the current period. Exploitation of gas and oil wells onshore and offshore parts is one of the main sources of pollution of the Caspian Sea. The pollution of sea basin has caused a great tensivity in the ecological conditions of the Caspian Sea, and created an ecological crisis in a number of its coastal regions.

Additionally, excessive pollution of the sea with the oil, formulated the destructive motives for the marine flora and fauna. Notwithstanding the fact that decomposition disrupts the aeration process, the ecological crisis is actual and still eventuates in some areas of the Republic of Azerbaijan, including Baku and Sumgait cities.

Defilement of the sea waters also caused to extinction of the sturgeon fish and Khazar Otters. These two kinds of fishes are endangered species, therefore the gene pool of these fish are strictly protected [2].

Methods. The process of readjustment and recovery is not as easy as it seems as it depends on the level of evaporation, the type of the oil and so on [3]. In order to stop the Sea basin from pollution, some strict measures have to be taken. Geophysical flow directions, ecological conditions, complex chemical forms, turbulence engineering constraints and other factors that may create an obstacle for the enhancement must be considered [4].

As this process requires financial support, alternatives for the method used. Untill the 1960s, manual method, which was consisted of putting straw on the oil-spilled area and waiting for the straw to soak the oil and then collecting them was used [5]. However, in the modern period, there are some ways for the cleanup, which may be effective especially for the Caspian Sea basin. First of all, all of the oil in the Caspian Sea may be

cleaned with the help of advanced technologies. Mentioning the fact that Azerbaijan has signed the “Contract of the century” in 1994, it was agreed to establishing working procedure of the equipments on the Caspian Sea, aimed to preventing the pollution. Cultivating engineers for the usage of these types of machines is a notably positive situation in this case. The usage of oil containment systems would be beneficial for the areas in the Caspian Sea which are polluted due to oil spill. By using this method, it will be available to collect and store the amount of the oil that is spilled rather than creating blockade on the surface of the sea.

During the cleanup process, yet another method that may be used is bioremediation of oil spills. Even though oil containment system works faster than the bioremediation process, this procedure is less expensive and creates results as good as the containment machines. By using this approach, the oil in the surface of the Caspian Sea may be degraded by using microorganisms such as *Alcanivorax* bacteria [6] or *Methylocella silvestris* [7]. To get to the result faster than wanted, the usage of bioremediation accelerators are appropriate.

Suggestions. Some scientists may advise controlling burning method for the limitation process, however, practicing this method is not very recommended. The main reason behind this is this way must be done only in the condition of low wind as it may cause the huge amount of air pollution and the scale of the fire may be ignited if strong wind occurs. If we decide to use this method for the cleanup and the recovery, it will create a big threat, as the polluted areas are the areas where the speed of the wind may be higher than the requirement. Strong winds are always observed in the Caspian waters. Even a few years ago, during the fire that broke out at the oil pier in the Caspian Sea, due to a strong explosion, the wind created major obstacles for the quick termination of the new one. In addition, oil has been extracted from the so-called “Neft Dashlari” in the Caspian Basin for many years. The technological equipment installed in that area does not meet modern requirements. For this reason, it would be better to replace the technological equipment in the oil fields with modern equipment in order to prevent the leakage of oil waste into the Caspian Sea in the future [10].

Just like the burning method, working with oil skimmer is not very good choice for the cleaning the oil in the Azerbaijan coast, as using oil skimmer requires calm water at all times. Sudden change in the weather may lead to the extreme wavy conditions in nature of the sea [8].

Conclusion. As a matter of fact, in some cases, oil spill may appear because of not establishing prophylactic measures. One of the most important things to always pay attention is the strength, sustainability and the duration timeline of the oil pipelines. In order to prevent oil spills that harm the ecosystem, flora and fauna, it is necessary to immediately restore the corroded parts of the oil pipelines that have been in operation for many years, and replace the non-working parts with new working devices and mechanisms. Since the pollution of the Caspian Sea and the surrounding areas in

general with oil and oil waste is one of the important factors that lead to global climate, flora and fauna changes, this area should always be in the center of attention [9].

No matter how important oil is for the economy of Azerbaijan, it is advisable to direct a certain part of the revenues from oil to this area in order to prevent oil pollution of the Caspian Sea, and to spend it for future generations in order to protect the ecological balance of the Caspian Sea as a whole.

References

1. CEP. National Action Programme on Enhancement of the Environment of the Caspian Sea 2003-2012 of the Republic of Kazakhstan, Ministry of the Environmental Protection. Aktau, 2003. P. 28-44.
2. CEP. Study and Survey Project to Determine the Fluxes of Major Contaminants from the Kura to Caspian Sea (Mingechaur Reservoir to Kura River Delta), Final Report of the project Ref.Rer/03/G31(00034997). Ecological Society "Ruzgar" Baku. Baku 2005. P. 15.
3. CEP. Development of Caspian Coastal Sites Inventory (CCSI) and identification of areas of special importance and/or sensitivity within an ecosystem approach and framework. Ground Truthing Report. USA, 2006. P.1-2.
4. EIA. Caspian Sea Region: Survey of Key Oil and Gas Statistics and Forecasts. 2006. P. 22-29.
5. Luk'yanenko V.I., Vasil'ev A.S., Luk'yanenko V.V., Khabarov M.V. Lagrangian model of oil spill propagation at sea // Journal of Applied Ichthyology. 2007. №15. P. 100-102.
6. Holleman M. The Lingering Lessons of the Exxon Valdez Spill. Alaska. 2004. P. 1-4.
7. Galt J.A., Payton D.L. On the increasing populations and urgent measures required to save them Spill Science & Technology Bulletin. 1999. V. 5. Is. 1. P. 331-336.
8. Rosen M. Oil on the waters. Notebook-50 years ago // Science News. 1872. Vol. 202. № 7. P. 4.
9. Kasai Y., Kishira H., Sasaki T., Shutsabo K. Predominant Growth of Alcanivorax Strains in Oil-contaminated and Nutrient-supplemented Sea Water // Environmental Microbiology. 2002. P.141-147.
10. Raed S. A.Oil and natural gas eating bacteria to clear-up spills. International // Journal of Bacteriology. 2014. P.1-2.

МЕТОДЫ ОЧИСТКИ АЗЕРБАЙДЖАНСКИХ БЕРЕГОВ КАСПИЙСКОГО МОРЯ ОТ НЕФТИ

Л.А. Гулиева

Бакинский Государственный Университет, Баку, Азербайджан

Аннотация. В данной статье упоминается ущерб, наносимый морской экосистеме в результате прямого разлива нефти, последствия этого загрязнения и пути решения. В статье отражен процесс очистки нефти, находящейся на поверхности моря, профилактические меры, необходимые для предотвращения подобных ситуаций.

Ключевые слова: разлив нефти, Каспийское море, очистка, уничтожение, восстановление, методы.

**СЕКЦИЯ 7. ФИЛОСОФИЯ, ИСТОРИЯ И СОЦИОЛОГИЯ
ПОЧВОВЕДЕНИЯ, МЕЖДУНАРОДНОЕ СОТРУДНИЧЕСТВО**

**SECTION 7. PHILOSOPHY, HISTORY, SOCIOLOGY OF SOIL SCIENCE,
INTERNATIONAL COOPERATION**

УДК 631.4

**В.В. ДОКУЧАЕВ: ВКЛАД ОСНОВОПОЛОЖНИКА ПОЧВОВЕДЕНИЯ В
МИНЕРАЛОГИЮ**

Г.В. Бархударова, С.Ю. Янсон, В.Г. Кривовичев

СПбГУ, Санкт-Петербург, Россия

e-mail: ghalina.barkhudarova@mail.ru

Аннотация. В.В. Докучаев (1846–1903) – выдающийся русский почвовед, геолог и минералог. Биографы Докучаева часто игнорируют факт, что он был профессором и заведующим кафедрой минералогии (1881–1897) Петербургского университета. Он преподавал кристаллографию и минералогию в течение 17 лет и заложил основы нового научного направления в минералогии – генетической или динамической минералогии.

Ключевые слова: генетическая минералогия, почва, почвоведение, история науки

Имя Василия Васильевича Докучаева (01.03.1846–08.11.1903) известно во всем мире. Каждый школьник знает его как основоположника школы научного почвоведения и географии почв. Им открыты основные закономерности генезиса почв и их образования как самостоятельных природных тел. Разработаны основы научного почвоведения, которые отражены в капитальном научном труде «Русский чернозем» (Докучаев, 1883 г.). Его учение и взгляды были признаны: на всемирной выставке в Париже (1900 г) русский отдел почвоведения получил высшую награду «гран-при» за составленные Почвенные карты и коллекции, а составители – золотые медали. Его дело продолжили многочисленные ученики и «докучаевская» школа жива.

Именем В. В. Докучаева названы институты, научные общества, населенные пункты, установлены памятники... Его работы отражены в экспозиции Центрального музея почвоведения им. В. В. Докучаева в С-Петербурге. Множество литературы написано о жизни и творчестве этого человека. Но только единичные статьи упоминают о том, что В.В. Докучаев в течение 17 лет был заведующим кафедрой минералогии (1881–1897). Памятная табличка на двери, за которой почти 200 лет просуществовала кафедра минералогии – старейшая кафедра университета, увековечено имя ученого (рис. 1).



Рисунок 1. Мемориальная табличка на двери кафедры минералогии. Главное здание СПбГУ



Рисунок 2. Обложка лекций В.В. Докучаева и С.Ф. Глинка краткого курса минералогии

Научная деятельность ученого были тесно связаны с Санкт-Петербургским императорским университетом. Закончив с отличными оценками в 1867 году Смоленскую духовную семинарию, В.В. Докучаев был направлен за казенный счет в С.-Петербургскую духовную академию. Но в сентябре того же 1867 года он поступает в С.-Петербургский университет на естественное отделение физико-математического факультета. В то время в университете был прекрасный профессорский состав: это и Д.И. Менделеев, создатель периодической системы химических элементов, и химик Н.А. Меншуткин, физиолог И.М. Сеченов и основатель петербургской геологической школы А.А. Иностранцев, создатель теории химического строения органического вещества А.М. Бутлеров и многие другие выдающиеся ученые.

Выбирая тему диссертации, Докучаев обратился к своему учителю, выдающемуся педагогу, заведующему кафедрой минералогии Платону Алексеевичу Пузыревскому. Он и определил направление работы, посоветовав своему ученику исследовать русло реки, протекавшей в окрестностях родного села Докучаева – Малюково. Студенту следовало записывать все, что увидит и привезти образцы. С этой работы началась *геологическая* карьера будущего ученого. В отчете о деятельности университета за 1870 г. были отмечены работы студентов, выполненные под руководством профессора П.А. Пузыревского и одна из них – В.В. Докучаева. Из того же отчета известно, что под патронажем другого выдающегося ученого, геолога, петрографа и палеонтолога Александра Александровича Иностранцева, студент В.В. Докучаев в геологическом кабинете занимался палеонтологической разработкой окаменелостей г. Москвы. Так Василий Васильевич начал активно заниматься научно-исследовательской работой в области геологии.

Успешно закончив университет в 1871 году со степенью кандидата естественных наук В.В. Докучаев по приглашению А.А. Иностранцева становится консерватором геологического кабинета. 8 лет он занимается геологическим исследованием рек бассейна р. Волги – Вазузы, Гжати, Сежи и Лосьминки. Изучает верховья Днепра и Западной Двины. Целый ряд опубликованных работ отражает результаты этих исследований. А монография о способах образования речных долин

Европейской России была представлена к защите в качестве магистерской диссертации в 1878 году. Параллельно с геологической работой, с осени 1875 года В.В. Докучаев начинает заниматься работой по изучению почв – он приглашен принять участие в составлении почвенной карты Европейской России. Работа будет высоко оценена на Парижской выставке, о чем говорилось выше.

Сентябрь 1880 года: В.В. Докучаев оставляет должность консерватора геологического кабинета и переходит на кафедру минералогии. В учебном 1880–1881 году магистр В.В. Докучаев читает общий курс минералогии для студентов 1, 2 и 3 курсов по 4 лекции в неделю. 12 октября 1881 года советом университета он избран штатным доцентом и заведующим кафедрой минералогии. В 1883 году В.В. Докучаев с большим успехом защитил работу о русском черноземе, представленную в качестве докторской диссертации, и получил степень доктора, *минералогии и геогнозии*. А 30 января 1884 года его избирают экстраординарным профессором и заведующим кафедрой минералогии. С этого времени в течение 17 лет и Василий Васильевич преподавал кристаллографию и минералогию. Лекции по этим дисциплинам опубликованы в 1881, 1884, 1885, 1888, 1891 годах и представляют собой фактически учебники по курсу минералогии (рис. 2).

В XIX веке и в России, и за рубежом минералогия оставалась описательной наукой. Кристаллография входила в ее состав, занимая при этом доминирующее положение. Длинный перечень кристаллических форм, внешних признаков и физических свойств минералов были довольно утомительны для слушателей. В.В. Докучаев решил разрушить стереотипы. Он кардинально перестраивает курс лекций, перейдя от описательной минералогии к генетической. Василий Васильевич предлагает анализировать процессы зарождения минералов, их существования, изменения и разрушения. Студенты изучают минералы комплексно, начиная с химизма, свойств и внутреннего строения и кончая геологическими условиями их образования в природе. Лекции В.В. Докучаева не были скучны, успех объяснялся и ораторским талантом преподавателя – речь его была ясная, кристаллически точная, меткая и образная. В своих взглядах В.В. Докучаев, опережая свое время, близко подошел к современному представлению минералогии как науки.

Используя результаты экспериментальных исследований, В.В. Докучаев подчеркивает специфику природных процессов: *“Большинство из вышеприведенных способов искусственного получения кристаллов представляет, можно сказать, простую копию с тех процессов, которые совершаются и в природе, с той существенной разницею, что лаборатория природы не стеснена условиями времени, пространства, температуры и давления. Очевидно, при этом и результаты должны получаться несравненно большие”*.

Таким образом, он сумел заложить основы нового научного направления в минералогии – генетическую или динамическую минералогию. За вклад в минералогическую науку в 1890 г. В.В. Докучаев был избран Почетным членом

Императорского Санкт-Петербургского минералогического общества (ныне Российское Минералогическое общество).

Следует отметить, что с приходом В.В. Докучаева на кафедру минералогии, ожила деятельность самой кафедры и химической лаборатории. К концу 1882–1883 учебного года штат был полностью укомплектован. Консерваторы С.Ф. Глинка, П.А. Земятченский и оставленный при университете Н.П. Сибирцев, были помощниками В.В. Докучаева. В лаборатории стали работать студенты. Впервые организована студенческая научно-исследовательская работа, наиболее удачные результаты которой печатались в единственном в своем роде издании «Материалы по изучению русских почв».

Очень большое значение Докучаев придавал коллекциям как демонстративному материалу. При его содействии и участии минералогический кабинет университета обогатился новыми образцами минералов, благодаря чему, как отмечается в отчете университета за 1883 г., *“успехи студентов были более удовлетворительными”*. Появилось много студентов, работающих в почвоведческом направлении, а также было приобретено оборудование для этих исследований. В.В. Докучаев просматривал связи между минералом и окружающей материальной средой в почвенных образованиях, формирующихся в разных условиях и на разном геологическом субстрате. Он указывал на то, что для познания генезиса почв, необходимо изучить их минералогию: определить свойства минералов и продукты их изменения. Идеи о почвах, образующихся в результате сложных и динамически развивающихся процессов в системе минерал (горная порода) – органическая среда, были развиты В.В. Докучаевым и привели его к созданию научного почвоведения.

За годы работы на кафедре минералогии В.В. Докучаев воспитал плеяду блестящих ученых, одним из которых был выпускник кафедры минералогии академик В.И. Вернадский. Он развил идеи В.В. Докучаева о связи живой и неживой природы и духовным миром человека в своем учении о биосфере и особенно, ноосфере. Основные черты научного мировоззрения В.И. Вернадский, П.А. Земятченский (заведующий кафедрой минералогии после В.В. Докучаева) и другие получили именно за годы учебы на кафедре минералогии.

В.И. Вернадский, говорил про своего учителя, что главным было умение Василия Васильевича группировать вокруг себя учеников, организовывать коллективную работу и возбуждать научную мысль. Вокруг него стала концентрироваться талантливая молодежь и появились многочисленные ученики, в дальнейшем положившие начало новым научным школам и в минералогии, и в почвоведении. *“Это была крупная, своеобразная фигура, резко выделявшаяся на фоне бледной русской общественности; всякий раз кто с ним сталкивался, чувствовал влияние и сознавал силу его своеобразной индивидуальности. В истории естествознания в России в течении XIX века немного найдется людей, которые могли бы быть поставлены наряду с ним по влиянию, какое они*

оказывали на ход научной работы, по глубине и оригинальности их обобщающей мысли” [1].

Выдающийся минералог профессор А.А. Кухаренко заведующий кафедрой минералогии ЛГУ (1961–1987) высоко оценил содержание лекций В.В. Докучаева: “В лекциях В.В. Докучаева по курсу минералогии разрозненные собрания минералов превращались в стройную систему природных соединений, возникающих в закономерной зависимости от условий окружающей геологической среды. Наиболее отчетливо эти связи между минералом и окружающей материальной средой В.В. Докучаев усматривал в почвенных образованиях, формирующихся в разных условиях и на разном геологическом субстрате” [4].

В честь Василия Васильевича Докучаева назван новый минеральный вид — **докучаевит** — открытый на Камчатке в отложениях фумарол вулкана Толбачик учеными Института наук о Земле Санкт-Петербургского университета, выпускниками кафедр минералогии и кристаллографии [5].

Литература

1. Вернадский. В.И. Страница из истории почвоведения: (Памяти В.В. Докучаева) // Научное слово. 1904. № 6. С. 5–26.
2. Кривовичев. В.Г. В.В. Докучаев как минералог (к 175-летию со дня рождения) // Записки РМО. 2021. Ч. CL. № 3. С. 130–140.
3. Курбатов С.М. История кафедры минералогии Ленинградского государственного университета. Л.: Изд-во Ленингр. ун-та, 1972. 88 с.
4. Кухаренко А.А. Кафедра минералогии. Геологический факультет Ленинградского университета. Л.: Изд-во Ленингр. ун-та, 1969. 192 с.

V.V. DOKUCHAEV: CONTRIBUTION THE FOUNDER OF SOIL SCIENCE IN MINERALOGY

G.V. Barkhudarova, S.Yu. Yanson, V.G. Krivovichev
S-Petersburg State University, S-Petersburg, Russia

Abstract. V.V. Dokuchaev (1846–1903) – an outstanding Russian soil scientist, geologist and mineralogist. Dokuchaev’s biographers often ignores the fact that he was a professor and head of the Department of Mineralogy (1881–1897) at St. Petersburg University. He taught crystallography and mineralogy for 17 years and managed to lay the foundations of a new scientific direction in mineralogy — genetic or dynamic mineralogy.

Keywords: genetic mineralogy, soil, soil science, history of science.

References

1. Vernadsky V.I. Page from the history of Soil science (In memory of V.V. Dokuchaev) // Nauchnoe slovo. 1904. P. 5–26
2. Krivovichev V.G. V.V. Dokuchaev as a mineralogist (on the 175th Anniversary). Zapiski VMO. 2021. Vol. CL. No 3. P. 130–140
3. Kurbatov S.M. History of the Department of Mineralogy of the Leningrad State University. Leningrad: Leningrad University Press, 1972. 88 p.
4. Kukharenko A.A. Department of Mineralogy. In Faculty of Geology, Leningrad University. Leningrad: Leningrad University Press, 1969. 192 p.

**ИСТОРИЯ И РАЗВИТИЕ КАБИНЕТА ГЕОЛОГИИ КАФЕДРЫ
ПОЧВОВЕДЕНИЯ ПЕРМСКОГО ГАТУ**

А.А. Васильев, М.Н. Власов

ФГБОУ ВО Пермский ГАТУ, Пермь, Россия

e-mail: a.a.vasilev@list.ru

Аннотация. Статья рассматривает значение учебного кабинета геологии и образовательный потенциал его коллекций в формировании естественно-научного мировоззрения и учебно-исследовательской деятельности обучающихся. Описаны история и перспективы развития кабинета. Охарактеризованы минералогическая, петрографическая и палеонтологическая выставочные экспозиции.

Ключевые слова: учебный кабинет геологии, обучающиеся, геологические коллекции, университетское образование, экскурсии, учебные практики.

Введение. Знания науки почвоведение базируются на дисциплине геология. Состав и свойства минералого-петрографического комплекса оказывают большое влияние на плодородие почвы, поэтому знание входящих в его состав компонентов совершенно необходимо. Изучением вопросов образования, состава и свойств минералов и пород занимается геология. Преподавание науки геология невозможно без демонстрации в аудитории геологических образцов. Полноценно дополнить восприятие учебной информации позволяют экспонаты геологического кабинета. Минералы и горные породы становятся предметом изучения при аудиторной подготовке будущих специалистов [1, 2]. Кафедра почвоведения Пермского ГАТУ располагает учебным кабинетом геологии, обеспечивающим организационно-методическое сопровождение учебно-исследовательского процесса и самостоятельной работы обучающихся. Развитие материально-технической базы кабинета геологии, формирование и совершенствование минералого-петрографических и палеонтологических коллекций, обладающих большой научно-образовательной значимостью, является актуальной задачей при повышении геологической грамотности обучающихся для формирования основ экологического и культурно-эстетического воспитания.

Цель: раскрыть историю, значение и путь развития кабинета геологии кафедры почвоведения Пермского ГАТУ.

Кафедра почвоведения факультета почвоведения, агрохимии, экологии и товароведения Пермского государственного аграрно-технологического университета имени академика Д.Н. Прянишникова располагает кабинетом геологии. В фонде кабинета собраны учебные систематические и тематические коллекции кристаллов минералов, минеральных агрегатов, горных и почвообразующих пород, агрономических руд, а также палеонтологических окаменелостей. В кабинете представлены картографическая, фотографическая документация, плакаты, схемы, тренировочные минералогические и петрографические стенды, учебно-методическая

и научная геологическая литература. Экспозиция насчитывает свыше 400 единиц хранения минералов и горных пород. Образцы были отобраны с месторождений Пермского края, Урала, Поволжья, Карелии, Кавказа, Сибири, а также Казахстана, Грузии, Армении, Азербайджана, Украины, Белоруссии, Финляндии и других стран. Образцы почвообразующих пород собраны в Пермском крае, Казахстане, Прибалтике, Украине.

История кабинета геологии Пермского ГАТУ тесно связана с историей Пермского университета. Первый заведующий кафедрой почвоведения (1924-1931) профессор Василий Васильевич Никитин, за годы обучения (1906-1911) в стенах Московского СХИ получил основательную теоретическую подготовку по геологии, минералогии, кристаллографии под руководством профессора Я. В. Самойлова. Профессиональная деятельность В. В. Никитина в 1909-1924 гг. была тесно связана не только с почвоведением, но и с четвертичной геологией, гидрогеологией, грунтоведением. Во время работы в составе экспедиций по изучению естественно-исторических условий Пензенской и Черниговской губерний, В. В. Никитин проводил исследования почвенного покрова и геологических особенностях этих территорий Российской империи в тесном сотрудничестве с такими, в то время ещё только начинающими свою профессиональную деятельность геологами, как Г. Ф. Мирчинк, Г. С. Буренин, О. К. Ланге, А. В. Рошковский, А. В. Красовский. Руководил геологическими работами в этих экспедициях А. Д. Архангельский.

В 1925 г., после отъезда из Перми профессора П. И. Преображенского и других геологов, исполнять обязанности заведующего кафедрой геологии Пермского университета было поручено профессору В. В. Никитину. В 1931 г. по рекомендации академика А. Д. Архангельского в Пермском университете был открыт геологический факультет, ставший одним из первых в университетах России.

Самая первая коллекция минералов и горных пород поступила в кабинет геологии при кафедре почвоведения Уральского сельскохозяйственного института в 1930 г. при реорганизации Пермского университета. Коллекция значительно пополнилась за годы функционирования Уральского института почвоведения и агрохимии (УИПиА) в 1931-1933 гг. Наиболее значительная часть экспонатов коллекций была приобретена Пермским СХИ в 1970-е годы. Открытие в институте в 1979 году строительного факультета также способствовало расширению коллекций. Некоторые экземпляры минералов и горных пород, собраны коллективом преподавателей и студентами в период учебных практик. Отдельные экземпляры минералов и горных пород любезно предоставлены в дар студентами и выпускниками нашего вуза.

Наиболее широко в кабинете представлено собрание местных минералов и горных пород Прикамья и Урала. Это калийно-магниевые и каменные соли, гипсы, медистые песчаники, малахит, яшма, разновидности кварца, а также руды чёрных и цветных металлов.

В настоящее время продолжается пополнение минералого-петрографических и палеонтологических коллекций кабинета, что повышает его научно-

образовательную значимость. Знакомство обучающихся с экспонатами коллекций обеспечивает: повышение геологической грамотности студентов, культурно-эстетическое развитие и формирование экологической ответственности.

Сегодня материально-техническая и учебно-вспомогательная база кабинета геологии обеспечивает полноценное организационно-методическое сопровождение учебно-исследовательского процесса и самостоятельной работы обучающихся, для которых знания по геологии являются базовыми. В стенах кабинета аудиторные занятия ведутся со студентами очной и заочной форм обучения по направлению подготовки 06.03.02 Почвоведение, 35.03.03 Агрохимия и агропочвоведение, 05.03.06 Экология и природопользование, 06.03.01 Биология и других направлений. В кабинете геологии проводятся профориентационные экскурсии со школьниками и абитуриентами во время университетского Дня открытых дверей. Коллекция демонстрируется гостям и участникам всероссийских и международных научных конференциях, проводимых в вузе.

В разное время, от становления кабинета геологии до наших дней, экспозицию коллекционного материала формировали и приумножали преподаватели и сотрудники кафедры почвоведения: Никитин В. В., Маландин Г. А., Коротаев Н. Я., Тифлов М. А., Чернов В. П., Паутов А. И., Дьяков В. П., Протасова Л. А., Вологжанина Т. В., Карпушенков В. В., Чунарёв М. Л., Флягина Н. В., Васильев А. А., Самофалова И. А., Кондратьева М. А., Лобанова Е. С., Чашин А. Н., Рогизная Ю. А., Гилёв В. Ю., Власов М. Н. и др. Более тридцати лет (1985-2016 гг.) коллекции кабинета совершенствовались и сохранялись доцентом Ольгой Александровной Скрябиной, которая также является автором ряда учебных и методических пособий по геологии.

Коллекции также пополнялись преподавателями и сотрудниками строительного факультета: Березнев В. А., Дмитриева Р. В., Пенягин Б. В.

В эталонной систематической коллекции минералов кабинета геологии имеются образцы минеральных видов и разновидностей, объединённых в классы: самородных элементов; сульфидов; галоидных соединений; оксидов и гидроксидов; нитратов; карбонатов; сульфатов; фосфатов; силикатов и алюмосиликатов. Экспонируются минералы и породы – агрономические руды: сильвин, карналлит, натриевая и калийная селитры, апатит, фосфорит, вивианит, гипс, кальцит, мел, известняк, доломит, торф и другие. В эталонной коллекции каждый образец снабжён этикеткой, содержащей информацию о названии, формуле, месторождении и условиях образования.

На лабораторных занятиях, в рамках отдельных тем учебной программы, обучающиеся могут работать с раздаточными образцами из рабочих коллекций, в которых образцы представлены без описания. Например, с целью диагностики минералов и их агрегатов, обучающиеся могут брать образцы в руки, трогать их, и изучать их физические свойства («трогательные» минералы создают наибольший образовательный эффект «знания через руки»). Наглядность воспринимаемой информации придаёт полученным знаниям особую убедительность и достоверность.

В систематической петрографической коллекции присутствуют образцы магматических, вулканогенно-обломочных, метаморфических и осадочных горных пород. Образцы данной коллекции обучающиеся также могут изучать самостоятельно, трогать руками, фотографировать, описывать особенности текстурных и структурных признаков. Самостоятельное описание горных пород позволяет получить первые навыки диагностики порообразующих минералов и возможность распознавать их в составе горных пород.

Коллекцию четвертичных почвообразующих пород представляют коробочные образцы с: элювиями пермских красноцветных глин, песчаников, мергелей, известняков, гипса, конгломератов, сланцев; покровными лессовидными глинами и суглинками; делювиальными отложениями; современными и древними аллювиальными отложениями; моренными, водно-ледниковыми и озёрно-ледниковыми отложениями; а также лёссами.

В кабинете геологии собрана богатая библиотека по геологическим дисциплинам. В дар кабинету переданы издания из личных библиотек бывших преподавателей кафедры Карпушенков В. В., Чунарёв М. Л., Паутов А. И., Дьяков В. П., Протасова Л. А., Вологжанина Т. В., Флягина Н. В., Скрыбина О. А. и других учёных. Это прежде всего учебная, учебно-методическая, научная, справочная, научно-популярная литература, атласы, материалы конференций, а также периодические издания. Книжный фонд (с учётом электронной библиотеки) составляет более тысячи экземпляров. Электронная библиотека кабинета пополняется видеоматериалами, мультимедийными презентациями. Кабинет подключён к высокоскоростному интернету и оснащён мультимедийными средствами. Всё это позволяет обучающимся максимально полно осваивать программы учебных курсов, а также дистанционно участвовать в научных мероприятиях других вузов.

Помещение и коллекции кабинета геологии используются в проведении уже традиционных мероприятий на факультете ПАЭТ – «День почв» и «Неделя почвоведения». В рамках данных мероприятий обучающиеся характеризуют значение почвообразующих минералов в формировании окраски, плодородия, устойчивости почв к различным видам деградации. Активное освоение учебной информации, с применением образцов из коллекций кабинета, осуществляется и в процессе игровой деятельности – квесты, викторины и круглые столы.

Теоретические знания обучающиеся закрепляют в полевых условиях на учебных практиках по геологии. Выездные занятия представляют собой экскурсии в окрестностях городов Перми, Кунгура, а также всего Пермского края. В период учебных практик обучающиеся знакомятся с многообразием коренных и почвообразующих пород разного генезиса, а также с современными геологическими процессами и их результатами. Одной из задач учебных практик является пополнение фонда коллекций кабинета новыми образцами минералов, коренных и почвообразующих пород.

Выводы. Бесспорно, в разноформатном процессе освоения обучающимися знаний о Земле кабинет геологии занимает важное место. Обладая преимуществами научно-образовательного процесса, кабинет геологии повышает интерес к учебе, активизирует научную пытливость, способствует формированию естественно-научного мировоззрения.

Литература

1. Богдасаров М., Богдасарова Ю., Кожанов Ю., Солоп И. Роль коллекций минералов, горных пород и окаменелостей в подготовке географов (на примере учебного кабинета геологии БРГУ имени А.С. Пушкина) // В сборнике: Коллекция в пространстве культуры. Материалы международной научной конференции. Под редакцией И.А. Поляковой, Т.Ю. Суворовой; Калининградский областной музей янтаря, 2018. С. 331-338.
2. Москвитин С.С. Общие и частные проблемы вузовского музея // В сборнике: Академические и вузовские музеи: роль и место в научно-образовательном процессе. Материалы Всероссийской научной конференции с международным участием. Томский государственный университет, Научно-образовательный центр "Музей и культурное наследие", 2009. С. 57-63.

HISTORY AND DEVELOPMENT OF THE MUSEUM OF GEOLOGY OF THE DEPARTMENT OF SOIL SCIENCE OF PERM STATE AGRARIAN AND TECHNOLOGICAL UNIVERSITY

A.A. Vasiliev, M.N. Vlasov
Perm SATU, Perm, Russia

Abstract. The article examines the importance of the geology study room and the educational potential of its collections in the formation of the natural science worldview and educational and research activities of students. The history and prospects of the cabinet development are described. Mineralogical, petrographic and paleontological exhibitions are characterized.

Keywords: geology study room, students, geological collections, university education, excursions, educational practices.

References

1. Bogdasarov M., Bogdasarova Yu., Kozhanov Yu., Solop I. The role of collections of minerals, rocks and fossils in the training of geographers (on the example of the geology study room of the Pushkin State University of Economics) // In the collection: Collection in the space of culture. Materials of the international scientific conference. Edited by I.A. Polyakova, T.Yu. Suvorova; Kaliningrad Regional Amber Museum, 2018. P. 331-338.
2. Moskvitin S.S. General and particular problems of the University Museum // In the collection: Academic and university museums: the role and place in the scientific and educational process. Materials of the All-Russian scientific Conference with international participation. Tomsk State University, Scientific and Educational Center "Museum and Cultural Heritage", 2009. P. 57-63.

УДК 631.4

ПОЧВЕННЫЙ МУЗЕЙ ИМЕНИ ПРОФЕССОРА В.В. НИКИТИНА

А.А. Васильев, А.Н. Чащин
ФГБОУ ВО Пермский ГАТУ, Пермь, Россия
e-mail: chascshin@mail.ru

Аннотация. Статья посвящена истории создания и обзору почвенного музея имени профессора В.В. Никитина кафедры почвоведения ФГБОУ ВО Пермский ГАТУ. Почвенный музей является учебной аудиторией кафедры почвоведения

факультета почвоведения, агрохимии, экологии и товароведения Пермского ГАТУ. В нем представлены уникальные монолиты почв из различных почвенно-климатических зон всего северного полушария Земли: от тундры до полупустынь. *Ключевые слова: почвенный музей, почвенный монолит, экология почв, кафедра почвоведения*

Введение. «В отличие от живых организмов почвы не имеют генетического кода, а потому малейшее изменение какого-либо фактора приводит к неминуемой трансформации почвы. Поэтому в природе нельзя встретить двух одинаковых почв» [2]. Человеческое общество всегда окружает огромное многообразие почв, а проблема его учета является одной из самых актуальных в почвоведении.

Увидеть почвы, познакомиться с их разнообразием, узнать об их распространении, строении, свойствах и многое другое можно в Почвенном музее имени профессора В.В. Никитина.

Общие сведения о музее. Почвенный музей является учебной аудиторией кафедры почвоведения факультета почвоведения, агрохимии, экологии и товароведения Пермского ГАТУ. В нем представлены уникальные монолиты почв из различных почвенно-климатических зон всего северного полушария Земли: от тундры до полупустынь. На информационных настенных стендах музея охарактеризованы природные условия формирования почв в каждой зоне и представлены рисунки типичных ландшафтов. На отдельном планшете в музее размещена почвенная карта Пермской области (1989 г.), составленная в результате многолетних исследований и при участии преподавателей кафедры и её выпускников – сотрудников Пермского филиала института «Уралгипрозем». В музее размещены фотопортреты и краткая биографическая информация об основных коллекторах музея, которыми являются: ассистент И.И. Смирнов (1923-1927), профессор В.В. Никитин (1924-1931), профессор Г.А. Маландин (1931-1936), профессор Н.Я. Коротаев (1936-1974).

Общее число монолитов на стендах музея – сто единиц (рис. 1). Каждый монолит снабжён этикеткой с полным названием почвы и её индексом. Уникальность экспозиций музея заключается в том, что в нём представлены экспонаты монолитов почв из тундры, субтропиков (краснозёмы и желтозёмы), широколиственных лесов, луговой степи, сухих степей (каштановые почвы), полупустынь (серозёмы), а также солонцы, солончаки, солоди и другие типы почв, которые формируются *вне пределов* Пермского края. В музее имеются монолиты всех типов почв Предуралья и Среднего Урала: подзолистые, дерново-подзолистые, серые лесные, чернозёмы, аллювиальные, болотные, дерново-карбонатные, почвы горных районов и другие.



Рисунок 1. Почвенный музей имени профессора В.В. Никитина, 2015 г.

«Толковый словарь по почвоведению» под редакцией профессора А.А. Роде [3] гласит: «Почвенный монолит – это вертикальный образец, взятый из стенки почвенного разреза без нарушения естественного сложения почвы». Отбор почвенных монолитов непростое дело, но очень важное». Монолиты используются не только для демонстрации, но и незаменимы в учебных и научных целях.

История создания. История музея неразрывно связана с историей кафедры почвоведения Пермского ГАТУ. Начало коллекции монолитов заложил в 1923 г. основатель кафедры почвоведения Пермского государственного университета – Иван Иванович Смирнов [1]. Летом 1923 г. на опытном поле агрофака Пермского университета были отобраны первые шесть монолитов почв. Монолиты размещались в кабинете почвоведения учебного корпуса агрофака ПГУ на ул. Зиновьева (сейчас здание МБОУ «Гимназия № 11 им. С.П. Дягилева» по ул. Пушкина). В дальнейшем отбор монолитов на территории учхоза продолжался. На боковой стенке ящика одного из монолитов с дерново-бурой почвой студенты агрофака оставили надпись: «Учхоз «Липовая гора» Сел-хоз Институт II й курс растениеводов» (рис. 2), которая долгие годы была скрыта другими монолитами. В процессе реконструкции экспозиции музея в 2010 году ящик с надписью был выставлен на общее обозрение.



Рисунок 2. Фрагмент «памятной» студенческой надписи на стенке ящика монолита 1930-х годов

В начальный период формирования музея монолиты почв были отобраны во время экспедиций, организованных профессором Василием Васильевичем Никитиным: Троицкой (1925-1927 гг.), Курганской (1927-1929 гг.), Шадринской, Ишимской и других. Экспедиции были направлены на изучение почвенного покрова части обширной территории Уральской области (в современных границах Пермский край, Свердловская, Челябинская, южная часть Тюменской, Курганская области). Значительная часть монолитов почв для музея была отобрана под руководством профессора Николая Яковлевича Коротаяева в период с 1936 по 1974 гг. С 1926 г. по 2010 г. монолиты и информационные стенды музея размещались в открытом доступе вдоль аудиторий № 82-85 главного корпуса вуза. Начиная с 2010 года музей стал размещаться в аудитории № 25 главного корпуса Университета.

Направления деятельности. *Учебная деятельность.* Больше всего времени для изучения морфологии почв в музее проводят будущие почвоведы и агрохимики-почвоведы. Со строением различных типов почв знакомятся будущие агрономы, садоводы, ландшафтные архитекторы, лесники, землеустроители, экологи и биологи. Знания о морфологии почв, полученные обучающимися в музее закрепляются во время летних учебных практик. Профессиональное выделение горизонтов профиля почв дает возможность оценить агрономические и экологические особенности каждой почвы, дать полное название почвы в соответствии с существующей классификацией. Это очень важно, так как для каждой почвы необходимо применять строго определенные приемы использования.

Научная работа. Монолиты играют важную роль в научных исследованиях. Так, например, почвенные монолиты служат базой для эталонов сравнения экологического состояния окружающей среды на «чистых» и «загрязненных» ландшафтах, оценки степени эрозии почв, степени окультуренности почв.

Экскурсии. Музей посещают не только студенты нашего вуза в рамках организации учебного процесса, но и ознакомительных экскурсий. Ежегодно в

музее бывают гости, сотрудники и обучающиеся ВУЗов МСХ из разных городов России, а также ученые, преподаватели, студенты других стран (Босния и Герцеговина, Венгрия, Германия, Дания, Испания, Казахстан, Турция и другие). Гости университета с большим интересом знакомятся с коллекцией монолитов и другими экспонатами музея. Часто на экскурсии в музей приходят школьники г. Перми. Ежегодно проводятся практические занятия по почвоведению с курсантами-кинологами Пермского института ФСИН России. Интерес к экспозициям музея проявляют руководители г. Перми и Пермского края, периодически посещающие наш вуз. Например, в 2013 году состоялась экскурсия губернатора Пермского края Виктора Басаргина в Почвенный музей кафедры почвоведения.



Рисунок 3. Губернатор Пермского края В.Ф. Басаргин и ректор ФГБОУ ВО Пермская ГСХА профессор Ю.Н. Зубарев в Почвенном музее имени профессора В.В. Никитина, 2013 г.

Таким образом, Почвенный музей отражает многообразие природных зон, экологических условий внутри природных зон и почв России. Экспонаты музея являются необходимыми средствами обучения почвоведов, агрохимиков-почвоведов, экологов, биологов, агрономов, садоводов и других специалистов агропромышленного комплекса и лесного хозяйства.

Литература

1. Васильев А.А. Почвовед Смирнов Иван Иванович (1887-1938) : Биография в контексте времени и судеб современников. Пермь : ИПЦ Прокрость, 2019. 271 с.

2. Тихонова Е.Н. Экология почв: учебное пособие. Воронеж: ВГЛУ, 2015. 90 с. Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. URL: <https://e.lanbook.com/book/64155> (дата обращения: 31.08.2023).
3. Толковый словарь по почвоведению / под ред. А.А. Роде. М. : Наука, 1975. 286 с.

SOIL MUSEUM NAMED AFTER PROFESSOR V.V. NIKITINA

A.A. Vasiliev, A.N. Chashchin

Perm State Technical University, Perm, Russia

Abstract. The article is devoted to the history of creation and review of the Soil Museum named after Professor V.V. Nikitin, Department of Soil Science, Perm State Technical University. The Soil Museum is a classroom of the Department of Soil Science of the Faculty of Soil Science, Agrochemistry, Ecology and Commodity Science of the Perm State Technical University. It presents unique soil monoliths from various soil and climatic zones of the entire northern hemisphere of the Earth: from tundra to semi-deserts.

Keywords: soil museum, soil monolith, soil ecology, department of soil science

References

1. Vasiliev A.A. Soil scientist Smirnov Ivan Ivanovich (1887-1938): Biography in the context of time and fate of contemporaries.. Perm: CPI Prokrost, 2019. 271 p.
2. Tikhonova E.N. Ecology of soils: textbook. Voronezh: VGLTU, 2015. 90 p. Text: electronic // Doe: electronic library system. URL: <https://e.lanbook.com/book/64155> (date of access: 08/31/2023).
3. Explanatory dictionary of soil science / ed. A.A. Rode. M.: Nauka, 1975. 286 p.

УДК 631.4

УЧАСТИЕ ВАСИЛИЯ ВАСИЛЬЕВИЧА НИКИТИНА В РАБОТАХ ПО ИЗУЧЕНИЮ ЕСТЕСТВЕННО-ИСТОРИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ ЧЕРНИГОВСКОЙ ГУБЕРНИИ (1912 Г.)

А.А. Васильев

ФГБОУ ВО Пермский ГАТУ, Пермь, Россия

e-mail: a.a.vasilev@list.ru

Аннотация. Охарактеризован общий ход топографических, геологических и почвенных работ Черниговской экспедиции в 1912 г. Перечислены руководители и участники экспедиции, география проведения работ. Приведены результаты идентификации личностей почвоведов и геологов на редкой архивной фотографии, сделанной в период экспедиции 1912 г. Показано переплетение судеб участников экспедиции в Пермском университете.

Ключевые слова: А.Д. Архангельский, Н.А. Димо, И.А. Шульга, гидрогеология, Пермский университет, кафедра геологии, Г.С. Буренин.

В 1912 году Черниговская губернская земская управа выбрала экспедиционный тип почвенно-землеоценочных работ, который в 1908-1912 гг. осуществлялся в Пензенской губернии [3]. Руководителем Черниговской экспедиции был назначен Н.А. Димо — выпускник сельскохозяйственного отделения Новоалександрійского института сельского хозяйства и лесоводства.

Годы учебы Н.А. Димо в институте прошли под влиянием научной и педагогической деятельности Н. М. Сибирцева. Николай Александрович Димо входил наряду с И.А. Шульгой, А.М. Панковым, И.К. Фрейбергом в число непосредственных учеников Н.М. Сибирцева. Это обстоятельство оказало особое влияние на его становление как убежденного сторонника генетического почвоведения. В свою очередь и ученики Н.А. Димо, в том числе Василий Васильевич Никитин, также руководствовались принципами и методами почвенных исследований, заложенных основателями научного почвоведения — В.В. Докучаевым и Н.М. Сибирцевым.

Геологические и почвенные исследования в Черниговской губернии впервые в России проводились на одноверстовой основе. В работах по изучению рельефа местности на территории губернии принял участие географ Л. С. Берг. Перед началом полевых работ была проведена барометрическая нивелировка во всех уездах, обследованных в 1912 году.

Работая в экспедиции, Л.С. Берг выдвинул предположение, что лёсс ископаемое почвенное образование, продукт выветривания и почвообразования поверхностных мелкоземистых пород в условиях засушливого климата [1].

В полевой период работ 1912 года была проведена площадная геологическая съемка в четырех уездах: Мглинском, Суражском, Стародубском и Глуховском. Общую организацию геологических исследований в Черниговской губернии осуществлял геолог А. Д. Архангельский. Он пригласил для исполнения работ в уездах Стародубском и Мглинском геолога Г. С. Буренина, а в уездах Суражском и Глуховском геолога Г. Ф. Мирчинга. Особенности строения южной половины губернии определили то, что полевые геологические исследования базировались в меньшей степени на изучении естественных обнажений по берегам рек и оврагов, а опирались на результаты буровых работ и закладке шурфов, а также на совместные с почвоведом разрезды и закладка глубоких почвенных разрезов. Одной из важных особенностей проведения экспедиционных работ на территории Черниговской губернии было согласованное выполнение геологических и почвенных исследований на местах и совместный просмотры геологами и почвоведом материалов последних по характеристике подпочв уездов. Это позволило получить очень важные результаты для характеристики типов и географии почвообразующих и подстилающих пород. Особое значение для познания геологических условий губернии было заложение 120 буровых скважин, которые в целях улучшения водоснабжения населенных пунктов губернии производились Губернским Земством начиная с 1912 года. Руководителем экспедиции Н.А. Димо было дано специальное поручение почвоведу В.В. Никитину — руководить работами и инструктировать земских работников губернии по отбору образцов из буровых скважин.

Летом 1912 года почвенные работы были проведены в четырех уездах: Мглинском, Суражском, Стародубском и Глуховском. В качестве ответственных почвоведов приняли участие в работах: И. А. Шульга, производивший и

руководивший исследованием в уездах Суражском и Стародумском, Я. Н. Афанасьев, исследовавший Мглинский уезд, А.М. Порубиновский, работавший и руководивший работами в Глуховском уезде. Все почвоведы-руководители работ в период Черниговской экспедиции приобрели новый опыт крупномасштабной почвенной съемки (в одноверстовом масштабе) и впоследствии внесли большой вклад в развитие почвоведения, в изучение почв СССР.

До прибытия группы почвоведов-экскурсантов, почвоведы экспедиции объехали свои уезды, кроме того, Мглинский уезд при начале работ посетил руководитель экспедиции И.А. Димо. Он совместно с почвоведом Я.Н. Афанасьевым обследовал его в главных направлениях и обсудил план детальных работ с учетом местных условий. В Глуховском уезде почвовед В.В. Геммерлинг провел рекогносцировку совместно с почвоведом А. М. Порубиновским. Геммерлинг В.В. также объехал весь уезд и участвовал при начале работ временных сотрудников — почвоведов-экскурсантов.

Для решения основной задачи экспедиции — проведение почвенной съемки в одноверстовом масштабе было привлечено привлечено 22 почвоведо-экскурсанта, из которых 11 в предшествовавшие годы уже участвовали в почвенных исследованиях в Пензенской, Саратовской (по руководством Н.А. Димо) и в Тульской губерниях. Почвоведы-экскурсанты получили высшее образование в Московском Университете или в Московском Сельско-Хозяйственном Институте. Три человека состояли еще студентами кафедры агрономии Московского императорского университета: Смирнов И.И., Дервиз А.В., Ильин Р.С. и два человека были слушателями С-Петербургских Высших агрономических курсов. Смирнов И.И. — в 1923 году стал первым штатным преподавателем кафедры почвоведения агрономического факультета Пермского университета. Смирнов И.И. и Ильин Р.С. в 20 гг. продолжали поддерживать тесные человеческие отношения и научные связи в годы их пребывания и работы в г. Томск [2]. Выдающийся ученый-энциклопедист планетарного масштаба Ростислав Сергеевич Ильин за период Черниговской экспедиции приобрел новые знания и опыт в изучении лесса и других почвообразующих пород губернии, что потом получило отражение в его знаменитой книге «Происхождение лессов» [5]. .

В Суражском уезде руководство проведением почвенных работ осуществляли почвовед И.А. Шульга и почвовед В. В. Никитин. Никитин В.В. исполнял обязанности помощника почвоведов, а также выполнял более ответственную работу в уезде — руководил отбором образцов в буровых скважинах. В качестве почвоведов-экскурсантов в Суражском уезде проводили работы Воскресенский М. Н., Нат Л. С., Поляков В. Ф., Соколов Е. А., Тиле К. К. Позднее, в 1915 году, почвовед М.Н. Воскресенский участвовал в качестве помощника почвоведов в Туркестанских почвенных экспедициях, организованных В.В. Никитиным.

В семейном архиве Е.В. Чирковой — внучки В.В. Никитина, сохранилась уникальная фотография, сделанная в Глуховском уезде, в период проведения

Черниговской экспедиции в 1912 г. На фотографии запечатлены почвовед В.В. Никитин, а также руководитель почвенных работ в уезде Порубиновский Александр Михайлович. Порубиновский А.М. — один из талантливых учеников профессора А.Н. Сабанина. В 1910 годы был его ассистентом на кафедре почвоведения Константиновского Межевого института. В полевых работах в Глуховском уезде принимали также участие почвоведы-экскурсанты: В. В. Благовещенский, В. И. Городецкий, Г.И. Груздев, Р.С. Ильин, И.З. Имшенецкий. На фотографии 1912 г. с участием В.В. Никитина также запечатлены геологи А.Д. Архангельский, Г.Ф. Мирчинк, Г.С. Буренин. Примечательно, что в 1929 г на Заседании Геолого-Географической Предметной комиссии Пермского университета, под председательством профессора В.В. Никитина, Г.С. Буренин был рекомендован на должность профессора по кафедре геологии. Буренин Г.С. работал на кафедре геологии Пермского университета, несколько лет принимал участие в изучении гидрогеологических условий Уральской области.

Полевой период работ экспедиции характеризовался сложными погодными условиями. Лето 1912 г было с большим количеством дождей и холодное. Но почвоведом удалось провести детальные исследования: заложить большое количество почвенных разрезов, отобрать образцы почв, оформить записи в дневниках. Так, только в Суражском уезде, где работал почвовед В.В. Никитин, почвовед-экскурсант И.И. Смирнов и другие, был заложен 901 полный разрез глубиной от 1,5 до 2 м и более, 593 разреза до глубины 50-100 см, 412 разрезов разрезов до 40-50 см [6].

Таким образом, только за один 1912 год работ в Черниговской экспедиции, В.В. Никитин существенно расширил свой кругозор в области четвертичной геологии, осуществляя геологические исследования на Черниговщине в тесном взаимодействии с уже очень авторитетным к тому времени геологом А.Д. Архангельским и с такими, в ту пору еще начинающими геологами, как Г.С. Буренин, Г.Ф. Мирчинк. По способу организации экспедиционных работ и по причине разъездных работ В.В. Никитина по территории всей губернии, можно предположить, что он не один раз общался и с маститыми ученым-энциклопедистом Л.С. Бергом. Потом, уже в годы работы в Пермском университете, профессор В.В. Никитин некоторое время совмещал работу заведующего кафедрой почвоведения с исполняющим обязанности заведующего кафедрой геологии [7].

Безусловно, что участие В.В. Никитина на первом этапе Черниговской экспедиции в 1912 году, проведение почвенной съемки под руководством почвоведов-докучаевцев Н.А. Димо и И.А. Шульги, совместная работа с почвоведом В.В. Геммерлингом, А.М. Порубиновским, Я.Н. Афанасьевым, геологами павловской школы геологии, позволили В.В. Никитину быть избранным в члены Московского Почвенного Комитета и играть в нем заметную роль.

Литература

1. Берг Л.С. Беседа со студентами географического факультета Московского университета // Вопросы географии. 1951. № 24. С. 69.
2. Васильев А.А. Почвовед Смирнов Иван Иванович [1887-1938] [Текст] : биография в контексте времени и судеб современников. Пермь : Прокрость, 2019. 271 с.
3. Васильев А.А. Профессиональное становление почвовед В.В. Никитина в Московском сельскохозяйственном институте (1906-1912 гг.) // I НИКИТИНСКИЕ ЧТЕНИЯ "Актуальные проблемы почвоведения, агрохимии и экологии в природных и антропогенных ландшафтах" : материалы Международной научной конференции, Пермь, 19–22 ноября 2019 года. Пермь: ИПЦ Прокрость, 2020. С. 4-16.
4. ГАПК. Ф.р-180. Оп. 2. Д. 455.
5. Ильин Р.С. Происхождение лессов : (Из истории вопроса) / [Предисл. И.А. Крупеникова]. Москва : Наука, 1978. 236 с.
6. Предварительный отчет о работах по изучению естественноисторических условий Черниговской губернии в 1912 году [Текст] / Черниговское Губернское Земство. Оценочно-статистическое отделение ; сост. А. Д. Архангельский [и др.]. М. : Т-во "Печатня" С. П. Яковлева, 1913. 82 с.
7. Черных М.Н., Ожгибисов В.П. Из истории кафедры региональной геологии // 70 лет геологическому факультету Пермского университета: юбилейный сборник. Пермь, 2001. С. 63-89.

PARTICIPATION OF VASILY VASILIEVICH NIKITIN IN WORKS ON STUDYING THE NATURAL HISTORICAL CONDITIONS OF CHERNIGOV PROVINCE (1912)

A.A. Vasilev

Perm State Agro-Technological University, Perm, Russia

Abstract. The general progress of topographical, geological and soil work of the Chernigov expedition in 1912 is characterized. The leaders and participants of the expedition, the geography of the work are listed. The results of identifying the personalities of soil scientists and geologists are presented in a rare archival photograph taken during the expedition of 1912. The intertwining of the destinies of the expedition participants on Perm soil is shown.

Key words: A.D. Arkhangelsky, N.A. Dimo, I.A. Shulga, hydrogeology, Perm University, Department of Geology, G.S. Burenin.

References

1. Berg L. S. Conversation with students of the Faculty of Geography of Moscow University // Questions of Geography. 1951. No. 24. P. 69.
2. Vasilev A.A. Soil scientist Ivan Ivanovich Smirnov [1887-1938] [Text]: biography in the context of time and the destinies of his contemporaries. Perm: Prokrost, 2019. 271 p.
3. Vasilev A.A. Professional development of soil scientist V.V. Nikitin at the Moscow Agricultural Institute (1906-1912) // I NIKITIN READINGS "Current problems of soil science, agrochemistry and ecology in natural and anthropogenic landscapes": materials of the International Scientific Conference, Perm, November 19–22, 2019. Perm: IPC Prokrost, 2020. P. 4-16.
4. GAPC. F.r-180. Op. 2. D. 455.
5. Ilyin R.S. Origin of loess: (From the history of the issue) / [Preface. I.A. Krupenikova]. Moscow: Nauka, 1978. 236 p.
6. Preliminary report on the work on studying the natural historical conditions of the Chernigov province in 1912 [Text] / Chernigov Provincial Zemstvo. Estimation and Statistics Department; comp. A.D. Arkhangelsky [and others]. M.: Printing House by S.P. Yakovleva, 1913. 82 p.
7. Chernykh M.N., Ozhgibisov V.P. From the history of the Department of Regional Geology // 70 years of the Geological Faculty of Perm University: anniversary collection. Perm, 2001. P. 63-89.

УДК 631(092)

АЛЕКСАНДР ФЕДОРОВИЧ ТЮЛИН – АГРОХИМИК И ПОЧВОВЕД

Г.И. Жаворонкова

ФГБОУ ВО Пермский ГАТУ, Пермь, Россия

e-mail: kic@psaa.ru

Аннотация. А.Ф. Тюлин – ученый, известный и за рубежом. Рассматривается его период работы на агрономическом факультете, на сельскохозяйственной опытной станции. В Пермском университете

Ключевые слова: пермский агрофак 1925-1930 г., А.Ф. Тюлин, Пермская областная опытная станция, естественнонаучный институт при университете, Д.Н. Прянишников.

А.Ф. Тюлин представил свои документы в Пермский университет. Среди них была его характеристика, написанная Д.Н. Прянишниковым, зарегистрированная заведующим канцелярией агрофака 22.12.1924 г. Этот документ еще не приводили целиком, поэтому мы, в связи с его важностью, представляем читателю и исследователям [7. Л. 7].

«В Агрономический факультет Пермского университета.

Позволяю себе рекомендовать Пермскому Университету моего сотрудника, Ученого-агронома Александра Федоровича Тюлина, в качестве кандидата, подходящего для чтения курса Общего земледелия и организации занятий, по этому предмету включая вегетационный опыт и лабораторию.

Пробившийся личными усилиями из крестьянской среды в Высшую школу, А.Ф. Тюлин, после окончания Университета и Петровской Академии, имел значительный практический стаж (см. жизнеописание); к научной работе в области земледелия в более систематической форме он перешел с 1920 г., когда он был оставлен при моей кафедре, а ныне он продолжает ту же деятельность в моей лаборатории и в Научном Институте по вопросам удобрений /при Н.Т.О./ в качестве сотрудника последнего. Его работы, касаются главным образом вопроса о влиянии извести на свойства почвы и на биологические процессы, в ней протекающие; работы эти обнаруживают овладение методикой и, кроме того, дали интересные результаты в смысле объяснения вредного действия субъектов извести на прямые действия щелочной среды, а через влияние на биологические процессы /см. только что вышедший 26-й выпуск Трудов Института по удобрениям/.

Кроме напечатанных работ, А.Ф. Тюлин располагает материалом из опытов 1924 г., находящемся еще в процессе обработки. В сумме этот материал в совокупности с ранее сообщенным был бы достаточен для представления магистерской диссертации в прежнем смысле слова, если бы условия работы и печатания позволили требовать представление таковой.

В последнее время А.Ф. Тюлин был мною рекомендован в качестве лектора на Педагогический факультет 1-го МГУ, ...недавно состоявшиеся пробные лекции его встретили очень хорошую оценку со стороны представителей факультета, что вполне подтвердило ранее сложившееся у меня представление об А.Ф. Тюлине как о живом и дельном преподавателе.

Профессор Д. Прянишников. Москва. 10.12.1924 г.»

Своими работами Александр Федорович подтвердил свою научную зрелость.

Согласно постановления Научно-технической секции ГУС (Государственный сектор по высшему образованию) от 18.09.1925 г. ПГУ получил официальный документ о назначении А.Ф. Тюлина профессором по агрономической химии агрономического факультета [7. Л. 16]. Копии документа направлены Уполномоченному по вузам Урала, в правление 1-го М.Г.У.

На сельскохозяйственной станции создан отдел агрохимии, который и возглавил А.Ф. Тюлин. Стали печататься «Результаты работ» (было всего 3 выпуска). Первый – за 1926 г. – вышел в 1927 г. В предисловии А.Ф. Тюлин писал, что одной из тем стала «оригинальная попытка совместного применения суперфосфата с известью на подзолистых почвах [8. С. IV]. В 1926 г. отдел начал работу по изучению условий доступности P_2O_5 Вятских фосфоритов. Методики для подобных исследований практически не было, и этому пришлось уделить внимание.

Александр Федорович и его сотрудники занимались вопросами структурности почв, коллоидными свойствами почв. Шла своим чередом текущая аналитическая работа. *«А.Ф. Тюлин упорно работал над отысканием возможностей более эффективного использования вносимых удобрений. Он принимал непосредственное участие в проведении в жизнь в Предуралье известкования почв. Для более быстрого определения потребности почв в извести А.Ф. Тюлин предложил упрощенный прибор, который был запатентован в бюро изобретений... Эти работы широко известны как у нас, так и за границей»* [1. С. 97-98].

Статьи по результатам работ агрохимического отдела 1929-1930 гг., напечатаны только в 1931 г. Организуется Зауральская областная сельскохозяйственная опытная станция, и временно *«...мы продолжаем обслуживать по своей линии всю Уральскую область»* [9. С. VI]. Появляются и новые темы, требующие лабораторных анализов. *«...Так перед нами встали вопросы о влиянии клевера на повышение плодородия почвы, о причинах резкого влияния на урожай сроков посева, коренных улучшений на подзолах и некоторые другие»* [9. С. VI]. Уже осенью 1930 г. станция преобразована в Предуральскую Льяную Зональную Опытную Станцию. Заведующим стал В.А. Лобанов, преподаватель агрономического факультета. А.Ф. Тюлин успел оформить работу, сделанную вместе с Е.М. Быстровой *«К изучению причин и механизма повышенного катионного обмена у разных почв после обработки едкой известью»*

и доложить ее результаты на VIII съезде почвоведов в Москве 27.01.1930 г. и представить материалы в виде доклада на II Международном конгрессе почвоведов в СССР в июле 1930 г.

Александр Федорович стал изучать почвенные коллоиды. Так в «Личном листке по учету кадров» (12.05.1931 г.) он пишет: «...В 1928 был в Германии, Голландии, Швейцарии в научной командировке 6 месяцев, изучал почвенные коллоиды и структуру почв». Ему хотелось сопоставить однотипные почвы в плане коллоидной химии за границей и в Предуралье. Итак, начало работы А.Ф. Тюлина на Урале было заметным и успешным. Созданная кафедра агрономической химии явилась прекрасным примером для сельскохозяйственных вузов страны. С 1928 г. подобные кафедры вводятся во всех вузах сельскохозяйственного направления. Агрохимический отдел сельскохозяйственной станции стал необходимым для области, для решения производственных задач. А.Ф. Тюлин стал деканом агрономического факультета, сменив В.В. Никитина на этом посту. Он стал действительным членом ЕНИ (естественнонаучный институт при Пермском университете, другое его название – биологический НИИ). Молодой перспективный ученый Д.А. Сабинин рекомендовал А.Ф. Тюлина: «...Анализ работ А.Ф. Тюлина, относящихся к процессу нитрификации и к ... его условиям свидетельствуют, что в лице А.Ф. Тюлина мы можем получить серьезного ученого, обладавшего методиками научной работы, достигшего интересных теоретически и важных практических результатов по своему теперешнему уклону работы, затрагивающему бесконечно интересный вопрос о коллоидах почвы, ...в частности гуматной ее части». На решение ЕНИ и заседание научно-технической секции ГУС от 17.09.1926 г. о членстве ЕНИ повлияла не только характеристика Д.Н. Прянишникова, но и работа А.Ф. Тюлина в ПГУ [2. Л. 3, 4]. Он проявляет инициативу, и уже с января 1926 г. участвует во Всесоюзных съездах почвоведов и в 1926 г. представляет свой доклад «О почвенном поглощающем комплексе». Он стремился быть участником всех съездов почвоведов [2. Л. 8]. А.Ф. Тюлин избирается председателем калийной секции в Перми, становится членом Свердловского отделения Госколоната [2. Л. 8].

Он был членом Бюро Совета научных работников Университета [5. Л. 6 об.]. Для более успешной научной, производственной работы, А.Ф. Тюлин стал членом Пермского отделения ВАРНИТСО, организация ученых для помощи в научной работе. *Партком ВКП (б) университета на заседании 27.03.1928 г. записал в резолюции: «считать организацию своевременной и целесообразной»; ускорить оформление инициативной группы и организационного отделения ВАРНИТСО; делегировать на Всероссийский Съезд ВАРНИТСО ряд товарищей, в т.ч. А.Ф. Тюлина.* Ожидалось, что члены ВАРНИТСО будут активно участвовать в научно-учебном обслуживании Рабфака, Рабуниверситета, Воскресного Университета и студенческих организаций [6. Л. 24]. Если представить более полно, ВАРНИТСО – Всесоюзная ассоциация работников

науки и техники для содействия социалистическому строительству в СССР. Это добровольная общественная организация, существовавшая с 1928 по 1939 гг.

По научной работе А.Ф. Тюлин выезжает в ВИУ (Всесоюзный институт удобрений), в ГИОА (Государственный институт общественной агрономии). Принимал участие в работе общества «Наука и труд» [3. Л. 11, 14, 14 об.]. А.Ф. Тюлин по применению удобрений работает по поручению Облзу (Областного земельного управления), ВИУ, земтреста и «Висхома», Содового завода [3. Л. 14, 14 об.]. А.Ф. Тюлин представляет университет на областном совещании по опытному делу в 1928 г. [7. Л. 46].

На агрофаке существовало мнение о А.Ф. Тюлине как о работоспособном, энергичном, образованном, настойчивом человеке с живым умом. С июня 1930 г. А.Ф. Тюлин оказался под следствием: был оправдан в феврале 1931 г.

В 1932 г. А.Ф. Тюлин получил приглашение на конференцию ВИУ, он воспользовался ситуацией, чтобы остаться в Москве, в лаборатории Д.Н. Прянишникова. Оказавшись в Москве, А.Ф. Тюлин отправил в администрацию ЕНИ почтовую открытку 06.02.1932 г.: *«...не могу вернуться в Пермь, т.к. распоряжением НКЗ [Наркомата земледелия] прикреплен для руководства научной работой одного из исследовательского института ВАСХНИЛа [Всесоюзная академия сельского хозяйства имени В.И. Ленина], именно ВИУа. Поэтому прошу прекратить выдачу мне зарплаты»* [4. Л. 19 об.].

Александром Федоровичем Тюлиным разработана теория классификации почв. С 1950 г. работал в Институте леса АН СССР; изучал влияние минеральных удобрений на плодоношение дуба, обобщил и сформулировал общие биологические законы поступления питательных веществ в древесине растения. Продолжил А.Ф. Тюлин заниматься вопросами почвенной структуры; методы исследования получили широкую известность в стране. Метод дробной пептизации почвенных коллоидов применялся за рубежом и в нашей стране. А.Ф. Тюлин предложил проект коренной мелиорации субтропических подзолистых почв под цитрусовые культуры.

В некрологе товарищи, друзья, сотрудники вспоминали: *«А.Ф. Тюлин отличался высокой принципиальностью, честностью и прямолинейностью... Он принимал активное участие в работе ряда ученых советов, в быв. Секции Агрехимии ВАСХНИЛ, в Техсовете Министерства сельского хозяйства и быв. журнала «Химизация соц. земледелия». Заслуженный деятель науки РСФСР (с 1946 г.)»* [1. С. 98]. *А.Ф. Тюлин не забывал свой «пермский» период работы. Здесь состоялось становление его как крупного ученого, педагога. А жизнь агрофака обогатилась внесенным Александром Федоровичем вкладом в учебный процесс во всех его аспектах.*

Литература

1. Александр Федорович Тюлин: некролог // Почвоведение. 1956. № 4. С. 97-98.
2. ГАПК Ф.р. 282. Оп. 2. Д. 144. Л. 3, 4, 8, 9.
3. ГАПК Ф.р. 282. Оп. 2. Д. 144. Л. 11, 14, 14 об.
4. ГАСПИ Ф.р. 282. Оп. 2. Д. 144. Л. 17, 17 об, 19 об.
5. ГАПК Ф. 717. Оп. 1. Д. 55. Л. 6 об.
6. ГАСПИ Ф. 717. Оп. 1. Д. 55. Л. 24.
7. Личное дело А.Ф. Тюлина. 99 л.
8. Тюлин А.Ф. Результаты работ: агрохимический отдел за 1926 год. Пермь, 1927. 26 с. С. IV.
9. Тюлин А.Ф. Результаты работ: агрохимический отдел за 1927 год. Вып. 2. Пермь, 1928. 156 с. С. VI.

ALEXANDER FYODOROVICH TYULIN – AGRICULTURAL CHEMIST AND SOIL SCIENTIST

G.I. Zhavoronkova

FSBEI of HE Perm State Technical University, Perm, Russia

Abstract. A.F. Tyulin is a scientist, well-known abroad. His period of work at the Faculty of Agronomy, at the agricultural experimental station is considered. at Perm University

Keywords: Perm Agricultural Faculty 1925-1930, A.F. Tyulin, Perm Regional Experimental Station, Natural Science Institute at the University, D.N. Pryanishnikov.

References

1. Alexander Fedorovich Tyulin: obituary // Soil Science. 1956. No. 4. P. 97-98.
2. GAPC F.r. 282. Op. 2. D. 144. L. 3, 4, 8, 9.
3. GAPC F.r. 282. Op. 2. D. 144. L. 11, 14, 14v.
4. GASPI F.r. 282. Op. 2. D. 144. L. 17, 17v, 19v.
5. GAPK F. 717. Op. 1. D. 55. L. 6 rev.
6. GASPI F. 717. Op. 1. D. 55. L. 24.
7. Personal file of A.F. Tyulin. 99 l.
8. Tyulin A.F. Results of the work: agrochemical department for 1926. Perm, 1927. 26 p. C. IV.
9. Tyulin A.F. Results of the work: agrochemical department for 1927. Issue. 2. Perm, 1928. 156 p. C. VI.

УДК 631(092)

ВАСИЛИЙ ВАСИЛЬЕВИЧ НИКИТИН: ШТРИХИ К ПОРТРЕТУ

Г.И. Жаворонкова

ФГБОУ ВО Пермский ГАТУ, Пермь, Россия

e-mail: kic@psaa.ru

Аннотация. Осмысливается роль профессора В.В. Никитина как декана, ученого, зав. кафедрой почвоведения. Подробнее описаны работы Курганской экспедиции. Приводятся данные по работе в Нижне-Тагильском округе. Освещение деятельности естественно-научного института.

Ключевые слова: профессор В.В. Никитин, агрофак 1925-1926 г., Н.-Тагильская почвенная экспедиция, Курганская почвенная экспедиция.

Согласно постановлению научно-технической секции ГУСа (Государственный сектор по высшему образованию) от 13.06.1924 г. В.В.

Никитин утвержден в должности профессора по кафедре почвоведения агрономического факультета [1. Л. 12].

Кафедру почвоведения, несомненно, возглавил замечательный специалист, ученый, человек. Он смог создать кафедру, внести свой вклад в организацию и нормальное функционирование факультета, привлечь на сторону агрофака администрацию города, области. Провел большую исследовательскую работу на Урале.

По приезду в Пермь, в ПГУ, В.В. Никитин был избран деканом агрономического факультета, стал научным сотрудником естественнонаучного института ПГУ (ЕНИ, БНИИ), а затем действительным его членом.

Инициатива В.В. Никитина об изучении в почвенном, биологическом, экономическом исследованиях бывшей Пермской губернии нашла отклик у администрации области. Представление на В.В. Никитина как члена сначала Камской биологической станции в ЕНИ делал В.Н. Беклемышев. Он писал: «Камская Биологическая Станция и ставит одной из своих главных целей изучение сообществ долины Камы и изучение их смены. Но ни изучение наземных биоценозов, ни тем паче – изучение их смены не может оставить без внимания почвы и почвенные процессы, являющиеся результатом коллективной жизнедеятельности организмов, и в свою очередь определяющее дальнейшее развитие сообществ...» [3. Л. 2]. Отбор, прием в члены ЕНИ ученых должен был быть аргументирован и подтвержден их научной деятельностью. В этом же плане интересен документ – удостоверение от 10.05.1927 (№ 220), подписанное директором ЕНИ В.К. Шмидтом и секретарем А.О. Таусон (в дальнейшем известный ученый гидробиолог). Удостоверялось, что В.В. Никитин направляется в Свердловск «...для изучения вопросов, связанных с экспедицией по изучению поймы р. Камы. При этом В.В. Никитину предоставляется полномочное представительство перед Областным Земельным Управлением по вопросам организации и личного состава и снабжения Камской экспедиции» [5. Л. 8.]. Во всех предпринятых экспедициях В.В. Никитин был руководителем и организатором. Он стал участником совещаний, конференций по производительным силам Уральской области, по поднятию урожайности, развития агрофака. Приведем пример, от ЕНИ ему было дано удостоверение «...для участия в Первой Уральской Областной конференции по производительным силам, сроком с 8 по 18 января с/г (1927)» [4. Л. 7]. Он приглашался и в дальнейшем, как человек, могущий внести свой вклад в разработку стратегии развития всей Уральской области.

Бюро ячейки ВКП(б) агрономического факультета постановило на заседании 02.10.1924 (протокол № 33), что на 1924-1925 учебный год деканом быть В.В. Никитину [11. Л. 99]. Время было сложное в плане кредитов, оплаты, формирования и оборудования «молодых» впервые образованных специальных кафедр и т.д. Одна из сложных ситуаций, которую пришлось пережить декану – «... о ненормальных взаимоотношениях ... между президиумом факультета и

профессорско-преподавательским составом». Прошло расширенное заседание президиума факультета. А.Ф. Бынов делал доклад, содокладчиком по вопросу был В.В. Никитин. Вставал вопрос о переизбрании деканата, но предложение не было поддержано преподавателями! [12. Л. 1].

В 1925 г. не состоялась летняя практика по машиноведению. Но партбюро разбирая ситуацию, признало свою партийную ответственность за это [13. Л. 11].

В начале 1926 г. назревал конфликт между студенческими организациями и профессорско-преподавательским составом. На беспартийном профсоюзном делегатском собрании студентом было заявлено, что на агрофаке студенческий представитель «держит весь деканат». Речь, по-видимому, сводилась к усилению роли, более расширенных полномочий студенчества в деканатах. «...Управделами Университета Митров... дает часовое разъяснение декану Агрофака о его правах и обязанностях, указывая, что декан факультета является хозяином факультета, а потому все студенческие представители должны ему подчиняться... Митров разъяснил декану о необходимости устранить влияние студенческих организаций на работу факультета», - записано в протоколе № 19 от 11.02.1926 г. [14. Л. 8].

Думается, много неприятных минут пережил В.В. Никитин. Ранее, 14.01.1926 г., на заседании партийного бюро рассматривался вопрос о кружке общественной агрономии, об увязке его работы с академической секцией на факультете с введением своего представителя. Отмечалось, что на агрофаке упала общественная активность, «...но ... возросла академическая успеваемость» [15. Л. 3]. Небольшой срок прошел с 1923 г., начала функционирования специальных кафедр; факультет действительно стал агрономическим. Отношения между людьми складывались, кафедры пополнялись оборудованием. Общественные организации, партийные и комсомольские были активны и стремились изменить ситуацию к лучшему, неся большую общественную нагрузку. Всё было непросто. В.В. Никитин считал, что студентам нужно было успешно учиться... Постепенно обстановка налаживалась. Так, например, собрание партбюро 30.04.1926 г. записывает свое решение о введении в члены правления вместо профессора Г.А. Танашева, профессора В.В. Никитина. Партийцы были уверены, что В.В. Никитин сможет провести успешно летнюю практику. И в достижении своего решения намеривались воздействовать на Университетский Совет через фракцию правления университета и общественные организации [16. Л. 19]. Подробнее о работе деканата и возникавших конфликтах повествует книга [17. с. 48-56].

Рассмотрим фрагментарно 1927 год в жизни В.В. Никитина. Он читает курс почвоведения на 2-х факультетах [6. Л. 14].

В отчете ЕНИ значилась систематизация материалов и аналитическая обработка материалов Верхне-Камской и Троицкой экспедиций. В.В. Никитин отдал в печать отчет по Троицкой экспедиции «...в размере до 40 печатных листов с почвенной картой в масштабе 10 верст в дюйме и с карточками по дробным снимкам (до 12 шт.)». По Камской экспедиции отчет был меньше – до 15 печатных листов. «...В летний период при моем [Никитина] ближайшем участии

были организованы экспедиции: ... В Н.-Тагильский округ для изучения лесообразования и перспектив колонизации...». Экспедиция состояла из 2-х отрядов: болотного и почвенного, при участии 9 сотрудников. Проведены рекогносцировочные обследования, в разных местах сделаны «потребные исследования».

Курганская экспедиция включала 3 отряда: почвенный, ботанический, болотный. Работало 13 сотрудников. Помимо этого по предложению облзу (областное земельное управление), а также земтреста были организованы почвенные исследования под зерносовхозы (до 25 тыс. га). Для этой работы привлечены 7 сотрудников [10. Л. 18, 18 об.].

В задачу Курганской экспедиции входило – «...подыскание участка, пригодного для организации Зауральской областной опытной станции. В связи, с чем пришлось проложить ряд маршрутов и за пределами округа». На экспедиции лежал вопрос о проектировании работ по мелиорации заболоченных участков, об организации специального гидробиологического исследования озер Курганского округа в плане рыборазведения. Было выявлено до 50% солонцовых земель. Были намечены стационарные исследования «приуроченных к солонцовым комплексам» и незасоленных землях. Это должно было помочь в борьбе с засухой. В.В. Никитину пришлось выйти с программой в Курганский окружной исполнительный комитет об организации: 1) гидробиологических исследований; 2) подробного изучения солонцовых земель для освещения вопросов по мелиорации; 3) стационарных исследованиях жизнедеятельности естественных и культурных растений в периоды засухи; 4) гидробиологических исследований и 5) геоботанических. Решение проблем в комплексе должно было, по мнению В.В. Никитина привести к улучшению, реорганизации крестьянских хозяйств, «завершению естественно исторических исследований, организации экономических исследований» [6. Л. 14]. Помимо этого почвенный отряд проводил внеплановые работы – «проработку бонитировочной шкалы почв округа» [6. Л. 15]. В.В. Никитиным был составлен проект об организации исследований по всей лесостепной и степной территории Зауралья, об этом он доложил в Уралсовете. Доклад В.В. Никитина был одобрен и было поручено экспедиции приступить к работам по картированию и организации почвенного музея [6. Л. 15, 15 об.].

Фрагменты отчета В.В. Никитина в ЕНИ показывают масштабность его работ, его как деятеля государственного уровня. В.В. Никитин готовил монографию, труд по почвоведению Пермского края. В отчете за 1928-29 учебный год он указывает, что готовит к печати книгу «Почвенный покров в районе Зауральской опытной сельскохозяйственной станции». В планах В.В. Никитина, стояло окончание почвенно-ботанических исследований в Ишимском округе, по землям зернотреста, экскурсия в Тагильский округ, работы на Соликамском опытном поле и в Шадринском округе. В 1928/29 учебном году В.В.

Никитин участвовал в работе съезда почвоведов и в работе по поднятию урожайности Уралобласти [7. Л. 25].

Первая экспедиция В.В. Никитина привела к созданию Троицкого заповедника. В.В. Никитин, согласно документам – заседания коллегии ЕНИ 20.02.1928 г., входил в состав Совета Троицкого заповедника [8. Л. 36]. Деятельность заповедника была связана непосредственно с сельским хозяйством. Подтверждение этого мы находим в документе № 348 от 12.07.1931 г.: «...Заповедник своей работой имеет целью разрешение сельскохозяйственных вопросов как засушливой полосы, связанных с проблемами Большого Урала» [8. Л. 29]. Все исследования В.В. Никитина, по-видимому, имели большое практическое применение, вело к углубленному изучению края, представляло научную ценность, делало необходимым научные изыскания.

В заключении хочется сказать, что деятельность профессора В.В. Никитина была оценена представителями Главнауки: из протокола от 02.10.1929 г. в ЕНИ был увеличен штат и создана секция почвоведения [9. Л. 20]. Благодаря В.В. Никитину сотрудники кафедры и участники почвенных экспедиций стали членами ЕНИ. Например, Г.А. Маландин, А.И. Оборин, Н.Ф. Заколадкин и другие, что позволило продолжить и углубить начатые исследования.

Работа секции почвоведения ЕНИ продолжалась после смерти В.В. Никитина. Не случайно Г.А. Маландину, «правой руке» В.В. Никитина, члена ЕНИ с 1928 года было поручено в 1931 г. выполнение задачи – «...комплексное изучение условий применения минеральных удобрений», увязкой этих работ с ВИУА (Всесоюзный институт удобрений и агропочвоведения) [2. Л. 28, 31].

Работа в архивах города: ГАСПИ, ГАПК позволила расширить наше представление о деятельности В.В. Никитина. Тема далеко не закрыта.

Литература

1. ГАПК Ф.р. 180. Оп. 6. Д. 439. Л. 12.
2. ГАПК Ф.р. 282. Оп. 2. Д. 86. Л. 28, 31.
3. ГАПК Ф.р. 282. Оп. 6. Д. 95. Л. 2.
4. ГАПК Ф.р. 282. Оп. 6. Д. 95. Л. 7.
5. ГАПК Ф.р. 282. Оп. 6. Д. 95. Л. 8.
6. ГАПК Ф.р. 282. Оп. 6. Д. 95. Л. 14, 15, 15 об.
7. ГАПК Ф.р. 282. Оп. 6. Д. 95. Л. 25.
8. ГАПК Ф.р. 282. Оп. 2. Д. 141. Л. 29, 36.
9. ГАПК Ф.р. 282. Оп. 6. Д. 95. Л. 20.
10. ГАПК Ф.р. 282. Оп. 6. Д. 95. Л. 18, 18 об.
11. ГАСПИ Ф. 717. Оп. 1. Д. 13. Л. 99.
12. ГАСПИ Ф. 717. Оп. 1. Д. 21. Л. 1.
13. ГАСПИ Ф. 717. Оп. 1. Д. 21. Л. 11.
14. ГАСПИ Ф. 717. Оп. 1. Д. 33. Л. 8.
15. ГАСПИ Ф. 717. Оп. 1. Д. 33. Л. 3.
16. ГАСПИ Ф. 717. Оп. 1. Д. 51. Л. 19.
17. Жаворонкова Г.И. Василий Васильевич Никитин – профессор кафедры почвоведения Уральского сельскохозяйственного института. Пермь: ИПЦ «Прокрость», 2018. 143 с.

VASILY VASILIEVICH NIKITIN: STROKE TO THE PORTRAIT

G.I. Zhavoronkova

FSBEI of HE Perm State Technical University, Perm, Russia

Abstract. The role of Professor V.V. Nikitin as dean, scientist, head. department of soil science. The works of the Kurgan expedition are described in more detail. Data on work in the Nizhny Tagil district are given. Coverage of the activities of the natural science institute.

Keywords: Professor V.V. Nikitin, Faculty of Agriculture 1925-1926, N. Tagil soil expedition, Kurgan soil expedition.

References

1. GAPC F.r. 180. Op. 6. D. 439. L. 12.
2. GAPC F.r. 282. Op. 2. D. 86. L. 28, 31.
3. GAPC F.r. 282. Op. 6. D. 95. L. 2.
4. GAPC F.r. 282. Op. 6. D. 95. L. 7.
5. GAPC F.r. 282. Op. 6. D. 95. L. 8.
6. GAPC F.r. 282. Op. 6. D. 95. L. 14, 15, 15v.
7. GAPC F.r. 282. Op. 6. D. 95. L. 25.
8. GAPC F.r. 282. Op. 2. D. 141. L. 29, 36.
9. GAPC F.r. 282. Op. 6. D. 95. L. 20.
10. GAPC F.r. 282. Op. 6. D. 95. L. 18, 18v.
11. GASPI F. 717. Op. 1. D. 13. L. 99.
12. GASPI F. 717. Op. 1. D. 21. L. 1.
13. GASPI F. 717. Op. 1. D. 21. L. 11.
14. GASPI F. 717. Op. 1. D. 33. L. 8.
15. GASPI F. 717. Op. 1. D. 33. L. 3.
16. GASPI F. 717. Op. 1. D. 51. L. 19.
17. Zhavoronkova G.I. Vasily Vasilyevich Nikitin is a professor at the Department of Soil Science at the Ural Agricultural Institute. Perm: IPC "Prokrost", 2018. 143 p.

УДК 63:54:001.891

СОВРЕМЕННЫЕ ПУБЛИКАЦИИ УЧЕНЫХ ПЕРМСКОГО ГАТУ ИМ. Д.Н. ПРЯНИШНИКОВА В ЖУРНАЛЕ «АГРОХИМИЧЕСКИЙ ВЕСТНИК»

И.С. Прохоров

АНО «Редакция «Химия в сельском хозяйстве»

e-mail: agrochem_herald@mail.ru

Аннотация. В продолжение публикации по истории агрохимии на страницах журнала «Удобрение и Урожай», «Химизация социалистического земледелия», «Химия в сельском хозяйстве», «Химизация сельского хозяйства» и «Агрохимический вестник», представленной в сборнике трудов I Никитинских чтений (Пермь, 19-22 ноября 2019 г.), подготовлен материал о публикационной активности пермских ученых в XXI в.

Ключевые слова: агрохимия, почвоведение, история науки, научные публикации и журналы.

Д.Н. Прянишников – создатель советской агрохимической школы, при его активном участии в 1919 г. был организован Научный институт по удобрениям при ВСНХ СССР, а в 1931 г. – Всесоюзный институт удобрений, агротехники и

агропочвоведения. Фундаментальные труды Дмитрия Николаевича, в том числе «Агрохимия» и «Азот в жизни растений и земледелии СССР» до настоящего времени используют для подготовки специалистов как в России, так и за рубежом. Д.Н. Прянишников, работая в Научном институте по удобрениям, стал одним из инициаторов выхода в свет журнала «Удобрение и Урожай», первый номер которого вышел в июне 1929 г., правопреемником которого является журнал «Агрохимический вестник», что подтверждено письмом НПО «Всесоюзная книжная палата» от 02 декабря 1992 г. № 0212, в котором сообщено, что редакция может указывать на титульном листе издания формулировку «Основан в июне 1929 г.» [5, 6].

За свою 94-летнюю историю журнал переживал переименования, приостановления выхода номеров, переходил из ведомства в ведомство, из издательства в издательство и в настоящий момент редакция является самостоятельным юридическим лицом, что позволяет журналу оставаться независимым при этом четко выполнять требования Высшей аттестационной комиссии Министерства образования и науки Российской Федерации и следовать политике, определяемой редакционной коллегией, в состав которой входят академики и члены-корреспонденты Российской (Азербайджан, Беларусь, Казахстан, Узбекистан).

Публикации ученых зарубежных стран в XXI в. (Азербайджан, Беларусь, Казахстан, Киргизстан, Польша) позволяют журналу «Агрохимический вестник» иметь свой, пусть и не очень высокий, импакт-фактор в зарубежных базах данных научного цитирования (Web of Science, Scopus и Chemical Abstracts), при этом в российском индексе научной цитирования RSCI журнал имеет устойчивые авторитетные позиции среди журналов по сельскому и лесному хозяйству [4, 8].

В 2019 г. началась достаточно активная публикационная активность ученых Пермского государственного аграрно-технологического университета имени академика Д.Н. Прянишникова на страницах журнала «Агрохимический вестник». Так в работе «Моделирование пространственной изменчивости агрохимических показателей почв в агроландшафтах Нечерноземья» приведены исследования по изучению пространственной изменчивости физико-химических и агрохимических показателей в почвах Нечерноземной зоны (на примере ООО «Сельское» Соликамского района Пермского края). Анализ показал, что в агродерново-подзолистых почвах легкого гранулометрического состава рассматриваемые показатели сильно изменялись в пределах поля. Установлены линейные структурные взаимосвязи между свойствами почв. Получены адекватные модели прогноза содержания гумуса от обменной кислотности, суммы обменных оснований и элементов питания для агродерново-подзолистых почв легкого гранулометрического состава. Расчет моделей пространственной изменчивости проводили с использованием разных критериев: по коэффициентам корреляции и по информационным критериям. В зависимости от необходимости оперативного изменения системы удобрения специалисты хозяйств могут на

основании почвенных картограмм и(или) определения показателей свойств почв, спрогнозировать уровень гумуса и(или) минерального азота в почве. Данные модели могут быть основой для планирования мероприятий по повышению плодородия почв конкретных рабочих участков и для рекомендации дифференцированного внесения органических и минеральных удобрений [1].

Благодаря обновлению Перечня ВАК РФ, в журнале «Агрохимический вестник» в настоящее время публикуются материалы по многим специальностям и отраслям науки: микробиология (сельскохозяйственные науки); экология (биологические и химические науки); почвоведение (биологические, сельскохозяйственные и химические науки); общее земледелие растениеводство (биологические и сельскохозяйственные науки); агрохимия, агропочвоведение, защита и карантин растений (биологические, сельскохозяйственные и химические науки). Одним из направлений публикаций благодаря этому стали исследования по оценке земель, а также в особо охраняемых природных территориях (заповедниках и национальных парках). И пермские исследователи также работают в ООПТ. Почвенный покров заповедников – один из компонентов охраняемого ландшафта, но, в отличие от растительного и животного мира, почвы изучены крайне слабо. В статье приведены результаты диагностики почв на постоянных фенологических площадках (ПФП) на территории хребта Басеги, который входит в состав «Государственного заповедника «Басеги». Изучали почвы на 7 фенологических площадках и дополнительно на 5 опорных разрезах для предполагаемых, в будущем, площадках. Почвы на ПФП все очень кислые и не насыщенные основаниями, а отличаются по морфологии профилей, по содержанию органического вещества и насыщенности его азотом. Полевая диагностика почв по морфологии профилей показала некоторое почвенное разнообразие хребта Басеги. Однако, преобладающие в почвенном покрове типы почв (литоземы, буроземы) не имеют репрезентативного представления условий их формирования. Таким образом, существующие ПФП не представляют всего разнообразия природных условий и почв заповедника, формирующихся в особых экологических условиях Среднего Урала. Предложено организовать новые стационарные площадки в коренной темно-хвойной тайге и в криволесье для повышения информативности о разнообразии природных компонентов в высотных ландшафтах хребта Басеги и для репрезентативного представления вертикальной поясности на Среднем Урале в отношении почвенного покрова. Результаты исследования могут быть основой для систематизации и инвентаризации почв заповедника, разработки программы почвенно-экологического мониторинга, почвенно-экологического и почвенно-ландшафтного районирования Среднего Урала, уточнения существующей почвенной карты в отношении горной части [7].

В продолжение исследований по агроэкологической типизации земель в Нечерноземной зоне на территории ООО «Сельское» (429 га), расположенной в Соликамском городском округе Пермского края, разработаны системы севооборотов и удобрений на основе агроэкологической типизации земель.

Выделены факторы, ограничивающие сельскохозяйственное использование земель: литология, легкий гранулометрический состав, низкий уровень плодородия, эрозия, переувлажнение почв. Почвенный покров представлен агродерново-неглубокоподзолистыми, агроподзолистыми, дерново-карбонатными, дерновыми и аллювиальными почвами. По гранулометрическому составу преобладают легкие почвы, небольшую площадь занимают среднесуглинистые. Проведена группировка почв в агроэкологические группы земель при помощи ГИС-анализа. Наибольшая площадь приходится на эрозионные земли (56%). Почвы зональной агроэкологической группы, не имеющие ограничивающих факторов для использования в сельскохозяйственном производстве, занимают всего 31% от площади землепользования. Земли овражно-балочного комплекса занимают 10%, и на пойменные земли приходится 3%. Для каждого типа земель определены категории и возможности использования земель. Создана карта агроэкологических групп земель землепользования. Для земель зональной группы характерна мелкоконтурность почвенных ареалов и их вытянутые формы. Земли эрозионной группы в структуре почвенного покрова землепользования являются фоновыми. Типизация земель обуславливает рациональное распределение основных ресурсов предприятия на получение стабильных урожаев основной культуры (картофель) и выведение земель с ограничениями при возделывании культур, которые могут быть преодолены среднетратными агротехническими и агрохимическими мелиорациями и, как следствие, позволит создать на территории землепользования устойчивый агроландшафт. Выведение земель непригодных для механизированной обработки позволит уменьшить затраты на проведение агротехнических приемов, уменьшить площадь пахотных земель, что позволит уменьшить налогообложение землепользователя. Для группы зональных земель рекомендован зернопропашной севооборот. В эрозионной группе земель целесообразно использовать травяно-зерновой севооборот с насыщением многолетними травами не менее 60%. В системе удобрений основная роль отводится органическим удобрениям и рекомендовано повышение фосфатного уровня в стартовой дозе при внесении при посеве полевых культур в севообороте. Рекомендуемые севообороты и минимальные затраты на применение удобрений позволят снизить негативное влияние антропогенной нагрузки на агроценозы [2].

В 2022 г. проведена агроэкологическая оценка адаптивно-сельскохозяйственного потенциала мелиорируемых почв для уточнения набора культур, и их размещения по полям севооборота. Объектом исследования были осушаемые и орошаемые почвы, занимающие в хозяйстве 3393,4 га. Изучаемая территория представлена аллювиальными болотными, аллювиальными лугово-болотными, аллювиальными луговыми, болотными низинными почвами. Нормативная урожайность культур (Y_0) определена для всех почвенных разностей по полям севооборотов. Данные урожайности культур соответствуют условиям экстенсивного земледелия, рассчитанного в основном на использование

естественного плодородия почв. Агрономическое обследование территории позволило выделить участки, расположенные вблизи автотрассы, где происходит загрязнение почв от автотранспорта, поэтому эти земельные массивы должны быть выведены из севооборотов, так как на них не рекомендуется выращивать кормовые, зерновые и овощные культуры. Проведен расчет нормативной урожайности возделываемых культур для разных агротехнологий и для почвенных разностей всех полей земельного массива. Установлен перечень культур для возделывания: зерновые (ячмень, пшеница, овес), картофель, капуста (ранняя, поздняя), корнеплоды (свекла, морковь), однолетние травы (вика с овсом), многолетние травы (клевер, тимофеевка) в рекомендуемых севооборотах: 8-польный овощекормовой, 7-польный овощекартофельный, 4-х и 6-польный овощной, 5-польный овощной севооборот с высокой насыщенностью капустой и 6-польный овощесидеральный севооборот. Адаптивно-сельскохозяйственный потенциал мелиорируемых почв можно повысить за счет соответствующего набора культур, внедрения рекомендуемых севооборотов, внесения органических и минеральных удобрений в соответствии с агротехнологиями. Это повысит устойчивость агроландшафтов на осушенных и орошаемых почвах [3].

Литература

1. Мудрых Н.А., Самофалова И.А. Моделирование пространственной изменчивости агрохимических показателей почв в агроландшафтах Нечерноземья // Агрохимический вестник. 2019. № 5. С. 17-24.
2. Мудрых Н.А., Самофалова И.А., Чашин А.Н. Совершенствование системы севооборотов и удобрений на основе агроэкологической типизации земель в Нечерноземной зоне (Пермский край) // Агрохимический вестник. 2021. № 6. С. 23-28.
3. Мудрых Н.А., Самофалова И.А., Чашин А.Н. Агроэкологическая оценка адаптивно-сельскохозяйственного потенциала осушенных и орошаемых почв // Агрохимический вестник. 2022. № 6. С. 28-31.
4. Пирумова Л.Н. Листая страницы издания: к юбилею журнала «Агрохимический вестник» // Агрохимический вестник. 2019. № 3. С. 8-14.
5. Прохоров И.С. История научных публикаций по агрохимии / I Никитинские чтения «Актуальные проблемы почвоведения, агрохимии и экологии в природных и антропогенных ландшафтах»: материалы Международной научной конференции (Пермь, 19-22 ноября 2019 г.). Пермь: ИПЦ Прокрость, 2020. С. 459-465.
6. Прохоров И.С. От истории публикаций по агрохимии до юбилея научного журнала // Агрохимический вестник. 2019. № 3. С. 3-7.
7. Самофалова И.И. Почва как компонент охраняемых ландшафтов в системе ООПТ (на примере ФГУ «Государственный заповедник «Басеги») // Агрохимический вестник. 2021. № 1. С. 19-27.
8. Ткачева Е.В., Ивановский А.А. «Агрохимический вестник» в базе данных Web of Science // Агрохимический вестник. 2019. № 4. С. 74-77.

**MODERN PAPERS OF SCIENTISTS OF THE PERM STATE AGROTECHNOLOGICAL
UNIVERSITY NAMED AFTER
D.N. PRYANISHNIKOV IN «AGROCHEMICAL HERALD» JOURNAL**

I.S. Prokhorov

ANO «Editorial Office «Chemistry in Agriculture», Moscow, Russian Federation

Abstract. In continuation of the publication on the history of agrochemistry on the pages of the journal «Fertilizer and Harvest», «Chemization of Socialistic Agriculture», «Chemistry in Agriculture», «Chemization of Agriculture» and «Agrochemical Herald», presented in the proceedings of the I Nikitin Readings (Perm, 19-22 November 2019), material was prepared on the publication activity of Perm scientists in the 21st century.

Keywords: agrochemistry, soil science, history of science, scientific papers, scientific journal.

References

1. Mudrykh N.A., Samofalova I.A. Modeling of spatial variability of agrochemical indicators of soils in agricultural landscapes of the Non-Black Earth Region // *Agrochemical Bulletin*. 2019. No. 5. P. 17-24.
2. Mudrykh N.A., Samofalova I.A., Chashchin A.N. Improving the system of crop rotation and fertilizers based on agroecological typification of lands in the Non-Chernozem Zone (Perm Territory) // *Agrochemical Bulletin*. 2021. No. 6. P. 23-28.
3. Mudrykh N.A., Samofalova I.A., Chashchin A.N. Agroecological assessment of the adaptive agricultural potential of drained and irrigated soils // *Agrochemical Bulletin*. 2022. No. 6. P. 28-31.
4. Pirumova L.N. Leafing through the pages of the publication: on the anniversary of the journal "Agrochemical Bulletin" // *Agrochemical Bulletin*. 2019. No. 3. P. 8-14.
5. Prokhorov I.S. History of scientific publications on agrochemistry / I Nikitin readings "Current problems of soil science, agrochemistry and ecology in natural and anthropogenic landscapes": materials of the International Scientific Conference (Perm, November 19-22, 2019). Perm: IPC Prokrost, 2020. P. 459-465.
6. Prokhorov I.S. From the history of publications on agricultural chemistry to the anniversary of the scientific journal // *Agrochemical Bulletin*. 2019. No. 3. P. 3-7.
7. Samofalova I.I. Soil as a component of protected landscapes in the system of protected areas (on the example of the Federal State Institution "State Reserve "Basegi") // *Agrochemical Bulletin*. 2021. No. 1. P. 19-27.
8. Tkacheva E.V., Ivanovsky A.A. "Agrochemical Bulletin" in the Web of Science database // *Agrochemical Bulletin*. 2019. No. 4. P. 74-77.

УДК 631.4

К.К. ГЕДРОЙЦ. ВКЛАД В ПОЗНАНИЕ ХИМИИ ПОЧВ.

Е.А. Русакова

ЦМП им. В.В. Докучаева – филиал ФГБНУ ФИЦ "Почвенный институт им. В.В. Докучаева", С.-Петербург, Россия

e-mail: el.rus@mail.ru

Аннотация. На основе первоисточников и воспоминаний современников рассмотрены научное наследие основоположника коллоидной химии почв К.К. Гедройца. Работы Гедройца в области изучения поглотительной способности почв внесли ценный вклад в познание химических свойств почв, почвенного плодородия и путей его повышения.

Ключевые слова: К.К. Гедройц; История почвоведения; Химия почв; Коллоидная химия; Почвенный поглощающий комплекс.

Путь в науку. Константин Гедройц родился 6 апреля 1872 г. в небольшом городке Бендеры Бессарабской губернии (сейчас Приднестровская Молдавская Республика). Он был четвертым ребенком из шестерых в семье военного хирурга.

В 12 лет вместе со всей семьей заболел тифом, что привело к развитию порока сердца, который в дальнейшем прогрессировал.

С 1882 по 1884 гг. Константин учился в гимназии в г. Болград Бессарабской губернии. Когда отец умер, материальное положение семьи вынудило мать отдать мальчика в Киевский кадетский корпус. По окончании кадетского корпуса в 1892 г., Константина направляют на дальнейшую учебу в Санкт-Петербург в Михайловское артиллерийское училище, из которого через год его отчисляют по состоянию здоровья. Для дальнейшего обучения, в 1894 г. он поступает в С.-Петербургский Лесной институт.

П.С. Коссович (заведующий кафедрой почвоведения и недавно открывшейся при Лесном институте Сельскохозяйственной химической лаборатории Министерства земледелия и государственных имуществ) поручает К.К. Гедройцу проверить электрометрический метод определения солонцеватости почв, незадолго до этого предложенный в США. Это была его первая самостоятельная научная работа, за которую он в 1899 г. получает ученое звание лесоведа и позднее публикует ее в первом номере, только что основанного, профессором П.С. Коссовичем "Журнала опытной агрономии" [2]. Этой работой было положено начало целой серии методических работ по изучению химического состава и физико-химических свойств почв.

Большое влияние на формирование К. Гедройца, как ученого оказало участие в выпусках "Журнала опытной агрохимии", издавал и редактировал который П.С. Коссович, а после его смерти с 1915 по 1931 гг. этим занимался сам Гедройц. Благодаря, тому, что Гедройц вел в журнале реферативный отдел, он был в курсе проблем и достижений сельскохозяйственной науки по всему миру. За период с 1900 по 1922 гг. им было опубликовано в журнале свыше 2000 рефератов.

В первый период научной деятельности особое внимание К.К. Гедройц уделял изучению фосфорнокислого питания растений и методам определения плодородия почв по отношению к фосфорной кислоте. Анализируя накопленные факты, он понимает, что для управления процессами питания необходимо изучение катионов, прочно связанных с коллоидной частью почвы, а отсюда вытекает необходимость всестороннего исследования почвенных коллоидов и поглощательной способности почвы. Первая работа, посвященная этому вопросу – "Коллоидная химия и почвоведение" вышла в свет в 1908 г. Всего по этой теме в 1900-1917 гг. им было опубликовано 26 работ.

В 1912 г. Гедройц выпустил статью с критическим анализом имеющихся на тот момент в литературе материалов по коллоидной химии почв [3]. Им были проанализированы методы проведения анализов более 20 ученых и на конкретных примерах показано, что имеющиеся на тот момент методики исследования поглощательной способности почв до конца не разработаны и выводы, сделанные авторами недостаточно обоснованы.

С 1913 г. К.К. Гедройц, продолжая развивать начатые исследования, в летние месяцы переносит свои работы на Носовскую сельскохозяйственную опытную станцию (Черниговская область на севере Украины). Позже, в 1923 г., он возглавит Агрохимический отдел станции и организует изучение почвенных процессов, определяющих плодородие почвы, непосредственно в естественной обстановке и на сельскохозяйственных полях.

В 1916 -1917 гг. Гедройц публикует статьи о поглотительной способности почв и почвенных цеолитных основаниях, положивших начало изучению состава обменных катионов в различных почвах и устанавливающих ряд закономерностей обмена. Это позволяет ему выявить связь между солонцами и другими засоленными почвами, установить происхождение солонцов и обосновать метод их гипсования [4,5]. К этому времени он уже является сложившимся ученым, с четко выраженным оригинальным направлением в научной работе. Любые логические выводы он проверяет экспериментом и только убедившись в их правильности, развивает их дальше.

Издается его первая обобщающая работа "Учение о поглотительной способности почв" [6]. В ней Гедройц показывает, что существует 5 видов поглотительной способности: механическая, физическая (адсорбция), физико-химическая или обменная, химическая и биологическая. Существенно новым здесь было установление равноправности в поведении между катионами оснований и водорода. Он приходит к выводу, что коллоидная часть почвы может образовываться двумя путями: диспергированием минеральных частиц в процессе выветривания и осаждением коллоидных гидратов окисей кремния, алюминия и железа.

Публикация логически-стройной системы сведений о поглотительной способности почв, с богатым аналитическим материалом и изложенной под оригинальным углом зрения, представляла крупнейшее событие в научной жизни. Мировая почвенная литература не имела подобной монографии на эту тему. В 1924 г., попав за границу, книга сразу была переведена и издана в США для распространения по опытным учреждениям. С этих пор Гедройц стал широко известен за пределами России.

Примерно с 1924 г. начинается третий период научной деятельности Константина Гедройца – период крупных теоретических обобщений. Учение о поглотительной способности почв" выходит в дополненном и расширенном виде еще 3 раза (1929, 1932, 1933).

Учение о почвенных коллоидах получает географическое толкование. Гедройц приводит данные о составе поглощенных катионов в почвах нескольких основных типов: черноземов, солонцах, подзолистых, латеритных (красноземов). Основную роль в почвообразовании он отводит физико-химическим реакциям, протекающим при промывании почвы атмосферными осадками, то есть элювиальному процессу. Монография "Осолонение почвы" подводит итог работам о засоленных почвах, полученные аналитические и экспериментальные данные дают полное основание считать солодь продуктом эволюции солонцов [8].

Научное творчество К.К. Гедройца характеризуется огромным количеством методологических работ и оригинальными методами химического исследования почв. Работа "Химический анализ почвы", вышедшая в 1923 г., неоднократно переиздавалась и до сих пор в некоторых вопросах является актуальной [7].

К.К. Гедройц был не только выдающимся исследователем, но и прекрасным педагогом. С 1917 по 1930 гг. он был профессором, а с 1919 г. руководителем кафедры почвоведения в Петроградском Лесном институте. С 1920 г. профессором Стебутовского сельскохозяйственного, Политехнического и Агрономического институтов в Петрограде.

После смерти академика К.Д. Глинки, К.К. Гедройц становится преемником его на замещение освободившейся в Академии Наук кафедры почвоведения. В 1929 г. он избирается действительным членом Академии Наук СССР и председателем Международной ассоциации почвоведов, в связи с проведением II Международного конгресса почвоведов в СССР.

В 1929 г. К.К. Гедройц становится директором Почвенного института им. В.В. Докучаева и оставляет педагогическую деятельность, не имея физической возможности совмещать и то и другое. В начале 1930 г. он вынужден отказаться от должности по состоянию здоровья.

Здоровье Константина Коэтановича продолжает ухудшаться – усиливается склероз аорты, по заключению врачей его существование возможно только при условии спокойной жизни. Как нельзя кстати, весной 1930 г. его приглашают вести работы в качестве заведующего агрохимической лаборатории на Долгопрудном Опытном институте под Москвой. Гедройц переезжает под Москву и лишь изредка посещает заседания секций Академии Наук. Не появляется он и на 2-м Международном конгрессом почвоведов, чем чрезвычайно огорчает иностранных ученых, которые давно хотели познакомиться с ним лично.

По воспоминаниям современников Гедройц вообще не любил публичные выступления, лишь один-два раза он делал лично доклады о своих работах, во всех остальных случаях посыл их письменно, не участвуя в самих конференциях. На одном из съездов даже выдвинули предположение, что уж не миф ли этот "невидимый ученый", мнение которого хотелось бы слышать в прениях по докладам [1].

5 октября 1932 г. К.К. Гедройц с супругой должен был поехать для лечения на Кавказ. Смерть настигла его, когда он садился в поезд. К.К. Гедройц скончался в амбулатории вокзала, не приходя в сознание, от разрыва аорты.

Некрологи о смерти К.К. Гедройца были размещены во всех центральных газетах и специальных журналах, как в СССР, так и за его пределами. Похороны состоялись на Введенском кладбище Москвы.

Научное признание. В 1924 -1930 гг. в США и Германии издается ряд работ К.К. Гедройца. Английский ученый Г. Пэдж в 1926 г. на международной

конференции по химии почв в Гроненгене (Нидерланды) выступил с подробным реферативным докладом об его исследованиях в области изучения поглотительной способности почв. Этот доклад способствовал широкой популяризации работ К. К. Гедройца.

В 1927 г. К.К. Гедройцу была присуждена премия им. В.И. Ленина.

В 1927 г. К.К. Гедройц был избран членом-корреспондентом, а в 1929 г. академиком Академии наук СССР; в 1929 г. членом-корреспондентом Чехословацкой земледельческой академии; в 1927 г. президентом Международной ассоциации почвоведов; в 1930 г. президентом 2-го Международного конгресса почвоведов.

В 2016 г. С целью увековечения памяти выдающегося ученого и организатора отечественной науки президиум РАН постановил: Учредить золотую медаль имени К.К. Гедройца, присуждаемую РАН за выдающиеся работы в области почвоведения и агрохимии.

В 2002 г. на родине ученого в Приднестровской Молдавской Республике была выпущена купюра номинал 100 руб. с изображением К.К. Гедройца.

Вывод. Первые исследования почвенных коллоидов появились в конце 19 века (J.T. Way, A. van Bemmelen, E. Вейтч и другие), но только после опубликования в начале 20-х годов двадцатого века основных исследований К.К. Гедройца, появились углубленные базовые знания о коллоидных свойствах почвы. Гедройц предложил и обосновал простые методы изучения коллоидных явлений, вскрыл их сущность и ввел науку о почвенных коллоидах в рамки докучаевских идей о почвообразовании.

У К.К. Гедройца было мало сотрудников и непосредственных учеников, но общепризнанная ценность его научных трудов, его живое общение с широким кругом молодых ученых и огромный авторитет в области разрабатываемых им вопросов, способствовали созданию целой школы его последователей.

Литература

1. Архив Центрального музея почвоведения им. В.В. Докучаева. Фонд 2. Опись 33.
2. Гедройц К.К. Электрический метод Whitney'Н и Means'a для определения солонцеватости почв // Журнал Опытной Агрохимии. 1900.Т. I. С. 21-48.
3. Гедройц К.К. Коллоидная химия в вопросах почвоведения. I. Коллоидальные вещества в почвенном растворе. Образование соды в почве. Щелочные солонцы и солончаки // Журнал Опытной Агрохимии. 1912. Т.13. С. 363-412.
4. Гедройц К.К. Поглотительная способность почвы и почвенные цеолитные основания // Журнал Опытной Агрохимии. 1916. Т.17, кн.6. С. 472-527.
5. Гедройц К.К. Засоленные почвы и их улучшение // Журнал Опытной Агрохимии. 1917.Т.18, кн.1. С. 122-140.
6. Гедройц К.К. Учение о поглотительной способности почв // Петроград. Наркомзем. 1922. С. 3-55.
7. Гедройц К.К. Химический анализ почвы // М.–Л. Новая деревня. 1923. 598 с.
8. Гедройц К.К. Осолодение почвы // Носовская сельскохозяйственная опытная станция, Отд. Агрохимия. Л. Наркомзем. 1926. Вып.44. 136 с.

K.K. GEDROIZ. CONTRIBUTION TO THE KNOWLEDGE OF SOIL CHEMISTRY

E.F. Ruskova

Central Soil Museum by V.V. Dokuchaev – Branch of the Federal Research Centre “V.V. Dokuchaev Soil Science Institute, Saint Petersburg, Russian Federation

Abstract. Because of primary sources and memoirs of contemporaries, the scientific heritage of the founder of colloidal chemistry of soils K.K. Giedroyts is considered. The works of Giedroyts in the field of studying the absorption capacity of soils made a valuable contribution to the knowledge of chemical properties of soils, soil fertility and ways to improve it.

Keywords: *K.K. Gedroiz; Soil science history; Soil chemistry; Interface and colloid science; Soil absorption complex.*

References

1. Archives of the Central Soil Museum by V.V. Dokuchaev. Fund 2. List 33.
2. Gedroiz K.K. 1900. Electric method of Whitney & Means for determination of exchangeable Na in soils // Journal of Experimental Agrochemistry. Vol. I. P. 21-48.
3. Gedroiz K.K. 1912. Colloidal chemistry in soil science. I. Colloidal substances in soil solution. The formation of soda in the soil. Alkaline Solonetz and Solonchaks // Journal of Experimental Agrochemistry. Vol. 13. P. 363-412.
4. Gedroiz K.K. 1916. Soil absorption capacity and soil zeolite bases // Journal of Experimental Agrochemistry. Vol. 17. B. 6. P. 472-527.
5. Gedroiz K.K. 1917. Saline soils and their melioration // Journal of Experimental Agrochemistry. Vol. 18. B. 1. P. 122-140.
6. Gedroiz K.K. 1922. The doctrine of the absorption capacity of soils // Petrograd. Narkomzem. P.3-55.
7. Gedroiz K.K. 1923. Chemical analysis of the soil // M. - L. New village. 258 p.
8. Gedroiz K. K. 1926. Soil salinization. Narkomzem // Nosovskaya Agricultural Experimental Station, Department of Agrochemistry. L. Rel. 44. 136 p.

СОДЕРЖАНИЕ

СЕКЦИЯ 1. ГЕНЕЗИС, КЛАССИФИКАЦИЯ, ЭВОЛЮЦИЯ ПОЧВ. МУЛЬТИДИСЦИПЛИНАРНЫЕ АСПЕКТЫ ПОЧВОВЕДЕНИЯ SECTION 1. GENESIS, CLASSIFICATION, EVOLUTION OF SOILS. MULTIDISCIPLINARY ASPECTS OF SOIL SCIENCE	4
<i>Азаренок Т.Н.</i> МЕТОДИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ОЦЕНКИ УЩЕРБА ОТ ДЕГРАДАЦИИ ОРГАНОГЕННЫХ ПОЧВ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ <i>Azarenok T.N.</i> METHODOLOGICAL ASPECTS OF ASSESSING DAMAGE FROM DEGRADATION OF ORGANIC SOILS ON AGRICULTURAL LAND.....	4
<i>Дорошенко Д.А., Никифоров А.Н., Гербер А.А.</i> НЕКОТОРЫЕ СВОЙСТВА И СОСТАВ ВОДНОЙ ВЫТЯЖКИ ПОЧВ ОЗЕРА ЧАНЫ <i>Doroshenko D.A., Nikiforov A.N., Gerber A.A.</i> SOME PROPERTIES AND COMPOSITION OF WATER EXTRACT OF SOILS OF LAKE CHANY.....	7
<i>Дурыманова В.Д., Самофалова И.А.</i> ХАРАКТЕРИСТИКА ПОЧВ ВДОЛЬ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ТРОПЫ «К ВЕРШИНЕ СЕВЕРНОГО БАСЕГА» <i>Durymanova V.D., Samofalova I.A.</i> SOIL CHARACTERISTICS ALONG THE ECOLOGICAL TRAIL "TO THE TOP OF THE NORTHERN BASEG".....	11
<i>Захарова Е.Г.</i> ОСОБЕННОСТИ ГУМУСОВЫХ ПРОФИЛЕЙ СТЕПНЫХ ПОЧВ СЕВЕРО-ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ ПРИОБСКОГО ПЛАТО <i>Zakharova E.G.</i> FEATURES OF STEPPE SOIL HUMUS PROFILES IN NORTH-EASTERN PART OF THE OB PLATEAU.....	15
<i>Зеленцова А.Е., Никифоров А.Н.</i> СОСТАВ ВОДНОЙ ВЫТЯЖКИ ПЕДОГЕННЫХ НОВООБРАЗОВАНИЙ ЮГА ТАЕЖНОЙ ЗОНЫ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ <i>Zelentsova A.E., Nikiforov A.N.</i> COMPOSITION OF THE WATER EXTRACT OF PEDOGENIC NEW FORMATIONS OF THE SOUTHERN TAIGA ZONE OF WESTERN SIBERIA.....	20
<i>Исмаилов А.И., Гасанов В.Г., Юзбашова Н.Ш.</i> ИЗМЕНЕНИЕ ДИАГНОСТИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ТЕМНЫХ ГОРНО СЕРО- КОРИЧНЕВЫХ ПОЧВ СЕВЕРО-ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ МАЛОГО КАВКАЗА В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ЭКСПОЗИЦИЙ СКЛОНОВ <i>Ismayilov A.I., Hasanov V.H., Yuzbashova N.Sh.</i> CHANGES IN DIAGNOSTIC PARAMETERS OF DARK MOUNTAINOUS GRAY-BROWN SOILS IN THE NORTH-EASTERN PART OF THE LESSER CAUCASUS DEPENDING ON SLOPE EXPOSURES.....	23

<i>Исмаилов Т.А.</i> КЛАССИФИКАЦИЯ ГОРНЫХ ПОЧВ КЫРГЫЗСКОЙ РЕСПУБЛИКИ НА ПРИМЕРЕ ФЕРГАНСКОГО ХРЕБТА <i>Ismailov T.A.</i> CLASSIFICATION OF MOUNTAIN SOILS OF THE KYRGYZ REPUBLIC ON THE EXAMPLE OF THE FERGANA RANGE.....	29
<i>Каминская А.В., Лопатовская О.Г.</i> НЕКОТОРЫЕ СВОЙСТВА ПОЧВЫ ОКОЛО МИНЕРАЛЬНОГО ИСТОЧНИКА «ДАВША», БАРГУЗИНСКИЙ ЗАПОВЕДНИК <i>Kaminskaya A.V., Lopatovskaya O.G.</i> SOME PROPERTIES OF THE SOIL NEAR THE MINERAL SPRING "DAVSHA", BARGUZINSKY RESERVE.....	32
<i>Киселева Н.Д., Савостьянова А.М.</i> КАРБОНАТНОЕ СОСТОЯНИЕ НЕКОТОРЫХ ПОЧВ, СФОРМИРОВАННЫХ НА ВЕРХНЕКЕМБРИЙСКИХ ОТЛОЖЕНИЯХ <i>Kiseleva N.D., Savostyanova A.M.</i> CARBONATE STATE OF SOME SOILS FORMED ON UPPER CAMBRIAN SEDIMENTS.....	37
<i>Ковалева Н.О.</i> ЭВОЛЮЦИЯ БУРЫХ ЛЕСНЫХ ПОЧВ СЕВЕРНОГО КАВКАЗА <i>Kovaleva N.O.</i> EVOLUTION OF BROWN FOREST SOILS IN THE NORTHERN CAUCASUS.....	42
<i>Козлова А.А.</i> СПЕЦИФИКА ПОЧВООБРАЗОВАНИЯ В ПОДТАЕЖНЫХ ЛАНДШАФТАХ ЮЖНОГО ПРЕДБАЙКАЛЬЯ <i>Kozlova A.A.</i> SPECIFICS OF SOIL FORMATION IN THE SUBTAIGA LANDSCAPES OF THE SOUTHERN BAIKALIA.....	47
<i>Куклина С.Л.</i> ОСОБЕННОСТИ РАЗНОВОЗРАСТНЫХ ПОЧВ И ОТЛОЖЕНИЙ НА ОАН "СТОЯНКА "МАЛЬТА МОСТ-3" (ИРКУТСКАЯ ОБЛАСТЬ) <i>Kuklina S.L.</i> FEATURES OF SOILS OF DIFFERENT AGES AND DEPOSITS AT OBJECT OF ARCHAEOLOGICAL HERITAGE «STOYANKA «MALTA-MOST - 3» (IRKUTSK REGION).....	51
<i>Лесовая С.Н.</i> ГЕНЕЗИС, СВОЙСТВА И МИНЕРАЛОГИЧЕСКИЙ СОСТАВ ПОЧВ НА КРАСНОЦВЕТНЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ ЕВРОПЕЙСКОЙ ТЕРРИТОРИИ РОССИИ <i>Lessovaia S.N.</i> GENESIS, PROPERTIES, AND MINERALOGY OF SOILS ON RED-COLORED SUBSTRATES FROM EUROPEAN RUSSIA.....	54
<i>Мартынова Н.А., Жученко Н.А., Мартынова Д.О.</i> ВЛИЯНИЕ МИНЕРАЛЬНОЙ ЛИТОГЕННОЙ ОСНОВЫ ПОЧВООБРАЗУЮЩИХ ПОРОД НА ГЕНЕЗИС И СВОЙСТВА ГОРНО-ДОЛИННЫХ ПОЧВ ЮГО-ЗАПАДНОГО ПРИБАЙКАЛЬЯ <i>Martynova N.A., Zhuchenko N.A., Martynova D.O.</i>	

INFLUENCE OF THE MINERAL LITHOGENIC BASIS OF SOIL-FORMING ROCKS ON THE GENESIS AND PROPERTIES OF MOUNTAIN-VALLEY SOILS OF THE SOUTH-WESTERN PART OF BAIKAL REGION.....57

Мартынова Н.А.

СОСТАВ ТОНКОДИСПЕРСНЫХ ФРАКЦИЙ И ЛИТОГЕОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ФОСФОРИТНЫХ ПОЧВ ПРИХУБСУГУЛЬЯ МОНГОЛИИ

Martynova N.A.

THE COMPOSITION OF FINE FRACTIONS AND LITHOGEOCHEMICAL FEATURES OF PHOSPHOROUS SOILS OF THE PREKHOVSGOL REGION OF MONGOLIA.....62

Попов А.И.

НОВЫЕ ПОДХОДЫ В ИЗУЧЕНИИ КАЧЕСТВЕННОГО СОСТАВА ПОЧВЕННОГО ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА

Popov A.I.

NEW APPROACHES IN STUDYING THE QUALITATIVE COMPOSITION OF SOIL ORGANIC MATTER.....68

Прокашев А.М., Вартан И.А., Матушкин А.С., Бородатый И.Л., Пупышева С.А., Краева В.И.

ДЕРНОВО-КАРБОНАТНЫЕ ПОЧВЫ НА ЭЛЮВИИ ПЕРМСКИХ ПЕСЧАНИКОВ ВЯТСКОГО ПРИКАМЬЯ

Prokashev A.M., Vartan I.A., Matushkin A.S., Borodaty I.L., Pupyshva S.A., Kraeva V.I.

SOD-CARBONATE SOILS ON THE ELUVIA OF PERMIAN SANDSTONES VYATKA PRIKAMYE.....73

Прокашев А.М., Матушкин А.М., Пупышева С.А., Вартан И.А., Соболева Е.С., Казаков Д.В.

СЕРЫЕ ПОЧВЫ – ИНДИКАТОРЫ МИГРАЦИИ ЛАНДШАФТНЫХ РУБЕЖЕЙ ВЯТСКОГО ПРИКАМЬЯ В ГОЛОЦЕНЕ

Prokashev A.M., Matushkin A.M., Pupyshva S.A., Vartan I.A., Soboleva E.S., Kazakov D.V.

GRAY SOILS – INDICATORS OF MIGRATION OF LANDSCAPE BOUNDARIES OF THE VYATKA KAMA REGION IN THE HOLOCENE.....78

Рогова О.Б., Волков Д.С., Проскурнин М.А.

КАШТАНОВЫЕ ПОЧВЫ: СРАВНИТЕЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ФРАКЦИЙ МОКРОГО РАССЕВА С ПОМОЩЬЮ ИК-СПЕКТРОСКОПИИ

Rogova O.B., Volkov D.S., Proskurnin M.A.

CHESTNUT SOILS: A COMPARISON STUDY OF WET-SIEVING FRACTIONS BY IR SPECTROSCOPY.....83

Родикова А.В., Кулижский С.П., Панкратова К.О., Шипко Е.А.

ДЕНУДАЦИОННО-АККУМУЛЯТИВНАЯ ПРИРОДА ПОЧВ ОКРЕСТНОСТЕЙ ТОМСКА (С. ЛОСКУТОВО)

Rodikova A.V., Kulizhskiy S.P., Pankratova K.O., Shipko E.A.

DENUDATION-ACCUMULATIVE NATURE OF SOILS IN THE VICINITY OF TOMSK (V. LOSKUTOVO).....87

Рычкова И.В., Самофалова И.А., Сивкова Д.Д.

МОРФОЛОГО-АНАЛИТИЧЕСКАЯ ДИАГНОСТИКА ПОЧВ ГОРНЫХ БОЛОТ НА СРЕДНЕМ УРАЛЕ

Rychkova I.V., Samofalova I.A., Sivkova D.D.

MORPHOLOGICAL AND ANALYTICAL DIAGNOSIS OF SOILS MOUNTAIN BOGS IN THE MIDDLE URALS.....	92
<i>Самофалова И.А., Ефимов О.Е.</i>	
ИНТЕНСИВНОСТЬ ХИМИЧЕСКОГО ВЫВЕТРИВАНИЯ В ПОЧВАХ СРЕДНЕГО УРАЛА (ХРЕБЕТ БАСЕГИ)	
Samofalova I.A., Efimov O.E.	
INTENSITY OF CHEMICAL WEATHERING IN SOILS OF THE MIDDLE URALS (BASEGI RIDGE).....	97
<i>Самофалова И.А., Лобанова Е.С., Жакова С.Н., Новоселова Л.В., Путилова А.Э.</i>	
ПОЧВЕННО-РАСТИТЕЛЬНЫЙ ПОКРОВ ГОРЫ «ГОРОДИЩЕ» КУОРТА «КЛЮЧИ» СУКСУНСКОГО ГОРОДСКОГО ОКРУГА ПЕРМСКОГО КРАЯ	
<i>Samofalova I.A., Lobanova E.S., Zhukova S.N., Novoselova L.V., Putilova A.E.</i>	
SOIL-VEGETATION COVER OF MOUNTAIN "GORODISHCHE" OF THE RESORT "KLUCHI" OF THE SUKSUN CITY DISTRICT OF THE PERM REGION.....	102
<i>Спирина В.З.</i>	
ГУМУСОВОЕ СОСТОЯНИЕ НЕКОТОРЫХ ПОЧВ ЮЖНОЙ ЧАСТИ ИРКУТСКО- ЧЕРЕМХОВСКОЙ РАВНИНЫ	
<i>Spirina V.Z.</i>	
HUMUS STATE OF SOME SOILS IN THE SOUTHERN PART OF THE IRKUTSK- CHEREMKHOVSKAYA PLAIN.....	106
<i>Сулейманов Р.Р., Кунгурцев А.Я., Савельев Н.С.</i>	
ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКИЙ СОСТАВ ПОЧВ АРХЕОЛОГИЧЕСКИХ ПАМЯТНИКОВ НА ФОНЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ ПРИРОДНОГО И АНТРОПОГЕННОГО ФАКТОРА	
<i>Suleymanov R.R., Kungurtsev A.Ya., Savel'ev N.S.</i>	
GRANULOMETRIC COMPOSITION OF SOILS OF ARCHAEOLOGICAL SITES AGAINST THE BACKGROUND OF THE IMPACT OF NATURAL AND ANTHROPOGENIC FACTORS.....	111
<i>Фрид А.С.</i>	
ОПЫТ КОЛИЧЕСТВЕННОГО ИЗУЧЕНИЯ РАЗНООБРАЗИЯ МИНЕРАЛЬНЫХ ПОЧВЕННЫХ ТЕЛ (ПЕДОМАТРИЦ)	
<i>Frid A.S.</i>	
EXPERIMENT OF QUANTITATIVE STUDY OF VARIETY OF MINERAL SOIL BODIES (PEDOMATRIX).....	116
СЕКЦИЯ 2. ПОЧВЕННЫЕ РЕСУРСЫ И ОЦЕНКА ЗЕМЕЛЬ (ПЛОДОРОДИЕ, ДЕГРАДАЦИЯ, ОХРАНА, МОНИТОРИНГ). ПОСТАГРОГЕННАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ ПОЧВ. УПРАВЛЕНИЕ ЗЕМЕЛЬНЫМИ РЕСУРСАМИ	
SECTION 2. SOIL RESOURCES AND LAND EVALUATION (FERTILITY, DEGRADATION, CONSERVATION, MONITORING). POSTAGROGENIC SOIL TRANSFORMATION. MANAGEMENT OF LAND RESOURCES.....	
	121
<i>Абакумов Е.В., Чебыкина Е.Ю., Низамутдинов Т.И., Поляков В.И.</i>	
ТЕКУЩЕЕ СОСТОЯНИЕ ЗАЛЕЖНЫХ ПОЧВ ЛЕНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ	
<i>Abakumov E.V., Chebykina E.Y., Nizamutdinov T.I., Polyakov V.I.</i>	
CURRENT STATE OF FALLOWN SOILS IN LENINGRAD REGION.....	121

<i>Адельмурзина И.Ф., Сулейманов Р.Р.</i> ОСНОВНЫЕ ТИПЫ И СВОЙСТВА МЕЛИОРИРУЕМЫХ ЗЕМЕЛЬ РЕСПУБЛИКИ БАШКОРТОСТАН <i>Adelmurzina I.F., Suleymanov R.R.</i> MAIN TYPES AND CHARACTERISTICS OF MELIORATED LANDS OF THE REPUBLIC OF BASHKORTOSTAN.....	124
<i>Алейник В.В., Слюсарев В.Н., Попова Ю.С.</i> СВОЙСТВА ЧЕРНОЗЕМА ВЫЩЕЛОЧЕННОГО КУБАНИ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ АЛЬТЕРНАТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ВЫРАЩИВАНИЯ ЛЮЦЕРНЫ <i>Aleynik V.V., Slyusarev V.N., Popova Y.S.</i> PROPERTIES OF LEACHED KUBAN CHERNOZEM DEPENDING ON ALTERNATIVE ALFALFA GROWING TECHNOLOGIES.....	129
<i>Безуглова О.С.</i> ВЛИЯНИЕ СОЛОНЦЕВАТОСТИ НА ГУМУСНОЕ СОСТОЯНИЕ КАШТАНОВЫХ ПОЧВ <i>Bezuglova O.S.</i> THE INFLUENCE OF SALINIZATION ON THE HUMUS STATUS OF CHESTNUT SOILS.....	134
<i>Белых А.Д., Гилёв В.Ю.</i> АГРОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА СВОЙСТВ ПОЧВ ЛЕСНЫХ ПИТОМНИКОВ ВЯТСКО- КАМСКОЙ ПОЧВЕННОЙ ПРОВИНЦИИ <i>Belykh A.D., Gilyov V.Yu.</i> AGROECOLOGICAL ASSESSMENT OF SOIL PROPERTIES OF FOREST NURSERY OF THE VYATKA-KAMA SOIL PROVINCE.....	138
<i>Бобров Е.А.</i> КАЧЕСТВЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ЗЕМЕЛЬ В СМОЛЕНСКОЙ ОБЛАСТИ <i>Bobrov E.A.</i> QUALITATIVE CONDITION OF LAND IN THE SMOLENSK REGION.....	142
<i>Бортник Т.Ю., Карпова А.Ю.</i> КАЛИЙНОЕ СОСТОЯНИЕ АГРОДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ ПОЧВЫ ПРИ ДЛИТЕЛЬНОМ ИСПОЛЬЗОВАНИИ СИСТЕМ УДОБРЕНИЯ <i>Bortnik T.Y., Karpova A.Y.</i> POTASSIUM STATE OF AGRO-SOD-PODZOLIC SOIL WITH LONG-TERM USE OF FERTILIZATION SYSTEMS.....	145
<i>Ведерникова П.С., Гилёв В.Ю.</i> ВОДНО-ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПАХОТНЫХ ПОЧВ ЧАСТИ ЗЕМЛЕПОЛЬЗОВАНИЯ ПЕРМСКОГО НИИСХ – ФИЛИАЛА ПФИЦ УРО РАН <i>Vedernikova P.S., Gilev V.Yu.</i> WATER-PHYSICAL PROPERTIES OF ARABLE SOILS IN THE PART OF LAND USE OF THE PERM NIIS A BRANCH OF THE PFRC UB RAS.....	151
<i>Волкова В.А., Воронкова Н.А., Балабанова Н.Ф., Цыганова Н.А., Кемеров А.А.</i> ПОКАЗАТЕЛИ ПЛОДОРОДИЯ ПОЧВЫ ДЛИТЕЛЬНОГО СТАЦИОНАРНОГО ОПЫТА <i>Volkova V.A., Voronkova N.A., Balabanova N.F., Tsyganova N.A., Kemerovo A.A.</i> INDICATORS OF SOIL FERTILITY OF LONG-TERM STATIONARY EXPERIENCE.....	155

<i>Галеева Л.П.</i> ВЫНОС И БАЛАНС ЭЛЕМЕНТОВ ПИТАНИЯ ЗЕРНОВЫМИ КУЛЬТУРАМИ ПРИ РАЗНЫХ СПОСОБАХ ВНЕСЕНИЯ УДОБРЕНИЙ НА ЧЕРНОЗЁМАХ ВЫЩЕЛОЧЕННЫХ <i>Galeeva L.P.</i> REMOVAL AND BALANCE OF NUTRITION ELEMENTS BY GRAIN CROPS WITH DIFFERENT METHODS OF FERTILIZATION ON LEACHED CHERNOZEMS.....	160
<i>Горохова С.М., Щуренко Н.М., Васильев А.А.</i> ЭКОЛОГО-ГЕОХИМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА МАГНИТНОЙ ФРАКЦИИ ПОЧВ СРЕДНЕГО ПРЕДУРАЛЬЯ (ОБЗОР) <i>Gorokhova S.M., Shchurenko N.M., Vasiliev A.A.</i> ECOLOGICAL AND GEOCHEMICAL ASSESSMENT OF MAGNETIC FRACTION OF SOILS IN THE MIDDLE URALS (REVIEW).....	164
<i>Елизаров Н.В.</i> ПРОБЛЕМЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ АГРОЛАНДШАФТОВ БАРАБЫ В УСЛОВИЯХ КОЛЕБАНИЯ УРОВНЯ МИНЕРАЛИЗОВАННЫХ ГРУНТОВЫХ ВОД <i>Elizarov N.V.</i> PROBLEMS OF USING AGRICULTURAL LANDSCAPES OF BARABA IN CONDITIONS OF FLUCTUATIONS IN THE LEVEL OF MINERALIZED GROUNDWATER.....	167
<i>Ерин В.А., Илюшечкин В.А.</i> ПИТАТЕЛЬНЫЙ РЕЖИМ ЧЕРНОЗЁМА ОБЫКНОВЕННОГО ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ НУТА ПО ТЕХНОЛОГИИ NO-TILL <i>Erin V.A., Ilyushechkin V.A.</i> NUTRIENT REGIME OF ORDINARY CHERNOZEM UNDER CHICKPEA CULTIVATION USING NO-TILL TECHNOLOGY.....	171
<i>Желясков А.Л.</i> О НЕОБХОДИМОСТИ РАЗРАБОТКИ РЕГИОНАЛЬНЫХ ПРОГРАММ ВОВЛЕЧЕНИЯ В ХОЗЯЙСТВЕННЫЙ ОБОРОТ НЕИСПОЛЬЗУЕМЫХ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ УГОДИЙ (НА МАТЕРИАЛАХ ПЕРМСКОГО КРАЯ) <i>Zhelyaskov A.L.</i> ON THE NEED TO DEVELOP REGIONAL PROGRAMS FOR INVOLVING UNUSED AGRICULTURAL LAND IN THE ECONOMIC TURNOVER (ON THE MATERIALS OF THE PERM REGION).....	175
<i>Каллас Е.В., Курдавильцев А.С.</i> ТРАНСФОРМАЦИЯ ТЕМНО-СЕРЫХ ПОЧВ ТОМЬ-ЯЙСКОГО МЕЖДУРЕЧЬЯ В УСЛОВИЯХ АГРОГЕННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ <i>Kallas E.V., Kurdaviltsev A.S.</i> TRANSFORMATION OF DARK GRAY SOILS OF THE TOM-YAYA INTERFLUVE UNDER CONDITIONS OF AGROGENIC IMPACT.....	180
<i>Кондратьева М.А., Бажукова Н.В.</i> РЕГИОНАЛЬНОЕ КОМПЛЕКСНОЕ ПОЧВЕННОЕ КАРТОГРАФИРОВАНИЕ (НА ПРИМЕРЕ ПЕРМСКОГО КРАЯ) <i>Kondratieva M.A., Bazhukova N.V.</i> REGIONAL INTEGRATED SOIL MAPPING (BY THE EXAMPLE OF THE PERM TERRITORY).....	185

<i>Котельникова А.Д., Колчанова К.А., Шишкин М.А., Рогова О.Б.</i> ФОСФОРНЫЕ УДОБРЕНИЯ КАК ИСТОЧНИК ПОСТУПЛЕНИЯ ЛЕГКИХ РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ В ПОЧВУ <i>Kotelnikova A.D., Kolchanova K.A., Shishkin M.A., Egorov F.S., Rogova O.B.</i> PHOSPHORUS FERTILIZERS AS A SOURCE OF LIGHT RARE EARTH ELEMENTS IN THE SOIL.....	191
<i>Кучеренко А.В., Бирюкова О.А.</i> ЦИНК В ЧЕРНОЗЕМЕ ЮЖНОМ В УСЛОВИЯХ ПЛОДОВОГО АГРОЦЕНОЗА <i>Kucherenko A.V., Viryukova O.A.</i> ZINC IN CALCIC CHERNOZEM UNDER CONDITIONS OF FRUIT AGROCOENOSIS.....	196
<i>Кылосова Н.В., Кондратьева М.А.</i> ПРОТИВОЭРОЗИОННАЯ УСТОЙЧИВОСТЬ АГРОДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТЫХ ПОЧВ <i>Kylosova N.V., Kondratieva M.A.</i> ANTI-EROSION STABILITY OF AGROSODS-PODZOL SOILS.....	202
<i>Лобанова Е.С., Исаева К.А.</i> ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА СЕРЫХ ЛЕСНЫХ ПОЧВ КУНГУРСКОГО МУНИЦИПАЛЬНОГО ОКРУГА ПЕРМСКОГО КРАЯ <i>Lobanova E.S., Isaeva K.A.</i> PHYSICAL PROPERTIES OF GRAY FOREST SOILS OF KUNGURSKY MUNICIPAL DISTRICT OF PERM KRAI.....	207
<i>Лукин С.М.</i> ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОРГАНИЧЕСКИХ УДОБРЕНИЙ В ЗЕМЛЕДЕЛИИ РОССИИ <i>Lukin S.M.</i> USE OF ORGANIC FERTILISERS IN RUSSIAN AGRICULTURE.....	209
<i>Макарова Т.А., Гиниятуллин К.Г., Смирнова Е.В., Закирова А.А.</i> ИСПОЛЬЗОВАНИЕ РАЗЛИЧНЫХ ПОДХОДОВ К ХАРАКТЕРИСТИКЕ КАЧЕСТВЕННОГО СОСТАВА ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА ПОСТАГРОГЕННЫХ ПОЧВ <i>Makarova T.A., Giniyatullin K.G., Smirnova E.V., Zakirova A.A.</i> USE OF DIFFERENT APPROACHES TO THE QUALITATIVE COMPOSITION OF ORGANIC MATTER IN POSTAGROGENIC SOILS.....	212
<i>Матвеева Н.В., Апарин Б.Ф., Мингареева Е.В., Рогова О.Б.</i> ИЗМЕНЕНИЕ СМАЧИВАЕМОСТИ ОБЫКНОВЕННЫХ ЧЕРНОЗЕМОВ ПОД РАЗНЫМИ ТИПАМИ УГОДИЙ И СРОКАМИ ЗЕМЛЕПОЛЬЗОВАНИЯ <i>Matveeva N.V., Aparin B.F., Mingareeva E.V., Rogova O.B.</i> CHANGES IN THE WETTABILITY OF ORDINARY CHERNOZEM UNDER DIFFERENT TYPES OF LANDS AND TERMS OF LAND USE.....	217
<i>Мешик О.П., Мажайский Ю.А.</i> ОЦЕНКА МЕЛИОРАТИВНЫХ РЕЖИМОВ ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТЫХ ПОЧВ БЕЛАРУСИ В УСЛОВИЯХ КЛИМАТИЧЕСКИХ ИЗМЕНЕНИЙ <i>Meshyk A.P., Mazhayskiy Yu.A.</i> ASSESSMENT OF AMELIORATION REGIMS IN BELARUS' SODDY-PODZOLIC SOILS UNDER THE CLIMATE CHANGE CIRCUMSTANCES.....	223

<i>Никифоров А.Н.</i> СОСТАВ И СВОЙСТВА ПОЧВ В ОЧАГАХ РАЗМНОЖЕНИЯ НАСЕКОМЫХ ДЕНДРОФАГОВ <i>Nikiforov A.N.</i> COMPOSITION AND PROPERTIES OF SOILS IN THE BREEDING AREAS OF INSECT DENDROPHAGES.....	228
<i>Онищенко Л.М., Разгулин В.А., Голубова В.К., Белозор А.А.</i> АГРОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ НА БАЛАНСОВЫЕ КОЭФФИЦИЕНТЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ ПИТАНИЯ В АГРОЦЕНОЗЕ СОИ, ВЫРАЩИВАЕМОЙ НА КУБАНИ <i>Onishchenko L.M., Razgulin V.A., Golubova V.K., Belozor A.A.</i> AGROECOLOGICAL ASSESSMENT OF THE EFFECT OF MINERAL FERTILIZERS ON THE BALANCE COEFFICIENTS OF THE USE OF NUTRITION ELEMENTS IN THE AGRO-CENOSIS OF SOYBEANS GROWN IN THE KUBAN.....	232
<i>Прохоров А.А.</i> ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИНДЕКСОВ ВЕГЕТАЦИИ ДЛЯ ОЦЕНКИ НЕОДНОРОДНОСТИ ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА НА ПРИМЕРЕ ПОЧВ ОРЕНБУРГСКОЙ ОБЛАСТИ <i>Prokhorov A.A.</i> USE OF VEGETATION INDICES TO ASSESS THE HETEROGENEITY OF SOIL COVER ON THE EXAMPLE OF SOILS OF THE ORENBURG REGION.....	235
<i>Пятова А.А., Волкова Е.С.</i> ВЛИЯНИЕ КРЕМНИЕВЫХ ПОРОД НА УРОЖАЙНОСТЬ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР И ПЛОДОРОДИЕ ПОЧВЫ <i>Pyatova A.A., Volkova E.S.</i> INFLUENCE OF SILICON ROCKS ON YIELD OF AGRICULTURAL CROPS AND SOIL FERTILITY.....	238
<i>Рогизная Ю.А., Рогизная А.Д.</i> ЭФФЕКТИВНОСТЬ СОЗДАНИЯ ВЕДОМСТВЕННОГО КАДАСТРА ООПТ НА ПРИМЕРЕ ФГБУ « ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ЗАПОВЕДНИК «ВИШЕРСКИЙ» <i>Rogiznaya Yu.A., Rogiznaya A.D.</i> THE EFFECTIVENESS OF CREATING A DEPARTMENTAL CADASTRE OF PROTECTED AREAS ON THE EXAMPLE OF THE FEDERAL STATE BUDGETARY INSTITUTION "VISHERSKY STATE RESERVE".....	243
<i>Сатыбалдин М.А., Яковлева Л.В.</i> ВЛИЯНИЕ ЛЕСОМЕЛИОРАЦИИ НА ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА СВЕТЛО-КАШТАНОВЫХ ПОЧВ ТЕМИРСКОГО РАЙОНА АКТЮБИНСКОЙ ОБЛАСТИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН <i>Satybaldin M.A., Yakovleva L.V.</i> INFLUENCE OF FOREST RECLAMATION ON THE CHEMICAL PROPERTIES OF LIGHT CHESTNUT SOILS IN THE TEMIR DISTRICT OF THE AKTOBE REGION OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN.....	247
<i>Старкова А.А., Субботина М.Г.</i> ВЛИЯНИЕ КАЛИМАГА НА КАЛИЙНЫЙ РЕЖИМ АЛЛЮВИАЛЬНОЙ ДЕРНОВОЙ КИСЛОЙ ПОЧВЫ НЕЧЕРНОЗЕМНОЙ ЗОНЫ <i>Starkova A.A., Subbotina M.G.</i>	

INFLUENCE OF KALIMAG ON THE POTASSIUM REGIME OF THE ALLUVIAL SOIL OF THE
NECHERNOZEMIE.....252

Стекольников К.Е.

ВЛИЯНИЕ УДОБРЕНИЙ И ДЕФЕКТА НА ТРАНСФОРМАЦИЮ ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКИХ
ФРАКЦИЙ ЧЕРНОЗЁМА ВЫЩЕЛОЧЕННОГО

Stekolnikov K.E.

THE EFFECT OF FERTILIZERS AND DEFECATE ON TRANSFORMATION GRANULOMETRIC
FRACTIONS OF CHERNOZEM

LEACHED.....257

Субботина М.Г., Ковачевич К.В., Борисов Б.А.

ФРАКЦИОННЫЙ СОСТАВ ФОСФАТОВ ДЕРНОВО-МЕЛКОПОДЗОЛИСТОЙ
ТЯЖЕЛОСУГЛИНИСТОЙ ПОЧВЫ В СЛЕДСТВИЕ ИНТЕНСИВНОГО ФОСФОРИТОВАНИЯ И
ВНЕСЕНИЯ ОРГАНИЧЕСКИХ УДОБРЕНИЙ

Subbotina M.G., Kovachevich K.V., Borisov B.A.

FRACTIONAL COMPOSITION OF PHOSPHATES IN DERNOVO-PODZOL HEAVY LOAM SOIL
DUE TO INTENSIVE PHOSPHORITING AND INTRODUCTION OF ORGANIC FERTILIZERS..263

Титова В.И., Белоусова Е.Г., Варламова Л.Д., Ветчинников А.А.

ВЛИЯНИЕ ДОЗ ХЛОРИСТОГО КАЛИЯ НА УРОЖАЙНОСТЬ КАРТОФЕЛЯ
НА ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ ПОЧВЕ

Titova V.I., Belousova E.G., Varlamova L.D., Vetchinnikov A.A.

EFFECT OF POTASSIUM CHLORIDE DOSES ON YIELDS OF POTATOES

ON SOD-PODZOLIC SOIL.....267

Тюгай З., Широян М.М.

ПОВЕРХНОСТНЫЕ СВОЙСТВА ПОЧВ ПРИ ИХ ДЛИТЕЛЬНОЙ РАСПАШКЕ

Tyugay Z., Shiroyn M.M.

SURFACE PROPERTIES OF SOILS DURING THEIR PROLONGED PLOWING.....271

Хасанова Р.Ф., Хабиров И.К., Кираев Р.С., Мустафин И.Г.

ПОВЫШЕНИЕ ПЛОДОРОДИЯ ЧЕРНОЗЕМНЫХ ПОЧВ В УСЛОВИЯХ БАШКОРТОСТАНА
ПРИЕМАМИ БИОЛОГИЗАЦИИ

Khasanova R.F., Khabirov I.K., Kiraev R.S., Mustafin I.G.

INCREASING THE FERTILITY OF CHERNOZEM SOILS IN THE CONDITIONS

OF BASHKORTOSTAN BY METHODS OF BIOLOGIZATION.....275

Шпедт А.А., Злотникова В.В.

ОЦЕНКА ПРИРОДНО-РЕСУРСНОГО ПОТЕНЦИАЛА ДЕГРАДИРОВАННЫХ
АГРОЛАНДШАФТОВ

Spedt A.A., Zlotnikova V.V.

ASSESSMENT OF THE NATURAL RESOURCE POTENTIAL OF DEGRADED AGRICULTURAL

LANDSCAPES.....278

СЕКЦИЯ 3. ГОРОДСКИЕ И ТЕХНОГЕННЫЕ ПОЧВЫ И ИХ ЭКОЛОГО-

ГЕОХИМИЧЕСКАЯ СИСТЕМА, ФОРМИРОВАНИЕ, КЛАССИФИКАЦИЯ И ЭВОЛЮЦИЯ

SECTION 3. URBAN AND ANTHROPOGENIC SOILS: ECOLOGICAL AND GEOCHEMICAL

SYSTEM, FORMATION, CLASSIFICATION, AND EVOLUTION.....283

<i>Борисочкина Т.И., Колчанова К.А., Никитина Н.С.</i> ТРАНСФОРМАЦИЯ ФОРМ СОЕДИНЕНИЙ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ПОЧВАХ УРБАНИЗИРОВАННЫХ ЛАНДШАФТОВ ЦЧР <i>Borisochkina T.I., Kolchanova K.A., Nikitina N.S.</i> TRANSFORMATION OF FORMS OF HEAVY METALS COMPOUNDS IN THE SOILS OF URBANIZED LANDSCAPES OF THE CENTRAL BLACK EARTH REGION.....	283
<i>Васильев А.А., Власов М.Н.</i> МАГНИТНАЯ ФРАКЦИЯ ПЕСЧАНИКОВ КАК ПРИРОДНЫЙ ИСТОЧНИК ПОСТУПЛЕНИЯ ТЯЖЁЛЫХ МЕТАЛЛОВ В УРБО-АЛЛЮВИАЛЬНЫЕ ПОЧВЫ ПОЙМ МАЛЫХ РЕК ГОРОДА ПЕРМИ <i>Vasiliev A.A., Vlasov M.N.</i> MAGNETIC FRACTION OF SANDSTONES AS A NATURAL SOURCE OF HEAVY METALS IN URBAN-ALLUVIAL SOILS OF FLOODPLAINS OF SMALL RIVERS OF PERM.....	287
<i>Гуржий В.В.</i> ИЗУЧЕНИЕ ВТОРИЧНЫХ МИНЕРАЛОВ И ТЕХНОГЕННЫХ МИНЕРАЛЬНЫХ ФАЗ УРАНА ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИРОДНЫХ И АНТРОПОГЕННЫХ СИСТЕМ.. <i>Gurzhiy V.V.</i> INVESTIGATION OF SECONDARY MINERALS AND TECHNOGENIC MINERAL PHASES OF URANIUM FOR ENVIRONMENTAL SAFETY OF NATURAL AND ANTHROPOGENIC SYSTEMS.....	292
<i>Двуреченский В.Г.</i> МОНИТОРИНГ ПОЧВООБРАЗОВАНИЯ В АНТРОПОГЕННЫХ ЭКОСИСТЕМАХ СРЕДНЕГО УРАЛА <i>Dvurechenskiy V.G.</i> MONITORING OF SOIL FORMATION IN ANTHROPOGENIC ECOSYSTEMS OF THE MIDDLE URALS.....	294
<i>Каракульева А.А., Самофалова И.А.</i> КРАТКАЯ ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ КИЗЕЛОВСКОГО УГОЛЬНОГО БАССЕЙНА И ФОРМИРОВАНИЕ ТЕХНОГЕННЫХ ЛАНДШАФТОВ <i>Karakulyeva A.A., Samofalova I.A.</i> BRIEF HISTORY OF THE DEVELOPMENT OF THE KIZELOVSKY COAL BASIN AND FORMATION OF TECHNOGENIC LANDSCAPES.....	299
<i>Козлов А.В., Бодякишина М.А.</i> ОСОБЕННОСТИ ЭКОЛОГО-ТОКСИКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ПОЧВЕННО- ТЕХНОГЕННОЙ СМЕСИ НА ОБЪЕКТЕ РАЗМЕЩЕНИЯ ОТХОДОВ «ШУВАЛОВСКАЯ СВАЛКА» <i>Kozlov A.V., Bodyakshina M.A.</i> FEATURES OF ECOLOGICAL AND TOXICOLOGICAL STATE OF THE SOIL-TECHNOGENIC MIXTURE AT THE FACILITY WASTE DISPOSAL «SHUVALOVSKAYA LANDFILL».....	303
<i>Лацынник Е.С., Бауэр Т.В., Барахов А.В., Манджиева С.С., Минкина Т.М.</i> СОСТАВ СОЕДИНЕНИЙ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ПОЧВАХ ЗОНЫ ВЛИЯНИЯ ТЕРРИКОНОВ УГОЛЬНЫХ ОТВАЛОВ РОСТОВСКОЙ ОБЛАСТИ	

<i>Latsynnik E.S., Bauer T.V., Barakhov A.V., Mandzhieva S.S., Minkina T.M.</i> COMPOSITION OF HEAVY METAL COMPOUNDS IN SOILS OF THE INFLUENCE ZONE OF COAL DEPOSIT SPEEDS IN THE ROSTOV REGION.....	307
<i>Липатов Д.Н., Павлов К.В.</i> АГРОХИМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ПОЧВ ВБЛИЗИ ПОЛИГОНА ТВЕРДЫХ КОММУНАЛЬНЫХ ОТХОДОВ «ТОРБЕЕВО» МОСКОВСКОЙ ОБЛАСТИ <i>Lipatov D.N., Pavlov K.V.</i> AGROCHEMICAL PROPERTIES OF SOILS NEAR THE SOLID MUNICIPAL WASTE LANDFILL "TORBEEVO" OF THE MOSCOW REGION.....	312
<i>Манжина С.А., Дрововозова Т.И.</i> ОБСЛЕДОВАНИЕ ИЛОВЫХ ОСАДКОВ СТОЧНЫХ ВОД С КОММУНАЛЬНЫХ ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЙ Г. НОВОЧЕРКАССКА <i>Manzhina S.A., Drovovozova T.I.</i> RESEARCH OF SEWAGE SLUDGE FROM MUNICIPAL WASTEWATER TREATMENT PLANTS IN NOVOCHERKASSK.....	317
<i>Миннегалиев А.О., Сулейманов Р.Р., Дорогая Е.С., Асылбаев И.Г.</i> ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ПОЧВОПОДОБНЫХ ТЕЛ В ЗОНЕ ПЕРИОДИЧЕСКОГО ЗАТОПЛЕНИЯ ВОДОХРАНИЛИЩ <i>Minnegaliyev A.O., Suleymanov R.R., Dorogaya E.S., Asylbaev I.G.</i> FEATURES OF THE FORMATION OF SOIL-LIKE BODIES IN THE ZONE OF PERIODIC FLOODING OF RESERVOIRS.....	321
<i>Митракова Н.В.</i> ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ТЕХНОГЕННЫХ ПОЧВ НА УГЛЕДОБЫВАЮЩИХ ТЕРРИТОРИЯХ <i>Mitrakova N.V.</i> ASSESSMENT OF THE STATE OF TECHNOGENIC SOILS IN COAL-MINING TERRITORIES..	324
<i>Моргач Ю.Р., Захарова М.К.</i> ТРАНСФОРМАЦИЯ ФАКТОРОВ ПОЧВООБРАЗОВАНИЯ ПРИ ДОБЫЧЕ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ <i>Morgach Y.R., Zakharova M.K.</i> TRANSFORMATION OF SOIL FORMING FACTORS DURING MINING.....	328
<i>М.А. Осинцева, Н.В. Бурова, Е.А. Кондратьев</i> АНАЛИЗ ТЕХНИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ ДЛЯ ЭФФЕКТИВНОГО ПРОВЕДЕНИЯ ФИТОРЕМЕДИАЦИИ ТЕХНОГЕННО НАРУШЕННЫХ ПОЧВ <i>Osintseva M.A., Burova N.V., Kondratiev E.A.</i> ANALYSIS OF TECHNICAL SOLUTIONS FOR EFFICIENT PHYTOREMEDIATION OF TECHNOGENICALLY DISTURBED SOILS.....	332
<i>Петрова Т.А., Некрасова О.А.</i> РАЗНООБРАЗИЕ ПОЧВ ЛЕСНЫХ СООБЩЕСТВ ЗОЛОТВАЛОВ СРЕДНЕГО УРАЛА <i>Petrova T.A., Nekrasova O.A.</i> DIVERSITY OF ASH DUMP FOREST COMMUNITY SOILS OF THE MIDDLE URALS.....	336
<i>Пуликова Е.П., Федоренко Е.С., Горовцов А.В., Шерстнёв А.К., Константинова Е.Ю., Минкина Т.М.</i> ПРОЦЕССЫ АММОНИФИКАЦИИ В ПОЧВАХ ГОРОДА НОВОЧЕРКАССК	

(РОСТОВСКАЯ ОБЛАСТЬ) <i>Pulikova E.P., Fedorenko E.S., Gorovtsov A.V., Sherstnev A.K., Konstantinova E.Yu., Minkina T.M.</i> AMMONIFICATION PROCESSES IN SOILS OF THE CITY OF NOVOCHERKASSK (ROSTOV REGION).....	341
<i>Сайранова П.Ш., Еремченко О.З.</i> ИЗМЕНЕНИЕ ЭКОЛОГО-БИОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПСАММОЗЕМОВ ПРИРОДНО-РЕКРЕАЦИОННОЙ ЗОНЫ Г. ПЕРМИ В СВЯЗИ С ЗАГРЯЗНЕНИЕМ ТЯЖЕЛЫМИ МЕТАЛЛАМИ <i>Sairanova P.Sh., Eremchenko O.Z.</i> CHANGES IN THE ECOLOGICAL BIOLOGICAL PROPERTIES OF PSAMMOZEMS IN THE NATURAL AND RECREATIONAL ZONE IN PERM TO POLLUTION BY HEAVY METALS.....	344
<i>Слесарев Н.В., Гилев В.Ю., Чащин А.Н.</i> ОЦЕНКА ПРИГОДНОСТИ ВСКРЫШНЫХ ПОРОД ПРИ ДОБЫЧИ ГИПСА ООО "ЕРГАЧ" ДЛЯ БИОЛОГИЧЕСКОЙ РЕКУЛЬТИВАЦИИ <i>Slesarev N.V., Gilev V.Y., Chashchin A.N.</i> ASSESSMENT OF THE SUITABILITY OF OVERBURDEN ROCKS FOR GYPSUM EXTRACTION JSC "ERGACH" FOR BIOLOGICAL RECLAMATION.....	347
<i>Хасанова Р.Ф., Суюндуков Я.Т., Семенова И.Н.</i> ТЯЖЕЛЫЕ МЕТАЛЛЫ В ПОЧВАХ ЕСТЕСТВЕННЫХ И ТЕХНОГЕННЫХ ЛАНДШАФТОВ БАШКОРТОСТАНА <i>Khasanova R.F., Suyundukov Ya.T., Semenova I.N.</i> HEAVY METALS IN THE SOILS OF NATURAL AND MAN-MADE LANDSCAPES OF BASHKORTOSTAN.....	352
СЕКЦИЯ 4. ГЕОИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ В ПОЧВОВЕДЕНИИ, АГРОХИМИИ, ЭКОЛОГИИ SECTION 4. GEOINFORMATION SYSTEMS IN SOIL SCIENCE, AGRO-CHEMISTRY, ECOLOGY.....	358
<i>Абрамов Н.В.</i> СИСТЕМНЫЙ ПОДХОД В ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЯХ АГРОХИМИИ <i>Abramov N.V.</i> SYSTEM APPROACH IN DIGITAL TECHNOLOGIES OF AGROCHEMISTRY.....	358
<i>Артеменко Ю.В., Лопатовская О.Г.</i> ПРИМЕНЕНИЕ ГИС-ТЕХНОЛОГИЙ ПРИ ИЗУЧЕНИИ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА <i>Artemenko Y.V., Lopatovskaya O.G.</i> THE USE OF GIS TECHNOLOGIES IN THE STUDY OF THE ECOLOGICAL STATE OF THE SOIL COVER.....	365
<i>Гилёв О.А., Гилёв В.Ю., Чащин А.Н.</i> ЦИФРОВАЯ ИНВЕНТАРИЗАЦИЯ МАТЕРИАЛОВ АРХИВА ПОЧВЕННЫХ ОЧЕРКОВ КАФЕДРЫ ПОЧВОВЕДЕНИЯ ПЕРМСКОГО ГАТУ <i>Gilev O.A., Gilev V.Y., Chashchin A.N.</i>	

DIGITAL INVENTORY OF MATERIALS OF THE ARCHIVE OF SOIL DESCRIPTIONS OF THE DEPARTMENT OF SOIL SCIENCE OF PERM STATE AGRO-TECHNOLOGICAL UNIVERSITY.....	369
---	-----

<i>Гуринович Е.А., Червань А.Н.</i> РАЗРАБОТКА ВЕЛОСИПЕДНЫХ МАРШРУТОВ В ГИС НА ПРИМЕРЕ НАЦИОНАЛЬНОГО ПАРКА «НАРОЧАНСКИЙ» <i>Gurinovich E.A., Chervan A.N.</i> DEVELOPMENT OF BICYCLE ROUTES IN GIS ON THE EXAMPLE OF THE NATIONAL PARK "NAROCHANSKY".....	373
--	-----

<i>Железова С.В., Иванов Д.А., Степанова Е.В.</i> СОПРЯЖЁННОЕ ИЗУЧЕНИЕ СВОЙСТВ ПОЧВЫ И АГРОФИТОЦЕНОЗА В УСЛОВИЯХ ВСХОЛМЛЕННОГО РЕЛЬЕФА КОНЕЧНО-МОРЕННОЙ ГРЯДЫ (ТВЕРСКАЯ ОБЛАСТЬ) <i>Zhelezova S.V., Ivanov D.A., Stepanova E.V.</i> SOIL AND AGROPHYTOCENOSIS PROPERTIES INVESTIGATION IN THE HILLY TERRAIN OF THE TERMINAL MORaine (TVER REGION).....	376
---	-----

<i>Жижилев В.П., Чащин А.Н.</i> ВЛИЯНИЕ КОНТРАСТНОСТИ ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА ОБРАБАТЫВАЕМЫХ ПОЛЕЙ НА ВЕГЕТАЦИОННЫЙ ИНДЕКС NDVI <i>Zhizhilev V.P., Chashchin A.N.</i> INFLUENCE OF THE SOIL COVER CONTRAST OF CRUSHED FIELDS ON THE VEGETATION INDEX NDVI.....	381
--	-----

<i>Панькова А.А., Чащин А.Н.</i> ГЕОСТАТИСТИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ ПОЧВ МЕЛИОРИРУЕМОГО УЧАСТКА <i>Pankova A.A., Chashchin A.N.</i> GEOSTATISTICAL INVESTIGATION OF SOIL PROPERTIES OF A REMELARIATED SITE.....	385
--	-----

<i>Сухачева Е.Ю., Касаткина Г.А., Глухарева С.В.</i> ВОЗМОЖНОСТИ И ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПОЧВЕННОЙ КАРТЫ САНКТ-ПЕТЕРБУРГА <i>E.Yu. Suhacheva, G.A. Kasatkina, S.V. Glukhareva</i> OPPORTUNITIES AND PROSPECTS FOR USE SOIL MAP OF SAINT PETERSBURG.....	389
--	-----

<i>Федченко Л.А., Пивоварова Е.Г.</i> РЕГИОНАЛЬНАЯ КЛАССИФИКАЦИЯ ПОЧВ В ОЦЕНКЕ УРОВНЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ АГРОГЕННЫХ ПОЧВ <i>Fedchenko L.A., Pivovarova E.G.</i> REGIONAL CLASSIFICATION OF SOILS IN ASSESSING THE LEVEL OF ECOLOGICAL STATUS OF AGROGENIC SOILS.....	393
---	-----

<i>Khadijeh H., Abdulvahed K.D., Raoof M.</i> INVESTIGATING THE CONTRIBUTION OF MAIN LAND USES IN SOIL EROSION AND SEDIMENT YIELD IN THE SOUTHERN WATERSHEDS OF THE CASPIAN SEA <i>Хадидже Х., Абдулвахед К.Д., Рауф М.</i> ИССЛЕДОВАНИЕ ВКЛАДА ОСНОВНЫХ ВИДОВ ЗЕМЛЕПОЛЬЗОВАНИЯ В ЭРОЗИЮ ПОЧВ И ОБРАЗОВАНИЕ ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ В ЮЖНОЙ ЧАСТИ	
---	--

БАССЕЙНА КАСПИЙСКОГО МОРЯ.....398

СЕКЦИЯ 5. МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ В ПОЧВОВЕДЕНИИ
SECTION 5. MATHEMATICAL METHODS IN SOIL SCIENCE.....406

Артюшкин В.Ф., Бортник Т.Ю., Карпова А.Ю.
МНОГОМЕРНОЕ ПРОСТРАНСТВО АГРОХИМИЧЕСКИХ И БИОЛОГИЧЕСКИХ
ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПОЧВ (ВОЗМОЖНЫЙ ПОДХОД К АНАЛИЗУ)
Artyushkin V.F., Bortnik T.Yu., Karpova A.Yu.
MULTIDIMENSIONAL SPACE OF AGROCHEMICAL AND BIOLOGICAL INDICATORS OF
SOILS (POSSIBLE APPROACH TO ANALYSIS).....406

Бардашов Д.Р., Юрова А.Ю.
ХАРАКТЕРИСТИКА СВЯЗИ МЕЖДУ ВЛАЖНОСТЬЮ ПОЧВЫ И СТЕПЕНЬЮ
ГУМИФИКАЦИИ ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ Q-MODEL
Bardashov D.R., Yurova A.Yu.
ESTIMATION OF THE RELATIONSHIP BETWEEN SOIL MOISTURE AND DEGREE OF
ORGANIC MATTER HUMIFICATION USING Q-MODEL.....410

Железова С.В., Степанова Е.В., Сергиенко К.В.
ПРИМЕНЕНИЕ АНАЛИЗА СЕМИВАРИОГРАММ ДЛЯ ОЦЕНКИ ТВЁРДОСТИ
АГРОДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ ПОЧВЫ ПРИ ВНЕСЕНИИ КОМПОСТА
Zhelezova S.V., Stepanova E.V., Sergienko K.V.
SEMIVARIOGRAM ANALYSIS FOR ASSESS THE HARDNESS OF AGRO-PODZOLIC SOIL FOR
APPLICATION OF COMPOST.....415

Кондратьева М.А., Сивкова А.В.
МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ДИНАМИКИ ВЛАЖНОСТИ В ПРОФИЛЕ
АГРОТЕМНО-СЕРОЙ ПОЧВЫ
Kondratieva M.A., Sivkova A.V.
MATHEMATICAL MODELING OF HUMIDITY DYNAMICS IN THE PROFILE OF AGRODARK
GRAY SOIL.....420

*Константинова Е.Ю., Барахов А.В., Черникова Н.П., Дудникова Т.С., Барбашев А.И.,
Лобзенко И.П., Сушкова С.Н.*
МЕТОДЫ МНОГОМЕРНОЙ СТАТИСТИКИ ДЛЯ ВЫДЕЛЕНИЯ ПАРАГЕНЕТИЧЕСКИХ
АССОЦИАЦИЙ ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ И ИХ ИСТОЧНИКОВ В ГОРОДСКИХ ПОЧВАХ
НА ПРИМЕРЕ ТАГАНРОГА
*Konstantinova E.Yu., Barakhov A.V., Chernikova N.P., Dudnikova T.S., Barbashev A.I., Lobzenko I.P.,
Sushkova S.N.*
METHODS OF MULTIDIMENSIONAL STATISTICS FOR DETECTION OF PARAGENETIC
ASSOCIATIONS OF CHEMICAL ELEMENTS AND THEIR SOURCES IN URBAN SOILS ON THE
EXAMPLE OF TAGANROG.....424

Мальгина Т.С., Самофалова И.А.
ПРОСТРАНСТВЕННОЕ ВАРИИРОВАНИЕ СВОЙСТВ ПАХОТНЫХ ПОЧВ НА ОПЫТНОМ
ПОЛЕ С ТРИТИКАЛЕ
Malgina T.S., Samofalova I.A.
PATIAL VARIATION OF THE PROPERTIES OF ARABLE SOILS IN AN EXPERIMENTAL FIELD
WITH TRITICALE.....429

<i>Микаил Р., Хазар Э., Шеин Е.В., Микаилсой Ф.Д.</i> ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕПЛООВОГО ПОТОКА В ПОЧВАХ Г. ЫГДЫРА ВО ВРЕМЯ ЛЕТНЕГО СЕЗОНА (РЕСПУБЛИКА ТУРЦИЯ) <i>Mikail R., Hazar E., Shein E., Mikailsoy F.</i> DETERMINATION OF HEAT FLOW IN SOILS OF IGDIRA DURING THE SUMMER SEASON (REPUBLIC OF TÜRKIYE).....	434
<i>Михеева И.В.</i> ИНФОРМАЦИОННЫЕ ОЦЕНКИ В ПОЧВОВЕДЕНИИ НА ПРИМЕРЕ ИЗУЧЕНИЯ СОВРЕМЕННОЙ ЭВОЛЮЦИИ ПОЧВ НА ЮГЕ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ <i>Mikheeva I.V.</i> INFORMATION ASSESSMENTS IN SOIL SCIENCE USING THE EXAMPLE OF STUDYING MODERN SOIL EVOLUTION IN THE SOUTH OF WESTERN SIBERIA.....	439
<i>Мудрых Н.М., Надымова Е.С.</i> ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИНФОРМАЦИОННО-ЛОГИЧЕСКОГО АНАЛИЗА ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ СОДЕРЖАНИЯ ПОДВИЖНОГО ФОСФОРА В ПОЧВАХ <i>Mudrykh N.M., Nadymova E.S.</i> USE OF INFORMATION-LOGICAL ANALYSIS FOR PREDICTION OF THE CONTENT OF MOBILE PHOSPHORUS IN SOILS.....	444
<i>Мудрых Н.М., Пинаева М.И.</i> ПРОГНОЗИРОВАНИЕ АГРОХИМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ В ПОЧВАХ ОСУШЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ <i>Mudrykh N.M., Pinaeva M.I.</i> PREDICTION OF AGROCHEMICAL INDICATORS IN SOILS OF DRAINED LANDS.....	447
<i>Романенков В.А., Мешалкина Ю.Л., Самсонова В.П., Добровольская В.А., Горбачева А.Ю., Кренке А.Н.</i> ДОСТИЖИМ ЛИ ПОКАЗАТЕЛЬ «4 ПРОМИЛЛЕ» ДЛЯ ПАХОТНЫХ ПОЧВ ПРИВОЛЖСКОГО ФЕДЕРАЛЬНОГО ОКРУГА И МОЖНО ЛИ ОБНАРУЖИТЬ ИЗМЕНЕНИЯ? <i>Romanenkov V.A., Meshalkina J.L., Gorbacheva A.Yu., Dobrovolskaya V.A., Krenke A.N.</i> IS THE INDICATOR "4 PPM" REACHABLE FOR PACKAGE SOILS OF THE VOLGA FEDERAL DISTRICT AND IN HOW MANY YEARS CAN CHANGES BE DETECTED?.....	451
<i>Самсонова В.П., Мешалкина Ю.Л., Кондрашкина М.И., Дядькина С.Е.</i> МЕТРОЛОГИЯ ОЦЕНКИ ЗАПАСОВ ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА ПОЧВЫ <i>Samsonova V.P., Meshalkina J.L., Kondrashkina M.I., Dyadkina S.E.</i> METROLOGY OF ESTIMATION OF SOIL ORGANIC MATTER STOCKS.....	456
<i>Хронюк О.Е., Бауэр Т.В., Минкина Т.М., Цициуашвили В.С., Болдырева В.Э., Старовойтова Н.В.</i> СОРБЦИЯ СВИНЦА И КАДМИЯ ЧЕРНОЗОМОМ ОБЫКНОВЕННЫМ <i>Khronyuk O.E., Bauer T.V., Minkina T.M., Tsitsiuashvili V.S., Boldyreva V.E., Starovoitova N.V.</i> SORPTION OF LEAD AND CADMIUM BY ORDINARY CHERNOZEM.....	459
<i>Шшиков Д.Г., Валиев В.В., Иванова О.В.</i> ВАРИАБЕЛЬНОСТЬ АГРОХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ЗАЛЕЖНЫХ ПОЧВ ПФИЦ УРО РАН ПРИ ВНЕСЕНИИ КОМПоста НА ОСНОВЕ КУРИНОГО ПОМЁТА <i>Shishkov D.G., Valiev V.V., Ivanova O.V.</i> VARIABILITY OF AGROCHEMICAL PROPERTIES OF FALLOWS SOILS OF PFIC URO RAS WHEN COMPOSTING BASED ON CHICKEN MANURE.....	463

СЕКЦИЯ 6. ЭКОЛОГИЯ ПОЧВ	
SECTION 6. ECOLOGY OF SOILS	469
<i>Абакумов Е.В., Макарова М.А., Шевченко Е.В., Чебыкина Е.Ю., Низамутдинов Т.И.</i>	
КАРБОНОВЫЕ ПОЛИГОНЫ И ИЗМЕРЯЕМЫЕ ПАРАМЕТРЫ УГЛЕРОДНЫХ ЭКОСИСТЕМНЫХ УСЛУГ	
<i>Abakumov E.V., Makarova M.A., Shevchenko E.V., Chebykina E.Yu., Nizamutdinov T.I.</i>	
CARBON POLYGONS AND MEASUREMENTS OF CARBON ECOSYSTEM SERVICES.....	469
<i>Азаренко Ю.А., Красницкий В.М.</i>	
ТЯЖЕЛЫЕ МЕТАЛЛЫ В АГРОЭКОСИСТЕМАХ ОМСКОГО ПРИИРТЫШЬЯ	
<i>Azarenko Yu.A., Krasnitsky V.M.</i>	
HEAVY METALS IN AGROECOSYSTEMS OF OMSK IRTYSH REGION.....	473
<i>Алексеев А.А., Чевычелов А.П., Горохов А.Н., Кузнецова Л.И.</i>	
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПОКАЗАТЕЛЯ МАГНИТНОЙ ВОСПРИИМЧИВОСТИ ПОЧВ ПРИ РЕШЕНИИ ПОЧВЕННО-ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ЗАДАЧ В МЕРЗЛОТНОЙ ОБЛАСТИ	
<i>Alekseev A.A., Chevychelov A.P., Gorokhov A.N., Kuznetsova L.I.</i>	
THE USE OF THE MAGNETIC SUSCEPTIBILITY INDEX OF SOILS IN SOLVING SOIL-ECOLOGICAL PROBLEMS IN THE PERMAFROST REGION.....	477
<i>Бажина Н.Л.</i>	
ВЗАИМОСВЯЗЬ ФЛУОРЕСЦЕНТНЫХ СВОЙСТВ ГУМИНОВЫХ КИСЛОТ ГОРНО-ЛУГОВЫХ ПОЧВ ТУВЫ С ЭКОЛОГИЧЕСКИМИ УСЛОВИЯМИ ИХ ФОРМИРОВАНИЯ	
<i>Vazhina N.L.</i>	
INTERRELATION OF FLUORESCENT PROPERTIES OF HUMIC ACIDS OF MOUNTAIN-MEADOW SOILS OF TUVA WITH ENVIRONMENTAL CONDITIONS FOR THEIR FORMATION..	481
<i>Барахов А.В., Бауэр Т.В., Манджиева С.С., Минкина Т.М., Лацынник Е.С., Бурачевская М.В., Болдырева В.Э., Брень Д.В., Мелкумян А.Л.</i>	
ИЗМЕНЕНИЕ СОСТАВА СОЕДИНЕНИЙ Zn В ЧЕРНОЗЕМЕ ОБЫКНОВЕННОМ ПРИ ВНЕСЕНИИ УГЛЕРОДИСТОГО СОРБЕНТА	
<i>Barakhov A.V., Bauer T.V., Mandzhieva S.S., Minkina T.M., Latsynnik E.S., Burachevskaya M.V., Boldyreva V.E., Bren D.V., Melkumyan A.L.</i>	
CHANGES IN THE COMPOSITION OF Zn COMPOUNDS IN ORDINARY CHERNOZEM DURING THE INTRODUCTION OF CARBON SORBENT.....	486
<i>Бауэр Т.В., Поляков В.А., Бутова В.В., Грицай М.А., Рудь П.А., Минкина Т.М.</i>	
НАНОКОМПОЗИТЫ НА ОСНОВЕ БИОЧАРОВ И МЕТАЛЛ-ОРГАНИЧЕСКИХ КАРКАСОВ ДЛЯ ИММОБИЛИЗАЦИИ СВИНЦА В ЗАГРЯЗНЕННЫХ ПОЧВАХ	
<i>Bauer T.V., Polyakov V.A., Butova V.V., Gritsai M.A., Rud P.A., Minkina T.M.</i>	
NANOCOMPOSITES BASED ON BIOCHARS AND METAL-ORGANIC FRAMEWORKS FOR LEAD IMMOBILIZATION IN CONTAMINATED SOILS.....	490
<i>Бурачевская М.В., Минкина Т.М., Федоренко Е.С., Лацынник Е.С., Щербаков А.П.</i>	
СОСТАВ СОЕДИНЕНИЙ МЫШЬЯКА ПРИ ИЗМЕНЕНИИ СВОЙСТВ ПОЧВ ПРИ МОДЕЛЬНОМ ЗАГРЯЗНЕНИИ	
<i>Burachevskaya M.V., Minkina T.M., Fedorenko E.S., Latsynnik E.S., Shcherbakov A.P.</i>	
COMPOSITION OF ARSENIC COMPOUNDS WHEN SOIL PROPERTIES CHANGE DURING MODEL POLLUTION.....	494

<i>Васильева В.А., Ткаченко О.В.</i> ВЛИЯНИЕ НУЛЕВОЙ И ТРАДИЦИОННОЙ ТЕХНОЛОГИИ НА РАСПРОСТРАНЕНИЕ ПОЧВЕННЫХ МИКРОМИЦЕТОВ В УСЛОВИЯХ СЕВЕРНОГО КАЗАХСТАНА <i>Vasilyeva V.A., Tkachenko O.V.</i> INFLUENCE OF ZERO AND TRADITIONAL TECHNOLOGY ON DISTRIBUTION SOIL MICROMYCETES IN THE CONDITIONS OF NORTHERN KAZAKHSTAN.....	499
<i>Дудникова Т.С., Сушкова С.Н., Минкина Т.М., Барбашев А.И., Антоненко Е.М., Иванцов А.В.</i> СОРБЦИЯ БЕНЗ(А)ПИРЕНА ГУМИНОВЫМИ КИСЛОТАМИ ПОЧВ РАЗЛИЧНЫХ ТИПОВ <i>Dudnikova T.S., Sushkova S.N., Minkina T.M., Barbashev A.I., Antonenko E.M., Ivantsov A.V.</i> SORPTION OF Benz(A)PYRENE BY ORGANIC MATTER IN SOILS OF VARIOUS TYPES.....	503
<i>Козлов А.В., Коржов И.В.</i> ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ МИКРОБНО-МЕТАБОЛИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ПОЧВЫ В УСЛОВИЯХ СВЕРХДЛИТЕЛЬНОЙ АГРОГЕННОЙ НАГРУЗКИ <i>Kozlov A.V., Korzhov I.V.</i> ECOLOGICAL FEATURES OF MICROBIAL-METABOLIC STATE OF SOIL IN CONDITIONS OF ULTRA-LONG AGROGENIC LOAD.....	507
<i>Козьменко С.В., Бурачевская М.В., Переломов Л.В., Федоренко Е.С.</i> ВЛИЯНИЕ СОРБЕНТОВ НА ОСНОВЕ МОНТМОРИЛЛОНИТА МОДИФИЦИРОВАННОГО ДОДЕЦИЛСУЛЬФАТОМ НАТРИЯ НА РОСТ И ДИНАМИКУ ЧИСЛЕННОСТИ ПОЧВЕННЫХ АВТОХТОННЫХ МИКРООРГАНИЗМОВ <i>Kozmenko S.V., Burachevskaya M.V., Perelomov L.V., Fedorenko E.S.</i> INFLUENCE OF SORBENTS ON THE BASE OF MONTMORILLONITE ON THE GROWTH AND DYNAMICS OF SOIL OLIGOTROPHIC MICROORGANISMS.....	511
<i>Минкина Т.М., Невидомская Д.Г., Манджиева С.С., Литвинов Ю.А., Щербаков А.П.</i> ОСОБЕННОСТИ СОДЕРЖАНИЯ, РАСПРЕДЕЛЕНИЯ И ПОДВИЖНОСТИ Zn И Pb В ПОЧВАХ ПРИРОДООХРАННЫХ И ИМПАКТНЫХ ТЕРРИТОРИЙ ПОБЕРЕЖЬЯ ТАГАНРОГСКОГО ЗАЛИВА <i>Minkina T.M., Nevidomskaya D.G., Mandzhieva S.S., Litvinov Yu.A., Shcherbakov A.P.</i> SPECIAL FEATURES OF THE CONTENT, DISTRIBUTION, AND MOBILITY OF Zn AND Pb IN SOILS OF PROTECTED AREA AND IMPACT TERRITORIES OF THE TAGANROG BAY COAST.....	514
<i>Никитская Н.И.</i> ПЛОТНОСТЬ ПОЧВЫ ТРОПИНОЧНОЙ СЕТИ ООПТ «КАМЕННЫЙ ГОРОД» ПЕРМСКИЙ КРАЙ <i>Nikitskaya N.I.</i> SOIL DENSITY OF THE SPECIALLY PROTECTED NATURAL TERRITORY «STONE CITY» PERM REGION.....	517
<i>Огородов Ю.В., Олехов В.Р.</i> ВЛИЯНИЕ АЗОТНЫХ УДОБРЕНИЙ НА УРОЖАЙНОСТЬ И КОРМОВУЮ ЦЕННОСТЬ ФАЦЕЛИИ РЯБИНКОЛИСТНОЙ <i>Ogorodov Yu.V, Olekhov V.R.</i> INFLUENCE OF NITROGEN FERTILIZERS ON PRODUCTIVITY AND FORAGE VALUE OF RIABINKOLIA PHACELIA.....	522

<i>Персикова Т.Ф., Царёва М.В.</i> ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ КУРИНОГО ПОМЕТА НА ПЛОДОРОДИЕ ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ СВЯЗНО-СУПЕСЧАНОЙ ПОЧВЫ И КАЧЕСТВО ВЫРАЩИВАЕМОЙ ПРОДУКЦИИ ПРИ ДЛИТЕЛЬНОМ ЕГО ПРИМЕНЕНИИ <i>Persikova T.F., Tsareva M.V.</i> ASSESSMENT OF THE EFFECT OF CHICKEN MANURE ON THE FERTILITY OF SOD-PODZOLIC COHESIVE-SANDY LOAM SOIL AND THE QUALITY OF GROWN PRODUCTS WITH ITS LONG-TERM USE.....	527
<i>Ручкина К.В., Мерзляков О.Э.</i> МОРФОЛОГИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ МИКРОПЛАСТИКА В АГРОПОЧВАХ ТАЕЖНО-ЛЕСНОЙ И СТЕПНОЙ ЗОНЫ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ <i>Ruchkina K.V., Merzlyakov O.E.</i> MORPHOLOGICAL CHARACTERISTICS OF MICROPLASTICS IN AGROSOILS OF THE TAIGA-FOREST AND STEPPE ZONES OF WESTERN SIBERIA.....	531
<i>Сапцын Р.В., Еремченко О.З.</i> ИНДИКАТОРЫ ЭКОЛОГО-БИОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ НЕФТЕЗАГРЯЗНЕННОЙ ПОЧВЫ <i>Saptsyn R.V., Eremchenko O.Z.</i> INDICATORS OF THE ECOLOGICAL AND BIOLOGICAL STATE OF OIL-CONTAMINATED SOLS.....	535
<i>Семакова С.А., Клементьева М.В.</i> ПРОБЛЕМА УТИЛИЗАЦИИ ОТХОДОВ ПРОИЗВОДСТВА И ПРИМЕНЕНИЯ <i>Semakova S.A., Klementieva M.V.</i> THE PROBLEM OF PRODUCTION AND APPLICATION WASTE UTILIZATION.....	539
<i>Смотрина Ю.А., Лантеева Е.М., Далькэ И.В., Захожий И.Г.</i> ВЛИЯНИЕ HERACLEUM SOSNOWSKI MANDEN. НА СВОЙСТВА ПОЧВ И ИХ ДИНАМИКУ В ПОСТАГРОГЕННЫХ ЭКОСИСТЕМАХ СРЕДНЕЙ ТАЙГИ (на примере Республики Коми) <i>Smotrina Yu.A., Lapteva E.M., Dalke I.V., Zakhozhiy I.G.</i> THE INFLUENCE OF HERACLEUM SOSNOWSKI MANDEN. ON SOIL PROPERTIES AND THEIR DYNAMICS IN POSTAGROGENIC ECOSYSTEMS OF THE MIDDLE TAIGA (on the example of the Komi Republic).....	543
<i>Ткаченко О.В., Васильева В.А.</i> ВЛИЯНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ НА СУПРЕССИВНОСТЬ ПОЧВЫ В УСЛОВИЯХ СЕВЕРНОГО КАЗАХСТАНА <i>Tkachenko O.V., Vasilyeva V.A.</i> THE INFLUENCE OF CULTIVATION TECHNOLOGIES ON THE SUPPRESSIVENESS OF THE SOIL IN THE CONDITIONS OF NORTHERN KAZAKHSTAN.....	548
<i>Чаплыгин В.А., Манджиева С.С., Сиромля Т.И., Черникова Н.П., Литвинов Ю.А., Минкина Т.М.</i> ЦИНК, СВИНЕЦ И КАДМИЙ В РАСТЕНИЯХ ТЫСЯЧЕЛИСТНИКА ЦЕТИНИСТОГО (ACHILLEA SETACEA) ИМПАКТНОЙ ЗОНЫ НОВОЧЕРКАССКОЙ ГРЭС <i>Chaplygin V.A., Mandzhiyeva S.S., Siromlya T.I., Chernikova N.P., Litvinov Yu.A., Minkina T.M.</i> ZINC, LEAD AND CADMIUM IN PLANTS OF YARROW BRISTLY (ACHILLEA SETACEA) OF THE NOVOCHERKASSK POWER PLANT IMPACT ZONE.....	552

<i>Чебыкина Е.Ю., Низамутдинов Т.И., Абакумов Е.В.</i> ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ ПОЧВ ПИРОГЕННЫХ ТЕРРИТОРИЙ НАЦИОНАЛЬНОГО ПАРКА "ЛАДОЖСКИЕ ШХЕРЫ" (РЕСПУБЛИКА КАРЕЛИЯ) <i>Chebykina E.Yu., Nizamutdinov T.I., Abakumov E.V.</i> ECOLOGICAL SOILS STATE OF PYROGENIC TERRITORIES IN NATIONAL PARK "LADOGA SKERRIES" (REPUBLIC OF KARELIA).....	556
<i>Черникова О.В., Мажайский Ю.А.</i> НЕЙТРАЛИЗАЦИЯ ОПОДЗОЛЕННЫХ ЧЕРНОЗЕМОВ, ЗАГРЯЗНЕННЫХ ТЯЖЕЛЫМИ МЕТАЛЛАМИ <i>Chernikova O.V., Mazhayskiy Yu. A.</i> NEUTRALIZATION OF PODZOLIZED CHERNOZEMS CONTAMINATED WITH HEAVY METALS.....	560
<i>Шуваева В.А., Невидомская Д.Г., Киричков М.В., Власенко В.Г., Цицуашвили В.С.</i> СИНХРОТРОННЫЕ МЕТОДЫ ДЛЯ ОЦЕНКИ ТРАНСФОРМАЦИИ НАНО- И МАКРОФОРМ РЬО В ПОЧВАХ И РАСТЕНИЯХ HORDEUM SATIVUM <i>Shuvaeva V.A., Nevidomskaya D.G., Kirichkov M.V., Vlasenko V.G., Tsitsuashvili V.S.</i> SYNCHROTRON METHODS FOR THE EVALUATION OF THE TRANSFORMATION OF РЬО NANO- AND MACROFORM IN SOILS AND PLANTS OF HORDEUM SATIVUM.....	564
<i>Гулиева Л.А.</i> METHODS OF CLEANING THE AZERBAIJANI SHORES OF THE CASPIAN SEA FROM OIL <i>Гулиева Л.А.</i> МЕТОДЫ ОЧИСТКИ АЗЕРБАЙДЖАНСКИХ БЕРЕГОВ КАСПИЙСКОГО МОРЯ ОТ НЕФТИ.....	568
СЕКЦИЯ 7. ФИЛОСОФИЯ, ИСТОРИЯ И СОЦИОЛОГИЯ ПОЧВОВЕДЕНИЯ, МЕЖДУНАРОДНОЕ СОТРУДНИЧЕСТВО SECTION 7. PHILOSOPHY, HISTORY, SOCIOLOGY OF SOIL SCIENCE, INTERNATIONAL COOPERATION.....	572
<i>Бархударова Г.В., Янсон С.Ю., Кривовичев В.Г.</i> В.В. ДОКУЧАЕВ: ВКЛАД ОСНОВОПОЛОЖНИКА ПОЧВОВЕДЕНИЯ В МИНЕРАЛОГИЮ <i>Barkhudarova G.V., Yanson S.Yu., Krivovichev V.G.</i> V.V. DOKUCHAEV: CONTRIBUTION THE FOUNDER OF SOIL SCIENCE IN MINERALOGY.....	572
<i>Васильев А.А., Власов М.Н.</i> ИСТОРИЯ И РАЗВИТИЕ КАБИНЕТА ГЕОЛОГИИ КАФЕДРЫ ПОЧВОВЕДЕНИЯ ПЕРМСКОГО ГАТУ <i>Vasiliev A.A., Vlasov M.N.</i> HISTORY AND DEVELOPMENT OF THE MUSEUM OF GEOLOGY OF THE DEPARTMENT OF SOIL SCIENCE OF PERM STATE AGRARIAN AND TECHNOLOGICAL UNIVERSITY.....	577
<i>Васильев А.А., Чащин А.Н.</i> ПОЧВЕННЫЙ МУЗЕЙ ИМЕНИ ПРОФЕССОРА В.В. НИКИТИНА <i>Vasiliev A.A., Chashchin A.N.</i> SOIL MUSEUM NAMED AFTER PROFESSOR V.V. NIKITINA.....	581

<i>Васильев А.А.</i> УЧАСТИЕ ВАСИЛИЯ ВАСИЛЬЕВИЧА НИКИТИНА В РАБОТАХ ПО ИЗУЧЕНИЮ ЕСТЕСТВЕННО-ИСТОРИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ ЧЕРНИГОВСКОЙ ГУБЕРНИИ (1912 Г.) <i>Vasilev A.A.</i> PARTICIPATION OF VASILY VASILIEVICH NIKITIN IN WORKS ON STUDYING THE NATURAL HISTORICAL CONDITIONS OF CHERNIGOV PROVINCE (1912).....	586
<i>Жаворонкова Г.И.</i> АЛЕКСАНДР ФЕДОРОВИЧ ТЮЛИН – АГРОХИМИК И ПОЧВОВЕД <i>Zhavoronkova G.I.</i> ALEXANDER FYODOROVICH TYULIN – AGRICULTURAL CHEMIST AND SOIL SCIENTIST.....	591
<i>Жаворонкова Г.И.</i> ВАСИЛИЙ ВАСИЛЬЕВИЧ НИКИТИН: ШТРИХИ К ПОРТРЕТУ <i>Zhavoronkova G.I.</i> VASILY VASILIEVICH NIKITIN: STROKE TO THE PORTRAIT.....	595
<i>Прохоров И.С.</i> СОВРЕМЕННЫЕ ПУБЛИКАЦИИ УЧЕНЫХ ПЕРМСКОГО ГАТУ ИМ. Д.Н. ПРЯНИШНИКОВА В ЖУРНАЛЕ «АГРОХИМИЧЕСКИЙ ВЕСТНИК» <i>Prokhorov I.S.</i> MODERN PAPERS OF SCENTISTS OF THE PERM STATE AGROTECHNOLOGICAL UNIVERSITY NAMED AFTER D.N. PRYANISHNIKOV IN «AGROCHEMICAL HERALD» JOURNAL.....	600
<i>Русакова Е.А.</i> К.К. ГЕДРОЙЦ. ВКЛАД В ПОЗНАНИЕ ХИМИИ ПОЧВ. <i>Rusakova E.F.</i> K.K. GEDROIZ. CONTRIBUTION TO THE KNOWLEDGE OF SOIL CHEMISTRY.....	605

Научное издание

II НИКИТИНСКИЕ ЧТЕНИЯ
«АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ПОЧВОВЕДЕНИЯ, АГРОХИМИИ И ЭКОЛОГИИ
В ПРИРОДНЫХ И АНТРОПОГЕННЫХ ЛАНДШАФТАХ»

МАТЕРИАЛЫ

Международной научной конференции,
посвященной первому профессору почвоведения на Урале, заведующему
кафедрой почвоведения (1924-1932) Василию Васильевичу Никитину,
100-летию первой кафедры почвоведения на Урале,
140-летию науки почвоведения
(Пермь, 14-17 ноября 2023 года)

Пермский государственный аграрно-технологический университет
имени академика Д.Н. Прянишникова,
614990, г. Пермь, ул. Петропавловская, 23, тел. (342) 217-95-42

Подписано в печать 12.10.2023. Формат 60×90 ¹/₈.
Усл. печ. л. 79. Тираж 60 экз. Заказ № 24.

Отпечатано в издательско-полиграфическом комплексе «ОТ и ДО»
614094, г. Пермь, ул. Овчинникова, 19, тел.: (342) 224-47-47
e-mail: info@otido.perm.ru