

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

I 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,
а также 100-летию аграрного образования на Урале
(Пермь, 19-22 ноября 2019 года)

I 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 the first professor of soil science in the Ural,
head of Soil Science Department (1924-1932) Vasilii V. Nikitin
and the 100th anniversary of agrarian education in the Urals region
(Perm, 19-22 November 2019)



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

I 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,
а также 100-летию аграрного образования на Урале
(Пермь, 19-22 ноября 2019 года)

I 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 the first professor of Soil Science in the Urals,
head of Soil Science Department (1924-1932) Vasiliy V. Nikitin
and the 100th anniversary of agrarian education in the Urals region
(Perm, 19-22 November 2019)

Пермь
ИИЦ «Прокрость»
2020

УДК 631.4
ББК 40.3
П 266

Редакционная коллегия:

И.А. Самофалова (отв. редактор), С.М. Горохова (отв. секретарь), О.В. Фотина, А.А. Васильев, Е.С. Лобанова, А.Н. Чащин

- П 266** I Никитинские чтения «Актуальные проблемы почвоведения, агрохимии и экологии в природных и антропогенных ландшафтах», Международная научная конференция (19-22 ; 2019 ; Пермь). Материалы Международной научной конференции I 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 аграрного образования на Урале], 19-22 ноября 2019 г. – Пермь : ИПЦ «Прокрость», 2020. – 490 с. ; 29 см. – В надзаг.: М-во с. х. РФ, федеральное гос. бюджетное образов. учреждение высшего образов. «Пермский гос. аграрно-технологич. ун-т им. акад. Д. Н. Прянишникова». – Библиогр. в конце ст. – 40 экз. – ISBN 978-5-94279-465-1.– Текст : непосредственный.

Представлены доклады Международной научной конференции I 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 было уделено проблеме создания Красной книги почв, природоохранной деятельности, охране почв, оценке земель, управлению земельными ресурсами в различных регионах России и зарубежных стран. В докладах рассматривались 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 природоохранных, научно-исследовательских организаций и учреждений, производственных предприятий, а также для специалистов АПК.

**УДК 631.4
ББК 40.3**

ISBN 978-5-94279-465-1

© ИПЦ «Прокрость», 2020

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. Агрономический 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 (1908-1922 гг.) по организации и проведению почвенных обследований на территории Пензенской, Черниговской и Псковской губерний, Туркестана.



В.В. Никитин (1886-1932 г.) – выпускник Московского сельскохозяйственного института (ныне РГАУ-МСХА), ученик известных почвоведов В.Р. Вильямса, Н.А. Димо, И.А. Шульги. В.В. Никитин – крупный почвовед-картограф, ученый, член Почвенного комитета Московского сельскохозяйственного общества, педагог, основатель почвенного музея, профессор, заведующий кафедрой почвоведения ПГУ (Уральского СХИ), один из организаторов высшей Агрономической Школы на Урале (в Перми) и опытного поля на Липовой горе. Под руководством В.В. Никитина было обследовано около 12 млн. га, дана общая характеристика почв выявлена пахотнеспособность и качество земель по массивам под зерносовхозы, выявлены условия лесовозобновления и лесопроизрастания.

В.В. Никитин был репрессирован, и в связи с этим мало известны его труды, многие работы и отчеты его экспедиций не издавались. Имя ученого на долгие годы было предано забвению.

Г.В. Захарына (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), А.А. Лютин (Пермский ГПИ), Н.Д. Градобоев (Омский СХИ), Н.А. Ногина (Почвенный институт имени В.В. Докучаева), И.Г. Важенин, Н.И. Макеев и др. Учеником В.В. Никитина и участником экспедиций был Н.Я. Кортаев, впоследствии профессор, заведующий кафедрой почвоведения Пермского СХИ (1936 – 1973), Заслуженный деятель науки РФ 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). Вклад В.В. Никитина в становление и развитие почвоведения распространяется на все регионы современной России и государства Средней Азии, где Василий Васильевич когда-то проводил исследования.

*Заведующий кафедрой почвоведения,
А.А. Васильев*

УДК 631.4

А.А. Васильев
ФГБОУ ВО Пермский ГАТУ, Пермь, Россия
e-mail: a.a.vasilev@list.ru

**ПРОФЕССИОНАЛЬНОЕ СТАНОВЛЕНИЕ ПОЧВОВЕДА В.В. НИКИТИНА
В МОСКОВСКОМ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОМ ИНСТИТУТЕ (1906-1912 гг.)**

Аннотация. В данном исследовании рассмотрены основные этапы профессионального становления почвоведом Василия Васильевича Никитина в годы его учебы в Московском сельскохозяйственном институте.

Ключевые слова: Московский сельскохозяйственный институт, кафедра почвоведения, почвенная лаборатория, профессора, студенты, В.Р. Вильямс, Н.А. Димо, И.А. Шульга.

Обширный фактический материал о жизни и деятельности профессора В.В. Никитина в Туркестане, Уральской области, в Пермском университете и Уральском СХИ собран и систематизирован главным библиотекарем отдела периодических изданий библиотеки Пермского ГАТУ Г.И. Жаворонковой и доцентом кафедры почвоведения И.А. Самофалова [3, 17]. Вместе с тем учеба В.В. Никитина в Московском сельскохозяйственном институте и начальные шаги его профессионального становления охарактеризованы еще не в полной мере. Составление научных биографий многих выпускников и ученых Московского сельскохозяйственного института (МСХИ) – Тимирязевской сельскохозяйственной академии (ТСХА) затрудняет частичная потеря архива вуза в годы второй мировой войны [8]. В процессе работы нам удалось приобрести ряд антикварных изданий [4, 9-14], в том числе некоторые книги из личной библиотеки профессора П.С. Коссовича [9, 11-14], которые позволили расширить сведения о Василии Никитине – студенте сельскохозяйственного отделения МСХИ.

В студенты МСХИ принимались лица, окончившие курсы в высших учебных заведениях, в земледельческих училищах, в гимназиях, в реальных училищах (с дополнительным классом) и в других средних учебных заведениях, курс которых будет признан для того достаточным. Евреи в институт вовсе не принимались. «Число студентов определяется Департаментом земледелия, причем прежде всего принимаются лица, окончившие высшие учебные заведения (причем таким лицам может быть сокращен и срок учения в институте), а на оставшиеся вакансии, если число кандидатов превышает число вакансий, открывается состязательный экзамен (из математики, физики и русского языка) в объеме гимназического курса» [1].

В институт Василий Никитин поступил основательно подготовленным – он достаточно хорошо знал химию, ботанику. *Преподавателем естествознания в Вятской реальной училище и заведующим естественно-историческим музеем училища, где среднее образование получил В. Никитин, был Рудницкий Николай Васильевич – выпускник Казанского университета.*

Выбор высшего учебного заведения был сделан Василием Никитиным во многом под влиянием Н.В. Рудницкого, который передал свою мечту стать агрономом многим выпускникам Вятского реального училища. Свою давнюю мечту Н.В.

Рудницкий также сумел осуществить. *В 1908 году он поступил, а в 1910 году окончил Московский сельскохозяйственный институт, стал известным учёным-селекционером, профессором, академиком ВАСХНИЛ. На какое-то время (1908-1910 гг.) бывший ученик Вятского реального училища Василий Никитин и его учитель Николай Васильевич Рудницкий стали однокурсниками в стенах Московском СХИ [10,11].*

Ход приемной кампании 1906 г. и формирование контингента студентов весьма интересны и заслуживают детального рассмотрения. На заседании Совета МСХИ от 17 августа 1906 года председательствовал помощник директора профессор Иверонов, присутствовали профессора протоиерей Боголюбский, Аппельрот, Вильямс, Демьянов, Фортунатов, адъюкт-профессора Каблуков, Нестеров, Подарев, ассистенты Борисов, Голгофский, Егоров, Советов, Турский, секретарь ад. - профессор Горячкин. Председатель заседания сообщил, что на 17 августа 1906 г. было подано 310 прошений о приеме в Институт от окончивших курс средних учебных заведений. Это более, чем в два раза превышало количество мест, выделенных для комплектования приема в 1906 г. – 150 человек. В предыдущие годы прием был в три раза меньше – 50 человек. Решением Совета МСХИ были назначены конкурсные экзамены. Экзаменационная комиссия предложила допустить к конкурсу всех подавших прошения и для удобства разделить их на две группы. Постановлением Совета письменные экзамены по русскому языку были назначены на 18 и 22 августа, а по математике на 19 и 21 августа. В виду отъезда за границу проф. Прянишникова было принято решение просить профессоров Иверонова принять участие в просмотре сочинений, а ад.-профессора Подарева – в экзаменах по математике.

По предложению Председателя Совета в 1906 г. было решено принять в число студентов МСХИ 23 выпускников Московского, Казанского, Новороссийского университетов, Ново-Александрийского сельскохозяйственного и лесного института, Сибирского Технологического Института, Московского технического училища, Киевской Духовной Академии.

Кроме того, Совет рассмотрел сведения о занятиях в высших учебных заведениях шестерых студентов Казанского и Московского университетов, Ново-Александрийского Института, Рижского Политехникума. Было принято решение удовлетворить прошения о приеме в Институт сверх конкурса.

Совет также признал возможным зачислить в студенты Института вне конкурса: помощника преподавателя растениеводства Богородицкого среднего с.-х. училища Н.В. Соустова и выпускника Астраханской классической гимназии калмыка Баста Мацаганова.

На заседание Совета МСХИ от 26 августа 1906 г. председательствовал директор Института Шимков, присутствовали профессора Аппельрот, Демьянов, Иверонов, Михельсон, Фортунатов, ад.-профессор Нестеров, ассистенты Борисов, Васильков, Никонов, секретарь ад.-профессор Горячкин.

Помощник директора Иверонов сообщил, что на письменные приемные испытания явилось всего 182 человека. Было принято решение дополнительные устные вступительные экзамены не проводить. Экзаменационная комиссия разделила абитуриентов по отметкам за работы на три группы. Первую группу в 154 чел. составляют лица получившие удовлетворительные отметки по русскому языку и математике, вторую группу в 13 человек – неудовлетворительная по математике и вполне удовлетворительная по русскому языку, третью в 15 человек – неудовлетворительная по математике и более или менее удовлетворительные по русскому языку. Василий Никитин был в списках первой группы. Экзаменационная комиссия сочла возможным принять первую группу в число студентов, а вопрос о второй

и третьей группах признала необходимым обсудить еще раз в Совете. Совет признал возможным принять первую группу – единогласно, вторую группу большинством голосов также было решено принять, а в приеме третьей группы было отказано.

Таким образом, Совет признал возможным принять в 1906 году в число студентов Института 167 человек из числа окончивших курс средних учебных заведений. Среди этой самой большой группы студентов приема 1906 года были выдающиеся выпускники Московского СХИ: Н. И Вавилов, А.В. Чайнов, А.Н. Костяков, которые в годы учебы являлись однокурсниками Василия Никитина.

В августе 1906 г. Совет также рассмотрел прошения и признал возможным принять в число студентов Института вне конкурса шесть человек, среди которых был лейтенант С. Нахимов – внук прославленного адмирала. Департамент земледелия утвердил все решения Совета МСХИ по итогам приема 1906 г.

Социальное происхождение студентов, принятых в 1906 г., было разнообразным. Доля крестьян среди студентов МСХИ оставалась низкой.

Московский сельскохозяйственный институт – прямой продолжатель Петровской сельскохозяйственной и лесной академии (Петровка), имел оригинальную структуру и четкую междисциплинарную интеграцию агрономии и фундаментальных естественных наук. В Петровке-МСХИ были созданы современные на то время лаборатории для экспериментальных научных исследований, учебно-опытная ферма, организовывались экскурсии студентов и экспедиционные исследования, поддерживались тесные контакты с научными центрами и учебными заведениями Российской Империи, Западной Европы и Северной Америки. В период обучения В.В. Никитина в МСХИ такая интеграция достигла своего расцвета.

Многие студенты МСХИ, в том числе и В. Никитин, с самых ранних студенческих лет были вовлечены в прикладные и внедренческие исследования ученых вуза. Научная деятельность В.В. Никитина началась рано. После поступления в институт, Василий Никитин уже после второго года обучения включается в работу кафедры почвоведения. В автобиографии, составленной в 1925 г., он указывает, что по почвоведению в поле начал работать с 1908 г. и до самого последнего времени не менял специальности.

Работа в лаборатории предусматривали умение видеть и понимать природу, приобретение навыков для естественно-исторических исследований. Широкий охват почв Российской империи, изучаемых на кафедре, соответствовал принципам В.Р. Вильямса, заложенным еще в Петровке профессором Анатолием Александровичем Фадеевым (1849-1915). Фундаментальной основой концепции В.Р. Вильямса была необходимость междисциплинарной интеграции знаний при глубоком теоретическом обосновании почвообразовательного процесса и разработок методов их применения при решении прикладных задач земледелия и луговодства. На то время в агрономии это было большой редкостью. Масштаб, комплексность и системность взглядов В.Р. Вильямса оказали огромное влияние на дальнейшее развитие почвоведения в России и мире [7,15].

Во время экспедиций В.Р. Вильямс, его ассистенты и ученики, студенты кафедры уже к 1906 г. собрали, систематизировали и обобщили богатейший фактический материал о распространении почв в увязке с растительностью и другими природными условиями различных регионов Российской Империи. Сбор уникального коллекционного материала почв в экспедиционных исследованиях сопровождался сравнительным анализом их состава и свойств и изучением влияния на процессы почвообразования факторов окружающей среды

В почвенной лаборатории МСХИ в 1908 г. обрабатывались полевые материалы почвенной части экспедиции, организованной комиссией Московского Хлопкового Биржевого Комитета в южную часть Каракумов. Экономика России остро нуждалась в расширения площади посевов под хлопок. Перед экспедицией стояла задача оценки пригодности почв Каракумов для хлопководства и возможности строительства оросительного канала из Аму-Дарьи. В.В. Никитин впервые близко познакомился с почвами и природой пустыни в лаборатории кафедры. Результаты исследования почв Каракумов были обобщены В.Р. Вильямсом и участником экспедиции – А.Е. Любченко в виде отдельной главы в книге, изданной в 1910 г.

Особенностью внутренней организации учебного процесса в МСХИ с 1906 года была предметная система, «курсов» не было. Это было одно из достижений Революции 1905 г., в которой студенчество являлось одной из движущих сил. По новым правилам обучения, каждый студент имел возможность составить свой индивидуальный план сдачи экзаменов, что было особенно удобно для студентов, вынужденных зарабатывать себе на жизнь. К таковым относился и Василий Никитин. Его формы заработков в годы учебы в МСХИ включали репетиторство, кооперация и работа в почвенных экспедициях. Стипендию студент В. Никитин не получал. Ежегодная плата за слушание лекций в МСХИ составляла 100 рублей. По тем временам эта была существенная сумма.

В первом десятилетии XX века одним из типов кооперативов студентов были студенческие лавочки. Для них действовали благотворительные цены на мелкооптовую закупку различных товаров. Филантропическая помощь общественности и купечества России, позволяла снабжать студентов товарами первой необходимости. Цены на них были ниже, чем в целом на рынке. Самостоятельное ведение торговой лавки требовало определенной предприимчивости, умение выбирать благоприятный момент для приобретения нужных товаров. Работа в лавочке [3] позволила Василию Никитину познакомиться с принципами ценообразования, приобрести знания и опыт в торговом деле. В скором времени после окончания МСХИ, навыки работы в студенческой лавочке оказались для В.В. Никитина весьма кстати. После окончания учебы в МСХИ, он, уже в 1913 г., на восточном базаре в Ташкенте самостоятельно закупал провизию, лошадей, верблюдов для организации и подготовки почвенных экспедиций на территории Туркестана.

Неизменно активная деятельность студентов в лаборатории кафедры почвоведения и в стенах МСХИ оставила глубокий след в научной и организационной подготовке студентов. Для В.В. Никитина она способствовала раскрытию и развитию его интереса к почвоведению. Никитин был участником почвенных полевых экспедиций, экскурсий, посещал наиболее интересных заседаний Московского общества сельского хозяйства и других научных обществ и научно-просветительных учреждений Москвы. В 1908 г., почвовед Н.А. Димо, на одном из заседаний кружка общественной агрономии МСХИ сделал доклад на тему: «Ворота в Фергану». Василий Никитин присутствовал на заседании и познакомился с организацией исследований почвенного покрова Туркестана. Студент Никитин увлекся перспективами изучения природы этого загадочного региона.

Уже в студенческие годы В.В. Никитин проявил большой интерес к полевым и лабораторным исследованиям почв. Важным фактором для В. Никитина было и то, что экспедиционная работа хорошо оплачивалась. Товарищ Василия Никитина – Василий Малыгин, в апреле 1910 г. доложил на заседании кружка общественной агрономии при МСХИ о прохождении студентами земской практики в составе почвенно-ботанической экспедиции в Мокшанском уезде Пензенской губернии. Василий Малыгин собрал и привез из этой губернии обширный гербарий с образцами

высших растений местной флоры. Гербарий он передал в дар кружку. Ранее также поступил с гербарием флоры Кавказа студент Николай Вавилов, но только он передал свой гербарий в кружок любителей естествознания.

В экспедициях, совершенных в студенческие годы, на территории Пензенской губернии (1909 -1910 гг.), Закаспийской области (1911 г.) и Черниговской губернии (1912 г.) у В.В. Никитина выявились и укрепились природная выносливость, непритязательность в еде и быту, сформированные в крестьянской семье, которые помогли ему в дальнейшей профессиональной деятельности. Уже осенью 1913 г. Никитин возглавит почвенный отряд, совершивший уникальный 40-дневный переход через пустыню Кызыл-Кум.

Важной чертой характера В. Никитина было и то, что он неизменно выполнял то, что задумывал. Еще со второго года обучения в институте, под влиянием рассказов почвоведов Н.А. Димо, А.Е. Любченко, своего товарища – Василия Малыгина, – выпускника Ташкентской гимназии, Василий Васильевич был влюблен в пустыню, в красоту и своеобразие её природы. Его мечтой было совершить экспедицию по пустыням Туркестана, где сконцентрировано все богатство пустынной флоры и можно было наблюдать последовательность эволюции почвенного покрова аридного региона. Свою мечту ему удалось осуществить.

В годы, когда в МСХИ учился В.В. Никитин, там плодотворно работал высококвалифицированный коллектив опытных профессоров и преподавателей, а также молодых талантливых ассистентов. Большинство представителей профессорско-преподавательского состава МСХИ того времени вошли в историю науки как основатели новых научных направлений в биологических и сельскохозяйственных науках. Богословие вел протоиерей Н.И. Боголюбский. Неорганическую и органическую химию читал И.А. Каблуков, а лабораторные занятия он вел с помощью ассистентов А.Е. Чичибабина и А.А. Голгофского. Органическую химию читал Н.Я. Демьянов, занятия по сельскохозяйственному анализу ему помогали вести В.И. Виноградов и Н.М. Тулайков, затем М.А. Егоров. Физику и метеорологию вел В.А. Михельсон, геологию и минералогию Я.В. Самойлов, ботанику – С.И. Ростовцев, физиологию растений и бактериологию – Н.Н. Худяков и ассистент А.В. Генерозов, зоологию и энтомологию – Н.М. Кулагин, общую зоотехнику – Е.А. Богданов, частную зоотехнику – М.И. Придорогин и ассистент С.Л. Иванов, геодезию – И.А. Иверонов, частное земледелие и учение об удобрении – Д.Н. Прянишников и ассистент И.С. Шулов, учение о сельскохозяйственных машинах и орудиях – И.П. Горячкин, с.-х. технологию – Я.Я. Никитинский, лесоводство и лесную таксацию – Н.С. Нестеров при содействии ассистентов В.И. Советова и Г.М. Турского, сельскохозяйственную экономию и статистику – А.Ф. Фортунатов, политическую экономию – В.Я. Железнов, почвоведение и общее земледелие – В.Р. Вильямс, а лабораторные занятия он вел при участии ассистентов А.А. Калужского и Д.Л. Рудзинского, А.Е. Любченко. Опытное дело в России читал ассистент А.Г. Дояренко [9-14]. Многие профессора МСХИ в те годы одновременно работали в Императорском Московском университете и других вузах Москвы.

Одной из заметных фигур МСХИ был профессор В.Р. Вильямс. В мае 1907 г. В.Р. Вильямс избирается директором МСХИ. Эту должность он был вынужден оставить по болезни в 1908 г, но продолжал руководить работой вуза в составе Правления Института [9-14].

В.Р. Вильямс увлекал студентов и его лекции запоминались на всю жизнь. Увлёкся ими и В.В. Никитин, который начинает работать в лаборатории Вильямса. Лаборатория почвоведения МСХИ в 1900-е годы, по оснащению приборами и обо-

рудованием, являлась одной из лучших в Европе. Лекции В.Р. Вильямса были широко известны демонстрацией богатейшей коллекции монолитов почв, гербария растений. Разнообразие почв и та новая реальная информация, которую приносили химические анализы почв увлекли В.В. Никитина. Так, под руководством одного из самых авторитетных теоретиков почвоведения и точных экспериментаторов XX века В.Р. Вильямса [7, 15], изучал В. Никитин суть химизма почвообразования, материальной основы любого теоретического заключения о её генезисе и плодородии.

Большим научным событием первого десятилетия двадцатого века был XII съезд естествоиспытателей и врачей, проходивший в аудиториях Московского университета в конце 1909 г. - начале 1910 г. Совет МСХИ организовал экскурсии для участников съезда на учебную ферму и в лаборатории вуза. Будучи студентом, В.В. Никитин принял участие в работе этого форума. В списке членов XII Съезда русских естествоиспытателей и врачей указано: «Никитин Вас. Вас. - 4,10, – **почвоведь**. Козихинский пер. д. Баскакова кв. Рашковского» [2]. Секция 4 – это секция химии, а 10 – секция агрономии. Следовательно, к концу 1909 г. Василий Никитин уже четко позиционировал себя как почвовед, а в сферу его научных интересов входила и химия.

В секции агрономии заведующим был определен профессор А.Н. Сабанин, секретарями – И.П. Жолницкий и В.И. Сазонов. Члены бюро секции были: В.Р. Вильямс, А.Ф. Фортунатов, С.А. Северин, Г.М. Турский, Г.П. Гурин, Д.Л. Рудзинский, Л.Т. Будинов. Подсекцией почвоведения заведовал А.Н. Сабанин, товарищем заведующего был А.П. Левицкий, секретарями – С.А. Захаров, М.М. Филатов, В.В. Геммерлинг. В подсекция растениеводства заведующим был Д.Н. Прянишников, а товарищем заведующего – Н.С. Нестеров. В работе съезда принимали участие практически все ведущие почвоведы того времени [2]. В.В. Никитин имел возможность лично присутствовать на заседаниях секций и общаться с коллегами.

3 января 1910 г. на совместном заседании подсекции почвоведения и секции геологии с докладом на тему: «Несколько наблюдений над черноземами и другими почвам в Мокшанском уезде Пензенской губернии», выступил почвовед Н.А. Димо [2]. Фактический материал для доклада включал результаты полевых исследований помощников почвоведов В. Никитина и В. Малыгина.

Анкета участника съезда показывает, что В.В. Никитин в 1909 г. проживал в Козихинском переулке. Высока вероятность того, что вместе с В.В. Никитиным в арендованной квартире на Козихе также проживали Мухин Николай Андреевич и Наумов Константин Иванович – выпускники Мариинского земледельческого училища Саратовской губернии [10]. Мухин и Наумов представляли ещё одну категорию обучающихся в МСХИ – «лица, прикомандированные в Институт Департаментом земледелия». По современным критериям эту категорию можно назвать «целевиками». Ежегодное количество этой категории обучающихся в МСХИ составляло от двух десятков до сотни. Мухин и Наумов, в 1910 г., после успешной сдачи окончательных экзаменов, получили право по предоставлению отчета о летней практике на получение диплома на звание ученого агронома первого разряда. В 1910 году Н.А. Мухин, завершив обучение в МСХИ, был принят на должность директора Камышинского районного опытного поля Саратовской губернии.

На становление В.В. Никитина, как почвовед-картографа, определяющее влияние оказали почвоведы Н.А. Димо, И.А. Шульга. Выполняя научные исследования в лаборатории у Василия Робертовича Вильямса, Василий Никитин одновременно стал сотрудничать с Н.А. Димо и И.А. Шульгой – прямыми учениками В.В.

Докучаева. Н.А. Димо пригласил студента В. Никитина и его товарища В. Малыгина работать помощниками почвоведов в составе Пензенской экспедиции ещё в 1908 году. Василий Никитин и Василий Малыгин, разумеется, приняли это почетное приглашение. Кстати, рекомендовал их для работы в полевых экспедициях на территории Пензенской губернии В.Р. Вильямс. С февраля 1912 г. Н.А. Димо был на альтернативной основе избран председателем Почвенного комитета Московского общества сельского хозяйства [4]. Почвенный комитет к этому времени представлял собой один из лучших коллективов почвоведов, геологов, ботаников, географов России.

Главным учителем В.В. Никитина на всю жизнь остался В.Р. Вильямс, классик отечественного почвоведения, земледелия, луговодства [7, 15]. Василий Робертович своими трудами приумножил славу Петровки-МСХА-ТСХА и развил лучшие научные традиции, утвердил приоритет отечественной науки в решении многих проблем общего почвоведения, географии почв, химии гумусовых веществ, агропочвоведения. Вильямс обладал поистине энциклопедическими знаниями в почвоведении, земледелии, луговодстве, растениеводстве, животноводстве, мелиорации, организации сельского хозяйства, методики с.-х. исследований [7, 15]. В годы учебы В.В. Никитина, на кафедре почвоведения и земледелия, создавалась селекционная станция, которую затем возглавил ассистент кафедры Д.Л. Рудзинский. Было заложено новое опытное поле, его возглавил ассистент А.Г. Дояренко [9-14]. В.Р. Вильямс был последовательным сторонником интеграции почвоведения и земледелия.

Профессор В.Р. Вильямс вовлекал студентов в научную работу. Это расширяло их кругозор, развивало аналитическое мышление, давало навыки в организации лабораторных и полевых работ. Научные и педагогические традиции, сложившиеся на кафедре В.Р. Вильямса, были непосредственно приняты в дальнейшем его ассистентами и студентами-дипломниками: М.П. Григорьевым, А.А. Калужским, В.В. Никитиным, В.П. Бушинским, Б.П. Серебряковым, А.Н. Соколовским, А.В. Сабашниковым и другими организаторами, и руководителями кафедр почвоведения, агрохимии, земледелия в университетах и сельскохозяйственных институтах страны, созданных после 1917 г. в Перми, Нижнем Новгороде, Саратове и других городах. Примечательно, что в 1932 г. кафедру земледелия в Уральском институте почвоведения и агрохимии (УИПиА) в г. Перми возглавил однокашник В.В. Никитина и дипломник В.Р. Вильямса – Геннадий Александрович Герасимов. Так складывалась отечественная школа агропочвоведения.

Другим любимым учителем В. Никитина, да и практически всех студентов МСХИ, был Алексей Федорович Фортунатов – учёный статистик и экономист. Профессор А.Ф. Фортунатов был соратником и коллегой В.В. Докучаева, с 1894 по 1899 г. состоял профессором Ново-Александровского института. А.Ф. Фортунатов усовершенствовал методику статистических исследований в оценке земель на основе их фактической продуктивности. А.Ф. Фортунатова справедливо относят к основателям экономической оценки земель в России [6, 16]. Позднее, в 1920-е годы, знания по проведению статистических исследований при бонитировке почв Троицкого округа Уральской области, были успешно применены профессором Пермского университета В.В. Никитиным и его учеником почвоведом Н.Ф. Заколкиным.

После почти четырех лет обучения в МСХИ и прохождения земской практики студенты допускались к написанию дипломной работы, а затем к сдаче окончательных экзаменов. В 1908 г., помощник директора МСХИ по учебной части Д.Н.

Прянишников, инициировал обязательную для выпускников подготовку дипломных работ, что сопровождалось активным вовлечением студентов в научную работу.

В период с 1910 по 1912 гг., под руководством профессора В.Р. Вильямса, на кафедре почвоведения ежегодно готовили дипломные работы 8-11 человек [10-12]. В 1911 году в МСХИ было подготовлено 127 дипломных работ, в том числе восемь – на кафедре почвоведения [11]. Темы дипломных работ были, преимущественно, почвенно-географические, а также по общему земледелию: А.Н. Касаткин – «Отчет о почвенных исследованиях в Джанкертском уезде Семиреченской области»; В.С. Малыгин, впоследствии чл.-кор. Акад. наук Узбекской ССР – «Характер северных черноземов»; **В.В. Никитин** – «**Почвенные исследования в Пензенской губернии**»; В.П. Бушинский, впоследствии чл.-кор. АН СССР, академик ВАСХНИЛ – «Отчет о почвенных исследованиях в трех южных уездах Пермской губернии. "К вопросу о надвигании леса на степь"»; С.В. Соседов – «Исследование чернозёмного острова Казанской губернии»; В.Ф. Петров, впоследствии чл.-кор. Акад. наук Таджикской ССР – «К вопросу о влиянии биологического фактора при определении поглотительной способности почв относительно аммиака», И.Ф. Ржехин, впоследствии зав. Хвалынского опытного поля, преподаватель Ивановского СХИ – «Опыты с картофелем»; С.А. Никольский – «Влияние времени и густоты посева и глубины заделки семян на количество урожая яровой пшеницы» [11].

В 1912 г. на кафедре почвоведения, под руководством В.Р. Вильямса, подготовили дипломные работы восемь человек, среди них: А.В. Костяков, впоследствии чл.-кор. АН СССР, академик ВАСХНИЛ – «Имение "Батьки" (естественно-исторический очерк и основания мелиорации почв имения)»; И.С. Яичников, впоследствии известный биохимик – «Влажность и нитраты в парах (апрельском, позднем и виновом)» и другие [12].

Во вторую (осеннюю) сессию 1910 г. сдавали окончательные экзамены 65 человек, окончивших полный курс обучения в вузе. Среди них были Чаянов, Брудастов, Осипов, Герасимов и другие студенты, поступившие в МСХИ в один год с Никитиным, а также почвоведы Соколовский, Сабашников, Серебряков, Мантейфель, принятые в вуз в иные годы.

В апреле 1911 г. В.В. Никитин сдал последний экзамен в МСХИ. Комиссия для производства окончательных испытаний в первую сессию 1911 года, образованная под председательством директора МСХИ профессора Иверонова, согласно отношения Департамента Земледелия от 16 января 1910 года за №2055, подвергла испытаниям на звание ученого агронома 78 лиц и на звание инженера-агронома 2 лица. В состав особой комиссии, кроме директора института, входили профессора: В.Р. Вильямс, Д.Н. Прянишников, А.Ф. Фортунатов, М.И. Придорогин, ад.-профессора: И.С. Нестеров, В.В. Подарев, И.С. Стахов и Е.А. Богданов [11].

Из 78 человек, подвергшихся испытаниям по сельскохозяйственному отделению, 68 человек принадлежали к студентам Института, из них 14 человек имели предварительное образование, именно: из окончивших курс по естественному отделению физико-математического факультета – 6; лесоводы – 3; с заграничным сельскохозяйственным образованием – 2; ветеринар – 1; юристы – 1.

Из 54 студентов с предварительным средним образованием окончили курс: классической гимназии – 10; реального училища – 24; коммерческого училища – 7, среднего сельскохозяйственного училища – 7, кадетского корпуса – 1; учительского института – 1; духовной семинарии – 3, среднего технического училища – 1.

Четыре человека состояли при институте в качестве прикомандированных Департаментом земледелия, все четверо из числа окончивших средние сельскохозяйственные школы. Ещё шесть человек были допущены к окончательным испытаниям на основании ст. 28 Положения об Институте, прослушали в нем полный курс, но выбыли из состава студентов до окончательных испытаний, 1 имеет заграничное сельскохозяйственное образование и 2 окончили курс классической гимназии.

По инженерному отделению подвергались экзаменам всего 2 лица, из них один окончил курс Института по агрономическому отделению, другой с аттестатом технического училища.

В три предыдущих года соответствующие цифры окончивших курс в первую сессию были: в 1908 году – 29, в 1909 – 55, в 1910 – 70.

Всего за 1909 год окончательные экзамены сдало 95 человек, за 1910 г. – 135, 1911 – 141 человек. Статистические исследования, проведенные К.А. Вернером, показали, что из 125 человек, которые окончили МСХИ в 1910 году большинство поступило в институт в 1906 году, после Революции (1905-1907 гг.), по меньшей мере 77 человек (61 %) заняли впоследствии агрономические должности.

Свидетельство об окончании Института было выписано В.В. Никитину в апреле, он получит документы об окончании МСХИ только в июне 1911 г. Его жизненная стезя была четко определена, и она прочно связана с почвоведением. После окончания института В.В. Никитин был, по инициативе В.Р. Вильямса, оставлен при его кафедре почвоведения и общего земледелия. После сдачи окончательных экзаменов, Никитин продолжил экспедиционную работу под руководством Димо и Шульги в Пензенской и Черниговской губерниях, Закаспийской области.

В конце 1911 г. при кафедре почвоведения МСХА были организованы курсы по луговодству. В числе первых слушателей курсов был В.В. Никитин.

На 14-ом заседании Почвенного Комитета МОСХ, прошедшего под председательством профессора А.Н. Сабанина 21 февраля 1912 г., были проведены выборы пяти его новых действительных членов. Среди вновь избранных был и В.В. Никитин. После завершения полевых почвенных исследований в 1912, В.В. Никитин принимал участие в 19-22 заседаниях Комитета в ноябре-декабре 1912 г. 28 ноября 1912 года на 20-м заседании Почвенного Комитета, В.В. Никитин был избран в состав комиссии по организации естественно-исторического музея при Почвенном Комитете МОСХ [4].

Хронология и действующие лица событий, связанных с послеузузовской подготовкой В.В. Никитина в стенах МСХИ, была следующей. На заседании Совета МСХИ 25 октября 1911 года председательствовал директор проф. Иверонов, присутствовали проф. свящ. Артоболевский, Вильямс, Демьянов, Кулагин, Михельсон, Придорогин, Прянишников, Фортунатов, ад.-проф. Богданов, Головин, Железнов, Каблуков, Подарев, Самойлович, преподаватель Гурин, приглашенные на заседание ассистенты Волошин, Волхонский, Некрасов, Рекшинский, Рудзинский, Турский, секретарь ад.-проф. Горячкин. По заявлению профессора В.Р. Вильямса постановлено назначить в следующем заседании баллотировку на оставление ученого агронома В.В. Никитина при Институте для усовершенствования в области почвоведения на 1 год и выдачу ему стипендии имени проф. М.К. Турского на полгода. На заседании Совета МСХИ 8 ноября 1911 г. председательствовал директор проф. Иверонов, присутствовали проф. свящ. Артоболевский, Вильямс, Михельсон, Ростовцев, Фортунатов, Худяков, ад.-проф. Нестеров, Подарев, Самойлов, приглашенные в заседание ассистенты: Дояренко, Турский, секретарь ад. -проф. Горячев.

Была проведена баллотировка В.В. Никитина на оставление при кафедре почвоведения. Согласно результатам баллотировки, постановлено представить в Департамент земледелия на утверждение с 15 ноября. На заседание Совета МСХИ от 3 апреля 1912 г. директор института профессор Иверонов сообщил, что Департамент земледелия направил отношение за № 17264 от 20 марта с.г. в котором разрешил оставить окончившего курс института В.В. Никитина при кафедре почвоведения. Официально В.В. Никитин состоял стипендиатом до конца 1912 г.

Количество лиц, оставленных для подготовки к преподавательской и научной работе в МСХИ, составляло ежегодно 10-15 человек. Проводился тщательный отбор кандидатов на эти места. В 1912 году, кроме Никитина, в эту категорию обучающихся в МСХИ входило еще 12 человек, в том числе Н.И. Вавилов, А.В. Чайнов, С.А. Пинегин, А.Н. Костяков, А.А. Пионтковский, И.В. Якушкин и другие.

Таким образом, уже в начале научной деятельности В.В. Никитина, в бытность его студентом МСХИ, в лаборатории кафедры почвоведения и общего земледелия, под руководством В.Р. Вильямса, в Почвенном Комитете МОСХ, в коллективе почвоведов-географов Н.А. Димо, И.А. Шульги, геолога А.Д. Архангельского, ботаника И.И. Спрыгина и других крупных ученых, сформировались его основные научные интересы: химия, ботаника, география, статистика, геология, почвоведение. Этим направлениям Василий Васильевич уделял постоянное внимание. Незаурядность В.В. Никитина, как ученого-почвоведа проявилась в том, что он видел возможность и необходимость изучения почвенного покрова с позиций и ботаники, и географии, и геологии, что он смог осуществить этот научный синтез в Туркестане и на Урале, занимаясь в то же время организацией комплексных научных экспедиций и работой в области высшего агрономического образования.

В своей научной судьбе В.В. Никитин продолжил исследования В.Р. Вильямса и Н.А. Димо, И.А. Шульги, их логику построения почвенных исследований и организацию высшего сельскохозяйственного образования. Следование научным и педагогическим традициям Петровки-МСХИ позволили в дальнейшем В.В. Никитину создавать коллектив кафедры почвоведения Пермского университета, формировать коллективы экспедиций по изучению природных условий, картографированию почвенного покрова и агроэкологической оценки территории Уральской области. В.В. Никитин отбирал для экспедиций студентов-практикантов из числа студентов агрономического факультета и сотрудников Пермского университета по одаренности, перспективности и эрудиции. Среди них были почвоведы, геологи, ботаники, микробиологи, физиологи растений.

В.В. Никитин был широко образованным человеком, как и абсолютное большинство выпускников МСХИ. Широту взглядов В.В. Никитина сформировали его трудолюбие и уникальные особенности Московского сельскохозяйственного института. Используя современную терминологию, можно сказать, что за период обучения в МСХИ, Василий Васильевич Никитин, полностью сформировал профессиональные компетенции почвоведа, которые затем совершенствовал на протяжении всей своей жизни.

Литература

1. Всеобщий календарь на 1909 г. Санкт-Петербург: Изд. П. П. Сойкина, 1908. 614 с.
2. Дневник XII Съезда русских естествоиспытателей и врачей в Москве с 28 декабря 1909 г. по 6 января 1910 г. Москва: Тип. Г. Лисснера и Д. Собко, 1909. №1. 144 с.
3. Жаворонкова Г.И. Василий Васильевич Никитин – профессор кафедры почвоведения Уральского сельскохозяйственного института. МСХ РФ, Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования "Пермский государственный аграрно-технологический университет им. академика Д. Н. Прянишникова". Пермь : Прокрость, 2018. 143 с.

4. Журналы заседаний Почвенного комитета Московского общества сельского хозяйства. 1912. М.: Тип. О.Л. Сомовой. Вып. 2. 1913. 7 с.
5. Иванов А.Е. Студенческая самопомощь в высшей школе Российской Империи // Отечественная история. 2002. №4. С.35-50.
6. Лекции профессоров В.В. Докучаева и А.Ф. Фортунатова. Полтава: Экон. бюро Полт. губ. земства, 1901. 118 с.
7. Наумов В.Д. Научное наследие академика В.Р. Вильямса в почвоведении // Известия ТСХА. 2014. №1. С.16-26.
8. Оришев А.Б. Тайны российской аграрной науки: тимирязевский прорыв. Екатеринбург: ООО «Издательские решения», 2016. 398 с.
9. Отчет о состоянии Московского сельскохозяйственного института за 1909 год / Московский сельскохозяйственный институт. М.: Типо-литография В. Рихтера, 1910. 156 с.
10. Отчет о состоянии Московского сельскохозяйственного института за 1910 год / Московский сельскохозяйственный институт. М.: Типо-литография В. Рихтера, 1911. 159 с.
11. Отчет о состоянии Московского сельскохозяйственного института за 1911 год / Московский сельскохозяйственный институт. М.: Типо-литография В. Рихтера, 1912. 194 с.
12. Отчет о состоянии Московского сельскохозяйственного института за 1912 год / Московский сельскохозяйственный институт. М.: Типо-литография В. Рихтера, 1913. 240 с.
13. Отчет о состоянии Московского сельскохозяйственного института за 1913 год / Московский сельскохозяйственный институт. М.: Типо-литография В. Рихтера, 1914. 324 с.
14. Отчет о состоянии Московского сельскохозяйственного института за 1914 год / Московский сельскохозяйственный институт. М.: Типо-литография В. Рихтера, 1915. 231 с.
15. Платонов И.Г. Вклад В.Р. Вильямса в развитие агрономического образования и сельскохозяйственной науки (к 150-летию со дня рождения) // Известия ТСХА. 2014. №1. С. 52-59.
16. Почвенно-оценочное дело: Фортунатов А. Вопрос о почвенных исследованиях в Новгородских земских прениях. – Лекции профессоров Докучаева, Фортунатова и Горб-Ромашкевича в Полтаве. – «Земские оценки и казенные миллионы» // Почвоведение. 1900. №3. С. 222-226.
17. Самофалова И.А., Жаворонкова Г.И. Первый профессор почвоведения на Урале – В.В. Никитин // Пермский аграрный вестник: сборник науч. трудов LXVII Всероссийской научно-практ. Пермь, ФГОУ ВПО «Пермская ГСХА», 2008. Ч. 1. С. 128-134.

A.A. Vasiliev

Perm State Agro-Technological University, Perm, Russia

e-mail: a.a.vasilev@list.ru

PROFESSIONAL DEVELOPMENT OF V.V. NIKITIN AS SOIL SCIENTIST AT THE MOSCOW AGRICULTURAL INSTITUTE (1906-1912)

Abstract. The study discusses the main stages in the professional development of the soil scientist Vasily Vasilievich Nikitin during his studies at the Moscow Agricultural Institute.

Keywords: *Moscow Agricultural Institute, department of soil science, soil laboratory, professors, students, V.R. Williams, N.A. Dimo, I.A. Shulga.*

References

1. The universal calendar for 1909. St. Petersburg: Ed. P.P.Soykina, 1908. 614 p.
2. Diary of the XII Congress of Russian Naturalists and Doctors in Moscow from December 28, 1909 to January 6, 1910. Moscow: Type. G. Lissner and D. Sobko, 1909. No. 1. 144 p.
3. Zhavoronkova G. I. Vasily Vasilievich Nikitin - Professor, Department of Soil Science, Ural Agricultural Institute. Ministry of Agriculture of the Russian Federation, Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education "Perm State Agrarian and Technological University named after Academician D. N. Pryanishnikov." Perm: Prokrost, 2018. 143 p.
4. Journals of the Soil Committee of the Moscow Society of Agriculture. 1912. М.: Type. O.L. Somovoy. Vol. 2. 1913. 67 p.
5. Ivanov A.E. Student self-help in the higher school of the Russian Empire // Domestic history. 2002. No4. P.35-50.
6. Lectures of professors VV Dokuchaev and A.F. Fortunatova. Poltava: Econ. Bureau Polt. lips. Zemsvos, 1901. 118 p.

7. Naumov V.D. Scientific heritage of Academician V.R. Williams in soil science // Bulletin of the TSHA. 2014. No1. P. 16-26.
8. Orishev A.B. Secrets of Russian agricultural science: Timiryazevsky breakthrough. Yekaterinburg: Publishing Solutions LLC, 2016. 398 p.
9. Report on the state of the Moscow Agricultural Institute for 1909 / Moscow Agricultural Institute. Moscow: Typographic lithograph by V. Richter, 1910. 156 p.
10. Report on the state of the Moscow Agricultural Institute for 1910 / Moscow Agricultural Institute. Moscow: Tipolithography by V. Richter, 1911. 159 p.
11. Report on the state of the Moscow Agricultural Institute for 1911 / Moscow Agricultural Institute. Moscow: Tipolithography by V. Richter, 1912. 194 p.
12. Report on the state of the Moscow Agricultural Institute for 1912 / Moscow Agricultural Institute. Moscow: Tipolithography by V. Richter, 1913. 240 p.
13. Report on the state of the Moscow Agricultural Institute for 1913 / Moscow Agricultural Institute. Moscow: Tipolithography by V. Richter, 1914. 324 p.
14. Report on the state of the Moscow Agricultural Institute for 1914 / Moscow Agricultural Institute. Moscow: Tipolithography by V. Richter, 1915. 231 p.
15. Platonov I.G. Contribution of V. R. Williams to the development of agronomic education and agricultural science (to the 150th anniversary) // Izvestia TSHA. 2014. No1. P. 52-59.
16. Soil-appraisal case: Fortunatov A. Question of soil research in the Novgorod Zemsky debate. - Lectures by professors Dokuchaev, Fortunatov and Gorb-Romashkevich in Poltava. "Zemsky estimates and official millions" // Soil Science 1900. No. 3. P. 222-226.
17. Samofalova I.A., Zhavoronkova G.I. The first professor of soil science in the Urals – V.V. Nikitin // Perm Agrarian Bulletin: a collection of scientific. Proceedings of the LXVII All-Russian Scientific and Practical. Perm, Federal State-Funded Educational Institution of Higher Professional Education Perm State Agricultural Academy, 2008. Part 1. P. 128-134.

УДК 631.48

О.С. Безуглова

ФГАОУ ВО Южный федеральный университет, Ростов-на-Дону, Россия

E-mail: lola314@mail.ru

КРАСНАЯ КНИГА ПОЧВ КАК БАЗА ДАННЫХ ПРИ ОБОСНОВАНИИ ОХРАННЫХ МЕРОПРИЯТИЙ И В МОНИТОРИНГОВЫХ РАБОТАХ

Аннотация. Существующая практика выделения особо охраняемых природных территорий не предполагает обязательного исследования их почвенного покрова. Изучение почв ООПТ с обязательным определением основных химических характеристик позволяет сформировать ценную базу данных по основным типам почв региона и использовать эти сведения в качестве фоновых при проведении мониторинговых и работ и обосновании охранных мероприятий.

Ключевые слова: особо охраняемые природные территории, гумус, карбонаты, красная книга почв.

Введение. Современные степные экосистемы в нашей стране, как и во всем мире, относятся к числу наиболее нарушенных человеком, и в наименьшей степени охваченных природоохранной деятельностью. Здесь очень низка облесенность территории, практически отсутствуют естественные пастбищные угодья, значительно распаханы даже пойменные пространства, особенно важные для сохранения устойчивости ландшафтов к неблагоприятным воздействиям. В таких районах сложно найти значительные по площади территории с целинными биоценозами и почвами, поэтому здесь необходима инвентаризация всех, даже небольших по площади, участков ненарушенных почв под естественной или восстановленной растительностью. В первую очередь это относится к существующим особо охраняемым территориям

(ООПТ). Отсюда необходимость занесения ареалов минимально трансформированных типичных почв в Красную книгу с целью формирования системы эталонов, репрезентативно представляющих почвенный покров региона. Для таких территорий особенно важна ведущаяся в настоящее время работа над составлением Красных книг почв России и субъектов Федерации.

В Ростовской области, согласно данным Росстата на 2013 г., сельскохозяйственные угодья занимают 87,7% территории, причем 69% от этой площади приходится на пашню. Все особо охраняемые природные территории федерального и регионального уровней занимают лишь около 0,6 безводной площади области. Большинство ООПТ получили охранной статус по показателям, не связанным с особенностями почвенного покрова. Учитывались, прежде всего, разнообразие растительного покрова, орнитофауны, чешуекрылых насекомых и рукокрылых животных. Из почвенных характеристик решающую роль играла необходимость защиты почвенного покрова от эрозии, так как многие объекты – это пойменные ландшафты или овражно-балочные системы. Как показал анализ доступных материалов, именно почвенный покров является наименее исследованным компонентом ООПТ, в лучшем случае имеются сведения лишь о преобладающих в почвенном покрове типах почв. В связи с этим в ходе проведения работ решались следующие задачи. Во-первых, составление перечня типичных для области почв высоких таксономических уровней, представители которых должны быть выделены в качестве эталонов Красной книги почв Ростовской области. Во-вторых, подбор уникальных почв, участие которых в почвенном покрове региона настолько мало, что измеряется нередко сотыми долями процента от общей площади области.

Далее решались задачи:

- подбор минимально эродированных участков с естественной или восстановленной растительностью в пределах ареалов типичных для области почв для выделения почвенных эталонов;
- обследование почвенного покрова выбранных участков ООПТ;
- закладка опорных разрезов в пределах выбранных участков и характеристика их морфологических и аналитических свойств;
- оценка возможности использования характеристик отобранных эталонных почв для сравнения с используемыми в сельскохозяйственном производстве аналогами.

Объекты и методы. Объект исследований – почвенный покров особо охраняемых территорий Ростовской области. Изучены доступные архивные материалы крупномасштабных почвенных обследований, проанализирована картографическая и описательная информация по растительному и почвенному покровам ООПТ, расположенных в пределах Предкавказской и Южно-Русской провинций черноземов обыкновенных и южных. Это позволило выделить 13 охраняемых природных территорий областного и местного подчинения – памятников природы, расположенных в 9 административных районах области, в пределах которых была возможность подобрать почвенные эталоны для включения в Красную книгу почв области. Были также обследованы целинные и залежные участки Ботанического сада Южного федерального университета, участки заповедника «Ростовский», имеющих статус федеральных ООПТ, и участок «Дельта Дона» природного парка областного значения «Донской».

Растительность на территориях ООПТ в черноземной зоне представлена разнотравно-типчаково-ковыльной, в сухостепной зоне – полынно-типчаковой степью, а также песчаной степью («Кундрюченские пески»), и искусственными лесными насаждениями («Фоминская дача»).

Всего за три года исследований было заложено 38 разрезов, для которых выбирались автоморфные позиции (исключение – разрезы, заложенные в пойме) под минимально нарушенными растительными ассоциациями. По генетическим горизонтам из профилей отобраны образцы, в которых определены основных химические и физико-химические характеристики. Отбирались также поверхностные образцы из слоя 0-15 см вокруг опорных разрезов с целью получения сведений о пространственной variability изучаемых показателей.

Поставленная цель – подбор и получение максимально полной характеристики почвенных эталонов. Выбор почвенных показателей и методов их определения диктовались необходимостью обеспечить максимальную информационную доступность и сопоставимость полученных результатов. В лабораторных условиях из отобранных по профилю образцов были определены: объемная масса почвенных горизонтов (буровым методом), содержание гигроскопической влаги, гранулометрический состав почв (пипеточный метод Качинского в модификации Долгова-Личмановой), содержание органического углерода (по методу Тюрина в модификации Орлова-Гриндель), содержание карбонатов (по Шейблеру), валовой химический состав (методом рентген-флюоресцентной спектроскопии на спектроскане МАКС-GV), удельная активность радионуклидов (^{137}Cs , ^{226}Ra , ^{232}Th , ^{40}K) (гамма-спектрометрическим методом на сцинтилляционном гамма-спектрометре «Прогресс-гамма»). В ряде образцов (там, где это было необходимо) определяли состав ППК и сухой остаток водной вытяжки.

Данные по всем 38 разрезам были занесены в локальную версию Почвенно-географической базы данных (ПГБД) РФ. ПГБД РФ была организована как площадка для объединения разнородной почвенно-географической информации с использованием клиент-серверной технологии хранения данных. Почвенная база данных разрабатывается как основа для создания системы мониторинга состояния почв и разработки мер по их охране и рациональному использованию земель. Так как это распределенная база данных, она включает в себя региональные почвенные дата-центры, аккумулирующие информацию по месту её сбора. Внесение архивных и актуальных почвенно-агрохимических данных осуществляется посредством оригинального программного обеспечения, учитывающего специфику работы каждого регионального дата-центра. Результатом работы локальной программы является структурированное описание одного или нескольких почвенных профилей, дополненное личной карточкой «поставщика информации». Наполнению ПГБД предшествует инвентаризация и формализация почвенных данных, отбор репрезентативных профилей, обеспеченных полным набором показателей морфологического строения, физико-химических свойств. Для привязки поступающей атрибутивной информации к цифровой карте заносятся точные сведения о местонахождении каждого разреза. Наличие подобной БД позволяет накапливать наряду с результатами многолетних агрохимических обследований, различные экспедиционные сведения, в том числе по обследованию почв ООПТ.

Результаты и обсуждение. Помимо прямого использования в мониторинговых целях обширного банка сведений по каждому типу почв, изученных при обследовании территорий ООПТ, полученные сведения представляют интерес и для установления закономерностей при сравнительном анализе характеристик изучаемых почв. Среднестатистические значения основных характеристик приведены в таблице. Для

проведения информационно-логического анализа полученных результатов все разрезы были сгруппированы в кластеры: черноземы миграционно-сегрегационные, черноземы текстурно-карбонатные на плотных породах, каштановые почвы, аллювиальные почвы. В свою очередь черноземы на плотных породах были подразделены на черноземы среднемощные, развитые на элювии сланцев и маломощные, развивающиеся на карбонатных породах. Отдельно была выделена группа неполноразвитых черноземов, по современной классификации – литоземов темногумусовых.

Таблица

Среднестатистические значения основных характеристик почв ООПТ Ростовской области (гор. А)

СО ₂ карбонатов,%			Гумус,%			<0,01,%		
M±m	Vгр.тип.	V,%	M±m	Vгр.тип.	V,%	M±m	Vгр.тип.	V,%
Черноземы миграционно-сегрегационные среднегумусированные карбонатные мощные и среднемощные тяжелосуглинистые на желто-бурых лессовидных суглинках								
0,36± 0,10	0,12- 0,60	100	4,69± 0,32	3,95-5,43	23,7	45,97± 1,04	43,52-48,42	7,8
Черноземы миграционно-сегрегационные среднегумусированные карбонатные мощные глинистые на желто-бурых лессовидных глинах								
2,39± 0,46	1,69- 3,09	43,5	4,57± 0,55	3,75-5,39	26,9	66,72± 1,27	64,81-68,63	4,3
Черноземы текстурно-карбонатные (южные) среднемощные на элювии сланца								
0,17± 0,05	0,16- 0,18	2,3	2,90± 0,36	2,75-3,32	21,6	49,03± 1,15	47,96-50,37	4,1
Черноземы текстурно-карбонатные (южные) маломощные на элювии плотных карбонатных пород								
3,86± 1,05	1,99- 5,73	72,3	6,62± 1,07	4,72-8,52	42,8	50,07± 1,07	48,17-51,97	5,6
Каштановые почвы								
0,18± 0,04	0,14- 0,22	50,0	3,06± 0,56	2,22-3,9	40,8	62,98± 2,4	59,38-66,58	8,5
Литоземы темногумусовые на плотных породах (черноземы неполноразвитые)								
-	-	-	3,68± 0,47	3,04-4,32	25,8	43,72± 3,3	39,3-48,14	15,1
Аллювиальные темногумусовые почвы								
-	-	-	5,31± 0,45	4,71-5,91	16,8	37,26± 2,78	33,53-40,99	14,9

Черноземы миграционно-сегрегационные в почвенном покрове области представлены достаточно широко, их доля составляет 21,4% [2]. Они включают в себя почвы, ранее идентифицируемые как самостоятельные подтипы и называвшиеся черноземами североприазовскими (6,6%) и черноземами предкавказскими (15,8%) [4]. Повсеместная распашка и нерациональная система хозяйствования привела к тому, что эти черноземы классифицировались как малогумусные [3], так как содержание гумуса в пахотном слое обычно составляет в среднем 3,1% [1]. По современной классификации (2004) при таком содержании гумуса почвы уже относят к среднегумусированным (3,0-5,0%). Симптоматично, что по старой классификации содержание гумуса в гор. А черноземов от 4,0 до 6,0% позволяло их отнести только к малогумусным. Ранее нами было показано, что в черноземах миграционно-сегрегационных в поверхностном 15-см слое содержание гумуса в среднем на 1% выше, чем в прилегающих пахотных почвах [5]. Из данных, приведенных в таблице, видно, что если учитывается вся толща горизонта А, то среднестатистическое значение снижается до 4,69%. В то время как в пахотных почвах оно равняется 4,25%. Таким образом, черноземы миграционно-сегрегационные ООПТ могут служить в качестве эталонов при оценке гумусного состояния пахотных почв. При этом разница в гранулометрическом составе почти не сказывается на содержании гумуса в горизонта А.

Уникальными не только для области, но и для всего юга России почвами являются черноземы на элювии плотных пород. Их общая площадь составляет 0,175% от территории Ростовской области. Среди них встречаются почвы развитые на сланцах, на песчаниках, на известняках и на мелах. В данной таблице почвы на известняках и мелах объединены в один кластер, хотя между ними есть существенная разница, чем, собственно, и объясняются высокие коэффициенты вариации для показателей CO₂ карбонатов и гумус.

Литоземы – неполноразвитые почвы на плотных породах различного генезиса – представляют особый интерес. Формирующиеся на пологих и покатых склонах, несмотря на свою небольшую мощность (в пределах 30-35 см), благодаря хорошо развитой дернине степных трав, они накапливают в горизонте А достаточно много гумуса. Их изучение позволяет реконструировать процесс почвообразования на плотных породах, скорость которого зависит как от положения в рельефе, так и от химического состава породы. Так, в горизонте А литозема, развивающегося на песчанике, содержание гумуса достигает 5,74%, в то время как на менее богатых по составу породах (сланцы, мел) гумусированность даже в дерновом горизонте не превышает 4%.

Аллювиальные почвы охраняемых ландшафтов изучали на территории природного парка Донской и в Ботаническом саду ЮФУ. Невысокие коэффициенты вариации основных характеристик этих почв также позволяют рекомендовать их в качестве эталонных.

Заключение. Всестороннее изучение почв ООПТ закладывает основу для формирования ценной базы данных по основным типам почв региона и использовать эти сведения в качестве фоновых при проведении мониторинговых работ и обосновании охранных мероприятий.

Благодарности. Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 16-04-00592

Литература

1. Безуглова О.С., Казеев К.Ш., Колесников С.И., Назаренко О.Г. Современное состояние черноземов Ростовской области // Материалы Международной научной конференции «Современное состояние черноземов», Ростов-на-Дону 24—26 сентября 2013 г. Ростов-на-Дону, 2013. С.6-10.
2. Безуглова О.С., Хырхырова М.М. Почвы Ростовской области. Ростов-на-Дону: Изд-во Южного федерального университета, 2008. 352 с.
3. Егоров В.В., Фридланд В.М., Иванова Е.Н., Розов Н.Н., Носин В.А., Фриев Т.А. Классификация и диагностика почв СССР. М.: Колос, 1977. 224 с.
4. Захаров С.А. Черноземы. Южные, североприазовские, обыкновенные, предкавказские // Почвы Ростовской области и их агрономическая характеристика. Ростов-на-Дону: Рост. обл. кн-во, 1940. Кн. 3. 208 с.
5. Чернова О.В., Безуглова О.С. Принципы и особенности создания Красных книг почв степных регионов (на примере Ростовской области) // Аридные экосистемы, 2018, Том 24, №. 1(74). С. 40–51.

O.S. Bezuglova
Southern Federal University, Rostov-on-Don, Russia
E-mail: lola314@mail.ru

RED BOOK OF SOILS AS A DATABASE FOR JUSTIFICATION OF SECURITY MEASURES AND FOR MONITORING WORKS

Abstract. The current practice of identifying natural areas in need of special protection does not imply the mandatory study of their soil cover. The study of soils in the protected areas with the obligatory analysis of their main chemical characteristics would lead to a

creation of a valuable database on the main types of soils in the region. This information could be used during monitoring and justification of protective measures in the endangered territories.

Keywords: specially protected natural territories, humus, carbonates, Red Book of soils.

References

1. Bezuglova O.S., Kazeev K.Sh., Kolesnikov S.I., Nazarenko O.G. The current state of the chernozems of the Rostov region // Proceedings of the International Scientific Conference "The present state of the chernozems", Rostov-on-Don, September 24–26, 2013, Rostov-on-Don, 2013. Pp. 6-10.
2. Bezuglova O.S., Khirkhyrova M.M. Soils of the Rostov region. Rostov-on-Don: Publishing House of the Southern Federal University, 2008.352 p.
3. Egorov V.V., Friedland V.M., Ivanova E.N., Rozov N.N., Nosin V.A., Friev T.A. Classification and diagnosis of the soil of the USSR. M.: Kolos, 1977. 224 p.
4. Zakharov S.A. Chernozems. Southern, North Caucasian, ordinary, pre-Caucasian // Soils of the Rostov Region and their agronomic characteristic. Rostov-on-Don: Growth. region Prince, 1940. Prince. 3. 208 p.
5. Chernova O.V., Bezuglova O.S. Principles and features of the creation of the Red Books of the soils of the steppe regions (on the example of the Rostov region) // Arid Ecosystems, 2018, Volume 24, No. 1 (74). Pp. 40–51.

UDC 631.4

J.Kátai, A. Balláné Kovács, I.Vágó, M.Tállai, Á.Zsuposné Oláh
Institute of Agricultural Chemistry and Soil Science,
Faculty of Agricultural, Food Sciences and Environmental Management
Debrecen University, Debrecen, Hungary

CHANGES IN SOIL PROPERTIES IN A LONG-TERM FERTILIZATION EXPERIMENTS IN HUNGARY

Abstract. In a 30-year-old long-term fertilization experiment the effects of different fertilization levels applied in triculture are evaluated on some chemical properties and microbiological characteristics referring to the soil biological activity on a Chernozem soil. Results were evaluated and compared separately in the spring and autumn seasons (2013), as well as correlation was sought between the parameters using statistical tests. The increasing fertilization level decreased the pH and increased the hydrolytic acidity significantly. More close correlation was proved among the microbiological parameters of soil in autumn, than in spring sampling time.

Keywords: soil properties, microbial biomass C and N, carbon-dioxide production, net nitrification.

Introduction. One of the greatest advantages of a long-term experiment is that changes and processes in soil-plant system can be monitored for several years. These consistent studies may be useful in understanding the properties of the soils and their tolerance to agrotechnical methods. According to Muhammed et al., [13] the organic carbon stock decreased in the arable lands, at the same time increased it under grasslands in UK. The nitrogen loss and phosphorus surplus increased between 1800-2010 years both on the field and under the grasslands.

In long term experiments the balanced nutrient supply has positive effects on conservation processes of matter and energy [7, 9, 10]. The speed of humification and mineralization determine the soil humus and the nutrient stock that could be available by

plants by decomposing organic matter [5]. A lot of researcher examines the effect of fertilization on the soil microbiological processes. Most of researchers have found that optimum use of fertilization generally has a positive impact on the cycle of soil materials and processes of energy flow [6, 15, 16, 18, 21].

In long-term experiments correlation test were performed between soil parameters by Szili Kovács et al. [17] involving the different C and N-forms, and enzymes activities. In a grassland soil strong correlation was found between the enzyme activities and microbial biomass [1]. Some papers deal with the effect of intensive fertilization on soil pH. They experienced the decreasing pH parallel with increasing hydrolytic acidity of soils, when the abundance and activity of microbiological groups is simultaneously changing [8, 11].

Our aim was to study the effect of increasing doses of fertilization on the parameters of soil chemical and biological processes in a long-term maize triculture experiment, in a spring with average precipitation and very dry autumn period; set on chernozem soil.

Materials and methods. Effect of various level of fertilization was measured on the physical chemical and microbiological parameters of soil referring to the biological activity. In the long-term experiment was set on Chernozems in Látókép; the triculture plots (a three-year crop rotation system: pea – winter wheat – maize) were sampled and investigated without irrigation in the spring and autumn period in four repetitions in 2003. Treatments are: control 1, small dose 2 (N₆₀ P₄₅ K₄₅), small-medium dose 3 (N₁₂₀ P₉₀ K₉₀), medium-large dose 4 (N₁₈₀ P₁₃₅ K₁₃₅), large dose 5 (N₂₄₀ P₁₈₀ K₁₈₀); the doses as N, P₂O₅, and K₂O.

Moisture content was measured by drying the soil at 105°C for 24h. Soil pH was measured in distilled water and 1M potassium chloride (KCl), ratio of soil/water 1/2,5 w/w. The AL-P₂O₅ and –K₂O of the soil was based on [2], the analysis of NO₃-N content of soil was based on [3]. Soil organic carbon was determined by [20]. Total number of bacteria and microscopic fungi was measured by [19]. Saccharase activity was measured by the method of Frankenberger et al. [4]; urease activity was based on the quantitative determination of ammonia by [19]. Phosphatase activity and CO₂ emission was determined by [14], dehydrogenase activity by [12]. Microbial biomass carbon (MBC) and nitrogen (MBN) was measured by fumigation-extraction methods [22], net nitrification was measured after incubation by [3]. Correlation analyses, ANOVA and significant differences were used for evaluation of the results.

Results and discussion. In this experiment we would like to show and compare the results of spring and autumn of 2013 year. Texture of soils is loam; the average moisture content was higher in spring (18-19%), while in autumn between 12-15%. The pH is slightly acidic, in two treatments (4, 5) decreased both the two measured pH significantly; it may be due to the increasing level of fertilizer. The hydrolytic acidity increased significantly, especially in the autumn period, doubled in treatment 5. Consequently, close negative correlation were proved between these parameters. Regarding the three macronutrients, in autumn significantly higher phosphorus, potassium and nitrate were measured with a few exception, compare to the controls. (Table 1). Some important parameters of C- and N cycling can be seen in Table 2. There was no remarkable change in the OC and ON -content among the two sampling periods. While the OC was a little bit higher in spring, the ON was higher in autumn. Regarding the quantity of MBC and MBN higher differences were measured, than in case of OC and ON, only the tendency was similar. The MBC was significantly higher in spring, except the control.

Table 1.

Moisture content and some chemical results of soils from Debrecen Látókép long-term experiment (*Zea mays L. triculture, non-irrigated*)

<i>Results of spring (10. 06. 2013)</i>							
Treatments	Moisture content%	pH _{H₂O}	pH _{KCl}	Hydrolytic acidity	NO ₃ mg kg ⁻¹	AL P ₂ O ₅ mg kg ⁻¹	AL K ₂ O mg kg ⁻¹
1.Control	18.88b	6.10c	5.35b	10.90a	23.02a	18.67a	192.67a
2.N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅	18.49ab	6.02c	5.25b	11.31ab	26.72ab	24.00a	186.00a
3.N ₁₂₀ P ₉₀ K ₉₀	18.37ab	5.99c	5.01ab	11.87b	30.70b	60.33c	215.00ab
4.N ₁₈₀ P ₁₃₅ K ₁₃₅	18.32ab	5.68b	4.80a	13.11c	111.58c	53.00b	237.33bc
5.N ₂₄₀ P ₁₈₀ K ₁₈₀	18.00a	5.50a	4.73a	15.50d	106.87c	82.67d	253.67c
SD _{5%}	0.68	0.13	0.41	0.79	5.20	7.00	34.60
<i>Results of autumn (01.10. 2013)</i>							
1.Control	13.47b	6.06e	4.94e	11.59a	31.50a	19.33a	201.33a
2.N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅	12.82a	5.81d	4.62d	15.20b	67.09c	30.00b	202.00a
3.N ₁₂₀ P ₉₀ K ₉₀	13.24b	5.63c	4.51c	17.05c	51.53b	33.67b	215.33b
4.N ₁₈₀ P ₁₃₅ K ₁₃₅	14.30c	5.40b	4.39b	18.78d	98.33d	70.33c	226.00c
5.N ₂₄₀ P ₁₈₀ K ₁₈₀	15.18d	5.27a	4.29a	20.96e	130.62e	127.33d	299.00d
SD _{5%}	0.15	0.19	0.04	1.03	11.79	9.65	8.84

More intensive CO₂-production was measured in all treatments spring, then in autumn, in all treatments. The net nitrification is the parameter where in the spring sampling time much higher results were detected. Overall, in the spring soil samples more intense nitrate exploration was measured and parallel with the fertilization levels significantly increased the NO₃-content.

Table 2.

Some parameters of C and N cycles from Debrecen Látókép long-term experiment (*Zea mays L. triculture, non-irrigated*)

<i>Results of spring (10. 06. 2013)</i>						
Treatments	OC g 1000g ⁻¹	ON g 1000g ⁻¹	MBC (µg g ⁻¹)	MBN (µg g ⁻¹)	CO ₂ (mg 100 g ⁻¹ 14 days ⁻¹)	Net nitrification (mg kg ⁻¹)
1.Control	12.53a	1.83a	41.41a	9.70a	16.39a	9.43a
2.N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅	12.60a	1.90b	75.70b	11.24b	16.42a	12.46a
3.N ₁₂₀ P ₉₀ K ₉₀	13.35b	1.91bc	129.79c	11.75bc	16.55a	21.69b
4.N ₁₈₀ P ₁₃₅ K ₁₃₅	13.79c	1.98cd	337.46d	12.56cd	17.66b	34.03c
5.N ₂₄₀ P ₁₈₀ K ₁₈₀	14.00c	2.04d	112.39c	13.14d	18.27b	69.15d
SD _{5%}	0.26	0.06	20.32	0.99	0.81	6.57
<i>Results of autumn (01.10. 2013)</i>						
1.Control	12.30a	1.95a	45.44a	13.02ab	11.03a	1.81a
2.N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅	12.60a	1.97ab	73.59c	15.45bc	12.57bc	1.22a
3.N ₁₂₀ P ₉₀ K ₉₀	13.38b	2.00b	80.65d	18.49e	11.80ab	2.24a
4.N ₁₈₀ P ₁₃₅ K ₁₃₅	13.73b	2.05c	141.50d	17.13cd	12.92c	5.59a
5.N ₂₄₀ P ₁₈₀ K ₁₈₀	13.83b	2.05c	62.68b	11.00a	16.01d	40.07b
SD _{5%}	0.68	0.10	17.23	4.85	2.69	21.11

Regarding the total bacteria number, in spring the bacterial activity was similar in the treatments, it was balanced, while in autumn the highest activity was measured in the highest fertilized plots. Regarding the microscopic fungi in autumn higher number could

be developed. Among the measured four enzyme's activity, in the highest saccharase and urease activities were measured in autumn in the treatments 5, but among the other treatments there were no significant differences.

The dehydrogenase activity obviously was larger in autumn, suggesting the higher biological activity in the soil. However the phosphatase activity was much higher in spring in all treatments, see Table 3.

Table 3.

Population dynamic and some enzyme activity from Debrecen Látókép long-term experiment (*Zea mays L. triculture, non-irrigated*)

<i>Results of spring (10. 06. 2013)</i>						
Treatments	Number of bacteria *10 ⁶ g ⁻¹	Microscopic fungi (*10 ³ g ⁻¹)	Saccharase (glucose mg 100g ⁻¹)	Urease (NH ₄ ⁺ mg 100g ⁻¹)	Dehydrogenase (INTF μg g ⁻¹ soil 2 h ⁻¹)	Phosphatase (P ₂ O ₅ mg g ⁻¹ 2h ⁻¹)
1.Control	4.74a	33.70a	4.28ab	29.32a	9.98ab	15.60a
2.N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅	5.03a	42.47b	3.96a	34.93b	11.28bc	17.15b
3.N ₁₂₀ P ₉₀ K ₉₀	4.34a	41.93b	4.45ab	41.39c	18.33d	18.77c
4.N ₁₈₀ P ₁₃₅ K ₁₃₅	4.37a	44.80b	4.66b	29.33a	12.28c	17.68bc
5.N ₂₄₀ P ₁₈₀ K ₁₈₀	4.61a	40.00b	4.62b	27.58a	9.15a	17.68bc
SD _{5%}	0.85	5.90	0.47	3.43	1.36	1.38
<i>Results of autumn (01.10. 2013)</i>						
1.Control	2.33a	32.70a	4.42ab	29.08a	10.48a	9.86a
2.N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅	2.59a	42.47a	4.55b	32.82b	12.65b	10.87ab
3.N ₁₂₀ P ₉₀ K ₉₀	2.87a	70.60b	3.87a	34.78b	14.13c	12.73bc
4.N ₁₈₀ P ₁₃₅ K ₁₃₅	5.40b	66.63b	4.00ab	35.40b	16.05d	13.80c
5.N ₂₄₀ P ₁₈₀ K ₁₈₀	10.02c	39.50a	5.79b	38.32c	19.85e	12.32c
SD _{5%}	2.20	27.06	0.12	1.65	0.65	1.14

The C/N and MBC/MBN ratio shows the same situation, in both cases higher ratio was counted for the spring season. Similar was experienced in the MBC/OC ratio, and the CO₂/MBC ratio, Table 4. Among the 19 soil parameters correlation analyses was made separately the spring and autumn result.

Table 4.

Some indexes of C and N-cycle from Debrecen Látókép long-term experiment

<i>Results of spring (10. 06. 2013)</i>				
Treatments	C/N	MBC/MBN	MBC/OC	CO ₂ /MBC
1.Control	6.84ab	4.29a	0.33a	3.95d
2.N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅	6.62a	6.78ab	0.60b	2.17c
3.N ₁₂₀ P ₉₀ K ₉₀	6.99b	11.06c	0.97d	1.28b
4.N ₁₈₀ P ₁₃₅ K ₁₃₅	6.98b	26.96d	2.45e	0.52a
5.N ₂₄₀ P ₁₈₀ K ₁₈₀	6.87ab	8.56bc	0.80c	1.63bc
SD _{5%}	0.28	2.64	0.15	0,06
<i>Results of autumn (01.10. 2013)</i>				
1.Control	6.31a	3.49a	0.37a	2.43c
2.N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅	6.40a	4.76ab	0.58b	1.71b
3.N ₁₂₀ P ₉₀ K ₉₀	6.70b	4.41a	0.60b	1.46b
4.N ₁₈₀ P ₁₃₅ K ₁₃₅	6.71b	8.27c	1.03c	0.91a
5.N ₂₄₀ P ₁₈₀ K ₁₈₀	6.75b	5.83b	0.45b	2.55c
SD _{5%}	0.29	0.98	0.08	0.30

Conclusion. Moisture content of soil, six chemical and twelve microbiological properties was measured in the soil of a long-term experiment in spring and autumn, in 2013. Parallel with the increasing levels of fertilizers applied the **soil pH decreased**,

while the **hydrolytic acidity increased** significantly; the changes were higher in autumn. With the nutrient supply by fertilizers the **mineral nutrient stock** has also **increased** in the soil. Greater values were measured during the autumn sampling, which we can explain by the persistent dry conditions in the autumn period. The **MBC, CO₂-production, and net nitrification** showed higher results during the spring period, parallel with the increasing fertilizer's levels. The **amount of bacteria** mainly was higher in spring, while the **presence of fungi** was greater in autumn. In the larger fertilizer's treatments generally a higher microbial community was determined.

Saccharase activity was exceptionally high only in one treatment. **Urease activity** was balanced in both sampling times. **Phosphatase** is predominantly has been higher in spring, while **dehydrogenase activity** in the autumn period. In most cases, enzyme activity values increased significantly with increasing doses of fertilizer. The smallest values of both **MBC/MBN and MBC/OC ratios** were in the controls and the ratios were increasing in the treatments, which demonstrates that the higher fertilization doses have increasingly positive effect rather on the C-cycle parameters, than the N-cycle parameters. The reason of this phenomenon and its effect on the environment need to be further studied. These results indicate the state of soil moisture. The water does not only influence the growth and development of plants, but the microbiological processes taking place in soil too. The extreme distribution of the rainfall can have serious influence on the soil processes.

Acknowledgements. We are grateful to Dr. Péter Pepó, professor of Institute of Plant Sciences of DU, to give opportunity for us to analyze soil samples from long-term fertilization experiment. "The research was financed by the Higher Education Institutional Excellence Programme (20428-3/2018/FEKUTSTRAT) of the Ministry of Human Capacities in Hungary, within the framework of the 4.thematic programme of the University of Debrecen."

References

1. Drissner D., Blum H., Tschерko D., Kandeler E. Nine years of enriched CO₂ changes the function and structural diversity of soil microorganisms in a grassland // Eur. J. Soil Science, 2007. 58. 260-269.
2. Egnér H., Riehm H., Domingo W.R. Untersuchungen über die chemische Bodenanalyse als Grundlage für die Beurteilung des Nährstoffzustandes der Böden. II. K. LantbrHögsk. 1960. Ann 26. P. 199-215.
3. Felföldy L. Biológiai vízminőség. (4. javított és bővített kiadás) Budapest. 1987. P. 172-174.
4. Frankerberger W.T. & Johanson J.B. Method of measuring invertase activity in soils. Plant and Soil. 1983. 74. P. 01-311.
5. Füleky Gy., Rajkainé Végh K. A talaj tápelem-szolgáltató képessége. (Ed. Füleky In: Tápanyag-gazdálkodás) Mezőgazdasági Kiadó. 1999. P. 112-120.
6. Heuck C., Weig A., Spohn M. Soil microbial biomass C:N:S stoichiometry and microbial use of organic phosphorus. Soil Biology and Biochemistry. 2015. Vol. 85. P. 119-129.
7. Hickisch L., Müller G. Jr. Effect of fertilization on microorganisms in a long-term field experiment. Agrokémia és Talajtan. 1990. 39. P. 415-418.
8. Káta J., Zsuposné O.Á., Sándor Zs., Tállai M. Soil microbiological consequences of the stress effect of soil acidification in a long term experiment. VIII. Alps-Adria Scientific Workshop. Neum, Bosnia-Herzegovina. Central Research Communications. 2009. Vol. 37. Supplementum. P. 403-406.
9. Káta J., Zsuposné O.Á., Sándor Zs., Tállai M. Comparison of soil parameters of the carbon and nitrogen cycles in a long-term fertilization field experiment. Agrokémia és Talajtan. 63. 2014, 1. 129-138.
10. Káta J., Zsuposné O.Á. Changes in soil chemical features and microbiological characteristics connecting to carbon- and nitrogen cycles in a Hungarian long-term experiment. Aspects of Applied Biology 128. (Eds. Simon P.; Barbara M. S.; Elizabeth A. S.; Christine W.). 2015. P. 225-230.
11. Matsushima M., Nagano H., Inubushi K. Global nitrogen cycling and its availability from soils. In Nitrogen Assimilation in Plants. (Ed. Ohyama T, Sueyoshi K). 2010. P. 19-32.
12. Mershi V.W. Dehydrogenase activity with the substrate INT. In.: Schinner, F., Öhlinger, R., Kandeler, E., Margesin, R. (Eds.) Methods in Soil Biology. Springer-Verlag Berlin – Heidelberg. 1996. P. 243-245.
13. Muhammed S.E., Coleman K., Wu L., Bell A.V., Davies J.A.C., Quinton J.N., Carnell E.J., Tomlison S.J., Dore A.J., Dragosits U., Naden P. S., Glendining M. J., Tipping E., Whitmore A. P. Impact of two centuries of

intensive agriculture on soil carbon, nitrogen and phosphorus cycling in the UK. *Science of the Total Environment* 634. 2018. P.1486-1504.

14. Öhlinger R. Soil respiration by titration. Phosphomonoesterase activity with the substrate phenylphosphate. In.: Schinner, F., Öhlinger, R., Kandeler, E., Margesin, R. (Eds.) *Methods in Soil Biology*. Springer-Verlag Berlin – Heidelberg. 1996. 95-98. P. 210-213.

15. Siwik-Ziomek A., Lemanowicz J. The content of carbon, nitrogen, phosphorus and sulphur in soil against the activity of selected hydrolases as affected by crop rotation and fertilisation. *Zemdirbyste-Agriculture*, 2014. Vol. 101. 4, P. 367–372.

16. Szili-Kovács T., Tilson E.L., Hopkins D.W. Promoting microbial immobilization of soil nitrogen during restoration of abandoned agricultural fields by organic addition. *Biology and Fertility of Soil*. 2007. 43. P. 823-828.

17. Szili-Kovács T., Zsuposné Oláh Á., Kátai J., Villányi I., Takács T. Correlation between biological and chemical properties in soils from long-term experiments. *Agrokémia és Talajtan*, In Hungarian, 2009. 58. P. 309-325.

18. Szili-Kovács T., Zsuposné O.Á., Kátai, J., Villányi I., Takács T. Correlations between biological and chemical soil properties in soils from long-term experiments. *Agrokémia és Talajtan* 60. 2011. P. 241-254.

19. Szegi J. *Soil Microbiological Methods*. (In Hungarian) Mezőgazda Kiadó, Budapest. 1979. P. 250-256.

20. Székely Á., Schlick B., Szabó T-né. Szerveskötésű szén fotometrikus és kolorimetrikus meghatározása. *Agrokémia és Talajtan*, 1960. 9. P. 111-120.

21. Tian P., Manson-Jones K., Liu S., Wang Q., Sun, T. Form of nitrogen deposition effects soil organic matter priming by glucose and cellulose. *Biology and Fertility of Soils* 2019. 55. P. 383-391.

22. Vance E.D., Brookes P.C., Jenkinson D.S. An extraction method for measuring soil microbial biomass-C. *Soil Biol. Biochem.*, 1987. 19. P. 703-707.

Я. Катай, А. Балла-Ковач, И. Ваго, М. Таллаи, А. Жупосне Олах
Институт агрохимии и почвоведения, факультет сельского хозяйства, продовольствия и окружающей среды, университет Дебрецен, Венгрия

ИЗМЕНЕНИЯ СВОЙСТВ ПОЧВ ВЕНГРИИ В МНОГОЛЕТНЕМ ЭКСПЕРИМЕНТЕ ПО ВНЕСЕНИЮ УДОБРЕНИЙ

Аннотация. В ходе 30-летнего эксперимента по внесению удобрений оценивалось влияние различных доз удобрений на химические и микробиологические характеристики биологической активности чернозема. Оценивались и сравнивались образцы, отобранные в весной и осенью 2013 года. С помощью статистических методов выявляли корреляцию между параметрами. Увеличение дозы удобрения снижало уровень рН и значительно повышало гидrolитическую кислотность. В почвенных образцах, отобранных осенью, была выявлена более тесная корреляция между микробиологическими параметрами, нежели в весенних.

Ключевые слова: свойства почвы, микробная биомасса C и N, эмиссия углекислого газа, нитрификация.

UDK 631.4

A. Khaledi Darvishan, F. Sedighi, B. Mahmoudi, E. Fathi Dareh Nijeh,
N. Azami, H. Khodamoradi, J. Faraji, M. Khorsand, M. Derikvandi
Tarbiat Modares University, Iran.
email: a.khaledi@modares.ac.ir

SOIL EROSION RESEARCH IN KHAMSAN REPRESENTATIVE AND PAIRED WATERSHEDS (KHPW): APPROACHES AND GOALS

Abstract. Soil erosion will endanger the economic, social, political and environmental sustainability due to intra- and inter-regional damages. The lack of sediment measurement data and the increasing need for soil erosion and sediment yield data have made the use

of erosion and sedimentation models inevitable. Experimental watersheds have been used in various countries for more than half a century to develop methods for predicting the performance of soil and water conservation techniques. In recent decades, these watersheds have also been used for educational and promotional purposes. Khamsan Representative and Paired Watersheds (KhRPW) is located in the south of Kurdistan province, west of Iran. This experimental watershed is selected as a representative for a large area of the west of Iran. In recent years a considerable number of research has been focused on soil erosion and sediment yield modelling in this watershed and some of the most important results have been presented in this paper to be used by the next researchers. In addition, the approaches and goals for the future research have been emphasized as conclusion.

Keywords: Cesium-137, Connectivity, InVEST, Representative Watersheds, Sediment Delivery Ratio.

1. Introduction. Experimental watersheds have been used in various countries for more than half a century to develop methods for predicting the performance of soil and water conservation techniques [2, 7, and 8]. Recent criticisms discounted the contribution of experimental watersheds to the science of hydrology and to watershed management. The critics cite as disadvantages the cost of experimental watersheds, their unrepresentativeness, leakiness, difficulty in applying results to other areas, and the lack of progress in basic knowledge about hydrology processes [3]. In this regard, soil erosion researchers around the world have identified a need for engaging experimental watersheds with water discharge and sediment concentration measurement stations in various scales including at the outlet of a plot, a hillslope, a sub-watershed and even the whole watershed. After decades of sampling and data collecting and analysis, researchers can be able to generalize the results of representative watersheds to the whole similar watersheds in a region and this is one of the main goals of selecting and engaging the representative watersheds.

Khamsan Representative and Paired Watersheds (KhRPW) is located in the west of the country, where the Zagros Mountains in combined with the socio-economic conditions have created the unique landscapes. Considerable coverage of the rainfed lands, with the tillage lines parallel with the main slope direction, increases the soil erosion rate in this area and these conditions needs more and more details to be known. The present study is therefore in line with this need and is the results of about 10 years of data collecting and analysis in KhRPW. Research methods for evaluating watersheds have generally followed three basic approaches including runoff plots, paired watersheds, and single watershed methods [10]. Two of these approaches including erosion plots and paired sub-watersheds have been used in KhRPW.

2. Study Area. The Khamsan watershed with an area of 4,336 hectares is located in Kurdistan Province in western part of Iran (Figure 1). Two control and treated sub-watersheds, called paired sub-watersheds, have been selected in south west of the watersheds with the maximum possible similarities in natural and anthropogenic conditions including area, topography, geology, pedology and land use and land cover characteristics. The only considerable difference between control and treated sub-watershed is the soil conservation projects that have been studied and implemented in treated sub-watershed to show and study the effects of measures on runoff, soil erosion and sediment yield. A climatological weather station is located inside the watershed close to the control sub-watershed to measure all the climatological variables at the same time intervals for runoff measurement in the hydrometric stations (10 min). A pluviograph station has also been placed in the average elevation of the paired sub-watersheds to study the precipitation

gradient in the watershed more accurately. The base map of the watershed is shown in Figure 1.

The mean elevation and slope of the watershed are 1840 m and 25.11%, respectively. Although the slopes in the watershed upstream branches and sub-watersheds have high gradient, 48% of watershed is a plain with slope gradient <20%. This area of 1,323 hectares occupy the middle part of the watershed (Figure 1). The main lithology units of the watershed are gray to red conglomerates, alluvial deposits and also limestone which covers about 49, 30 and 6% respectively. The average annual air temperature and precipitation are 12.5 °C and 428 mm, respectively.

3. Soil Erosion Research

3.1 Soil erosion measurements and estimations. The sediment measurements at the outlet of Khamsan experimental watershed and also paired sub-watersheds is done by Forests, Range and Watershed Management Organization as well as some universities for research purposes. The average sediment yield for Khamsan experimental watershed and control sub-watershed were 0.328 and 1.812 ton ha⁻¹ year⁻¹, respectively.

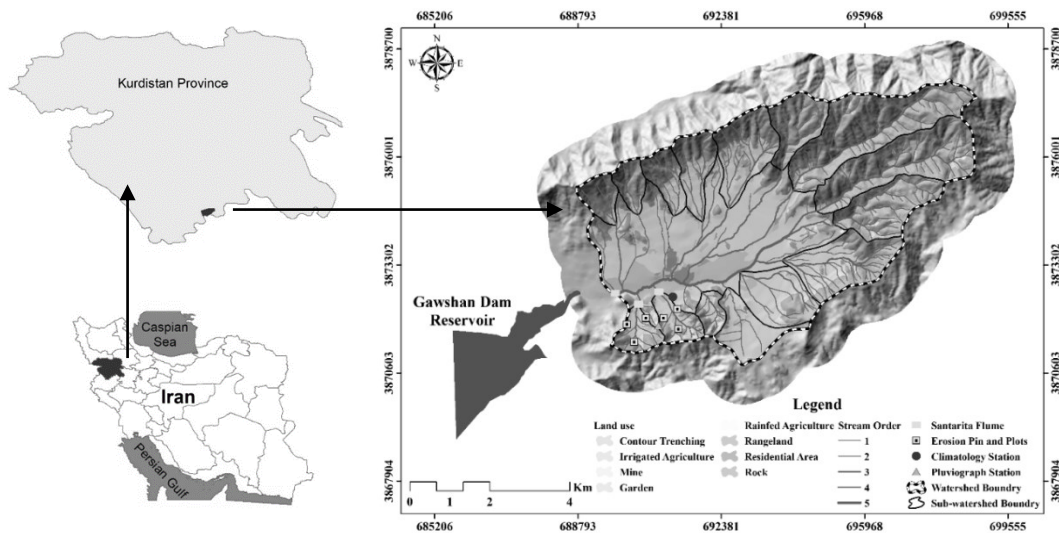


Figure 1. Location of Khamsan Representative and Paired Watersheds (KhRPW) in Iran

Sediment measurement in check dam reservoirs has been also done in KhRPW. In order to measure the volume of sediments behind the number of 95 check dams, the field measurements including upper and lower width and the length of the dead volume of the reservoir were done for each dam. The volume of deposited sediment behind each check dam was calculated using geometric method and converted to the mass of sediments considering the specific mass measured in laboratory. In the next step, for each of the measured values of bed load the equivalent amount of suspended load was obtained by using Karaushev diagram and finally the total sediment load was calculated for the upstream basins of each check dam. The results of sediment measurement showed that the minimum, maximum and average sediment yield for the watersheds upstream of the check dams was 0.01, 2.93 and 1.12 ton ha⁻¹ yr⁻¹, respectively.

Despite the efforts to suspended and bed sediment measurements, the increasing need for soil erosion and sediment yield data specially the distributed data and maps have made the use of erosion and sedimentation models inevitable [4]. Therefore the maximum outflow and soil erosion intensity were predicted for Khamsan representative watershed

using IntErO model. The estimated net soil loss from the watershed was $12263.44 \text{ m}^3 \text{ year}^{-1}$, specific $282.81 \text{ m}^3 \text{ km}^{-2} \text{ year}^{-1}$. The strength of the erosion process is strong, and according to the erosion type, it is surface erosion [4].

The RUSLE model was then used to predict monthly, seasonal and annual soil loss for all sub-watersheds. The annual soil loss prediction of RUSLE model was compared with the soil erosion measurements using erosion pins and plots. The sediment delivery ratio (SDR) was then calculated through dividing total sediment load and erosion of the watershed resulted from three methods of RUSLE, erosion pins and plots. Results indicated that in plot method, the erosion generalized to the whole watershed ($0.06 \text{ t ha}^{-1} \text{ y}^{-1}$) was much lower than reality and therefore, SDR was overestimated (655%). In erosion pin method, the erosion generalized to the whole watershed ($76.79 \text{ t ha}^{-1} \text{ y}^{-1}$) was much more than reality and therefore, SDR was underestimated (0.51%). Whereas in RUSLE method, SDR was estimated more acceptably (2.21%) and estimated soil erosion by model ($18.53 \text{ t ha}^{-1} \text{ y}^{-1}$) was clearly closer to reality. Therefore, generalizing the results of erosion pins and plots considering only the area ratio, cannot be a suitable estimate of erosion to the whole watershed. Investigating watershed topography showed that low-slope area in the middle and downstream probably is the main factor of sediment trapping and decreasing sediment transport ratio to the watershed outlet [6].

The WaTEM/SEDEM has been used to provide a distributed map of soil erosion as well as the sediment transport [11]. However, in the estimation of sediment transport capacity in the SEDEM sub-model, the sediment transport capacity coefficient (Ktc) is the most important possibility to calibrate the WaTEM/SEDEM model, which was carried out for one year using observed sedimentation data at the outlet of Khamsan watershed. The results showed that the soil loss ranged from 0 to $58.233 \text{ t ha}^{-1} \text{ y}^{-1}$, with the average of $11.58 \text{ t ha}^{-1} \text{ y}^{-1}$. Finally, the annual sediment transport capacity was obtained to be -1.72 to $13.66 \text{ t ha}^{-1} \text{ y}^{-1}$, with an average of $2.54 \text{ t ha}^{-1} \text{ y}^{-1}$. The results of estimations of SDR showed that the average SDR was 19.35% for the entire watershed.

At the next steps of the research, the ^{137}Cs method has been used to study the average soil loss, sediment redistribution and SDR of the watershed in sampling points especially in various land uses. The main focus of this part of the project was to study the effect of geomorphological characteristics on sediment budget in Khamsan watershed. In order to achieve these purposes, a distribution map of erosion and deposition was prepared using ^{137}Cs in all sub-watersheds. The results showed that the average SDR in high slope sub-watersheds was 28.43%, which decreased to 12.63% by increasing the area to the whole watershed. This finding reflects the interaction effects of the area and slope on the reduction of SDR by increasing the trapping and redistribution of sediment. The distributed map of soil erosion/deposition and also the sediment budget with the contribution of various land uses in soil erosion and sediment redistribution in Khamsan watershed are shown in Figures 2.

3.2 Sediment redistribution and sediment delivery ratio (SDR). In the next step of the research, the empirical models based on easy to obtain variables, original and localized versions of forest service sediment delivery index model and SATEEC and InVEST computer models have been used in Khamsan watershed. The results of ^{137}Cs method and also the ratio of observed sediment to erosion derived from the RUSLE model in previous studies shows that the acceptable range for SDR in Khamsan watershed is expected to be 10-15%. Among the studied methods, the Renfro, Boyce-A, USDA-SCS and Boyce-B methods had the estimates between 10-15% and selected as the suitable models to be used in the study watershed. The results also showed that the localized version of the forest service sediment delivery index model with fewer and much simpler inputs including area, slope steepness, drainage density and rainfed agricultural lands, provided more acceptable results than the

original model. The results of all methods used to estimate SDR compared with the ¹³⁷Cs method and ratio of observed sediment to erosion derived from the RUSLE model in Kham-san watershed are shown in Figure 4.

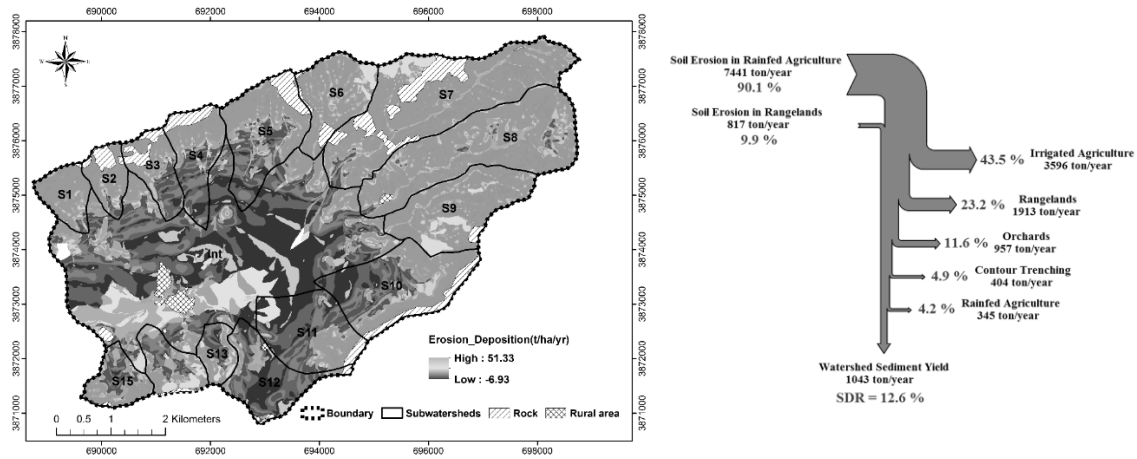


Figure 2. The distributed map of soil erosion/deposition in KhrPW (left) and Watershed sediment budget considering the contribution of various land uses in soil erosion and sediment redistribution in KhrPW (right)

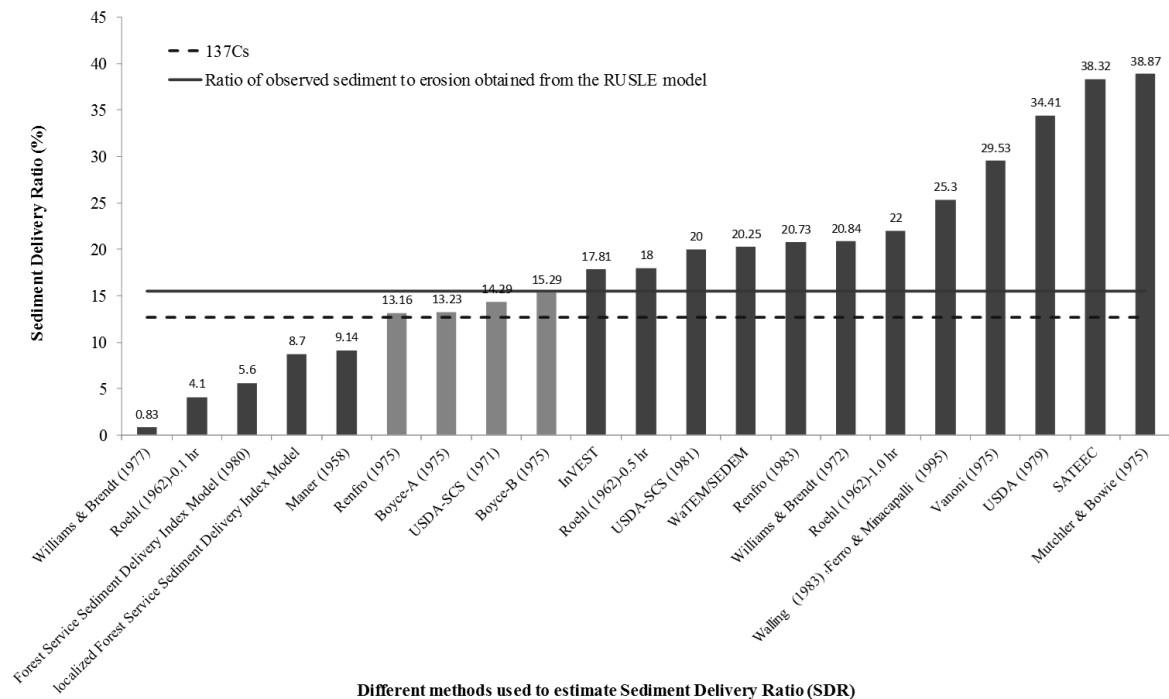


Figure 4. The results of all methods used to estimate SDR in KhrPW

3.3 Index of connectivity (IC). The distributed map of structural sediment connectivity in Kham-san watershed was prepared using SedInConnect software [1]. The results showed that the structural sediment connectivity have been higher in the streams surrounding areas and the western and northwestern hillslopes of the basin. In addition to the relatively high slope angle for the hillslopes, the reason is the closeness of these areas

to the transport or channel system and the watershed outlet, which increase the potential for sediment transport and reduces sediment trapping. The map of the index of connectivity for Khamsan watershed is shown in Figure 5.

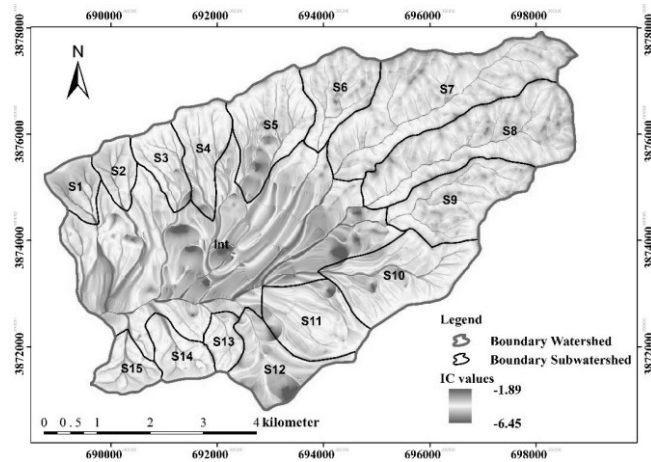


Figure 5. The map of the index of connectivity for KhRPW

3.4 Evaluation of the performance of soil and water conservation practices.

The enclosure treatment was operated for installed plots in treated sub-watershed from 2007. Then, all the data of runoff volume and coefficient, sediment concentration and soil loss from USLE standard plots in both control and treated sub-watersheds for 52 events over the years 2009 to 2014 were compared. Finally, decreasing rates of 15.68, 6.13, 16.67, 24.37 and 21.43% due to enclosure respectively for runoff volume and coefficient, sediment concentration, soil loss and sediment yield were obtained [5]. Contour trenching is another soil and water conservation practices which was taken with the enclosure in 28.34% of the rangeland areas in treated sub-watershed 18 years ago and its efficiency was evaluated by using ^{137}Cs method. The average specific erosion in the rangelands without and with contour trenching were 0.32 and $0.22 \text{ ton ha}^{-1} \text{ year}^{-1}$, respectively. The results indicated that these conservative practices increased sediment redeposition by $1.2 \text{ ton ha}^{-1} \text{ year}^{-1}$ in the rangelands [9].

4. Approaches and Goals for Future Research. In addition to emphasizing the continuity of all the measurements in all the gauge stations including climatological weather station, erosion pins and plots, runoff and sediment sampling at the outlets, it is highly recommended to cover the following measurements and research gaps with the main goals of the future research:

- Soil moisture contents and infiltration measurements, to increase the knowledge about the soil thermal and moisture regimes as well as the accuracy of water balance.

- Study of climate change and its impacts on the hydrology cycle and land use, to increase the knowledge about the soil erosion and sediment redistribution in the future conditions.

- Prepare the digital elevation model (DEM) and digital terrain model (DTM) with higher precisions ($<10 \text{ cm}$) using UAVs and photogrammetric methods, to increase the accuracy and efficiency of the base maps used to prepare connectivity, flow accumulations, topographic factor, and other hydrologic and geomorphologic indices maps.

- Study of mass movements, stream bank erosion and gullies and their contributions, to increase the details and accuracy of watershed sediment budget.
- Adding extra sampling points for various land uses in whole watershed area to improve the results of ^{137}Cs method, to improve the accuracy of distributed soil erosion/disposition map of the watershed, especially to study the effects of the curvature of the slopes.

References

1. Cavalli M. Trevisani S. Comiti F. Marchi L. Geomorphometric assessment of spatial sediment connectivity in small Alpine catchments. *Geomorphology*. 2013. 188: 31–41.
2. Dymond S.F. Caspar Creek Experimental Watersheds Experiment Three Study Plan: The influence of forest stand density reduction on watershed processes in the South Fork. Postdoctoral Research Hydrologist, USDA Forest Service Pacific Southwest Research Station 1731 Research Park Drive Davis. 2016. CA 95618.
3. Hewlett J.D. Lull H.W. Reinhart K.G. In defense of experimental watersheds. *Water Resources Research*. 1969. 5(1): 306-316.
4. Khaledi Darvishan A. Derikvandi M. Aliramaee R. Khorsand M. Spalevic V. Gholami L. Vujacic D. Efficiency of IntErO Model to Predict Soil Erosion Intensity and Sediment Yield in Khamsan Representative Watershed (West of Iran). *Agrofor*. 2018. 3(2): 22-31.
5. Khaledi Darvishan A. Gholami L. Hadi Ghorghi J. Spalević V. Katebi Kord A. Mohamad Amini H. Effect of exclosure on runoff, sediment concentration and soil loss in erosion plots. *Agrofor*. 2016. 1(1): 49-57.
6. Khorsand M. Khaledi Darvishan A. Gholamalifard M. Comparison between estimated annual soil loss using RUSLE model with data from the erosion pins and plots in Khamsan representative watershed. *Iranian Journal of Ecohydrology*. 2017. 3(4): 669-680 (In Persian).
7. Moran M.S. Emmerich W.E. Goodrich D.C. Heilman P. Holifield Collins C.D. Keefer T.O. Nearing M.A. Nichols M.H. Renard K.G. Scott R.L. Smith J.R. Preface to special section on fifty years of research and data collection: US Department of Agriculture Walnut Gulch Experimental Watershed. *Water Resources Research*. 2008. 44(5): W05S01.
8. Osterkamp W.R. Geology, soils, and geomorphology of the Walnut Gulch experimental watershed, tombstone, Arizona. *Journal of the Arizona-Nevada Academy of Science*. 2008. 40(2): 136-155.
9. Sadighi F. Khaledi Darvishan A. Zare M.R. Performane assessment of watershed management practices in Khamsan representative watershed using sediment budget components. In procedding of 14th National Conference on Watershed Management Sciences and Engineering of Iran. 16-17 July 2019. Urmia, Iran. 7 P. (In Persian).
10. Striffler W.D. The selection of experimental watersheds and methods in disturbed forest areas. In Anonymous, Symposium of Budapest. International Association of Surface Hydrologists, Budapest, Hungary. 1965. 464-473.
11. Van Oost K. Govers G. Desmet P. Evaluating the effects of changes in landscape structure on soil erosion by water and tillage. *Landscape ecology*. 2000. 15(6): 577-589.

A. Халеди Дарвишан, Ф. Седигхи, Б. Махмуди, Е. Фатхи Дарех Ниджех,
 Н. Азами, Х. Ходаморادي, Дж. Фараджи, М. Хорсанд, М. Дерикванди
 Университет Тарбиат Модарес, Иран
 Email: a.khaledi@modares.ac.ir

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭРОЗИИ ПОЧВ В ВОДОСБОРАХ ХАМСАН: ПОДХОДЫ И ЦЕЛИ

Аннотация. Межрегиональные и внутрирегиональные факторы эрозии почв негативно влияют на экономическую, социальную, политическую и экологическую стабильность. Моделирование эрозий и наносов становится необходимым в связи с недостатком данных об этих явлениях. Экспериментальные водосборы используются во мно-

гих странах на протяжении более чем полвека для разработки прогностических методов сохранения почвы и воды. В прошлые десятилетия эти водосборы использовались также в учебных и просветительских целях. Водосборы Хамсан (KhRPW) расположены в южной части провинции Курдистан на западе Ирана. Хамсан выбран в качестве характерного для огромной территории запада Ирана водосбора. В последние годы значительное количество исследований посвящено моделированию эрозии почв и наносов в этом водосборе. В статье представлены значимые результаты, которые могут быть использованы другими учеными. В качестве вывода сформулированы подходы и цели для последователей.

Ключевые слова: цезий-137, связность, InVEST, титичный водораздел, зависимость расхода наносов от расхода воды.

UDK 631.4

Ruchi Mermut A.

University of Saskatchewan, Saskatoon Dept. of Soil Science, Canada

Harran University, Department of Soil Science, Şanlıurfa Turkey

e-mail: arm225@mail.usask.ca

NEW DEVELOPMENTS IN SOIL SCIENCE AND STRATEGIES FOR SUSTAINABLE AGRICULTURE

Abstract. Soils are very important as a water purification-nutrient-life media, redistributors and regulators of most of the important fluxes of matter especially carbon and energy. Intensive works are now carried on the biosphere-geosphere and on the importance of describing and understanding changes of the environment for the functioning of the whole earth system and the human response to all of these.

Agriculture faces tremendous global challenges now and in coming decades. More information and research are needed on:

- food security,
- fiber,
- proper water use and conservation,
- human health and nutrition, and
- energy.

Many religions recognize the importance of soils and the customs evolved into a spiritual attachment to *life-giving Earth* [2]. The links between the soil and culture, civilization, livelihood and health may result from the ethical attitudes, people have developed about the soil and demonstrated their interactions with it [1]. Trees do not grow or flourish without the soil. Soil energy helps new things to sprout and allows the weakened to waste away and attain its path. Soil energy is at the center of seasonal changes and the driving force behind the seasons.

References

1. Minami, K. 2009. Soil and humanity, civilization, livelihood and health. *Soil Science and Plant Nutrition*, 55: 603-615.
2. Yaalon D.H. 2000. Down to Earth, why soil-and soil science-matters. *Nature* 407 21 September, 301.

А. Ручи Мермут
Университет Саскачевана, Саскачеван, Канада
Университет Харран, Шанлыурфа, Турция
e-mail: arm225@mail.usask.ca

НОВЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ В ПОЧВОВЕДЕНИИ И СТРАТЕГИИ УСТОЙЧИВОГО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА

Почвы очень важны как водоочистные, питательные, жизненные среды, перераспределители и регуляторы большинства важных веществ, особенно углерода и энергии. В настоящее время проводится много интенсивных работ по изучению биосферы-геосферы и важности описания и понимания изменений окружающей среды для функционирования всей земной системы и реакцию человека на все эти изменения.

Сельское хозяйство сталкивается с огромными глобальными проблемами сейчас и столкнется в ближайшие десятилетия. Необходимо больше информации и исследований:

- продовольственной безопасности,
- волокна,
- надлежащего использования и сохранения водных ресурсов,
- здоровья и питания человека,
- энергии.

Многие религии признают важность почв; обычаи эволюционировали в духовную привязанность к животворящей Земле [2]. Связи между почвой и культурой, цивилизацией, средствами к существованию и здоровьем могут проистекать из этических установок, сложившихся у людей о почве и демонстрирующих взаимодействие с ней [1]. Деревья не растут и не цветут без почвы. Энергия почвы помогает новому прорасти и позволяет слабому отмирать и достигать своего пути. Энергия почвы находится в центре сезонных изменений и является движущей силой сезонов.

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

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

УДК 621.45

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

**РЕГИОНАЛЬНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ТРАНСФОРМАЦИИ
ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА БЕЛАРУСИ**

Аннотация. В публикации приведены результаты исследования по оценке направленности трансформации полугидроморфных и гидроморфных почв сельскохозяйственных земель на основании данных их свойств и баллов плодородия в различных почвенно-экологических районах республики.

Ключевые слова: крупномасштабное почвенное картографирование, трансформация свойств почв, балл бонитета, деградация.

В современных условиях интенсификации сельскохозяйственного производства, почвенный покров выступает как производственная основа агроландшафта и рациональное использование сельскохозяйственных земель невозможно без объективной оценки потенциала его почвенно-земельных ресурсов, обусловленного как естественно-историческими факторами почвообразования, так и направлением, интенсивностью проявления антропогенных факторов, а, следовательно, и разным плодородием и уровнем экономически выгодного ведения растениеводства. Кроме того, существующие различия в их агротехнологическом и мелиоративном состоянии в значительной мере снижают их качественное состояние и осложняют ведение сельскохозяйственного производства, что приводит к потере их экологической устойчивости, снижению производительной способности и, как следствие, к экономическим потерям вследствие недоборов растениеводческой продукции.

Почвенный покров определенной территории – это региональное пространственное распределение компонентов его составляющих, т.е. «вся совокупность почв, развитых на этой территории» [1] а, трансформация компонентного состава ведет к изменению всего почвенного покрова территории в целом. Поэтому, исследования направленности региональной трансформации почв сельскохозяйственных земель республики, где антропогенные факторы почвообразования наиболее выражены, являются весьма актуальными.

Цель исследования – установить особенности трансформации почв сельскохозяйственных земель отдельных землепользований республики под влиянием антропогенных факторов в различных почвенно-экологических районах республики. Объект исследования – агроестественные почвы и их антропогенно-преобразованные аналоги.

Территория Беларуси, особенно ее южная часть, начиная с конца 60-гг. 20 ст. подверглась влиянию масштабной осушительной мелиорации. Осушение почв

с целью интенсивного сельскохозяйственного использования – мощнейший антропогенный фактор, коренным образом меняющий направленность почвообразовательных процессов. Результатом осушения и длительного сельскохозяйственного использования явилось формирование новых типов почв, отличающихся от исходных строением, свойствами, количественным и качественным составом органического вещества (ОВ), уровнем производительной способности.

По состоянию на 1.01. 2018 г. [2] осушенные сельскохозяйственные земли составляют 33,8% всех сельскохозяйственных земель республики, в том числе в южной части республики в Брестской и Гомельской областях – 50,2 и 37,8% соответственно [3].

Дерновые заболоченные почвы, относятся к числу первоочередных объектов мелиорации. В осушенных дерновых почвах происходят два разнонаправленных процесса с одной стороны, в результате интенсивной мелиорации органического вещества в начальный период освоения высвобождается достаточное количество оснований для нейтрализации гуминовых кислот, с другой стороны, в условиях создавшегося промывного водного режима поглощенные катионы кальция и магния, обладающие достаточно высокой подвижностью, легко вымываются из верхних горизонтов на глубину, отчуждаются с урожаем сельскохозяйственных культур и не нейтрализуют конечные продукты распада органических веществ, вследствие чего происходит подкисление пахотных горизонтов, интенсивное развитие элювиального процесса с последующим формированием деградированных почв.

Установлено что на территории КСУП «Дзержинский-Агро» Речицкого района Гомельской области (Жлобинско-Речицко-Хойникский ПЭР) в результате длительного действия осушения на дерново-заболоченные почвы, развивающихся на древнеаллювиальных связных песках, произошла трансформация их состава и свойств с последующим формированием деградированных почв.

В пахотном горизонте деградированной остаточно-глееватой песчаной почвы (разрез 1-10) показатели суммы поглощенных оснований в 5,9-7,1 раза, содержание гумуса в 1,7 раза, обменного Ca^{2+} в 1,2-1,3 раза ниже по сравнению с показателями пахотного горизонта агроестественного аналога – дерновой заболоченной почвы, развивающейся на древнеаллювиальных песках. Балл бонитета деградированной почвы составил 32,5, что на 4,2 балла ниже, чем в исходном аналоге [4]. По данным крупномасштабного почвенного картографирования деградированные осушенные дерновые почвы занимают 0,3%, (на территории Гомельской области – 0,5%) сельскохозяйственных земель республики [3].

В результате частичной или полной сработки органогенного слоя и припахивания подстилающей породы песчаного гранулометрического состава при интенсивном использовании торфяных почв под пашню на сельскохозяйственных землях ОАО «Новополесский» Солигорского района Минской области (Малоритско-Лунинецко-Лоевский ПЭР), КСУП «Оборона страны» Речицкого района Гомельской области (Жлобинско-Речицко-Хойникский ПЭР) установлено, что на месте торфяных маломощных почв произошло формирование деградированных торфяно-минеральных (содержание ОВ 50,0-20,1%), минеральных остаточно-торфяных (содержание ОВ 20,0-5,1%) и постторфяных почв (содержание ОВ <5,0%). Так, если в торфяной маломощной почве среднестатистическое содержание ОВ составляет 72,8%, в деградированной торфяно-минеральной – 32,3%, в минеральной остаточно-торфяной – 14,3%, то в деградированной минеральной постторфяной значения падают до 4,7%. В результате трансформации торфяных маломощных почв в де-

градированные постторфяные содержание ОВ снижается в 15,5 раза. Сумма обменных оснований в диагностическом агроторфяно-минеральном горизонте снижается в 4,4 раза, емкость поглощения в 6,7 раза. Значения содержания подвижных фосфора и калия соответствуют грациям «низкие» и «средние». Балл бонитета снижается на 40 баллов, а плодородие вновь образованных почв на 60,8% ниже по сравнению с исходным аналогом.

На осушенных массивах органогенных почв в результате выхода из строя осушительных систем, отсутствия защиты их поверхности от возгорания, происходят различной длительности пожары, ведущие к формированию антропогенно-преобразованных выгоревших торфяных (с различной мощностью остаточного органогенного горизонта) и выгоревших постторфяных почв

На территории ОАО «Следюки» Быховского района Могилевской области (Быховско-Хотимско-Ветковский ПЭР) установлено, что по сравнению с исходным аналогом – торфяной низинной маломощной для выгоревших торфяных и постторфяных почв показатели кислотности рН в КС1 изменяются от «близких к нейтральным» до «слабощелочной», суммы поглощенных оснований, емкости поглощения снижаются в 1,1-2,5 и 1,1-3,5 раза, содержание ОВ уменьшается в 5-180 раз, содержание подвижных форм фосфора и калия – в 2-3 раза. Балл бонитета выгоревших торфяно-глеевых и постторфяных (разрезы 3П и 4П), подстилаемых песками, сформировавшихся на месте торфяных маломощных и торфяно-глеевых и почв составляет 34,3 и 28,2 [4] что в 1,8-2,2 раза ниже, чем в исходных почвах.

Все это подтверждает деградиционную направленность изменения торфяных почв в результате агрогенных и пирогенных воздействий.

Установлено также, что на осушенном массиве ОАО «Велута» Лунинецкого района Брестской области за более чем 20-летний период вследствие систематического перемешивания верхних органогенных горизонтов исходной торфяно-глеевой произошло формирование среднедеформированной минеральной остаточно-торфяной почвы (разрез №20А-16).

Сравнительный анализ среднестатистических данных показал снижение ОВ в пахотном горизонте среднедеформированной минеральной остаточно-торфяной почвы по сравнению с исходной торфяно-глеевой в 7,0-8,5 раз, суммы поглощенных оснований – 8,7 раза, емкости поглощения – 12,2 раза, степени насыщенности основаниями – 7,2 раза, содержания подвижных фосфора и калия соответственно в 5,2-8,4 и в 3,9-4,5 раза. Балл бонитета почв вновь сформированной почвы составил 35,6 против 54,4 исходной почвы.

В целом период с 1957 по 2018 гг. в составе сельскохозяйственных земель республики произошло усложнение компонентного состава почвенного покрова сельскохозяйственных земель с 99 (I тур почвенного картографирования) до 443 почвенных разновидностей, выделяемых при проведении почвенно-картографических работ, из которых 119 разновидностей – это антропогенно-преобразованные почвы. Удельный вес антропогенно-преобразованных почв в составе сельскохозяйственных земель республики составляет 3,4% [5].

Таким образом, на территории отдельных землепользователей фактически установлена деградиционная направленность трансформации почв сельскохозяйственных земель республики. Все разнообразие агроестественных и антропогенно-преобразованных почв нашло свое отражение в «Примерном номенклатурном списке почв республики» [5] и на крупномасштабных почвенных картах сельскохозяйственных земель землепользователей республики.

Литература

1. Фридланд В.М. Структура почвенного покрова. М.: Мысль, 1972. 424 с.
2. Реестр земельных ресурсов Республики Беларусь (по состоянию на 1 января 2018 года) [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://gki.gov.by>. Дата доступа: 20.04.2018.
3. Почвы сельскохозяйственных земель Республики Беларусь: практическое пособие / Под ред. Г.И. Кузнецова, Н.И. Смеяна. Минск: Оргстрой, 2001. 432 с.
4. Кадастровая оценка сельскохозяйственных земель сельскохозяйственных организаций и крестьянских (фермерских) хозяйств. Содержание и технология работ / Государственный комитет по имуществу Республики Беларусь. Минск. 2011. С. 43-44.
5. Цытрон Г.С., Шибут Л.И., Азаренок Т.Н., Дробыш С.В. Примерный Номенклатурный список почв Республики Беларусь // Государственный Комитет по Имуществу РБ, РУП «Институт почвоведения и агрохимии», РУП «Проектный институт Белгипрозем». Минск. 2013. 64 с.

T.N. Azarenok, S.V. Shulgina, O.V. Matychenkova
Institute of Soil Science and Agrochemistry, Minsk, Belarus
e-mail: soil@tut.by

REGIONAL PECULIARITIES OF TRANSFORMATION OF SOIL COVER OF BELARUS

Abstract. The article presents the research results on assessment of transformation tendency of semi-hydromorphic and hydromorphic soils on agricultural lands based on the data of their properties and fertility scores. The degradation tendency of soil changes in various soil-ecological districts of the republic is established.

Keywords: *large-scale soil mapping, transformation of soil properties, bonitet score, degradation.*

References

1. Friedland V.M. The structure of the soil cover M.: Mysl, 1972. 424 p.
2. Register of Land Resources of the Republic of Belarus (as of January 1, 2018) [Electronic resource]. <http://gki.gov.by> (access date: 20.04.2018).
3. Soils of agricultural lands of the Republic of Belarus: a practical guide / By ed. G.I. Kuznetsova, N.I. Smeyan. Minsk: Orgstroy, 2001. 432 p.
4. Cadastral evaluation of agricultural land of agricultural organizations and peasant and farm households. Content and technology of works / State Committee on Property of the Republic of Belarus. Minsk. 2011. p. 43-44.
5. Tsytron G.S., Shibut L.I., Azarenok T.N., Drobysch S.V. Sample nomenclature list of soils of the Republic of Belarus // State Committee on Property of the Republic of Belarus, Institute of Soil Science and Agrochemistry, Project Institute Belgiprozem. Minsk. 2013. 64 p.

УДК 631.4

Б.Ф. Апарин¹, М.А. Лазарева^{1,2}

¹ФГБНУ Центральный музей почвоведения им. В.В. Докучаева, Санкт-Петербург, Россия

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

e-mail: soilmuseum@bk.ru

ПРОБЛЕМЫ ИНВЕНТАРИЗАЦИИ АНТРОПОГЕННО-ТРАНСФОРМИРОВАННЫХ ПОЧВ

Аннотация. Рассмотрены проблемы инвентаризации антропогенно-трансформированных почв (АТП) и пути их решения в рамках регионального реестра почвенных ресурсов. Инвентаризация АТП включает а) учет разнообразия АТП; б) выявление пространственного их положения; в) определение их площадей; г) расчет ресурсного потенциала почв. По соотношению компонентов АТП, специфической их

форме, организации почвенного покрова на территории, подверженной антропогенному воздействию выделены 4 типа пространственной организации почвенного покрова.

Ключевые слова: антропогенно-трансформированные почвы, инвентаризация, региональный реестр почвенных ресурсов, структура почвенного покрова

Введение. Антропогенная деятельность с начала 20-го столетия стала главным фактором преобразования почв и почвенного покрова. Благодаря техническим возможностям и масштабу воздействия антропогенная деятельность на порядки превышает естественные факторы по скорости и степени преобразования почвенного покрова. Так, в Ленинградской области доля антропогенно-трансформированных почв превышает 50%. Общим следствием этого является изменение величин ресурсного потенциала почв (агропроизводственного, лесорастительного и экологического) [6].

Без оценки этих изменений невозможно разработать правильную региональную политику в области рационального использования и охраны почв, которая должна основываться на понимании базовой роли почв в:

- обеспечении населения сельскохозяйственной продукцией;
- сохранении биоразнообразия и генофонда живых организмов;
- возобновлении и воспроизводстве лесных ресурсов;
- обеспечении экологических основ качества жизни населения;

А также на понимании невозобновимости утраченных почвенных ресурсов в масштабе жизни, по крайней мере, десяти поколений; легкой уязвимости почв от разных форм антропогенного воздействия; невозможности создать или заменить почвы.

Центральное положение в научном обеспечении региональной политики занимает оценка ресурсного потенциала естественных и антропогенно-трансформированных почв (АТП). Она, в свою очередь, базируется на инвентаризации почв. Инвентаризация АТП включает а) учет разнообразия АТП; б) выявление пространственного их положения; в) определение их площадей; г) расчет ресурсного потенциала почв.

Инвентаризация почв является важной составляющей регионального реестра почвенных ресурсов, который призван решать многие научные и практические вопросы: оценка современного состояния почвенного покрова области и выявления роли антропогенного фактора в его изменении; оценка ресурсного потенциала почв; оценка ущерба, нанесенного почвам; мелиорация, охрана окружающей среды; проведение почвенно-экологического мониторинга; проведение кадастровой оценки земель; проведение реабилитации загрязненных почв и рекультивации нарушенных земель; проведение качественных экспертиз по проектам, связанным с использованием почв, почвенного покрова; разработка разных видов районирования (почвенно-географическое, агрохимическое, природно-сельскохозяйственное и др.); разработка системы управления плодородием почв [4].

Цель работы: рассмотреть проблемы инвентаризации АТП и пути их решения в рамках регионального реестра почвенных ресурсов.

Объектами исследования являются АТП Ленинградской области – крупного агропромышленного региона.

Методы исследования: сравнительно-морфологические, метод «ключей», дистанционные методы.

Разнообразие антропогенно-трансформированных почв. Воздействие человека на почвенный покров проявляется от незначительного изменения в свойствах почв до коренного преобразования почвенного профиля, полного уничтожения почв или «создания» новых почвенных форм и типов организации почвенного покрова (ПП).

К АТП относятся почвы, несущие признаки антропогенного воздействия в широком диапазоне изменения строения, состава и свойств, режимов. АТП включает 2 группы: антропогенно-измененные почвы (АИП), антропогенные (АП). На месте полностью разрушенных почв выделяются непочвенные образования (НПО).

Антропогенно-измененные почвы. К антропогенно-измененным относятся почвы, верхние горизонты которых преобразованы человеком [3]. Они образуются при целенаправленном воздействии на почвы (например, земледелие), а также, как побочный результат разнообразных видов хозяйственной деятельности (лесозаготовка, прокладка ЛЭП, добыча полезных ископаемых и др.).

Существует всего пять возможных типов изменения естественного почвенного профиля, вызванных прямым антропогенным воздействием: перемешивание материала почвенных горизонтов, гомогенизация поверхностных горизонтов, срезание части профиля, погребение почвы и «конструирование» нового профиля [1].

Диагностическим признаком АИП является механическое нарушение верхней части профиля естественных почв. Как правило, ему сопутствует изменение состава и свойств почв. В результате проведения осушительной мелиорации уменьшается содержание влаги в гидроморфных и полугидроморфных почвах.

Показателем антропогенно-измененных почв является также химическая, физическая, биологическая их деградация, связанные с разнообразными видами хозяйственной деятельности.

В почвенном профиле АИП выделяются характерные типодиагностические горизонты, связанные с антропогенным воздействием (табл. 1).

Большое разнообразие антропогенно-измененных почв обусловлено разнообразием естественных почв, подвергающихся воздействию, степенью и характером антропогенного преобразования почв, прямым и косвенным (изменение факторов почвообразования) воздействием, целенаправленным (осушение, сельскохозяйственное использование) и сопутствующим (лесозаготовка и др.) воздействием, единовременным (разовым) или постоянным воздействием, нахождением почвы на разных этапах эволюционного развития.

Прямое воздействие на почвы, как правило, сопровождается модификацией факторов почвообразования (гидрологических, фитогенных полей), а также минеральной матрицы почвы, которая влияет на ход развития почв и увеличивает степень их преобразования.

Прямое антропогенное воздействие на почвы может быть кратковременным (разовым) или длительным (постоянным). Время воздействия является важным фактором глубины преобразования почв и их развития. Антропогенно-измененные почвы с однотипным характером преобразования профиля могут находиться на разных этапах траектории развития. При кратковременном воздействии на почвы происходит постепенное восстановление исходных типоморфных характеристик. В случае постоянного целенаправленного воздействия (земледелие) может произойти коренное преобразование исходного генетического типа. Однако, при прекращении обработки почвы и переходе ее в залежь происходит восстановление исходного генетического профиля почвы и естественного ресурсного потенциала в

течение 150-200 лет. В Ленинградской области встречаются постагрогенные почвы различного возраста, находящиеся на разных этапах восстановления.

Таблица 1

Диагностические горизонты антропогенно-измененных почв

Типы (виды) изменения почвенного профиля	Обозначение преобразованного горизонта	Диагностические признаки преобразованного горизонта	Степень трансформации
Турбированные	Atg	Неоднородный, состоит из фрагментов почвенных горизонтов O, (A), (E), B	Слабая – более 50% горизонта занимают фрагменты O (A) горизонта Средняя – фрагменты O (A) занимают 50% горизонта Сильная – менее 50% горизонта занимают фрагменты O (A) горизонта
Абрадированные	Aab	Верхние диагностические горизонты полностью или частично срезаны	Слабая – меньше чем на 50% срезан горизонт A Средняя – больше чем на 50% срезан горизонт A Сильная – на поверхность выступает горизонт B (C)
Стратифицированные	Ag	Наличие на поверхности почвы наноса	Слабая – мощность наноса меньше 10 см Средняя – мощность наноса 10-40 см Сильная – мощность наноса более 40 см
Осушенные торфяные	PT	Слабосвязный торфяной горизонт, с низкой влагоёмкостью	Осушенные – влажный (отсутствие гравитационной влаги) Переосушенные – сильно уплотненные гидрофобные
Осушенные	Gox	Наличие в глеевом горизонте охристорожавых пятен	Слабая – пятна окисления занимают менее 50% горизонта Средняя – пятна окисления занимают 50% горизонта Сильная – пятна окисления занимают более 50% горизонта
Агрогенные	P	Пахотный гомогенный горизонт	Плохо гомогенизированный – содержит фрагменты других горизонтов Хорошо гомогенизированный – полностью однородный по составу
Постагрогенные почвы	Ppa	Необработываемый пахотный горизонт	Недифференцированный пахотный горизонт – сохраняются признаки пахотного горизонта Дифференцированный – наличие признаков восстановления естественного профиля

Антропогенные почвы. К антропогенным относят почвы, верхние горизонты которых образованы перемещенным с прилегающих территорий и нанесенным на минеральную породу (естественную, либо искусственно созданную толщу) интродуцированным (педоаллохтонным) гумусированным материалом естественного

происхождения [3]. Антропогенные почвы (АП) являются результатом целенаправленной реконструкции плодородного слоя.

Многие виды антропогенной деятельности сопровождаются уничтожением почв и почвенного покрова на значительных площадях и полной потерей ресурсного потенциала почв. Деятельность человека выступает одновременно и как фактор, и как процесс изменения естественных и формирования новых почв.

В результате антропогенной трансформации формируется чрезвычайно широкий спектр почв с широким диапазоном изменений — от появления слабовыраженных новых признаков в профиле до коренной трансформации естественных почв, с появлением признаков, несвойственных их природе. Для интегрирования всех АТП по диагностическим признакам разработана прикладная классификация [2]. Прикладная классификация АТП является самостоятельной ветвью субстантивно-генетической классификации 2004 г., учитывающей классификацию и диагностику почв СССР 1977 г.

Площади антропогенно-трансформированных почв в структуре почвенного покрова

Как правило, все виды антропогенного воздействия сопровождаются целым рядом типов трансформации почв (табл. 2).

Таблица 2

Преобладающие типы антропогенной трансформации почвенного покрова, сопутствующие хозяйственной деятельности

Виды хоз. деятельности	АИП					АП	НПО
	Турб.	Абрад.	Агрог.	Стратиф.	Осуш-е		
Добыча пол. ископаем.		+		+			+
Садоводства			+				+
Дорожное строит-во		+				+	+
ЛЭП, продуктопр-ы.	+	+		+			
Военное строит-во, полигоны	+	+		+			
Населенные пункты						+	+
Осушит. мелиорация					+		
Рекреация		+		+		+	
Земледелие			+				
Лесозаготовки	+	+		+			
Лесопосадки		+		+			
Противопож. каналы		+		+			
Рекультивация						+	

Как видно из таблицы, большинство видов антропогенной деятельности сопровождается образованием нескольких типов антропогенно-трансформированных почв и изменением почвенного покрова. Разные виды антропогенной деятельности характеризуются разной площадью и формой ареалов [5]. По форме ареалов антропогенно-трансформированных почв можно выделить линейные, округлые, полосчатые, прямоугольные и ареалы с неправильной геометрической формой. К линейным относятся ареалы АТП вдоль дорожных магистралей, ЛЭП, продуктопроводов, противопожарных канав, окопы военного времени. Округлую и полосчатую форму имеют АТП карьеров по добыче минерального сырья. Неправильной геометрической формой характеризуются зоны рекреации. Прямоугольная (косоугольная) форма ареалов АТП ха-

рактерна для сельхозугодий, мелиорированных территорий, военных полигонов, вырубок, урбанизированных и садоводческих территорий. Площадь ареалов антропогенно-трансформированных почв изменяется в очень широких пределах от десятков квадратных метров до нескольких тысяч. Значительная часть ареалов антропогенно-трансформированных почв не отражается на среднемасштабной цифровой почвенной карте (1: 200000), важнейшем элементе регионального реестра почвенных ресурсов.

Рассеянный характер распространения АТП и преобладание мелких контуров является одной из проблем определения площадей разных типов классификационных выделов АТП. По соотношению компонентов АТП, специфической их форме и организации почвенного покрова на территории, подверженной антропогенному воздействию можно выделить 4 типа пространственной организации почвенного покрова. К первому типу относятся территории, центральное положение которых занимает НПО с примыкающими с двух сторон зонами АИП. Этот тип характерен для авто- и железнодорожных магистралей. К этому типу можно также отнести карьеры, где в центре находится НПО, а АИП находятся по периферии в виде полосы. Хотя почвенный покров этого типа не отражается на среднемасштабных картах, расчет площадей АТП производится на основе данных площадей, занятых НПО и оценки зон влияния хозяйственной деятельности на почвенный покров. Второй тип – урбаногенная структура с ячеистой формой организации почвенного пространства. Она образована комбинациями НПО, АП и АИП. К данному типу относятся и садоводства с комбинацией НПО и АП. Для этого типа расчет АТП ведется, в целом, для всей почвенной комбинации, без разделения на компоненты. Третий тип характеризуется дисперсным почвенным покровом, включающим в качестве компонентов естественные структуры почвенного покрова (СПП) с наложенными на них ареалами антропогенно-трансформированных почв. Этот тип организации почвенного покрова характерен для территорий лесозаготовок, ЛЭП, продуктопроводов, военных полигонов. Доля АИП и их соотношение зависят от степени устойчивости почв к механическим воздействиям. При определении площадей этого типа организации почвенного покрова учитывается, в целом, вся почвенная комбинация. Четвертый тип организации почвенного покрова образуется комбинацией агрогенных, постагрогенных, осушенных (мелиорированных) почв. Ареалы данных почв отражаются на среднемасштабной ЦПК и определение их площадей не представляет сложности.

Литература

1. Апарин Б.Ф., Сухачева Е.Ю. Принципы создания почвенной карты мегаполиса (на примере Санкт-Петербурга) // Почвоведение. 2014. № 7. С. 790-802.
2. Апарин Б.Ф. Сухачева Е.Ю. Прикладная классификация антропогенно-трансформированных почв // ПОЧВЫ В БИОСФЕРЕ: сборник материалов Всероссийской научной конференции с международным участием, посвященной 50-летию Института почвоведения и агрохимии СО РАН. 2018. С. 298-302.
3. Апарин Б.Ф., Сухачева Е.Ю., Булышева А.М., Лазарева М.А. Гумусовые горизонты почв урбозкостем // Почвоведение. 2018. №9. С. 1071-1084.
4. Единый государственный реестр почвенных ресурсов России / М-во сел. хоз-ва Рос. Федерации, Рос. акад. с.-х. наук. Версия 1.0. Москва; Тула : Почвенный институт Гриф и К, 2014. 760 с.
5. Сухачева Е.Ю., Апарин Б.Ф. Структура почвенного покрова антропогенно-измененных ландшафтов Ленинградской области // Почвоведение. 2019. № 9. С. 1140-1154.
6. Сухачева Е.Ю., Апарин Б.Ф., Андреева Т.А., Казаков Э.Э., Лазарева М.А. Принципы и методы создания цифровой среднемасштабной почвенной карты Ленинградской области // Вестник СПбГУ. Науки о Земле. 2019. Т. 64. № 1. С. 100-113.

Работа выполнена при поддержке Гранта РФФИ № 19-04-01184

B.F. Aparin¹, M. A. Lazareva^{1,2}

¹ V. V. Dokuchaev Central Soil Museum, St. Petersburg, Russian Federation

² V. V. Dokuchaev Soil Science Institute, Moscow, Russian Federation

e-mail: soilmuseum@bk.ru

PROBLEMS OF INVENTORY OF ANTHROPOGENICALLY TRANSFORMED SOILS

Abstract. Problems of anthropogenically transformed soils (ATS) inventory and their solutions in the framework of the regional register of soil resources were considered. The ATS inventory includes: a) ATS diversity consideration; b) ATS spatial position revealing; c) ATS area determination; d) resource potential of soils calculation. According to the ratio of ATS components, their specific form, and soil cover organization in the territory subject to anthropogenic impact, four types of soil cover spatial organization were identified.

Keywords: anthropogenically transformed soils, inventory, regional register of soil resources, soil cover structure.

References

1. Aparin B.F., Sukhacheva E.Yu. [Principles of soil mapping of a megalopolis (with St. Petersburg as an example) // Pochvovedenie [Eurasian Soil Science]. 2014. 47(7). 650–661
2. Aparin B.F., Sukhacheva E.Yu. Applied classification of man-made soils // Pochvy v biosphere: sbornik materialov Vserossiyskoy nauchnoy konferentsii s mezhdunarodnym uchastiem, posvyashchennoy 50-letiyu Instituta pochvovedeniya i agrokhimii SO RAN. 2018. 298—302 (In Russian)
3. Aparin B.F., Sukhacheva E.Yu., Bulysheva A.M., Lazareva M.A. Humus soil horizons of urboecosystems // Pochvovedenie [Eurasian Soil Science]. 2018. 51(9). 1008—1020
4. A single state. Russia's soil resources registry / Ministry of Agriculture of the Russian Federation, Rossiyskaya akademiya selskohozyaistvennykh nauk. Versiya 1.0. Moscow, Tula : Pochvenniy institut Grif I K., 2014. 760 (In Russian)
5. Sukhacheva E.Yu., Aparin B.F. The structure of the soil cover of the man-made landscapes of the Leningrad region // Pochvovedenie. 2019. 9. 1140—1154 (In Russian)
6. Sukhacheva E.Y., Aparin B.F., Andreeva T.A., Kazakov E.E., Lazarev M.A. Principles and methods of creating a digital medium-scale soil map of the Leningrad region / Herald of St. Petersburg State University. Earth sciences. 2019. T. 64. No 1. P. 100-113.

УДК 631.435

В.Э. Болдырева, О.С. Безуглова, И.В. Морозов, К.В. Шкуропадская
ФГАОУ ВО Южный федеральный университет, Ростов-на-Дону, Россия
E-mail: maskow@mail.ru

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА РЕЗУЛЬТАТОВ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКОГО СОСТАВА ЧЕРНОЗЕМА ОБЫКНОВЕННОГО КАРБОНАТНОГО

Аннотация. Цель исследования – получение и сравнение данных о распределении элементарных почвенных частиц по размерам. В статье рассматривается проблема интерпретации полученных данных. Основное внимание уделено различию рассматриваемых классификаций гранулометрических элементов: Н. А. Качинского и USDA – классификации текстуры почвы Министерства сельского хозяйства США. В статье описаны результаты определения гранулометрического состава методом

лазерной дифракции и ситово-пипеточным методом и их интерпретация по версиям двух указанных классификаций.

Ключевые слова: Элементарные почвенные частицы, чернозем обыкновенный, классификации ЭПЧ.

Введение. В настоящее время метод лазерной дифракции широко применяется в практике выполнения гранулометрического анализа почв, грунтов и порошковых сред, поскольку он имеет ряд преимуществ перед общепринятыми как отечественными, так и зарубежными методами. Однако если для анализа порошковых сред посредством лазерной дифрактометрии существуют описанные и принятые методики [3], то для изучения состава почв и грунтов таковой пока не существует. Ученые разных стран проводят исследования по выяснению возможностей данного прибора относительно почв, исследуя влияние различной пробоподготовки, механизмов и этапов проведения анализа, способа внесения образца в блок мокрого диспергирования, и собственно учета элементарных почвенных частиц. Все эти исследования вносят вклад в формирование нового метода и обеспечение его стандартизации в будущем. Метод лазерной дифракции, на наш взгляд, весьма перспективен в плане согласования и обобщения данных гранулометрического анализа, полученных в разных странах в традициях различных школ почвоведения. Обусловлено это тем, что нет никакой принципиальной связи данного метода с уже существующими классификациями, но на этом пути предстоит большая работа по преодолению разногласий и разночтений, сформировавшихся за годы изолированного развития науки о почвах в целом, и физики почв в частности.

Цель работы – сравнительный анализ данных, полученных различными методами изучения гранулометрического состава, а также выяснение перспектив использования метода лазерной дифракции для сравнительной интерпретации результатов с использованием различных, но широко применяемых классификаций.

Методы и объект исследования. Для достижения поставленной цели нами была приведена следующая работа:

- 1) исследован гранулометрический состав чернозема обыкновенного карбонатного по классической методике (пирофосфорная подготовка по методу Н.А. Качинского, способ учета – пипет-метод);
- 2) исследован гранулометрический состав почвы в том же разрезе методом лазерной дифракции (подготовка та же, для количественного учета использован блок мокрого диспергирования лазерного анализатора размера частиц Analysette 22 NanoTec (ISO 13320-1:1999));
- 3) проведена интерпретация данных, полученных методом лазерной дифракции, с использованием 2 различных классификаций по гранулометрическому составу: Н.А. Качинского [2] и USDA – классификации текстуры почвы Министерства сельского хозяйства США [4]. Это стало возможным, благодаря тому, что используемое нами оборудование позволяет получить любой набор данных по заданным величинам ЭПЧ.

Результаты и обсуждение. Сравнительный анализ данных, представленных в таблице 1, показал принципиальное отличие результатов, полученных методами пипетки и лазерной дифракции. Так, по результатам дифрактометрии в почвенном профиле по сравнению с горизонтом А₁ происходит уменьшение суммарного количества фракций мелкого и среднего физического песка в 1,5-2 раза. Тогда как содержание физической глины возрастает за счет увеличения фракций мелкой и средней пыли.

Одной из причин таких существенных различий, по-видимому, является особенность метода пипетки: фракция мелкого песка определяется по разности, и, соответственно, все возможные при проведении анализа ошибки, попадают в данную фракцию. Однако отнести всю величину разницы по этой фракции на погрешности метода пипетки при отборе других фракций было бы неправильно, так как метод лазерной дифракции совсем не обнаруживает частиц этого размера. Наиболее существенные различия наблюдаются в количестве илистых частиц, которое на в 5-6 раз меньше по сравнению с результатами пипет-метода. Вероятно, подобные различия объясняются разными принципами рассматриваемых методов, благодаря чему метод лазерной дифракции позволяет определять «истинный» эффективный диаметр частиц, тогда как метод пипетки – эффективный диаметр гидратированных комплексов [1].

Таблица 1

**Гранулометрический состав черноземов обыкновенных карбонатных
(метод пипетки, подготовка с пирофосфатом натрия)**

Горизонт глубина взятия образца, см	Гранулометрический состав, в% размер фракций ЭПЧ, в мм						Сумма фракций, в%		
	1-0.25	0.25-0.05	0.05-0.01	0.01-0.005	0.005-0.001	< 0.001	> 0.01	< 0.01	
Над чертой: метод лазерной дифракции (подготовка с пирофосфатом натрия) Под чертой: метод "пипетки" (подготовка с пирофосфатом натрия)									
A ₁	10-32	нет	<u>0.00</u> 13.72	<u>27.97</u> 26.44	<u>22.44</u> 11,40	<u>42.01</u> 11.60	<u>7.58</u> 36.84	<u>27.97</u> 40.16	<u>72.03</u> 59.84
B ₂	50-80	нет	<u>0.00</u> 6.58	<u>29.85</u> 30.43	<u>28.05</u> 10,59	<u>36.65</u> 16.13	<u>5.45</u> 36.27	<u>29.85</u> 37.01	<u>70.15</u> 62.99
BC	80-100	нет	<u>0.00</u> 9.26	<u>25.61</u> 29.68	<u>30.08</u> 9,51	<u>38.28</u> 15.84	<u>6.03</u> 35.71	<u>25.61</u> 38.94	<u>74.39</u> 61.06
C	100-145	нет	<u>0.00</u> 10.94	<u>22.36</u> 32.59	<u>32.04</u> 8,64	<u>39.65</u> 12.64	<u>5.95</u> 35.19	<u>22.36</u> 43.53	<u>77.64</u> 56.47

По данным гранулометрического анализа методом лазерной дифракции данный чернозем можно отнести к глинам легким, по пипет-методу – суглинок тяжелый.

Поскольку оборудование лазерного дифрактометра позволяет настраивать параметры в зависимости от целей исследования, при проведении анализа мы можем получать широкий ряд распределения по размерам ЭПЧ, и имеем возможность провести сравнительную интерпретацию полученных данных по версиям различных почвоведческих школ. Различия между рассматриваемыми классификациями весьма существенны, но при организации эксперимента нами было сделано всё для их минимизирования:

- использована пробоподготовка, которая позволяет учитывать не только ЭПЧ механической природы, как это принято в зарубежных классификациях, но и органоминеральные частицы, являющиеся необходимой составной частью ЭПЧ по отечественной версии.

- использованы данные, полученные методом лазерной дифрактометрии, поскольку они имеют высокую воспроизводимость и точность, и не связаны ни одной из рассматриваемых классификаций.

Основное отличие в содержании ЭПЧ наблюдается во фракции ила (Таблица 2) поскольку граница этой фракции отличается, количество данной фракции увеличивается в 2,53 раза, хотя граница сдвигается только лишь на 0,001 мм (<0,001 – Н.А. Качинский, <0,002 – USDA).

Это изменение сразу же отражается на определении названия текстурного класса почвы, но фактически соотношение ЭПЧ в образце не изменяется. Соответственно, сдвиг границы «ил – пыль» приводит к изменению содержания и пылеватых частиц, так данная фракция по версии USDA теряет 12,63% в пользу ила. Граница песка рассматриваемых классификации находится на одном уровне, поэтому не влияет на результаты сравнения, Однако метод лазерной дифракции показал отсутствие частиц песка в изучаемой почве.

Изменение фракционных границ, а следственно, и количества ЭПЧ входящих в их состав, сопровождается расчетным перераспределением частиц, что приводит либо к утяжелению, либо к облегчению гранулометрического состава при интерпретации данных по одной из рассматриваемых классификаций по сравнению с другой классификацией. Таким образом, отличия в наименовании текстурного класса не отражают реального соотношения, так как количество ЭПЧ в действительности не изменяется.

Таблица 2

Гранулометрический состав горизонта А1 чернозема обыкновенного карбонатного Ботанического сада ЮФУ в контексте обсуждаемых классификаций

Н.А. Качинский					USDA		
Наименование фракции	Размер ЭПЧ, мм	Содержание ЭПЧ, %	Наименование фракции	Содержание ЭПЧ, %	Размер фракций ЭПЧ, мм	Содержание ЭПЧ, %	Наименование фракции
Ил	<0.001	7.58	Ил	7.58	<0.002	20.21	Clay
Мелкая пыль	0.005-0.001	42.01	Пыль	92.42			
Средняя пыль	0.01-0.005	22.44					
Крупная пыль	0.05-0.01	27.97					
Песок мелкий	0.25-0.05	0.00	Песок 1.00-0.25	0.00	0.1-0.05	0.00	Very fine sand
					0.25-0.1	0.00	Fine sand
					0.5-0.25	0.00	Medium sand
					1.00-0.5	0.00	Coarse sand
Песок средний	0.5-0.25	0.00	Гравий	0.00±0.00	2.00-1.00	0.00	Very coarse sand
Песок крупный	1.00-0.5	0.00					
Разновидность почвы							
Глина легкая					Silt loam		

Заключение. По результатам эксперимента получено, что одна и та же почва, с одним и тем же гранулометрическим составом может быть интерпретирована либо как глина легкая, либо как silt loam (пылеватый суглинок). Полученные

различия обусловлены рядом факторов – способом пробоподготовки, способом количественного учета и выбором способа интерпретации.

Литература

1. Болдырева В.Э., Безуглова О.С., Морозов И.В. К вопросу об определении гранулометрического состава почв с использованием метода лазерной дифракции// Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации. 2019. № 1 (33). С. 184-194.
2. Качинский Н.А. Физика почв. Ч.1. М.: Высшая школа, 1965. 324 с.
3. ISO 13320-1:1999. Particle size analysis -- Laser diffraction methods -- Part 1: General principles // International Organization for Standardization. Standards catalogue: <https://www.iso.org/standard/21706.html>
4. Soil Survey Division Staff Soil survey manual. United States Department of Agriculture, 2017. Issued March. 120 p.

V.E. Boldyreva, O.S. Bezuglova, K.V. Morozov, I.V. Shkuropadskaya
Southern Federal University, Rostov-on-Don, Russia
e-mail: maskow@mail.ru

COMPARATIVE EVALUATION OF THE RESULTS OF DETERMINING THE PARTICLE-SIZE DISTRIBUTION OF ORDINARY CARBONATE CHERNOZEM

Abstract. The purpose of research is to obtain and compare data of particle-size distribution. The article deals with the problem of obtained data interpretation. Particular attention is given to the difference of considered classifications of granulometric elements – N.A. Kachinsky and the USDA. The article describes the results of particle-size distribution by laser diffraction and sieve-pipette methods and their interpretation in accordance with the mentioned classifications.

Keywords: *elementary soil particles, ordinary chernozem, classifications of elementary soil particles.*

References

1. Boldyreva V E, Bezuglova O S, Morozov I V 2019 To the question of the soil granulometric composition determination using the method of laser diffraction Scientific journal of Russian research institute of problems of amelioration 1(33) 184–194 [in Russian]
2. Kachinsky N A 1965 Soil Physics Volume 1. 324 pp. [in Russian]
3. ISO 13320-1:1999. Particle size analysis -- Laser diffraction methods -- Part 1: General principles // International Organization for Standardization. Standards catalogue: <https://www.iso.org/standard/21706.html>
4. Soil Survey Division Staff Soil survey manual. United States Department of Agriculture, 2017. Issued March. 120 p.

УДК 551.34

В.В. Валдайских
Уральский федеральный университет, Екатеринбург, Россия
v_vald@mail.ru

ГЛУБИНА СЕЗОННОГО ПРОТАИВАНИЯ ПОЧВ ЯМАЛЬСКОЙ ЛЕСОТУНДРЫ В СВЯЗИ С ОСОБЕННОСТЯМИ ИХ ДРЕНАЖА

Аннотация. В ходе мониторинговых исследований на ключевых участках в разнообразных ландшафтах лесотундры в окрестностях г.Лабытнанги на севере Западной Сибири в течение восьми лет получены данные о глубине сезонного протаивания криогенных почв. Протаивание увеличивалось под лесом и под тундрой на песчаных почвах с хорошим дренажем. Но оно слабо растет под тундрой на глинистых

почвах с плохим дренажем и почти не изменяется в болотных почвах при отсутствии дренажа.

Ключевые слова: криогенные почвы, сезонно-талый слой, дренаж, глубина протаивания, многолетняя мерзлота.

На мониторинговых площадках, организованных на северо-западной окраине Западно-Сибирской равнины на левобережье р.Оби вблизи г.Лабытнанги (ЯНАО), с 2012 гг. изучались особенности пространственного распределения криогенных почв, проводился мониторинг глубины сезонноталого слоя и его термического режима. Полевые измерения температуры в профиле криогенных почв выполнены с использованием автоматических датчиков, которые устанавливались в вертикальном профиле передней стенки почвенного разреза на глубинах 2–10–20–50–100 см или в соответствии с генетическими горизонтами до глубины многолетнемерзлого слоя. Приведены данные промеров глубины сезонноталого слоя с помощью щупа на двух площадках 100x100 м с шагом сетки в 10 м (тундровые сообщества на суглинках, болотные сообщества), одной площадки 10x10 м с шагом сетки в 1 м (тундровые сообщества на песках), в лесных сообществах с связи с большой глубиной протаивания проводились лишь единичные промеры. По этой же причине промеры на всех площадках производились в первой декаде августа, там, где это было возможно – дублировались в конце сентября.

В настоящее время накоплены данные о влиянии погодных и ландшафтных факторов на глубину сезонного протаивания [1, 4]. Очевидно, что при идентичных климатических условиях основным фактором, детерминирующим глубину сезонного протаивания, оказывается степень дренируемости территории, зависящая от положения в мезорельефе и от характера подстилающих пород, среди свойств которых в первую очередь важен гранулометрический состав. В свою очередь, степень дренируемости оказывает определяющее влияние на формирование органического вещества, служащего эффективным теплоизолятором.

Наши исследования подтвердили указанные теоретические построения: при одинаковых климатических показателях показано значительное пространственное варьирование мощности активного слоя, зависящее от условий мезо- и микрорельефа, свойств почвообразующих пород и самих почв, состояния и типа растительности, значительно превышающее межгодовые колебания (табл.).

Так, наибольшая мощность активного слоя наблюдается в лиственничниках на элювиально-иллювиальных почвах хорошо дренируемых водоразделов под лесными сообществами – до 3 м и более уже в начале августа. Небольшие хорошо дренируемые возвышенные участки пятнисто-медальонной тундры на супесчаных и песчаных почвообразующих породах с Al-Fe-гумусовыми подзолами с вкраплениями подбуров, протаивают до 1,5 м. В первом и во втором случаях практически отсутствует теплоизолирующий органический слой, а слагающие эти почвы пески обеспечивают легкое проникновение вглубь тепла вместе с влагой, особенно в теплые и дождливые годы.

Величина сезонного протаивания (усредненные данные первой декады августа с 2012 по 2018 гг.) в разных ландшафтах Ямальской лесотундры

№	Положение в мезорельефе	Тип растительности	М	ГСП	Гл
1	пологонаклонный коренной склон долины	лиственнично-березовое редколесье кустарничково-лишайниково-зеленомошное	4,33 ± 1,97	пески	> 300,00
2	слабонаклонный водораздел (плакор)	бугристая тундра кустарничково-травяно-мохово-лишайниковая	3,67 ± 2,42	супеси	140,50 ± 10,68
3	слабонаклонный водораздел (плакор)	бугристая тундра ерниково-багульниково-кустарничково-мохово-лишайниковая	18,70 ± 8,86	суглинки	61,09 ± 7,19
4	депрессия на плакоре	комплексное плоскобугристое болото ерниково-багульниково-морозково-сфагновое	33,00 ± 7,07	суглинки, глины	42,56 ± 7,91

Примечание: М – мощность органических горизонтов, см; ГСП – грануло-метрический состав почв; Гл – глубина сезонного протаивания, см

Иная картина наблюдается в тундровых сообществах с низкой дренируемостью на суглинистых и глинистых почвообразующих породах. В этих условиях чаще всего формируются тундровые криогенно-глеевые почвы различной степени оторфованности в сочетании с болотно-тундровыми криогенно-глеевыми торфянистыми и торфяными, величина сезонного протаивания в первой декаде августа достигает в среднем 70 см. В депрессиях рельефа с комплексными или верховыми болотами под болотными криогенными торфяными или чаще торфяно-глеевыми мощность активного слоя составляет всего 35-50 см. Относительно мощные торфяные горизонты данных почв обеспечивают их хорошую теплоизоляцию.

В настоящее время уже не только в научной литературе активно обсуждаются вопросы, связанные с последствиями уже происходящих глобальных климатических изменений. В сентябре 2019 г. опубликован очередной доклад МГЭИК, в котором подтверждаются ранее выдвинутые предположения об увеличении мощности сезонного протаивания по некоторым сценариям к концу XXI века на 3-4 метра на границе ее распространения. Международная функционирующая сеть циркумполярного мониторинга деятельного слоя многолетних грунтов CALM (Circumpolar Active Layer Monitoring) постоянно фиксирует уже происходящие изменения в сторону увеличения глубины протаивания. Из наиболее близких к нашим площадкам наблюдений за достаточно длительный срок эти закономерности фиксируются в Воркутинской тундре [3], а также на Центральном Ямале [2].

Согласно нашим непрерывным восьмилетним наблюдениям (включая 2019 г.) на одних и тех же мониторинговых площадках, несмотря на выявленную значительную межгодовую динамику этого показателя, связанную с погодными факторами, наблюдается достаточно значительный тренд в сторону его увеличения, но только в хорошо дренируемых ландшафтах на легких почвообразующих породах. В малодренируемых ландшафтах на суглинках и глинах, в случае ненарушенного теплоизолирующего слоя торфяных горизонтов, он незначителен либо отсутствует совсем. Несмотря на то, что восьмилетний срок представляется явно недостаточным

для построения каких-либо серьезных прогнозов об эволюции мерзлоты, данные о неравномерности величины протаивания, по-видимому, имеют универсальный характер. Относительно большая скорость нарастания протаивания хорошо дренируемых почв должна быть учтена при составлении прогнозов деградации мерзлоты – значительная часть населенных пунктов и объектов инфраструктуры Западной Сибири расположены именно на плакорных поверхностях с легкими грунтами и хорошим дренажем.

Работа выполнена при поддержке Министерства образования и науки РФ в рамках государственного задания № 6.7696.2017/8.9; выражаем искреннюю благодарность сотрудникам Арктического научно-исследовательского стационара Института экологии растений и животных УрО РАН за помощь в проведении полевых работ.

Литература

1. Анисимов О.А., Шерстюков А.Б. Оценка роли природно-климатических факторов в изменениях криолитозоны России // Криосфера Земли. 2016. Т. XX. № 2. С. 90–99.
2. Бабкина Е.А., Хомутов А.В., Бабкин Е.М., Муллаууров Д.Р., Дворников Ю.А., Лейбман М.О. Динамика глубины сезонного протаивания в различных ландшафтах Центрального Ямала // Современные проблемы географии и геологии: к 100-летию открытия естественного отделения в Томском государственном университете: Материалы IV Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием (Томск, 16-19 окт. 2017 г.). Томск, 2017. Т. 1. С. 29–32.
3. Каверин Д.А., Пастухов А.В., Новаковский А.Б. Динамика глубины сезонного протаивания тундровых мерзлотных почв (на примере площадки циркумполярного мониторинга деятельного слоя в европейской России) // Криосфера Земли. 2017. Т. 21. № 6. С. 35–44.
4. Fisher, J. P., Estop-Aragones, C., Thierry, A. The influence of vegetation and soil characteristics on active-layer thickness of permafrost soils in boreal forest. *Global change biology*. 2016. V: 22. Is. 9. P. 3127–3140.

V.V. Valdayskikh

Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

THE DEPTH OF SEASONAL SOIL THAWING OF THE YAMAL FOREST-TUNDRA IN ACCORDANCE WITH THE PECULIARITIES OF THEIR DRAINAGE

Abstract. Data on the depth of seasonal thawing for eight years were obtained during monitoring studies at key sites in diverse landscapes of forest-tundra in the vicinity of Labytnangi in the Western Siberia. Thawing has increased under forest and under tundra on sandy soils with good drainage. But it weakly grows under tundra in clay soils with bad drainage.

Keywords: drainage, cryogenic soils, active layer, landscape, forest-tundra, the Western Siberia.

References

1. Anisimov O.A., Sherstyukov A.B. Assessment of natural and climatic factor role in changes of the permafrost zone of Russia // *Cryosphere of the Earth*, 2016, vol. XX, No. 2, p. 90–99. (in Russian)
2. Babkina E.A., Khomutov A.V., Babkin E.M., Mullanurov D.R., Dvornikov Yu.A., Leibman M.O. Dynamics of depth of seasonal thawing in different landscapes in Central Yamal // *Modern problems of geography and geology to the 100th anniversary of the opening of the natural department at Tomsk state university : Proceedings of the IV all-Russian scientific.-practical Conf. with Intern. participation* (Tomsk, 16-19 okt. 2017). Tomsk, 2017. V. 1. P. 29–32. (in Russian).
3. Kaverin D.A., Pastukhov A.V., Novakovskiy A.B. Active layer thickness dynamics in the tundra-affected soils: a CALM site case study, the European north of Russia // *Cryosphere of the Earth*. 2017. V. 21. No. 6. P. 35-44. (in Russian).
4. Fisher, J.P., Estop-Aragones, C., Thierry, A. The influence of vegetation and soil characteristics on active-layer thickness of permafrost soils in boreal forest. *Global change biology*. 2016. V: 22. Is. 9. P. 3127–3140.

УДК 631.44:556.56:631.48(268.45)

С.В. Денева, Е.В. Шамрикова, О.С. Кубик
ИБ Коми НЦ УрО РАН, Сыктывкар, Россия
e-mail: denewa@rambler.ru

ОСОБЕННОСТИ ГЕНЕЗИСА И ПРОБЛЕМЫ КЛАССИФИКАЦИИ МАРШЕВЫХ ПОЧВ ПОБЕРЕЖЬЯ БАРЕНЦЕВА МОРЯ

Аннотация. Систематика и номенклатура маршевых почв остается дискуссионной проблемой отечественного почвоведения, поскольку прибрежные почвы вследствие своеобразного водного питания и оригинального солевого состава нельзя объединять с континентальными аналогами, а потому для них необходима единая самостоятельная классификационная единица на типовом уровне.

Ключевые слова: маршевые почвы, арктическое побережье, Баренцево море, приморское почвообразование, классификационная единица

Почвы морских берегов – объект далеко не новый для почвоведения и периодически попадающий в поле зрения исследователей. Благодаря специфической ландшафтной приуроченности, нетипичности условий почвообразования, выражающейся в совокупном действии талассогенных и терригенных факторов, области распространения почвы морских берегов легко выделяются в ландшафте. Явная таксономическая обособленность почв данной группы по ряду причин: уникальность водного, геохимического, биологического режимов и типов землепользования также не вызывает сомнения, что должно отражаться в обобщающих классификационных списках с выделением их на типовом уровне. Однако систематика и номенклатура приморских почв побережий остается дискуссионной проблемой отечественного почвоведения. Официально принятая классификация, где азональные прибрежные почвы были бы выделены в качестве единой самостоятельной классификационной единицы на типовом уровне, в настоящее время отсутствует.

Отсутствуют маршевые почвы в Классификации почв России [1], Полевом определителе почв [2] Не упоминались они и в «Классификации и диагностике почв СССР» [3]. В [4] они представлены краткой информацией, как «затопленные почвы морских побережий, засоленность которых связана с периодическим затоплением солеными водами, имеют профиль: O1—Cg—Dg. Не выделяются данные почвы в единую группу и в каких-то других крупных схемах международных классификаций почв, где различные группы почв приморских ландшафтов относятся к разным разделенным на самом высоком уровне таксонам, в рамках которых они объединены с рядом континентальных аналогов. Однако еще в работах А.Ф. Костенковой [5] по изучению свойств приморских почв Дальнего Востока (побережья Японского и Охотского морей) показано, что прибрежные почвы вследствие своеобразия типа их водного питания и оригинального солевого состава нельзя объединять с континентальными аналогами.

Необходимо отметить, что на более низких классификационных уровнях существует ряд групп, примерно соответствующих данному почвенному типу и приуроченных к морским побережьям. В легенде Почвенной карты мира ФАО/ЮНЕСКО [6] к таким группам относятся Тиониковые Глейсоли (Thionic Gleysols) и Тиониковые Гистосоли (Thionic Histosols), а в почвенной Таксономии США [7] – сульфаквенты, сульфихемисты, сульфисапристи (sulphaquents, sulphihemists,

sulphisapristes). По *WRB [8]* маршевые почвы полностью соответствуют группе *Tidalic Fluvisols*.

Хотя и существуют работы, посвященные классификации маршевых почв, единство взглядов по данному вопросу в отечественных почвенных классификациях отсутствует. В настоящее время имеются лишь региональные классификации, в которых во многом сохраняются систематика и номенклатура для наиболее сходных с прибрежными континентальными почв, но с учетом специфики объекта, при этом общепринятая система отсутствует. Все это затрудняет полевую диагностику маршевых почв. Зачастую название почвы, приводимое разными авторами, различается, что является совершенно необоснованным. Особенно в связи с тем, что в настоящее время наблюдается усиление внимания международной общественности к прибрежным территориям, в особенности к арктическому побережью.

Арктика становится одним из наиболее геостратегически значимых регионов планеты. Это совокупность как морских, так и сухопутных экосистем. В границах Российской Федерации включает моря Северного Ледовитого океана. Общая протяженность арктического побережья России – около 22 600 км, а общая протяженность арктического побережья всех прилегающих государств – 38 700 км.

Береговая, зона моря является открытой системой, и, следовательно, разнообразные вещества поступают в ее пределы со стороны суши, из моря и донных остатков, но вместе с тем, происходит экспорт веществ из береговой зоны в море, атмосферу и донные осадки. Перенос в сторону суши имеет меньшее значение. Важную роль среди процессов, протекающих в береговой зоне моря, играют гидрогенные процессы (волнения, приливы, течения). Наряду с гидрогенными факторами, играющими основную роль, в частности, в создании рельефа, первостепенное значение, при определенных природных условиях, приобретает деятельность живых организмов

Сопряженные с морем территории отличаются высокой биогенностью, они являются местами существования галофитных флороценологических комплексов, ведущим условием формирования которых является суточная флуктуация биотических и абиотических факторов среды, связанная с приливной деятельностью моря. Также прибрежные территории являются транзитом многих видов перелетных птиц. Биотопы прибрежных маршей выступают в качестве ключевых для многих видов околоводных и водоплавающих птиц в период массовых скоплений птиц во время миграций и летней линьки, а также важным кормовым угодьем.

Сформированные в условиях Арктики приморские марши, уникальны, поскольку, распространены на ограниченной территории, и на всем Евразийском пространстве имеют существенные площади только в России Ненецком автономном округе. При этом марши Хайпудырской губы наиболее развитые и обширные в округе, углубляясь в бассейне р. Море-ю на расстояния более 3 км от моря.

Что такое марши? Приморские экосистемы, обладающие исключительной структурой, образовавшейся в контакте трех экологических зон – прибрежная, эстуарная и морская, существенно отличающихся друг от друга. Марши – полоса низменных побережий морей, эстуариев и устьев рек, затопляемая в периоды высоких приливов и нагонов воды. Это транзитная зона со всеми переходами от моря и пляжа к тундровым ландшафтам и сообществам на вечной мерзлоте, а также устьевая зона многочисленных рек, впадающих в Северный Ледовитый Океан. Массивы соленых маршей поддерживают важный канал поглощения и накопления уг-

лерода атмосферы и тем самым ослабляют парниковый эффект. Этот сегмент мирового запаса углерода относят к категории “bluescarbon”, действия по сохранению которого уже нашли место в последних решениях Рамочной конвенции ООН об изменении климата [9]. Экосистемы речных дельт и эстуариев в контактной зоне река–море в высшей степени чувствительны к изменениям климата, которые выражаются, прежде всего, в изменении режима стока, сроков ледостава, ледохода и мощности паводка.

Последствия изменения климата в значительной мере усиливаются за счет антропогенного воздействия, в частности, в результате разведки и добычи полезных ископаемых. Экосистемы маршей мало устойчивы к нефтяному загрязнению морских вод, и в некоторых случаях загрязнение через водотоки маршей может также поступать в прибрежные и материковые местообитания. И здесь на первый план выдвигаются проблемы сохранения биоразнообразия растений и почв, изучения морфогенетических особенностей как природных фоновых, так и нарушенных почв, возможностей самовосстановления экосистем.

Географическое положение и региональные особенности морских берегов обуславливают многообразие комбинаций факторов приморского почвообразования. В работе Цейца и Добрынина [10] рассмотрены факторы, определяющие специфику почвообразования маршевых почв, среди которых выделены следующие: влияние моря на строение берегов, периодичность условий гидроморфизма, геохимическое воздействие морской воды, микроклиматическое воздействие моря, особенности биоты. И хотя данные приведены для Карельского Беломорья, на наш взгляд, они являются определяющими и для почв побережья Баренцева моря. При этом отметим специфику этих двух территорий расположенных в западном секторе российской Арктики, в сравнении друг с другом. Для побережья Баренцева моря характерны более суровый климат и большая соленость вод: Баренцево море – 32-33, Белое – 25-26 ‰ [11].

Маршевые почвы – синлитогенные образования, им свойственны все черты молодых почв. Часто она слоисты, ведущими почвообразовательными процессами являются дерновый процесс, оторфовывание, оглеение, погребение. Специфическими почвообразовательными процессами, связанными с воздействием моря являются засоление и сульфатредукция (образование пиритных почвенных горизонтов). Маршевым почвам свойственен широкий спектр механического состава почвообразующих пород: от глин до крупных песков и камней. На морских побережьях холодных климатических областей они покрыты специфической травянистой маршевой растительностью.

Не смотря на то, что почвоведы с определенной регулярностью обращали внимание на прибрежные территории северных морей, работ по маршевым почвам не много, и охватывают исследования только наиболее доступные участки морских побережий. Даже территории таких арктических морей, как Белого и Баренцева детально изучались лишь с геоботанической точки зрения, почвенные исследования единичны и не дают достаточно полного представления о генезисе и свойствах данных почв.

Таким образом, остается до сих пор открытым вопрос о классификации маршевых почв, который необходимо решить с учетом возросшего в настоящее время интереса к сложным многокомпонентным объектам, которыми являются арктические побережья, где специфическая совокупность почвенных физических, химиче-

ских и биологических процессов протекает под влиянием близости моря, отрицательных температур, почвенного криогенеза, и мерзлота выступает в качестве одного из факторов почвообразования.

Литература

1. Классификация и диагностика почв России. Смоленск: Ойкумена. 2004. 342 с.
2. Полевой определитель почв России. М.: Почвенный ин-т им. В.В. Докучаева. 2008. 182 с.
3. Классификация и диагностика почв СССР. М.: Колос. 1977. 221 с.
4. Единый государственный реестр почвенных ресурсов России. Версия 1.0. Коллективная монография. М.: Почвенный ин-т им. В.В. Докучаева Россельхозакадемии. 2014. 768 с.
5. Костенкова А.Ф. Маршевые почвы юга Приморья и особенности их солевого состава // Почвоведение. 1979. № 2. С. 22–29.
6. FAO–UNESCO. Soil map of the world. Revised legend. World Soil Resources Report No. 60. Rome. 1988. 119 p.
7. United States Department of Agriculture (USDA) Soil Survey Staff. Keys to soil taxonomy. 9th edition. Washington, DC, Natural Resources Conservation Service, USDA. 2003. 332 p.
8. IUSS Working Group WRB, World Reference Base for Soil Resources 2014, International Soil Classification System for Naming Soils and Creating Legends for Soil Maps, World Soil Resources Reports No. 106 (Food and Agriculture Organization, Rome, 2014). 181 p.
9. Сергиенко Л.А., Минаева Т.Ю., Денева С.В. Прибрежные экосистемы – уникальное биоразнообразие и пути его сохранения // Матер. междунар. науч.-практ. конф. “ЭкоПечора 2014 - Экосистемный подход природопользования в Арктике: преимущества и перспективы”. Нарьян-Мар. 2014. С. 46–56.
10. Цейц М.А., Добрынин Д.В. Морфогенетическая диагностика и систематика маршевых почв Карельского беломорья // Почвоведение. 1997. № 4. С. 411–416.
11. Шамрикова Е.В., Денева С.В., Панюков А.Н., Кубик О.С. Свойства почв и характера растительности побережья Хайпудырской губы Баренцева моря // Почвоведение. 2018. № 4. С. 401–412. <https://doi.org/10.7868/S0032180X18040020>

S.V. Deneva, Ye.V. Shamrikova, O.S. Kubik
Institute of Biology of the Komi Scientific Center,
Ural Branch of the Russian Academy of Sciences,
Syktyvkar, Russia
e-mail: denewa@rambler.ru

GENESIS FEATURES AND CLASSIFICATION PROBLEMS OF THE MARSH SOILS OF THE BARENTS SEA COAST

Abstract. The taxonomy and nomenclature of marsh soils (Tidalic Fluvisols) remains a debatable problem of domestic soil science since coastal soils cannot be combined with the continental analogues due to the peculiar water supply and original salt composition. Therefore, they should have a unified independent classification unit of soil type.

Keywords: *marsh soils (Tidalic Fluvisols), arctic coast, the Barents Sea, coastal pedogenesis, classification unit.*

References

1. Classification and diagnostics of Russian soils. Smolensk, Oikumena. 2004. 342 p.
2. Field Guide for Identification of Russian Soils. Dokuchaev Soil Science Inst., Moscow. 2008. 182 p.
3. Classification and soil diagnostics of the USSR. Moscow, Kolos. 1977. 221 p.
4. The Unified State Register of Soil Resources in Russia. Version 1.0. Collective monograph. Dokuchaev Soil Science Inst., Moscow. 2014. 768 p.
5. Kostenkova A.F. Marsh soils in the Southern Primore and their specific salt composition // Pochvovedenie. 1979. No. 2. P. 22–29.
6. FAO–UNESCO. Soil map of the world. Revised legend. World Soil Resources Report No. 60. Rome. 1988. 119 p.
7. United States Department of Agriculture (USDA) Soil Survey Staff. Keys to soil taxonomy. 9th edition. Washington, DC, Natural Resources Conservation Service, USDA. 2003. 332 pp.

8. IUSS Working Group WRB, World Reference Base for Soil Resources 2014, International Soil Classification System for Naming Soils and Creating Legends for Soil Maps, World Soil Resources Reports No. 106 (Food and Agriculture Organization, Rome, 2014). 181 p.
9. Sergienko L., Minaeva T., Deneva S. The coastal ecosystems – options for unique biodiversity conservation // Proceedings of the International Scientific and practical Conference «EcoPechora 2014 - Ecosystem Approach to Nature Management in the Arctic: Advantages and Prospects» (October 16-17 2014, Naryan-Mar, Nenets Autonomous Okrug Russian Federation). Naryan-Mar, 2014. P. 46-52.
10. Tseits M.A., Dobrynin D. V. Classification of marsh soils in Russia // Eurasian Soil Sci. 2005. No. 38. P. 544–548.
11. Shamrikova E.V., Deneva S.V., Panyukov A.N., and Kubik O.S. Soils and vegetation of the Khai-pudyr Bay Coast of the Barents Sea // Eurasian Soil Sci. 2018. No. 1. P. 385–394. doi 10.1134/S1064229318040129

УДК 631.4

О.З. Еремченко, И.Е. Шестаков, В.Ю. Ушаков
ПГНИУ, Пермь, Россия
e-mail: eremch@psu.ru

СВОЙСТВА ПОЧВ НА ЭЛЮВИИ ГИПСОВ В ПЕРМСКОМ КРАЕ

Аннотация. В лесостепной зоне под травянистым покровом на элювии гипсов образовались темногумусовые почвы. В условиях южной тайги под лесной растительностью происходила консервация растительного опада на поверхности и на элювии гипсов сформировались сухоторфяно-литоземы.

Ключевые слова: гипсы, литогенные почвы, строение, свойства, систематика.

В почвенных трудах часто прослеживается идея «литогенных» почв, заключающаяся в том, что некоторые горные породы играют особенно большую роль в формировании свойств почв. Термин «редкие литогенные» почвы приобретает особое значение при изучении и обосновании категорий почв, подлежащих включению в Красную книгу почв, т.к. подчеркивает причины появления этих почв, связанные с редкими почвообразующими породами. Особую научную ценность редких почв на специфических геологических породах отмечают американские и английские исследователи [3, 4].

В Пермском крае на фоне доминирующих почвообразующих породах (покровных, ледниковых, флювиогляциальных отложений) элювий гипсов занимает относительно небольшие по площади участки, является почвообразующей породой на куполовидных вершинах холмов, крутых склонах. Элювий пермских гипсов имеет светлую окраску, бесструктурный, пористый, довольно плотный, среднесуглинистого и тяжелосуглинистого гранулометрического состава; содержит карбонаты. Гипсы могут переслаиваться другими грунтами (известняками, глинами, песчаниками). В.П. Черновым [2] описаны дерново-карбонатные почвы на элювии гипсов и ангидритов водораздела р. Ирени, их специфической особенностью является высокое содержание серы.

Цель работы – продолжить учет разнообразия и систематизация редких почв на элювии гипсов в Пермском крае. Диагностика почв проведена в соответствии с современной классификацией почв РФ [1] и мировой корреляционной базой почвенных ресурсов [5]. В почвенных образцах определены $pH_{вод}$ и $pH_{сол}$ - потенциометрическим методом, гидролитическая кислотность - по Каппену, сумма оснований – по Каппену-Гильковицу, содержание органического углерода - по Тюрину, зольность –

путем сжигания, гипс и карбонаты по Молодцову, гранулометрический состав – по Качинскому после разложения проб пирофосфатом натрия.

В Кунгурском районе на территории историко-природного комплекса «Подкаменная гора» на склоне крутого (около 20-25 °) склона в долину р. Сылвы сформировались темногумусовые почвы на выходах гипсов. Речной склон покрыт разреженным травяным покровом: земляника, астрагал датский, василёк шершавый, одуванчик, фиалка удивительная, горошек тонколистный, подмаренник северный, мордовник обыкновенный, ястребинка волосистая, чина луговая, зопник клубненосный, василистник, вероника колосистая и др. Темногумусовая почва на элювии гипсов (Gypsic Calcaric Leptosols (Humic)) имела формулу профиля: AU-Cca,cs-Mca,cs. Темногумусовый горизонт мощностью около 20 см резко сменяется светло-серым с желтоватым оттенком, пылеватым и рыхлым элювием гипсов, в котором содержатся обломки щебня. В элювии содержание гипса составляло 70-83%, реакция на «вскипание» – слабое шипение и треск. С глубины около полуметра залежали плотные окарбоначенные гипсы. Почва характеризовалась нейтрально-слабощелочной реакцией ($pH_{\text{вод}}=7,5-7,7$), суглинистым гранулометрическим составом; в гумусовом горизонте 13-14% гумуса. В устьевой части лога речной долины описана темногумусовая почва с погребенным гумусовым горизонтом: AUca,cs-Cca,cs-[A(ca,cs)]-Mca,cs. Эта почва вскипала с поверхности, характеризовалась нейтрально-слабощелочной средой ($pH_{\text{вод}}=7,5-7,9$), суглинистым гранулометрическим составом; в погребенном горизонте содержала более 5% гумуса.

В Добрянском районе на территории природного резервата «Лунежские горы» в верхней части коренного склона долины реки Камы имеются участки гипсовых обрывистых берегов. В елово-пихтово-сосновом лесу с изреженным наземным покровом (папоротники, сныть, кислица, малина, шиповник, мхи) в трех разрезах описаны почвы на элювии и элюво-делювии гипсов – сухоторфяно-литоземы Gypsic Calcaric Leptosols с профилем TJca,cs-Cca,cs-Mca,cs. Сухоторфяные горизонты мощностью 5-20 см содержали остатки мезофильных растений разной степени разложения, не превышающей 50%. Почвообразующая порода представляет собой гипсовый или карбонатно-гипсовый рыхлый пылеватый субстрат палео-светло-серого цвета, который на разной глубине (30-80 см и более) сменялся плотными гипсами. Сухоторфяные горизонты имели потерю от прокаливания более 40%. Реакция почвенной среды в органогенных горизонтах варьировала от кислой ($pH=3,5-4,2$) до нейтральной (7,1-7,3), а в рыхлой породе была нейтральной или слабощелочной ($pH=7,2-8,7$). Содержание карбонатов в почвенном профиле изменялось в широких пределах. В отдельных разрезах сухоторфяной горизонт содержал лишь «следы» карбонатов, в других их содержание достигало 18% от веса почвы. Минеральный горизонт мог состоять практически только из гипса, либо содержать до 23% карбонатных солей.

В сходных условиях на территории резервата описаны два сухоторфяно-литозема с погребенным профилем: TJca,cs-Cca,cs-[TJca,cs]-Cca,cs-Mca,cs, у которых мощность погребенных сухоторфяных горизонтов составляла 6 и 31 см.

Таким образом, на одинаковых почвообразующих породах в сходных условиях рельефа были описаны разные типы почв. По-видимому, при развитии разных почв на гипсах определяющими специфику почвообразования стали биоклиматические условия. В лесостепной зоне под травянистым покровом на элювии гипсов

образовались темногумусовые почвы. В условиях южной тайги под лесной растительностью гумусовый горизонт не образуется, происходила консервация растительного опада с формированием сухоторфяно-литоземов.

Литература

1. Классификация и диагностика почв России / Авторы и составители: Л.Л. Шишов, В.Д. Тонконогов, И.И. Лебедева. Смоленск: Ойкумена, 2004. 342 с.
2. Чернов В.П. Дерново-карбонатные почвы Пермской области, сформированные на элювии гипса // Тр. Перм. сельскохоз. ин-та им. акад. Д.Н. Прянишникова. Пермь, 1973. Т. 101. С. 41–49.
3. Drohan P.J., Farnham T.J. Protecting life's foundation: A proposal for recognizing rare and threatened soils // The Soil Science Society of America Journal. 2006. 70. P. 2086–2096.
4. Staff guidance on national interest – soils [Электронный ресурс] URL: <http://www.snh.gov.uk/docs/A465864.pdf> (дата обращения: 05.10.2014).
5. World reference base for soil resources 2014, update 2015 International soil classification system for naming soils and creating legends for soil maps. World Soil Resources Reports. No. 106. FAO, Rome. 203 p.

O.Z. Eremchenko, I.E. Shestakov, V.Y. Ushakov
Perm State National Research University, Perm, Russia
e-mail: eremch@psu.ru

PROPERTIES OF SOILS ON GYPSUM ELUVIUM IN THE PERM KRAI

Abstract. Dark humus soils formed in the forest-steppe zone under the grass cover on the eluvium of gypsum. Conservation of plant litter occurred in conditions of the Southern Taiga under forest vegetation. Dried peat lithozems formed on the surface and gypsum eluvium.

Keywords: *gypsum, lithogenic soils, soil morphology, soil properties, soil systematics.*

References

1. Classification and diagnostics of soils in Russia / Avtory i sostaviteli: L.L. Shishov, V.D. Tonkonogov, I.I. Lebedeva. Smolensk: Ojkumena, 2004. 342 s.
2. Chernov V.P. Sod-carbonate soils of the Perm Oblast formed on gypsum eluvium // Tr. Perm. selskohoz. in-ta im. akad. D.N. Pryanishnikova. Perm, 1973. T. 101. p. 41–49
3. Drohan P.J., Farnham T.J. Protecting life's foundation: A proposal for recognizing rare and threatened soils // The Soil Science Society of America Journal. 2006. 70. P. 2086–2096
4. Staff guidance on national interest – soils [Электронный ресурс] URL: <http://www.snh.gov.uk/docs/A465864.pdf>.
5. World reference base for soil resources 2014, update 2015 International soil classification system for naming soils and creating legends for soil maps. World Soil Resources Reports. No. 106. FAO, Rome. 203 p.

УДК 631. 434

Л.С. Ермакова, Е.С. Лобанова
ФГБОУ ВО Пермский ГАТУ, Пермь, Россия
e-mail: evgeniyalobanova83@mail.ru

МИКРОАГРЕГАТНЫЙ СОСТАВ ПОЧВ ПЕРМСКОГО КРАЯ

Аннотация. Для оценки оструктуренности дерново-подзолистых, дерново-бурых, дерново-глеевых и дерново-карбонатных почв Пермского края использован их микроагрегатный состав. Изученные почвы характеризуются удовлетворительной и неудовлетворительной микрооструктуренностью, удовлетворительной и слабой микроагрегированностью.

Ключевые слова: *фактор дисперсности, степень агрегированности, дерново-подзолистые почвы.*

Почвы Пермского края формируются под воздействием промывного типа водного режима, на склонах разной крутизны [2]. В таких условиях активно развиваются эрозионные процессы [5, 7]. При оценке эрозионной устойчивости почв, их способности к структурообразованию используется и данные микроагрегатного состава [1, 8], также микроагрегатный состав обуславливает потенциальное и актуальное плодородие [3, 6], оказывает влияние на агрономические свойства почвы [4].

Изучение микроагрегатного состава проводилось в дерново-подзолистых, дерново-бурых, дерново-глеевых и дерново-карбонатных почвах Пермского и Сивинского районов Пермского края, определенного по методу Н.А. Качинского [8].

В почвах Пермского края в микроагрегатном составе преобладают агрегаты размером 1-0,05 мм (40-70%). Минимальное содержание микроагрегатов < 0,001 мм (0,3 – 4,0%), что соответствует литературным данным и говорит о вовлечении илистой фракции в структурообразование почв и Пермского края [1, 8]. Количество агрегатов < 0,01мм зависит от гранулометрического состава почв, так в среднесуглинистых почвах находится в интервале 9,4 – 10,7%, в глинистых и тяжелосуглинистых почвах увеличивается до 29% (Таблица).

Установлена хорошая микрооструктуренность в дерново-глеевых почвах (Кд 16,4, 21,6), а также в дерново-карбонатной несмытой почве Сивинского района, что свидетельствует, о их более высокой оструктуренности и устойчивости (Таблица).

Дерново-подзолистые, дерново-бурая и дерново-карбонатная смытая почвы характеризуются удовлетворительной (Кд 27-28) и неудовлетворительной микрооструктуренностью (Кд 51).

При оценке степени агрегированности по Бейверу выявлено, что почвы Сивинского района характеризуются высокой и хорошей микроагрегированностью (Аг 70-86%), в сравнении с почвами Пермского района, которые обладают в основном удовлетворительной и слабой микроагрегированностью (Аг 64-39%). При математической обработке установлена средняя обратная корреляционная зависимость фактора дисперсности со степенью агрегированности ($r = - 0,56$).

Таблица

Микроагрегатный состав в пахотном слое почв Пермского края

Почва, район	Размер микроагрегатов, мм; содержание%						Сумма < 0,01 мм, %	Кд,%	Аг,%
	1-0,25	0,25-0,05	0,05-0,01	0,01-0,005	0,005-0,001	< 0,001			
П ^Д ₁ ГП, Сивинский	11,1	52,3	22,6	4,8	7,7	1,5	14,0	27,0	71,5
П ^Д ₃ СП, Пермский	17,8	45,6	27,0	5,5	2,8	1,4	9,7	19,0	64,3
ДК ^в ₁ ГЭ ₅ , Сивинский	27,0	40,0	20,9	5,1	4,9	2,1	12,1	18,6	86,1
ДК ^в ₁ ТЭ ₅₁ , Пермский	11,2	61,0	16,4	5,8	5,3	0,3	11,4	28,0	48,0
Д ^в ₂ СД, Сивинский	20,4	47,6	21,2	5,6	3,8	1,3	10,7	16,4	69,6
Д ^в ₂ ТД, Пермский	1,9	34,3	38,7	10,8	14,4	4,0	29,2	21,6	39,4
ДБ ^{оп} ГЭ ₁ , Пермский	1,1	39,3	45,6	5,6	6,3	2,1	14,0	51,2	44,0

Примечание: Кд - фактор дисперсности по Н.А. Качинскому,%; Аг - степень агрегированности по Бейверу,%

Таким образом, на основании микроагрегатного состава изучаемых почв можно сделать вывод, что почвы Сивинского района более оструктурены и эрозионноустойчивы. Смывные и оподзоленные почвы Пермского края нуждаются в проведении мероприятий по улучшению их микроагрегатного состояния.

Литература

1. Качинский Н.А. Механический и микроагрегатный состав почвы, методы его изучения. М.: изд-во Академии наук СССР, 1958. 193.
2. Коротаев Н.Я. Почвы Пермской области. Пермь. 1962. 280с.
3. Макарычев С.В., Зайкова Н.И. Агрофизические особенности орошаемых черноземов правобережья р. Оби. // Вестн. Алтайского гос. аграр. ун-та. 2014. №2. С. 40-45.
4. Рамазанова Ф.М. Влияние промежуточных посевов кормовых культур на агрофизические показатели орошаемых почв сухой субтропической зоны Азербайджана // Российская сельскохозяйственная наука. 2017. № 4. С. 47-50.
5. Самофалова И.А. Влияние способов основной обработки на структурно-агрегатный состав дерново-подзолистой почвы в нечерноземной зоне // Земледелие. 2019. № 1. С. 24-28.
6. Синещиков В.Е., Слесарев В.Н., Ткаченко Г.И., Дудкина Е.А. Гранулометрический состав и микроагрегатный состав черноземов выщелоченных при минимизации основной обработки. // Сибирский вестник с/х науки. 2017. Т. 47. № 1. С. 18-24.
7. Скрябина О.А. Водная эрозия почв и борьба с ней. Пермь : Пермское кн. изд-во, 1990. 246 с.
8. Шейн Е.В. Курс физики почв. М.: Изд-во МГУ. 2005. 432 с.

L.S. Ermakova, E.S. Lobanova
Perm State Agro-Technological University, Perm, Russia
e-mail: evgeniyalobanova83@mail.ru

MICROAGGREGATE COMPOSITION OF SOILS OF THE PERM KRAI

Abstract. Microaggregate composition of sod-podzolic, sod-brown, sod-gley and sod-carbonate soils of the Perm Krai was used for their texture assessment. The studied soils have satisfactory and unsatisfactory microstructure, satisfactory and weak microaggregation.

Keywords: dispersion factor, degree of aggregation, sod-podzolic soils.

References

1. Kachinsky N.A. Mechanical and microaggregate composition of soil, methods for its study. M.: publishing house of the Academy of Sciences of the USSR, 1958. 193.
2. Korotaev N.Ya. Soils of the Perm Oblast. Permian. 1962.280 p.
3. Makarychev S.V., Zaykova N.I. Agrophysical features of irrigated chernozems on the right bank of the Ob river. // Vestn. Altai state. agrarian. un-that. 2014. No2. S. 40-45.
4. Ramazanova F.M. The effect of intermediate seedings of fodder crops on the agrophysical indicators of irrigated soils of the dry subtropical zone of Azerbaijan // Russian Agricultural Science. 2017. No. 4. P. 47-50.
5. Samofalova I. A. Influence of Tillage Methods on Structural and Aggregate Composition of Sod-Podzolic Soil in the Non-Chernozem Zone. Zemledelije. 2019. No. 1. Pp. 24–28 (in Russ.). DOI: 10.24411/0044-3913-2019-10107.
6. Sineshchekov V.E., Slesarev V.N., Tkachenko G.I., Dudkina E.A. Granulometric composition and microaggregate composition of leached chernozems during minimizing the main tillage. // Sib. Vestn. agricultural science. 2017.V. 47. No. 1. P. 18-24.
7. Scriabin O.A. Water erosion and soil control. Perm: Perm book Publishing House, 1990.246 s.
8. Shein E.V. Course in soil physics. M.: Publishing House of Moscow State University. 2005.432 s.

Е.В. Жангуров

Институт биологии Коми НЦ УрО РАН, Сыктывкар, Россия

e-mail zhan.e@mail.ru

РАЗНООБРАЗИЕ И ДИАГНОСТИКА КРИОГЕННЫХ ПРОЦЕССОВ В ПОЧВАХ ГОРНОЙ КАТЕНА ПРИПОЛЯРНОГО УРАЛА

Аннотация. Представлен анализ элементарных почвообразовательных процессов, протекающих в длительно-сезонно-промерзающих и мерзлотных почвах Приполярного Урала. Выявлено, что особенности внутрипрофильного распределения отдельных групп минералов связаны с их интенсивным внутрипочвенным криогенным выветриванием в верхних горизонтах, сопровождающимся переходом из крупных в более мелкие фракции.

Ключевые слова: Приполярный Урал, криогенные процессы, внутрипочвенное выветривание, мерзлотные почвы, классификация почв

В конце XX – начале XXI века в связи с нарастающим глобальным потеплением климата значительно возрос научно-практический интерес к исследованиям мерзлотных (в т.ч. длительно-сезонно-промерзающих) почв. На Северо-Востоке европейской части России рассматриваемые почвы распространены достаточно широко и охватывают ландшафты северной тайги, лесотундры и тундры, а также западные макросклоны Полярного и Приполярного Урала. Суровые климатические условия рассматриваемого Субарктического пояса (отрицательные значения среднегодовой температуры воздуха, преобладание осадков над испаряемостью и т.д.) определяют активное развитие процессов криогенного массообмена, невысокую теплообеспеченность почв, низкую продуктивность растительности. Различные криогенные процессы, накладываясь на зональные процессы почвообразования, в значительной степени определяют свойства и строение различных уровней структурной организации формирующихся почв [3]. Наряду с широкими теоретическими обобщениями различных типов почв криолитозоны равнинных ландшафтов, почвы горных экосистем Приполярного Урала (формирование, свойства, классификационно-таксономическое разнообразие и т.д.) остаются слабоисследованными.

Цель работы – на основании сравнительного исследования морфологических и физико-химических свойств, специфики минерального состава песчаных фракций мелкозема выявить криогенные процессы в почвах сопряженных в геохимически подчиненных ландшафтов в пределах горной катены.

Исследования проведены маршрутным методом в горной ландшафтной зоне Приполярного Урала в северной части Национального парка «Югыд ва». В качестве основных методов при проведении экспедиционных работ применялись сравнительно-географический и почвенно-катенарный. Химические и физико-химические показатели исследуемых типов почв проводили по общепринятым (аттестованным) методикам. Минералогический состав песчаных фракций (1.0-0.25 мм и 0.25-0.1 мм) определяли оптическим иммерсионным методом с помощью поляризационного микроскопа и бинокля, а также с помощью сканирующего электронного микроскопа Tescan Vega3 с энергодисперсионным микроанализатором элементного состава. Номенклатура и классификация почв дана согласно «Полевому определителю почв России» [2]. Район исследований относится к южной границе современной криолито-

зоны в зоне распространения массивно- и редкоостровных многолетнемерзлых льдистых пород, которые преимущественно встречаются в нижних частях слабодренированных аккумулятивных участков склонов [1].

Объектами исследований были выбраны 3 опорных разреза, заложенных покатене в различных ландшафтных условиях на склоне юго-восточной экспозиции хребта Малдынырд.

Разрез № 10 заложен в верхней части склона хребта Малдынырд под листовничником. Абсолютная высота 550 м. Почва: подзол иллювиально-железистый. Строение профиля: O (0-14 см) – E (14-40 см) – BF (40-55 см) – BC (55-60 см). Почвообразующие породы представлены элювиально-делювиальной обильно щебнистой толщей продуктов разрушения и переотложения риолитов, кварц-серицитовых и кварц-мусковитовых сланцев. Глубина подстилания горных пород – с 20-30 см.

Разрез № 22 заложен в средней пологой части склона с крутизной 3-5° на относительно однородных легко-среднесуглинистых отложениях, подстилаемых с глубины 55-60 см щебнисто-глыбистой толщей кварц-мусковитовых сланцев, риолитов и кварцитов. Абс. высота 500 м. Почва: светлосзем иллювиально-железистый. Строение профиля: очес(0-3 см) – O(F+H) (3-6 см) – Ehi (6-14 см) – BF (14-27 см) – CRM (27-37 см) – BCcm (37-55 см) – C (55-70 см). Отличительной особенностью светлосземов является наличие специфически оструктуренного срединного горизонта CRM – с рассыпчатой комковато-ореховатой, местами угловато-крупитчатой структурой с горизонтальной делимостью почвенной массы [2].

В нижней части профиля в условиях пологих и слабопокатых предгорных равнин описаны безлесные участки тундровых сообществ, которые окружены елово-лиственничными лесами. Формирующиеся в этих условиях почвы относятся к типу глееземов криогенно-ожелезненных мерзлотных (разрез 25-с). Строение профиля: O (0-6 см) – G/Gcf (6-20 см) – BG (20-40 см) – BCg↓ (40-55 см ... ↓) – многолетнемерзлые породы (ММП). В почвенном профиле в течение всего года сохраняется многолетняя мерзлота, верхняя граница которой залегает на глубине 55-60 см и служит водупором. Мощность сезонно-талого слоя (СТС) составляет от 35 до 55 см и во многом зависит от мощности органогенных горизонтов.

В зависимости от характера почвообразующих пород исследуемые почвы можно отнести к двум морфогенетическим группам: 1) свободного внутрипочвенного дренажа (подзолы и светлосезмы); 2) затрудненного дренажа (глееземы).

В почвах первой группы результате промывного (провального для подзолов) водного режима промерзание происходит быстро; из-за малой увлажненности образуется малольдистая (так называемая «сухая мерзлота»). Процессы криогенного массообмена не получают развития (табл.), основное влияние сезонного промерзания «записано в почвенном профиле» в виде дезинтеграции щебня и криогенного выветривания мелкозема (процессы физического раздробления твердой фазы). В светлосезмах, формирующихся на суглинистых породах в результате многократных длительных процессов промерзания/оттаивания на всех уровнях (мезо-, макро-, микро) структурной организации отчетливо выражены процессы криогенного оструктуривания мелкозема (комковато-ореховато-угловатые отдельности, образующие линзовидно-слоистые горизонты в средней и нижней части почвенного профиля).

Сравнительная оценка проявления элементарных почвообразовательных процессов в объектах исследований*

Процессы	Почвы		
	Подзол иллювиально-железистый	Светлозем иллювиально-железистый	Глеезем (торфяно-глеезем) криогенно-железистый
Метаморфизм органического вещества			
Поступление и трансформация органических остатков	+++	+++	+++
Гумификация	++	++	++
Миграция продуктов гумификации	++	++	+
Метаморфизм минерального вещества			
Дезинтеграция	+	+++	+++
Альфегумусовое подзолообразование	+++	+++	-
Восстановленный глей	-	-	+++
Окисленный глей	-	-	+++
Криогенез			
Криотурбации	-	-	+++
Криогенное оструктуривание	-	+++	+
Криогенное выветривание	+	++	+++
Криогенная сортировка	-	-	+++
Вымораживание щебня	-	-	+++
Криогенное ожелезнение	-	-	+++

Примечание: * экспертная оценка степени выраженности признака:

+ - слабо; ++ средне; +++ - хорошо выражен; - - отсутствует.

Почвы второй морфогенетической группы (глееземы и торфяно-глееземы криогенно-ожелезненные) формируются в условиях затрудненного дренажа, горизонт льдистой мерзлоты замыкает почвенный профиль, который отчетливо дифференцирован как по морфологическому строению, так и по физико-химическим свойствам. Непосредственно под органометным горизонтом сформирован обедненный железом сизый (сизо-голубой) горизонт G, который имеет сверху охристо-ржавую тонкую (0.5-10 мм) прослойку (микроподгоризонт Gcf) с повышенным содержанием оксалат- и дитионит-растворимых форм соединений железа. С глубины 20 см встречаются включения тонкошлировой криотекстуры с признаками криотурбаций в виде погребенных фрагментов органического материала (содержание Собщ. в турбированном горизонте 2.2%; в соседних морфонах нетурбированной части – 0.7%). Нижележащая толща мерзлотной части отличается очень плотным (твердым) строением, с постепенным увеличением дресвы и мелкого щебня [1]; через 10-15 минут после закладки разреза в результате оттаивания мерзлотных линз (в том числе различных криотекстур) – нижняя часть разреза заполняется водой.

Анализ криогенного строения исследуемых профилей показал, что сезонно-талые горизонты непосредственно подстилаются высокольдистым слоем ММП. Образованию комплекса льдистых горизонтов, представляющих собой аналог переходного слоя, способствует литологическая неоднородность почвообразующих пород. Нижележащие многолетнемерзлые суглинки с большим количеством каме-

нистых включений (1-3 мм до 10 мм) характеризуются массивными и линзовидными криотекстурами. Криогенный массо- и влагообмен вызывает развитие процессов пучения, термокарста, криотурбаций, вымораживанию щебня и криогенной сортировке (табл.).

Характер внутриверхушного распределения минералов в составе тяжелой фракции в сравниваемых разрезах связан с особенностями криогенного внутриверхушного выветривания и в значительной степени определяется локальной седиментогенной неоднородностью почвообразующего материала. Выявлено, что в верхних горизонтах мерзлотных глееземов в условиях сильноокислой реакции среды (рН сол. 3.7-3.8), частой смены окислительно-восстановительного режима и колебаний температуры около 0° С происходит интенсивное разрушение относительно устойчивых минералов – анатаза, сфена, турмалина, ильменита и слабое накопление (<1%) их в нижних горизонтах с льдистой мерзлотой, слабозатронутых процессами выветривания и почвообразования.

Наряду с ярко выраженными криогенными процессами для глееземов, сопутствующими ЭПП для всего исследуемого ряда почв (разрезы 10, 22, 25-с) являются: метаморфизм органического вещества (поступление и трансформация растительных остатков, гумификация и миграция продуктов гумификации) и метаморфизм минерального вещества (дезинтеграция).

Сопоставление полученных результатов позволяет оценить современные тенденции развития большой и разнообразной группы ЭПП в почвах Приполярного Урала и провести сравнительный анализ проявления аналогичных процессов для других регионов криолитозоны, имеющих близкие ландшафтные и геоэкологические условия.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 18-35-00455 мол_а.

Литература

1. Жангуров Е.В., Дубровский Ю.А. Сравнительно-генетические особенности формирования мерзлотных глеевых почв на южной границе криолитозоны (Приполярный Урал) // Арктические исследования: от экстенсивного освоения к комплексному развитию: материалы I международной молодежной научно-практической конференции. Том 2. Сев. (Арктич.) федер. ун-т. Архангельск. 2018. С. 154-157.
2. Полевой определитель почв России. М., 2008. 182 с.
3. Элементарные почвообразовательные процессы: Опыт концептуального анализа, характеристика, систематика. / Отв. ред. Н.А. Караева, С.В. Зонн. М.: Наука. 1992. 184 с.

E.V. Zhangurov

Institute of Biology of the Komi Scientific Centre, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Syktyvkar, Russia

e-mail: zhan.e@mail.ru

DIVERSITY AND DIAGNOSTICS OF CRYOGENIC PROCESSES IN SOILS OF THE MOUNTAIN CATENA OF THE NETHER-POLAR URALS

Abstract. The analysis of elementary soil-forming processes which occur in long-term seasonally frozen and permafrost soils of the Nether-Polar Urals is presented. It is revealed that peculiarities of intra-depthwise distribution of single mineral groups is linked

to their intensive cryogenic soil weathering from upper soil horizons whereby they transit from coarse to fine fractions.

Keywords: the Nether-Polar Urals, cryogenic processes, soil weathering, permafrost soils, soil classification.

References

1. Zhangurov E.V., Dubrovsky Yu.A. Comparative genetic features of the formation of permafrost gley soils on the southern border of the cryolithozone (the Nether-Polar Urals) // Arctic studies: from extensive development to integrated development: proceedings of the I international youth scientific and practical conference. Volume 2. North (Arctic). un-t Arkhangelsk. 2018. P. 154-157.
2. Field determinant of Russian soils. M., 2008. 182 p.
3. Elementary soil-forming processes: experience of conceptual analysis, characteristics, systematics. / Ans. ed. ON. Karavaeva, S.V. Zonn. M.: Science. 1992. 184 p.

УДК 631.48

Е.В. Жангуров, Ю.А. Дубровский, В.В. Старцев, А.А. Дымов
Институт биологии Коми НЦ УрО РАН, Сыктывкар, Россия
e-mail zhan.e@mail.ru

ЭТАЛОННЫЕ И РЕДКИЕ ПОЧВЫ ПРИПОЛЯРНОГО УРАЛА НА ЮЖНОЙ ГРАНИЦЕ КРИОЛИТОЗОНЫ: МОРФОЛОГИЯ, СВОЙСТВА, КЛАССИФИКАЦИЯ

Аннотация. На основе профильно-генетического подхода проведена диагностика и определено классификационное положение ранее малоизученных почв Приполярного Урала. Региональные особенности исследованных почв заключаются в сочетании криогенного метаморфизма минеральной массы с альфегумусовым илювиированием (оподзоливанием) и выщелачиванием карбонатов со слабыми проявлениями партлювации и вымывания глинистого вещества (оглинивания) в нижней части профиля.

Ключевые слова: Приполярный Урал, почвообразующие породы, классификация почв

К наиболее ценным почвенным объектам, имеющим повышенную научно-практическую и биосферную значимость и требующим особого охранного статуса, относятся эталонные, редкие, уникальные и исчезающие почвы [4]. Почвы особо охраняемых природных территорий (ООПТ) в силу их формирования в условиях минимального воздействия антропогенного фактора являются теми «эталонами», которые могут служить образцами для сравнительной оценки затронутых техногенезом почв прилегающих территорий, прогнозирования скорости и основных трендов изменения почв под влиянием природных и антропогенных факторов [1, 5]. Основным критерием выделения редких почв является их приуроченность к малораспространенным почвообразующим породам, а уникальных – к редко встречающимся сочетаниям факторов почвообразования.

В ходе инвентаризации почв и почвенного покрова национального природного парка «Югыд ва» было выявлено значительное разнообразие почв, формирующихся в различных ландшафтно-геоморфологических условиях горно-лесного, подгольцового и горно-тундрового высотных поясов Приполярного Урала. Разнообразие фитоценозов, ландшафтно-геоморфологических условий, минералого-петрографических особенностей почвообразующих пород обуславливает высокое разнообразие почв, которое в настоящее время изучено недостаточно. Использование профильно-генетического подхода и принципов, реализованных в «Классификации

и диагностике почв России» (2004), позволило рассмотреть номенклатуру и классификационное положение выделенных почв с иных позиций, что значительно расширило представление о реально существующем почвенном разнообразии на уровне выделения новых типов и подтипов почв, ранее не изученных на исследуемой территории [2, 3].

Район исследований относится к зоне распространения массивно- и редко-островных многолетнемерзлых льдистых пород, которые встречаются преимущественно в нижних частях слабодренированных аккумулятивных участков склонов горно-тундрового и горно-лесного поясов (350–450 м над ур.м.).

Эталонные почвы – ненарушенные почвы, наиболее распространенных типов и подтипов, отвечающие характерным ландшафтам горно-лесного, подгольцового и горно-тундрового высотных поясов Приполярного Урала. В эту группу включены основные эталоны (отделы: альфегумусовых почв, глеевых почв, органо-аккумулятивных почв, текстурно-дифференцированных почв, криометаморфических почв, торфяных почв) и локальные эталоны (отделы: литоземы, глеевые почвы с близким подстиланием мерзлых пород, структурно-метаморфические почвы). Исследуемые типы и подтипы почв встречаются достаточно часто и занимают значительную долю площади рассматриваемого ареала в общей структуре почвенного покрова [2, 3]. В качестве почвообразующих пород представлены элювиальные и элювиально-делювиальные мелкоземисто-щебнистые продукты выветривания преимущественно кислых и метаморфических пород (гранитов, песчаников, сланцев).

Редкие почвы – формируются на малораспространенных почвообразующих породах и/или в необычных гидротермических условиях со сложной историей развития, отразившейся в строении профиля и свойствах почвы [1, 4]. В исследуемом нами регионе Приполярного Урала в эту группу относятся почвы из следующих отделов: стратоземы, слаборазвитых почв, криогенных почв, альфегумусовых почв, органо-аккумулятивных почв. Они образуют разорванные и локальные ареалы, создавая мелкоконтурные комплексы в общей структуре почвенного покрова. В качестве приоритетных объектов для подобных исследований нами были выбраны и исследованы почвы геологических памятников природы (ГПП) Приполярного Урала, которые представлены в ландшафте в виде живописных приречных скал (от 10 до 50 м и более в высоту и протяженностью 100–700 м), большей частью круто обрывающиеся в воду. На фоне относительно незначительных различий в климатических условиях и высотных отметок в рельефе, контрастное сочетание литологических и генетических типов слагающих пород, разнообразие растительного покрова определяют формирование здесь целого спектра «редких и уникальных» почв: карбопетроземов, перегнойно-криометаморфических, серогумусовых остаточно-карбонатных, подзолов (на карбонатных породах), в том числе различных пирогенных подтипов.

На основе профильно-генетического подхода проведена диагностика и определено классификационное положение ранее малоизученных почв Приполярного Урала, сформированных в различных ландшафтно-геоморфологических условиях. Дана морфологическая, физико-химическая и химическая характеристика исследуемых профилей почв. Региональные особенности исследованных нами почв заключаются в сочетании криогенного метаморфизма минеральной массы с альфегумусовым илювированием (оподзоливанием) и выщелачиванием карбонатов со

слабыми проявлениями партлювации и вымывания глинистого вещества (оглинивания) в нижней части профиля. Поверхностное, преимущественно напочвенное поступление растительного опада в лесах и редколесьях из *Larix sibirica*, его медленная минерализация обуславливают грубогумусность (торфянистость) органогенных горизонтов с широким молекулярным отношением C : N. В перспективе работу по выявлению редких, требующих особой охраны почв планируется расширить с целью составления «Кадастра особо ценных почв Приполярного Урала» и подготовки «Красной книги почв Республики Коми».

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 18-35-00455 мол_а.

Литература

1. Добровольский Г.В. и др. Почвенный покров охраняемых территорий. Состояние, степень изученности, организация исследований // Почвоведение. 2003. № 6. С. 645-654.
2. Дымов А.А., Жангуров Е.В. Разнообразие и генетические особенности почв Приполярного Урала // Пермский аграрный вестник. 2014. №3(7). С. 45-52.
3. Жангуров Е.В., Дубровский Ю.А., Дымов А.А. Характеристика почв и растительного покрова высотных поясов хребта Малды-нырд (Приполярный Урал) // Известия Коми НИЦ УрО РАН. 2012. № 4. С. 40-48.
4. Красная книга почв России: Объекты Красной книги и кадастра особо ценных почв / Науч. ред. Г.В. Добровольский, Е.Д. Никитин. М.: МАКС Пресс, 2009. 576 с.
5. Самофалова И.А. Почвы подгольцового пояса – уникальные объекты для включения в Красную книгу почв Пермского края // Актуальные проблемы сохранения биоразнообразия в регионах Российской Федерации. Красная книга как объект экологической экспертизы: материалы межрегиональной научно-практической конф. (Пермь, 27-29 октября 2015 г.) / Пермский гос. нац. Исслед. Ун-т. Пермь, 2015. С. 59-63.

E.V. Zhangurov, Yu. A. Dubrovskiy, V.V. Startsev, A.A. Dymov
Institute of Biology of the Komi Scientific Centre of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Syktyvkar, Russia
e-mail: zhan.e@mail.ru

REFERENCE AND RARE SOILS OF THE NETHER-POLAR URALS ON THE SOUTHERN BORDER OF CRYOLITHOZONE: MORPHOLOGY, PROPERTIES, CLASSIFICATION

Abstract. Diagnostics of previously insufficiently studied soils of the Nether-Polar Urals was carried out and their classification position was determined on the basis of the profile-genetic approach. Regional features of studied soils combine cryogenic metamorphism of mineral mass with Al-Fe-humus illuvium (podzolization) and leaching of carbonates with weak partluation and inwash of clay substance (argillization) in the lower part of the profile.

Keywords: the Nether-Polar Urals, soil-forming rocks, soil classification.

References

1. Dobrovolsky G.V., Matekina N.P., Chernova O.V., Bykova E.P. Soil cover of protected territories. Environmental status, current state of knowledge, and research organization // Eurasian Soil Science. 2003. T. 36. № 6. P. 577-585.
2. Dymov A.A., Zhangurov E.V. Diversity and genetic characteristics of soils of the Nether-Polar Urals // Perm Agrarian Journal. 2014. №3(7). P. 45-52.
3. Zhangurov E.V., Dubrovsky Yu.A., Dymov A.A., Characteristics of soil and vegetation cover of the altitudinal belts of the Maldy-Nyrd ridge (the Nether-Polar Urals) // Proceedings of the Komi Science Centre of the Ural Division of the Russian Academy of Sciences. 2012. № 4. P. 40-48.
4. Red Book of Russian Soils: Objects of the Red Book and Cadastre of Especially Valuable Soils / Nauch. ed. G.V. Dobrovolsky, E.D. Nikitin. M.: MAKS Press, 2009. 576 p.
5. Samofalova I.A. Soils of the subalpine belt – unique objects for inclusion in the Red Book of Soils of the Perm Territory // Actual problems of biodiversity conservation in the regions of the Russian Federation. The Red Book as an Object of Environmental Expertise: Materials of the Interregional Scientific and Practical Conf. (Perm, October 27-29, 2015) / Perm State. nat. Issled. Un-t. Perm, 2015.P. 59-63.

А.И. Исмаилов, М.П. Бабаев, С.М. Гусейнова
Институт Почвоведения и Агрохимии
Национальной Академии Наук Азербайджана
E-mail:amin_ismayilov@mail.ru

МЕСТО ОСНОВНЫХ ПОЧВЕННЫХ ТАКСОНОВ АЗЕРБАЙДЖАНА В МЕЖДУНАРОДНОЙ СИСТЕМЕ

Аннотация. Изучение и исследование Азербайджанских почв всегда были в первых рядах Советского Союза. Почвы Азербайджана были хорошо изучены, и с 30-го года была создана классификация почв. Многие ученые дали свои классификации. Некоторые из основных типов почв в классификации почв Азербайджана были сопоставлены с Международной системой классификации почв. Эта работа в настоящее время продолжается.

Ключевые слова: классификация почв, таксоны, международная систематика, WRB.

В 1960-х годах в связи с работами по международному проекту создания Почвенной карты мира масштаба 1:5 000 000 были предприняты первые усилия по созданию международной систематики почв. На первых порах не стояла задача создания общей схемы классификации почв мира, но вопрос о систематике почв встал в связи с разработкой легенды к карте, в основу которой был положен систематический список, охватывающий все многообразие известных почв мира. В списке, опубликованном в 1974 г., были выделены **26 почвенных групп**, включающих **106 почвенных единиц**. Эта система успешно использовалась до последнего времени в международном сотрудничестве по почвоведению. Однако в связи с начатым обновлением почвенной карты система была частично пересмотрена и дополнена. В опубликованном в 1987 г. новом систематическом списке выделено **27 почвенных групп и 144 почвенных единиц [10]**.

В основу этого списка положена идея о типах почв и типах почвообразования русско-европейской школы. Диагностика конкретных почвенных единиц была взята в значительной степени из современной школы США. Главные группы почв характеризуются тем или иным почвенным процессом, т. е. характеризуются генетически [2].

По инициативе ЮНЕП и при поддержке ФАО, ЮНЕСКО, Международного общества почвоведов была начата работа по созданию Международной реферативной базы почвенной классификации. С 1980 по 1987 гг. были проведены рабочие совещания ученых по согласованию основных принципов такой системы. Было признано, что международная классификация почв должна обобщать современные знания о почвах и служить средством их характеристики и идентификации в той же мере, как и для передачи информации об их распределении в различных ландшафтах, регионах, о свойствах как среды обитания растений, т. е. служить как научным, так и практическим целям. Соответственно группировка почв должна строиться по свойствам, отражающим процессы почвообразования, а поскольку каждый аспект почвообразования связан с комплексом свойств, имеется возможность исчерпывающей характеристики почв малым числом параметров. На состоявшемся

в 1992 году рабочем совещании в Монпелье было принято решение о слиянии деятельности комиссии по разработке Международной реферативной базы (WRB) и рабочей группы ФАО по созданию Мировой почвенной карты, о чём было объявлено на XV конгрессе почвоведов в Акапулько (Мексика) в 1994 г. Эта объединенная программа получила название «Мировая реферативная база» (WRB) и стала официальной преемницей WRB, но разрабатываемой на базе обновленной легенды ФАО [8, 10].

Главной задачей WRB стало подведение научного базиса под пересмотренную легенду ФАО 1990 г. с тем, чтобы внедрить последние достижения, касающиеся изучения почв мира и взаимосвязей между ними.

Высшая таксономическая категория не была характерна для классификации почвенной школы азербайджанской науке. При классификации виды и низкие таксономические категории хорошо изучены, а высшие таксономические категории - можно считать неисследованными. Территории Азербайджана небольшая, и поэтому при исследовании почв классификация оставалась на уровне типа [3]. Изучение и исследование Азербайджанских почв всегда были в первых рядах Советского Союза. Азербайджанская школа почвоведения была принята и признана выдающимися учеными за пределами нашей страны. Это показывает, что научные исследования, проводимые учеными республики, являются всеобъемлющим и имеет богатую информацию. При таких обстоятельствах нет необходимости доказывать актуальность автоматизированной информационной системы и создание банка данных как неотъемлемой части этой системы.

Впервые классификация почв в Азербайджане была создана под руководством проф. С. Захарова (1927). В дальнейшем В.П.Смирнов-Логоинов, Н.А. Димо, Л.Н. Нойн и другие улучшили классификацию [3]. В классификации азербайджанских почв в основном принимаются современные режимные процессы, предусматривая почвенные свойства и почвообразовательные факторы.

Известный азербайджанский ученый, академик В.Р. Волобуев написал фундаментальные работы по классификации и диагностике почв. Он в своих работах изучал основы классификации почв и одновременно исследовал использование координатного метода в диагностике [4].

Профессор М. Салаев предложил новую классификацию, охватывающую высшие и низкие таксоны почв в своей монографии «Диагностика и классификация почв Азербайджане». Опытный ученый разработал подробные диагностические, морфологические и физико-химические свойства каждого типа и подтипа почв [7]. Профессор Ш.Х.Гасанов изучил большую часть территории Азербайджана и проанализировал типы, подтипы и низкие таксоны почв. На основании результатов многочисленных исследований ученый предложил схемы классификации почв юго-запада Азербайджана [5]. М.П.Бабаевым на основании анализа почвообразовательных процессов при орошении сухих субтропиков была предложена классификация орошаемых почв Кура-Аразской низменности [1].

При составлении диагностики таксонов используется генетический профиль почвы, которая отличается от предыдущей классификации, основанной на почвообразовательных процессах и факторах.

В структуре классификации почв Азербайджана особое место отводится основным принципам классификации, характеристикам таксономических единиц, диагностике генетических горизонтов, генетическим признакам и морфогенетиче-

ским показателям естественных и антропогенных почв. Классификация почв Азербайджана основана на принципе генетического профиля. Азербайджанская классификация почва состоит из 3-х классов, 15 отделов, 37 типов, 90 подтипов, 146 родов, 388 видов, 140 разновидностей, 157 рядов, 47 вариантов. Это разнообразие создает обширную информацию о почвах и позволяет провести корреляцию с международными аналогами. В связи с этим, сравнительный анализ национальной системы классификации почв с международной системой классификации почв имеет большое научное и практическое значение [2]. Учитывая это, некоторые из основных типов почв в классификации почв Азербайджана были сопоставлены с Международной системой классификации почв. И эта работа в настоящее время продолжается. Названия почв не могут быть «переведены» из одной классификационной системы в другую. В данный момент классифицированные почвы Азербайджана должны быть заново определены по WRB [6].

Последняя версия Всемирной реферативной базы по почвенным ресурсам (WRB) была принята в качестве международной системы классификации почв для обозначения почв и создания легенд для почвенных карт. Это, наряду с национальными классификациями почв во всем мире, развитие Международной классификации почв превращается в одну из актуальных проблем почвоведения. Важно адаптировать систему WRB для интеграции почв Азербайджана в мировое почвоведение.

Классификация состоит из трех этапов. Шаг первый – определение диагностических горизонтов, свойств и материалов. Можно провести предварительную классификацию почвы в полевых условиях, но окончательная классификация может быть проведена после лабораторных анализов почв.

Шаг второй – выделение почвы для контрольной группы почв. Чтобы определить почву для соответствующей контрольной группы почв (RSG). Согласно с WRB в Азербайджане существует 15 эталонных почвенных групп: Anthrosols, Technosols, Leptosols, Solonchaks, Gleysols, Chernozems, Kastanozems, Phaeozems, Umbrisols, Acrisols, Calcisols, Lixisols, Luvisols, Cambisols, Fluvisols.

Шаг третий – отличить отборочные показатели.

Литература

1. Бабаев М.П. Орошаемые почвы Кура-Араксинской низменности и их производительная способность. Баку “Элм”, 1984. 175 с.
2. Бабаев М.П. Гасанов В.Г., Джафарова Ч.М, Гусейнова С.М. Морфогенетическая диагностика, номенклатура и классификация почв Азербайджана. Баку: Элм, 2011. 452 с.
3. Бабаев М.П., Исмаилов А.И., Гусейнова С.М. Интеграция Азербайджанской национальной классификации почв в международную систему Баку: “Элм”, 2017. 272 с.
4. Волобуев В.Р. Системы почв мира. Баку: “Элм”, 1973. 307 с.
5. Гасанов Ш.Г. Генетические особенности и бонитировка почв юго-западного Азербайджана. Баку: Элм, 1978, 220 с.
6. Гусейнова С.М, Джафарова Ч.М., Джафаров А.М. Горно-коричневые почвы южного склона Большого Кавказа. Известия высших учебных заведений, Северо-Кавказский регион, Естественные науки. 2019. №1. С. 56-67.
7. Салаев М.Э. Диагностика и классификация почв в Азербайджане. Баку: «Элм», 1991, 239 с.
8. Самофалова И.А. Современные проблемы классификации: учебное пособие. М-во сельского хозяйства РФ, ФГБОУ ВПО Пермская ГСХА. Пермь: Изд-во ФГОУ ВПО Пермская ГСХА, 2013. 171 с.
9. Mammadov Q.Sh., Babayev M.P., Ismayilov A.I. The correlation of Azerbaijan soil classification to the WRB system. Ваку:Elm, 2002, 250 p.
10. World reference base for soil resources 2014. International soil classification system for naming soils and creating legends for soil maps Update 2015 P. 10-11.

A.I. Ismailov, M.P. Babaev, S.M. Guseinova
Institute of Soil Science and Agrochemistry of the National Academy of Sciences of
Azerbaijan
e-mail: maharram-babayev@rambler.ru

THE PLACE OF THE MAIN SOIL TAXONS OF AZERBAIJAN IN THE INTERNATIONAL SYSTEM

Abstract. The study and research of Azerbaijani soil has always been in the forefront of the Soviet Union. Azerbaijan soils have been well studied and the soil classification was established from the 30th year. Many scientists gave their classifications. Some of the main soil types in the soil classification of Azerbaijan were compared with the International Soil Classification System. This work continues to the present time.

Keywords: soil classification, taxonomy, international systematics, WRB.

References

1. Babaev M.P. Irrigated soils of the Kura-Araz lowland and their productive capacity. Baku "Elm", 1984. 175 p.
2. Babaev M.P., Gasanov V.H., Dzafarova Ch.M., Guseinova S.M. Morphogenetic diagnostics, nomenclature and classification of Azerbaijan soils. Baku: Elm, 2011. 452 p.
3. Babaev M.P., Ismailov A.I., Guseinova S.M. Integration of the Azerbaijan National Soil Classification into the international system. Baku: "Elm", 2017. 272 p.
4. Volobuev V.R. Soil systems of the world. Baku: "Elm", 1973. 307 p.
5. Gasanov Sh.G. Genetic features and assessment of soils in southwestern Azerbaijan. Baku: Elm, 1978. 220 p.
6. Guseinova S.M., Dzafarova Ch.M., Dzafarov A.M. Mountain cinnamonic soils of the southern slope of the Greater Caucasus. News of higher educational institutions, North Caucasus region, Natural Sciences, 2019, No. 1. P. 56-67.
7. Salaev M.E. Diagnostics and classification of soils in Azerbaijan. Baku: Elm, 1991. 239 p.
8. Samofalova I.A. Modern problems of classification: a training manual. M-in agriculture of the Russian Federation, FSBEI HPE Perm State Agricultural Academy. Perm: Publishing House of Federal State Educational Institution of Higher Professional Education Perm State Agricultural Academy, 2013. 171 p.
9. Mammadov Q.Sh., Babaev M.P., Ismailov A.I. The correlation of Azerbaijan soil classification to the WRB system. Baku: Elm, 2002. 250 p.
10. World reference base for soil resources 2014/ International soil classification system for naming soils and creating legends for soil maps Update 2015. P. 10-11.

УДК631.48 (572)

А.А. Козлова
ФГБОУ ВО ИГУ, Иркутск, Россия
e-mail: allak2008@mail.ru

ОСОБЕННОСТИ ГЕНЕЗИСА, ЭВОЛЮЦИИ ПОЧВ ЮЖНОГО ПРЕДБАЙКАЛЬЯ

Аннотация. Расчлененный рельеф и локальные климатические особенности Южного Предбайкалья (влияние сибирского антициклона, значительное распространение многолетней мерзлоты, недостаточная теплообеспеченность) способствуют тому, что на ограниченной площади можно встретить различные почвы: от таежных, на многолетней мерзлоте, до лесостепных и степных. Они имеют резко отличные от Европейских аналогов свойства, что обусловлено особенностями их генезиса и эволюции.

Ключевые слова: особенности почвообразования, специфика свойств и режимов почв, региональные почвы, разнообразие почвенного покрова

Постановка проблемы. Территория Южного включает Иркутско-Черемховскую равнину и южную часть Предбайкальской впадины, представляющие собой краевые прогибы Сибирской платформы и составляющие нижнюю ступень поясности гор [1]. Своеобразие природной среды (рельефа, горных пород, климата, растительности) региона, обусловлено сложной историей развития и современными особенностями. Неоднородность литогенной основы, различная крутизна и экспозиция склонов, охлаждающе-отепляющее влияние водной массы Байкала на прибрежную территорию, наличие сезонной мерзлоты и многолетнемерзлых пород предопределяют формирование контрастных ландшафтов региона и, соответственно, сложного, разнообразного почвенного покрова. Это способствовало развитию своеобразных черт в региональных почвах, заметно отличающих их от Европейских аналогов.

Согласно почвенно-географическому районированию Предбайкалья [7], территория исследования относится к округу Иркутско-Черемховской равнины и южной части Предбайкальской впадины Среднесибирской равнинно-плоскогорной провинции. В почвенном покрове присутствуют типы почв, свойственные как таежным территориям, так и лесостепи и степи. Почвообразование здесь происходит на рыхлых отложениях большей мощности при пониженном увлажнении, возращании теплообеспеченности и при значительном участии травянистой растительности. Поверхности водоразделов и приводораздельные территории Южного Предбайкалья занимают дерново-подзолистые, дерновые лесные, серые лесные и дерново-карбонатные почвы. Черноземы лесостепных и степных ландшафтов региона не образуют крупных массивов, а располагаются участками в нижних частях склонов и древних террасах, чередуясь с серыми лесными и лугово-черноземными почвами. Общей чертой специфичной для региона, можно считать низкий энергетический уровень почвообразования, небольшие различия в теплообеспеченности между генетически далекими почвами, их территориальное соседство [8].

Обсуждение результатов. Дерново-подзолистые почвы развиваются под пологом светлохвойных (сосновых, лиственничных) и мелколиственных (осиновых, березовых), травяных, мохово-травяных и бруснично-травяных лесов. К основным их особенностям относятся: относительно высокая степень аккумуляции перегноя и оснований в верхней части профиля, слабокислая или близкая к нейтральной реакция среды. Они объединяют широкую группу довольно различных по свойствам почв. Генезис этих почв не может трактоваться однозначно, как только поверхностное оглеение и суспензионное передвижение глины, или только кислотный гидролиз. Указанные процессы сочетаются в одном профиле, выполняя различные функции. Так, процесс механического перемещения тонкодисперстных частиц из элювиальной толщи в иллювиальную является преобладающим, в отличие от Европейских аналогов, где ведущим является подзолообразование. В связи с сухостью климата, основностью пород и периодически промывным водным режимом, процессы подзолообразования в настоящее время заторможены. По-видимому, оподзоливание в дерново-подзолистых почвах Южного Предбайкалья господствовало в прошлом, когда территория была занята темно-хвойными лесами, обеспечивающими кислый характер опада. Затем дерновый процесс, наложился на предшествовавший ему подзолистый. Это способствовало образованию второго гумусового горизонта и обусловило своеобразие дерново-подзолистых почв региона. В почвах южной тайги и подтайги Приуралья, Западной и Восточной Сибири он может рассматриваться как реликтовый, отражающий смену растительности в голоцене, наступле-

ние лесов на луговые степи. При этом современный гумусовый горизонт сформировался на месте прежнего подзолистого [7]. Отличия в показателях органического вещества дерново-подзолистых почв региона от Европейских аналогов обусловлены замедленным превращением органических остатков в связи с краткостью активных биохимических процессов, достигающих стадию «грубого» гумуса. Состав гумуса характеризуется довольно широким отношением в верхних горизонтах с преобладанием гуминовых кислот, связанных с подвижными полуторными окислами, высоким содержанием нерастворимого остатка.

Дерновые лесные почвы, наряду с дерново-подзолистыми, являются обязательным компонентом почвенного покрова травяных кустарниковых лесов. Почвообразующими породами служат различные рыхлые элювиальные и делювиальные отложения, но наиболее характерные почвы этого типа развиваются на продуктах выветривания галечников [7, 8]. Как правило, они располагаются на плоских водоразделах и верхних пологих частях склонов. На южных склонах они распространены шире, чем на склонах северной экспозиции, а особенность их формирования связана с пониженным здесь увлажнением и повышенным испарением, сдерживающими промачивание почв и создание нисходящего тока почвенных растворов. Наиболее характерные почвы этого типа развиваются на продуктах выветривания юрских конгломератов. Их профиль представлен маломощным (обычно высокогумусным) горизонтом А, резко переходящим в хорошо выраженный ореховатый бурый или ярко бурый горизонт В, часто более тяжелый по гранулометрическому составу, чем выше и ниже лежащие горизонты, что можно объяснить литологической неоднородностью отложений. 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 [2]. По содержанию гумуса почвы сильно различаются. В грубогумусовых почвах верхний дерновый горизонт содержит обычно 10-18% гумуса, с глубиной наблюдается его снижение, более постепенное, чем в дерново-подзолистых почвах [17]. Обычно они имеют гуматно-фульватный или фульватно-гуматный тип гумуса, высокую степень насыщенности основаниями, преимущественно слабокислую реакцию среды. Основной провинциальной особенностью формирования дерновых лесных почв является элювиально-иллювиальная дифференциация профиля, которая обусловлена литогенной неоднородностью. Причиной специфики морфологии и свойств дерновых лесных почв региона является разновозрастность горизонтов. Утяжеление гранулометрического состава в средней и нижней части профиля, значительное преобладание окристаллизованной формы железа объясняется их формированием в иных более благоприятных биоклиматических условиях, в активную фазу процессов выветривания и почвообразования [5]. Современная фаза почвообразования характеризуется пониженной теплообеспеченностью и увлажненностью, что препятствует промывке профиля и нисходящей миграции частиц и веществ, что объясняет высокую степень насыщенности основаниями, преимущественно слабокислую реакцию среды почв, слабое проявление подзолистого процесса [7].

Дерново-карбонатные почвы представляют собой своеобразный местный тип почв, формирование которых обусловлено физико-географическими особенностями, в частности составом и свойствами карбонатных почвообразующих пород, выходящих на поверхность известняков и доломитов, преимущественно нижнекембрийских и красноцветных карбонатно-силикатных песчаников, аргиллитов,

алевролитов и мергелей верхнекембрийского и ордовикского возраста. Они развиваются в условиях климата южной тайги при достаточном увлажнении под сосновыми, лиственничными и смешанными травяными и моховотравяными лесами и имеют периодически промывной тип водного режима. Высокое содержание кальция в почвообразующей породе способствует нейтрализации кислых продуктов растительных остатков, подавляя развитие подзолистого процесса. Дерново-карбонатные почвы региона очень разнообразны и отличаются разной степенью гумусированности, мощности, выщелоченности от карбонатов. Ранее все эти почвы объединял один фактор почвообразования – это почвообразующая карбонатная порода. Однако в этом типе объединены почвы различного эволюционного уровня (от слаборазвитых до полноразвитых), с разным характером типодиагностических горизонтов и разным строением профиля, относится как слаборазвитыми, так и к полноразвитыми почвам, т.е. к почвам разных отделов и типов [2, 7, 11]. Между сибирскими и европейскими дерново-карбонатными почвами существуют различия. Связанные с тем, что почвообразующими породами дерново-карбонатных почв в Европейской части, как правило, являются известняки, мергели, карбонатные морены, суглинки, глины послеледникового возраста. Большинство дерново-карбонатных почв Южного Предбайкалья сформировались на продуктах разрушения нижнекембрийских сероцветных или верхнекембрийских красноцветных карбонатных осадочных отложений и имеют полноразвитый профиль с горизонтом В.

Тип серых лесных почв широко развит в хвойно-лиственничной подзоне тайги Южного Предбайкалья и приурочены в основном к ее южной освоенной и остепненной части. Они формируются на положительных элементах рельефа, сложенных четвертичными осадками, генетически связанных с юрскими песчаниками и сланцами, а также озерными и речными наносами на террасах среднего и высокого уровня. Среди них преобладают суглинки, иногда облессованные. Растительность в местах распространения этих почв представлена сосновыми, лиственнично-сосновыми и мелколиственными травяными лесами. Серые лесные почвы региона отличаются от своих аналогов в европейской части страны меньшей оподзоленностью и пониженной кислотностью, так как в регионе нет, характерных для этих почв, широколиственных лесов, а мелколиственные березовые являются производными, вторичными и находящиеся под ними почвы не могут быть первичными образованиями. Наиболее их мобильные свойства: невысокая кислотность, обогащенность гумусом и обменными основаниями верхних горизонтов элювиально-иллювиального профиля отражают влияние современной растительности, а консервативные свойства (валовой и гранулометрический состав) соответствуют прежним условиям и былой растительности, под влиянием которых сформировался дифференцированный по подзолистому типу профиль почв [5, 7, 8]. Реакция среды, как правило, слабокислая, в нижней части может быть нейтральной, а при наличии карбонатов – слабощелочной. Содержание гумуса в гумусовом горизонте составляет обычно 4-6%, а соотношение гуминовых и фульвокислот в его составе примерно равное. В верхних горизонтах поглощающий комплекс близок к насыщению, реже не насыщен основаниями, преобладает обменный кальций. Коэффициент текстурной дифференциации в почвах на однородных пылеватых породах колеблется в пределах 1,4-2,2. Характерным для серых лесных почв региона является наличие в их профиле так называемого «второго гумусового горизонта» реликтовой природы, который имеет обильные светлые скелетаны на поверхности структурных отдельных и большей частью совмещается с субэлювиальным горизонтом [2, 3].

Прибайкальские черноземы развиваются преимущественно на древних террасах рек, на нижних частях пологих склонов и пологих южных склонах, как правило, на лессовидных суглинках различного происхождения. Характерная языковатость и карманность черноземов Южного Предбайкалья является следствием палео- и криогенеза. Рядом исследователей [2, 5-9] отмечается, что прошлое юга Средней Сибири связано с наличием здесь в позднем плейстоцене многолетней мерзлоты, которая деградировала в последующий период климатического оптимума в голоцене. Заполнение пустот, образовавшихся после вытаявания льда, происходило за счет обрушения соседних стенок бугров и полигонов. Как правило, заполнителем служил высокогумусный материал верхних горизонтов почв, развитых на повышениях микрорельефа. При этом современные климатические условия формирования черноземов региона могут способствовать активной реализации мерзлотных явлений. Глубокое промерзание почвогрунтов (до 3,5 м), обусловленное низкими температурами зимнего периода, в сочетании с маломощным снежным покровом сопровождается также морозным трещинообразованием [2, 5, 6]. Одной из характерных черт, отражающих специфику формирования черноземов региона, является содержание и распределение гумуса, которое определяется биоклиматическими факторами почвообразования. Малая мощность гумусового горизонта вызвана особенностью термического режима исследуемых почв, с повышенной концентрацией корней в верхнем 40-сантиметровом горизонте, так как более глубокому их проникновению препятствуют низкие температуры поздно оттаивающего в весенне-летний период почвогрунта. Другой причиной маломощности гумусовых горизонтов может являться иная интенсивность и темп биохимических процессов. Наиболее высокая микробиологическая деятельность наблюдается лишь в июле-августе, когда максимум осадков совпадает с максимальным прогреванием почвы [8]. Поэтому, разложение органических остатков происходит в значительно более короткий период лета, чем в европейской части России, причем этот процесс концентрируется в небольшом по мощности верхнем слое почвы с оптимальными температурами. Распределение актуальной кислотности по профилю исследуемых черноземов носит неоднозначный характер. Слабокислая реакция горизонта В щелоченного чернозема и слабощелочная – карбонатных горизонтах, обязана, скорее, литогенной неоднородности, чем почвообразованию, что обуславливается разновозрастностью горизонтов в профиле черноземов региона. Так, согласно представлениям Г.А. Воробьевой [2] в региональных черноземах гумусовый горизонт А может быть отнесен к среднему-позднему голоцену, переходный горизонт АВ и подгумусовый светло-бурый бескарбонатный горизонт В – к раннему голоцену. Карбонатные горизонты Вса и ВСса относятся уже к верхнеплейстоценовой части разреза.

Общим для почв Южного Предбайкалья является их развитие в суровых биоклиматических условиях, тормозящих процессы выветривания, что обуславливает зависимость их физико-химических свойств в большей степени от литогенной неоднородности и состава почвообразующих пород, чем от почвообразования. Сочетание в автономных условиях почв с элювиально-иллювиальным и недифференцированными профилями рассматривается как проявление парагенезиса, т.е. закономерного пространственного сочетания биогеосистем, почв и почвенных комбинаций [10]. Этот подход позволяет показать разнообразие почв, встречаемых в сходных условиях почв с разным строением профиля, что невозможно интерпретировать только на основе представлений о широтной зональности [9].

Литература

1. Атлас. Иркутская область: экологические условия развития. М.; Иркутск, 2004. 90 с.
2. Воробьева Г.А. Почва как летопись природных событий Прибайкалья: проблемы эволюции и классификации почв. Иркутск: Изд-во Иркут. гос. ун-та, 2010. 205 с.
3. Классификация и диагностика почв России / Авторы и составители Л.Л. Шишов, В.Д. Тонконогов, И.И. Лебедева, М.И. Герасимова. Смоленск: Ойкумена, 2004. 324 с.
4. Классификация и диагностика почв СССР / Составители: В.В. Егоров, В.М. Фридланд, Е.Н. Иванова, Н.И. Розов В.А. Носин, Т.А. Фриев. М.: Колос, 1977. 223 с.
5. Козлова А.А., Макарова А.П. Экологические факторы почвообразования Южного Предбайкалья. Иркутск: Изд-во ИГУ, 2012. 163 с.
6. Козлова А.А., Кузьмин В.А., Зазовская Э.П. Почвы палеокриогенных бугристо-западинных ландшафтов Южного Предбайкалья // Почвоведение. 2013. №10. С. 1181-1192.
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. Кузьмин В.А. Почвы Предбайкалья и Северного Забайкалья. Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1988. 175 с.
9. Кузьмин В.А. Опыт почвенно-географических исследований на территории Байкальской Сибири // География и природные ресурсы. 2007. №3. С. 197-205
10. Куликов А.И., Баженов В. С., Иванов Н.В., Куликов М.А., Хаптухаева Н.Н. Парагенезис и парадинамизм почв. Улан-Удэ: Изд-во Бурятского научного центра СО РАН, 2005. 278 с.
11. Макеев О.В. Дерново-таежные почвы юга Средней Сибири. Улан-Удэ, 1959. 347 с.

A.A. Kozlova

Irkutsk State University, Irkutsk, Russia

e-mail: allak2008@mail.ru

FEATURES OF GENESIS, SOIL EVOLUTION OF THE SOUTHERN PREDBAIKAL

Abstract. The dissected relief and local climatic features of the Southern Predbaikal (the influence of the Siberian anticyclone, the significant spread of permafrost, insufficient heat supply) contribute to the fact that various soils can be found on a limited area: from taiga, permafrost, to forest-steppe and steppe. They have vastly different properties from European analogues due to the peculiarities of their genesis and evolution.

Keywords: *features of soil formation, specificity of soil properties and regimes, regional soils, soil cover diversity.*

References

1. Atlas. The Irkutsk Oblast: environmental conditions of development. M.; Irkutsk, 2004. 90 p.
2. Vorobeva G.A. Soil as a chronicle of natural events in the Predbaikal: problems of soil evolution and classification. Irkutsk: Publishing house Irkut. state University, 2010. 205 p.
3. Classification and diagnostics of Russian soils / Authors and compilers L.L. Shishov, V.D. Tonkonogov, I.I. Lebedeva, M.I. Gerasimova. Smolensk: Oikumena, 2004. 332 p.
4. Classification and diagnostics of the USSR soils / Compilers: V.V. Egorov, V.M. Friedland, E.N. Ivanova, N.II. Rozov V.A. Nosin, T.A. Friev. M.: Kolos, 1977. 223 p.
5. Kozlova A.A., Makarova A.P. Ecological factors of soil formation in the Southern Predbaikal. Irkutsk: Publishing house of ISU, 2012. 163 p.
6. Kozlova A.A., Kuzmin V.A., Zazovskaya E.P. Soils of paleocryogenic bumpy-lowland landscapes of the South Predbaikal // Soil Science. 2013. No. 10. P. 1181-1192.
7. Kuzmin V.A. Soils of the Predbaikal area of the BAM zone // Soil-geographical and landscape-geochemical studies in the BAM zone. Novosibirsk: Science. Sib. Department, 1980. P. 11-98.
8. Kuzmin V.A. Soils of the Predbaikal and the Northern Zabaikal. Novosibirsk: Science. Sib. Department, 1988. 175 p.
9. Kuzmin V.A. The experience of soil-geographical research on the territory of Baikal Siberia // Geography and Natural Resources. 2007. No3. P. 197-205.
10. Kulikov A.I., Bazhenov V.S., Ivanov N.V., Kulikov M.A., Khaptukhaeva N.N. Paragenesis and paradynamism of soils. Ulan-Ude: Publishing House of the Buryat Scientific Center of the SB RAS, 2005. 278 p.
11. Makeev O.V. Sod-taiga soils of the south of Central Siberia. Ulan-Ude, 1959. 347 p.

Е.С. Лобанова
 ФГБОУ ВО Пермский ГАТУ, Пермь, Россия
 e-mail: evgeniyalobanova83@mail.ru

РОЛЬ ГУМУСА В ОБРАЗОВАНИИ СТРУКТУРЫ ПОЧВ ПЕРМСКОГО КРАЯ

Аннотация. На примере дерново-подзолистых, дерново-карбонатных и дерново-глеевых почв Сивинского района рассмотрена роль гумуса и его группового состава в структурообразовании почв Пермского края. Содержание гумуса в агрегатах напрямую связано с содержанием гумуса в почвах. Тип гумуса в водопрочных агрегатах исследуемых почв в основном фульватный.

Ключевые слова: гумус, агрегат, тип гумуса, негидролизуемый остаток.

Важнейшим фактором, определяющим состояние почв является степень оструктуренности почв, водопрочность агрегатов. От данных показателей зависят агрофизические, водно-физические и другие свойства и режимы почв [2, 6-9]. Существует зависимость между гумусностью и агрегатностью почвы. Данная зависимость определяется формой органических веществ, поступающих в почвы, и характером связей гумуса с минеральной частью почвы [3, 5, 7, 8]. Сохранение и постоянное улучшение структурного и гумусного состояния почв – одна из задач сельского хозяйства [2].

Цель исследования – установить связь содержания и качества гумуса со структурными показателями почв Сивинского района Пермского края.

Объект исследования дерново-подзолистые, дерново-карбонатные и дерново-глеевые почвы ООО «Агрохозяйство Родина» Сивинского района Пермского края.

В изученных почвах на кафедре почвоведения ФГБОУ ВО Пермский ГАТУ было определено содержание гумуса по методу И.В. Тюрина, агрегатный состав почв по Н.И. Саввинову, ускоренное определение состава гумуса минеральных почв методом М.М. Кононовой и Н.П. Бельчиковой [1]. Математическая обработка полученных данных проводилась с помощью программы Microsoft Excel.

Таблица 1

Содержание гумуса в почвах и агрегатах сухого и мокрого фракционирования

Название почвы, горизонт, см	Размер агрегатов в мм, содержание гумуса, %								
	>10	10-7	7-5	5-3	3-2	2-1	1-0,5	0,5-0,25	<0,25
Дерново-слабоподзолистая Легкоглинистая, Апах 0-21	<u>1,50</u>	<u>2,02</u>	<u>2,93</u>	<u>1,77</u>	<u>1,40</u>	<u>2,09</u>	<u>1,75</u>	<u>2,68</u>	<u>2,59</u>
	-	-	-	2,26	1,92	2,28	1,92	2,78	-
Дерново-карбонатная выщелоченная легкоглинистая, Апах 0-23	<u>3,40</u>	<u>3,98</u>	<u>2,21</u>	<u>2,31</u>	<u>3,11</u>	<u>2,39</u>	<u>2,06</u>	<u>2,51</u>	<u>3,08</u>
	-	-	-	3,32	3,43	2,51	3,68	3,60	-
Дерново-грунтово-глееватая среднеглинистая Апах 0-20	<u>3,45</u>	<u>4,46</u>	<u>2,70</u>	<u>2,23</u>	<u>2,97</u>	<u>3,33</u>	<u>3,09</u>	<u>3,93</u>	<u>3,58</u>
	-	-	-	4,04	3,82	4,09	4,27	2,78	-
Дерново-слабоподзолистая среднесуглинистая Апах 0-26	<u>2,47</u>	<u>2,94</u>	<u>3,17</u>	<u>2,44</u>	<u>2,31</u>	<u>2,78</u>	<u>1,82</u>	<u>2,65</u>	<u>2,58</u>
	-	-	-	3,22	3,02	2,96	2,13	3,50	-

Примечание: числитель – результаты сухого фракционирования, знаменатель – результаты мокрого просеивания

Почвы Сивинского района обладают очень низким и низким содержанием гумуса, реакция среды от слабокислой в дерново-подзолистых почвах до нейтральной в дерново-карбонатных, обеспеченность элементами питания от низкой до средней [4]. Для установления роли гумуса в образовании структурных агрегатов исследуемых почв было определено содержание гумуса и групповой состав гумуса в сухих и водопрочных агрегатах пахотного слоя (табл. 1).

Таблица 2

**Групповой состав фракций агрегатов
после мокрого фракционирования в пахотном слое**

Фракция	С общ	С выт	С гк	С фк	С н.о.	С гк / С фк
Разрез 1. Дерново-слабоподзолистая легкоглинистая почва						
2-1	1,32	<u>0,46</u> 34,85	<u>0,05</u> 3,79	<u>0,41</u> 31,06	<u>1,82</u> 65,15	0,12
1-0,5	1,11	<u>0,46</u> 41,44	<u>0,05</u> 4,50	<u>0,41</u> 36,94	<u>1,46</u> 58,56	0,12
0,5-0,25	1,84	<u>0,47</u> 25,54	<u>0,05</u> 2,72	<u>0,42</u> 22,82	<u>2,71</u> 74,46	0,12
Разрез 2. Дерново-карбонатная выщелоченная легкоглинистая почва						
>3	2,62	<u>1,12</u> 42,45	<u>0,09</u> 1,99	<u>1,03</u> 40,46	<u>3,40</u> 57,55	0,09
2-1	2,62	<u>0,99</u> 37,79	<u>0,08</u> 1,77	<u>0,91</u> 36,02	<u>3,52</u> 62,21	0,09
1-0,5	2,65	<u>0,94</u> 35,47	<u>0,08</u> 1,75	<u>0,86</u> 33,72	<u>3,64</u> 64,53	0,09
0,5-0,25	2,67	<u>0,76</u> 28,46	<u>0,07</u> 1,57	<u>0,69</u> 26,89	<u>3,84</u> 71,54	0,10
Разрез 3. Дерново-грунтово-глееватая среднеглинистая почва						
>3	3,50	<u>1,50</u> 42,86	<u>0,13</u> 2,15	<u>1,37</u> 40,71	<u>4,54</u> 57,14	0,09
3-2	3,38	<u>1,65</u> 48,82	<u>0,10</u> 1,72	<u>1,55</u> 47,10	<u>4,17</u> 51,18	0,06
2-1	3,53	<u>1,61</u> 45,61	<u>0,15</u> 2,46	<u>1,46</u> 43,15	<u>4,48</u> 54,39	0,10
1-0,5	3,64	<u>1,87</u> 51,37	<u>0,14</u> 2,23	<u>1,75</u> 49,14	<u>4,38</u> 48,63	0,08
0,5-0,25	2,77	<u>1,46</u> 52,71	<u>0,15</u> 3,14	<u>1,31</u> 49,57	<u>3,32</u> 47,29	0,11
Разрез 4. Дерново-слабоподзолистая среднесуглинистая почва						
>3	1,87	<u>0,28</u> 14,97	<u>0,09</u> 4,81	<u>0,19</u> 10,16	<u>1,59</u> 85,03	0,47
3-2	1,75	<u>0,31</u> 17,71	<u>0,11</u> 6,29	<u>0,20</u> 11,43	<u>1,44</u> 82,29	0,55
2-1	1,51	<u>0,31</u> 20,53	<u>0,10</u> 6,62	<u>0,21</u> 13,91	<u>1,20</u> 79,47	0,48
1-0,5	1,24	<u>0,29</u> 23,39	<u>0,09</u> 7,26	<u>0,20</u> 16,13	<u>0,95</u> 76,61	0,45
0,5-0,25	2,03	<u>0,30</u> 14,78	<u>0,09</u> 4,43	<u>0,21</u> 10,34	<u>1,73</u> 85,22	0,43

Содержание гумуса в агрегатах напрямую связано с содержанием гумуса в почвах. Так, в дерново-карбонатной и дерново-грунтово-глееватой почвах содержание гумуса выше 3% и в агрегатах его содержание выше, по сравнению с дерново-подзолистыми почвами. Четкой закономерности в распределении гумуса по агрегатам нет, но выделяются отдельные фракции агрономически цен-

ных агрегатов со средним содержанием гумуса. В водопрочных агрегатах содержится больше гумуса, чем в сухих, значит, высока роль гумуса в образовании агрономически ценной водопрочной структуры в изучаемых почвах.

В таблице 2 представлен групповой состав гумуса в агрегатах после мокрого фракционирования.

Тип гумуса исследуемых почв фульватный, за исключением дерново-слабоподзолистой почвы (разрез 4), во фракции 3-2 мм тип гумуса фульватно-гуматный. Содержание негидролизуемого остатка в дерново-слабоподзолистой (разрез 1), дерново-карбонатной выщелоченной почве в основном высокое, в дерново-грунтово-глееватой почве – среднее. Выявлена тенденция увеличения содержания негидролизуемого остатка с увеличением содержания гумуса. Например, в дерново-слабоподзолистой почве (разрез 1 и 4) и дерново-карбонатной выщелоченной почве в агрегатах 0,5-0,25 мм, в дерново-грунтово-глееватой почве в агрегатах размером > 3 мм, и агрегатах 1-2 мм.

В дерново-слабоподзолистой легкоглинистой и среднесуглинистой почвах (разрез 1 и 4) гуминовые и фульвокислоты по агрегатам распределены равномерно. В дерново-карбонатной выщелоченной почве агрегаты размером >3 мм содержат больше как гуминовых так и фульвокислот, а наименьшее содержание в агрегатах размером 0,5-0,25 мм. В агрегатах дерново-грунтово-глееватой почвы в содержании гумусовых кислот четкой закономерности не выявлено.

Кроме этого, был проведен корреляционный анализ для установления связи содержания гумуса со структурными показателями. Так, в дерново-слабоподзолистой почве (разрез 4), корреляционный анализ выявил тесную прямую достоверную сильную взаимосвязь между содержанием гумуса и содержанием мезоагрегатов после сухого и мокрого фракционирования, а так же коэффициентом структурности. В дерново-карбонатной выщелоченной почве прямая достоверная сильная взаимосвязь наблюдается между содержанием гумуса и агрономически ценными агрегатами почвы, высокая достоверная обратная связь между содержанием гумуса и суммой воздушно-сухих агрегатов размером > 10 мм и <0,25 мм. Средняя прямая корреляция установлена между содержанием гумуса и суммой водопрочных агрономически ценных агрегатов. В дерново-слабоподзолистой почве (разрез 1) выявлена средняя прямая корреляция между содержанием гумусом и суммой агрономически ценных агрегатов после мокрого фракционирования. В дерново-грунтово-глееватой почве установлена средняя прямая связь между суммой агрономически ценных агрегатов после мокрого фракционирования и содержанием гумуса.

Таким образом, в почвах Сивинского района прослеживается зональная особенность, низкое содержание гумуса в структурных и водопрочных агрегатах и фульватный тип гумуса в них. Гумус обеспечивает водопрочность агрономически ценных агрегатов дерново-карбонатной и дерново-грунтово-глееватой почв. Большая доля в составе гумуса структурных агрегатов приходится на негидролизуемый остаток.

Литература

1. Кауричев И.С. Практикум по почвоведению. М.: Агропромиздат, 1986. 336 с.
2. Карпушенков В.В. Агрофизические свойства и гидрологический режим почв тяжелого механического состава Предуралья. Автореферат на соискание ученой степени кандидата сельскохозяйственных наук. Ленинград - Пушкин, 1984. 16 с.
3. Куваева Ю.В. Групповой состав гумуса фракций тонкодисперсной фазы дерново-подзолистой среднесуглинистой почвы в длительном опыте // Бюллетень Почвенного института им. В.В. Докучаева. 2012. Вып. 70. С. 18-42.

4. Макарова А.С., Лобанова Е.С. Структурное состояние почв ООО "Агрохозяйство Родина" Сивинского района Пермского края // МОЛОДЕЖНАЯ НАУКА 2016: ТЕХНОЛОГИИ, ИННОВАЦИИ: Материалы Всероссийской научно-практической конференции молодых ученых, аспирантов и студентов. Пермская государственная сельскохозяйственная академия имени академика Д. Н. Прянишникова. 2016. С. 220-224.
5. Пономарева В.В., Плотникова Т.А. Гумус и почвообразование (методы и результаты изучения). Л.: Наука, 1980. 222 с.
6. Протасова Л.А. Генетическая характеристика и диагностика дерново-бурых и дерново-карбонатных почв Пермского края: монография. Пермь: ФГОУ ВПО «Пермская ГСХА», 2009. 135 с.
7. Самофалова И.А., Каменских Н.А., Kizilkaya R., Ashkin T. Влияние приемов основной обработки в южно-таежной подзоне на гумусное состояние дерново-подзолистой почвы // Пермский аграрный вестник. 2015. № 9 (14). С. 55-64.
8. Самофалова И.А. Влияние способов основной обработки на структурно-агрегатный состав дерново-подзолистой почвы в Нечерноземной зоне // Земледелие. 2019. № 1. С. 24–28. DOI: 10.24411/0044-3913-2019-10107.
9. Bronick C.J., Lal R. Soil structure and management: a review // Geoderma. 2005. № 1. P. 3-22.

E.S. Lobanova

Perm State Agro-Technological University, Perm, Russia

ROLE OF HUMUS IN THE FORMATION OF SOIL STRUCTURE OF THE PERM KRAI

Abstract. The role of humus and its group composition in the structural formation of soils of the Perm Krai is considered through the example of sod-podzolic, sod-carbonate, and sod-gley soils of the Sivinsky district. The humus content in aggregates is directly related to the humus content in soils. The type of humus in water-resistant aggregates of studied soils is mainly fulvate.

Keywords: humus, aggregate, type of humus, non-hydrolyzed residue.

References

1. Kaurichev I.S. Workshop on soil science. M.: Agropromizdat, 1986. 336 p.
2. Korpushenkov V.V. Agrophysical properties and hydrological regime of soils of heavy mechanical composition in the Urals. Abstract for the degree of candidate of agricultural sciences. Leningrad - Pushkin, 1984. 16 p.
3. Kuvaeva Yu.V. The group composition of humus fractions of the fine-dispersed phase of sod-podzolic medium loamy soil in a long-term experiment // Bulletin of the Soil Institute named after V.V. Dokuchaev. 2012. Issue. 70. P. 18-42.
4. Makarova A.S., Lobanova E.S. Structural state of soils of ООО Agrokhozyaistvo Rodina, Sivinsky district, the Perm Krai // Youth science 2016: technologies, innovations: Materials of the All-Russian Scientific and Practical Conference of young scientists, graduate students and students. Perm State Agricultural Academy named after academician D.N. Pryanishnikov. 2016. P. 220-224.
5. Ponomareva V.V., Plotnikova T.A. Humus and soil formation (research methods and results). L.: Nauka, 1980. 222 p.
6. Protasova L.A. Genetic characteristics and diagnostics of sod-brown and sod-carbonate soils of the Perm Krai: monograph. Perm: Federal State-Funded Educational Institution of Higher Professional Education Perm State Agricultural Academy, 2009. 135 p.
7. Samofalova I.A., Kamenskikh N.Yu., Kizilkaya R., Ashkin T. Influence of primary tillage practices in south-taiga subzone on organic matter state in Sod-Podzolic Soil // Perm Agrarian Journal. 2015. № 9(14). Pp. 55-64.
8. Samofalova I.A. Influence of Tillage Methods on Structural and Aggregate Composition of Sod-Podzolic Soil in the Non-Chernozem Zone. Zemledelije. 2019. No. 1. Pp. 24–28 (in Russ.). DOI: 10.24411/0044-3913-2019-10107.
9. Bronick C.J., Lal R. Soil structure and management: a review // Geoderma. 2005. № 1. Pp. 3-22.

ЗАСОЛЕННЫЕ ПОЧВЫ ЗАПАДНОГО ПРИБАЙКАЛЬЯ

Аннотация. В работе описаны засоленные почвы Западного Прибайкалья, охарактеризованы условия формирования засоленных почв, сделана характеристика почв и показаны площади их наибольшего распространения, выявлен их генезис.

Ключевые слова: Засоленные почвы, галогенез, водная вытяжка, химический состав, Западное Прибайкалье.

Засоленные почвы – это группа почв разного генезиса и свойств, имеющих такое количество легкорастворимых солей, которое ухудшает плодородие почв и отрицательно влияет на рост и развитие большинства растений [2-4]. Токсичное действие легкорастворимых солей проявляется в увеличении осмотического давления почвенной влаги, снижении ее доступности для растений, нарушении нормального соотношения элементов минерального питания, отрицательном воздействии на свойства почв.

Засоленные почвы в Западном Прибайкалье приурочены к поймам и первым надпойменным террасам. Степень соленакопления в почвах от верховьев рек к низовьям постепенно нарастает, достигая максимума в средних и нижних частях речных долин и падей. В этом же направлении изменяется качественный состав солей, аккумулярованных в поверхностных горизонтах. Величина сухого остатка в водных вытяжках почв пониженных элементов рельефа составляет до 5–6%, вплоть до образования солевых корок на поверхности почв. Максимум соленакопления приурочен к верхней части почвенного профиля, что свидетельствует о прогрессирующем засолении почв региона. Широкому проявлению процессов соленакопления в почвах способствуют: горные породы; минерализованные почвенно-грунтовые воды; расчлененность рельефа, локализирующая явления соленакопления в долинах рек и падей; резкое различие между сухими и влажными сезонами теплого периода. В условиях холмисто-увалистого рельефа проявляется дифференциация ландшафтов; распределение почв подчиняется закону почвенной зональности.

Засоление в почвенном профиле отмечается у многих типов почв [2]. Имеет место факт нахождения засоленных дерново-подзолистых почв под лесом. Оподзоливание в них принимается за второстепенный процесс, проявляющийся во влажные периоды года, когда возможна инфильтрация кислых почвенных растворов. Среди дерново-карбонатных почв также встречаются осолоделые. Несмотря на присутствие натрия, серы и хлора и малую обменную кислотность, эти почвы обладают способностью к положительной физической адсорбции продуктов гидролиза солей сильных оснований и слабых кислот.

Сибирские черноземы образуются в результате изменения физико-географических условий из почв других типов в результате дернового процесса и имеют генетическую связь с почвами болотными, солонцеватыми и озерными. Остаточное содержание легкорастворимых солей в солонцеватых черноземах осталось от гидроморфной фазы, поэтому их количество невелико. Среди черноземов на древних террасах, сложенных аллювиальными и делювиальными лессовидными отложениями, под злаково-полынными ассоциациями в естественных условиях встречаются солонцеватые черноземы.

В долинах рек формируются засоленные лугово-черноземные и луговые почвы (солонцеватые, солончаковатые, солончаковые, осолоделые). Луговые почвы приурочены к первым надпойменным террасам, озерным котловинам, днищам падей, окраинам болот с близким залеганием грунтовых вод к поверхности. Формированию луговых засоленных почв способствуют почвенно-грунтовые воды и испарительная концентрация в условиях сухого климата, а инфильтрации влаги препятствует длительно сохраняющаяся мерзлота. Засоление луговых почв таежных районов связано с соленосностью пород и выходами минерализованных грунтовых вод. Кроме луговых почв на обычных суглинистых аллювиальных и аллювиально-делювиальных отложениях широко распространены луговые почвы на гаже. Толща гажы, залегающая непосредственно под маломощным дерновым горизонтом, бедна гумусом (до 2%) и минеральными веществами. Эти почвы встречаются в комплексе с лугово-черноземными, луговыми незасоленными, болотными почвами и солончаками на первых надпойменных террасах речных долин и днища падей. Подстилающими отложениями служат аллювиальные, аллювиально-пролювиальные и делювиальные отложения супесчаного, суглинистого и глинистого состава.

Засоленные болотные почвы встречаются в Аларском районе и в пойме р. Куда. Грунтовые воды гидрокарбонатные и гидрокарбонатно-хлоридно-сульфатные с минерализацией до 1–3 г/л. Наличие мерзлоты служит основанием для отнесения почв к фации мерзлотных. Генезис болотных и болотно-солончаковых почв связан с местными гидрологическими, геоморфологическими условиями, мерзлотными явлениями.

Аллювиальные почвы приурочены к притеррасным участкам долин рек, понижениям центральной и прирусловой поймы рек: Иркут, Китой, Белая, Куда, Залари и др. Они формируются на легких аллювиальных наносах, часто подстилаемых галькой. Почвообразующими породами служат слоистые и неясно слоистые аллювиальные, аллювиально-пролювиальные и делювиальные отложения преимущественно тяжелого гранулометрического состава, при близком залегании грунтовых вод, с минерализацией до 1 г/л.

Солончаки формируются на низких террасах степи и лесостепи, в прибрежной полосе соленых озер о. Ольхон и Приольхонья, в днищах ложбин, могут выходить за пределы лесостепной зоны. Грунтовые воды на глубине 3–10 м гидрокарбонатно-натриевого состава с минерализацией до 1 г/л.

Аллохтонные солончаки питаются делювиальными солеными водами. Присутствие сульфатов и хлора обусловлено влиянием выходов напорных соленых вод усольской свиты нижнего кембрия. Преобладающие типы засоления: сульфатный, хлоридно-сульфатный и реже – сульфатно-хлоридный и хлоридный при отсутствии соды.

Болотные солончаки содержат соли по всему профилю. Выделяются сульфатные, хлоридно-сульфатные, сульфатно-хлоридные, хлоридные. К низу профиля преобладают в составе анионов сульфаты, среди катионов – кальций.

Соровые солончаки встречаются около или на месте бывших соленых озер. Содержание солей 1–6%, иногда на поверхности почвы образуются солевые корки.

Солонцы приурочены к высоким и средним террасам рек Ангара и Унга, пологим склонам террас в комплексе с черноземами и лугово-черноземными почвами. Почвообразующие породы – делювиальные отложения среднего и тяжелого гранулометрического состава четвертичного, реже третичного возраста. Солонцы нами обнаружены около озёр в виде пятен, а солончаковатые солонцы – на озёровидных расширениях долины рек, около высыхающих озерков с солёной водой.

Степные солонцы обычно встречаются в комплексе с другими почвами. Подавляющее большинство луговых и степных солонцов представлено корковыми и высокостолбчатыми видами. В формировании солонцов большую роль играет надмерзлотная верховодка.

Степные солонцы формируются под степной растительностью в комплексе с черноземами. Большинство луговых и степных солонцов представлено корковыми и высокостолбчатыми видами, что объясняется очень медленным выносом солей после выхода почв после состояния активного засоления.

Луговые солонцы формируются в увлажненных местах под травяной растительностью. Гумусовый горизонт имеет мощность до 25 см, под ним формируется солонцовый горизонт ореховато-столбчатой структуры. Расположенный глубже карбонатный горизонт имеет следы оглеения. Реакция обычно слабощелочная. В составе обменных оснований до 40% магния, натрия 10–20%. Токсичных солей практически нет. В составе водных вытяжек преобладают сульфаты, следы токсичного натрия отмечаются лишь во втором полуметре. Повышенное содержание солей приходится на нижние горизонты, что свидетельствует об остаточной солончаковатости.

Солоди встречаются небольшими пятнами на плоских водоразделах, пологих склонах и древних террасах покрытых делювием или аллювиальными отложениями разного грансостава под светлохвойными и мелколиственными лесами с хорошо развитым травяным покровом. Грунтовые воды на глубине до 10 м гидрокарбонатного состава с минерализацией 0,5 – 1 г/л. Осолоделый горизонт белесый, листовато-пластинчатый, комковатой или столбчатой структуры залегает под мало мощным гумусовым горизонтом. Содержание гумуса до 1%. Плотный остаток 0,2–0,5%. В верхней части рН кислый, книзу изменяется от нейтрального до слабощелочного. Содержание обменных натрия и кальция в перегнойно-аккумулятивных горизонтах достигает 10–30% от суммы обменных оснований. В осолоделом горизонте содержание поглощенного натрия – до 25% от ЕКО, что типично для солонцеватых почв, хотя меньше, чем в солонцах. Возрастание содержания обменного магния в иллювиальном горизонте характерно для большинства осолоделых почв, в особенности для тех, в которых процесс осолодения протекает в настоящее время.

Каштановые почвы формируются на высоких древних террасах, предгорных мелкосопочных территориях, крутых южных склонах хребтов, обращенных к степным депрессиям на разных высотах. Эти почвы доминируют под сухими степями в автоморфных условиях в Приольхонье, на Ольхоне и в межгорных котловинах бассейна оз. Байкал [1]. Каштановые почвы сформировались в результате длительного и сложного континентального развития ландшафта, минуя стадию гидроморфизма и соленакопления. Каштановые эологенные образовались в результате развития дернового процесса на эоловых песках в период голоценового климатического максимума, а каштановые литогенные образовались в результате развития дернового процесса на массивно-кристаллических породах. Солонцовый процесс приводит к растрескиванию почв в сухое время года, обуславливает неблагоприятные водно-физические свойства, а трещиноватость увеличивает глубину залегания солей. Солонцеватые почвы содержат в поглощающем комплексе в среднем по профилю 5–7% поглощенного натрия и магния. В Приольхонье и на о. Ольхон описаны каштановые солонцеватые, солончаковые и лугово-каштановые солончаковые почвы с глубоким залеганием солей. На орошаемых участках темно-каштановых почв встречается сода, особенно во влажные годы.

Лугово-каштановые почвы (выщелоченные, карбонатные, солонцеватые и солончаковатые) являются гидроморфным аналогом каштановых почв. Формируются на надпойменных подгорных шлейфах; широких древних стоковых ложбинах и в депрессиях; переработанных эоловыми процессами аллювиальных отложениях с глубоко залегающими грунтовыми водами; низких пойменных террасах; делювиально-пролювиальных, флювигляциальных и эоловых отложениях из луговых аллювиальных почв (в процессе обсыхания и остепнения пойм и изменения гидрологических условий); в местах выклинивания грунтовых вод, иногда несущих соленые воды, вне зависимости от эволюции речных долин. В солонцеватых почвах до 65% емкости занято натрием, но ярко выраженный солонцовый горизонт из-за легкого грансостава не образуется. Сухой остаток достигает 0,4%. Максимум солей (карбонатов и сульфатов) в верхнем горизонте.

Общими чертами эволюции засоленных почв в Западном Прибайкалье является то, что они пережили мерзлотную, в той или иной мере гидроморфную фазу развития, о чем свидетельствуют морфологически выраженные криогенные дислокации карбонатов кальция, накопление которых происходило в период мерзлотно-гидроморфной фазы развития почв (палео-криогенно-гидроморфные почвы). Засоление почв в основном гидрокарбонатно-сульфатное, сульфатное и гидрокарбонатно-хлоридно-сульфатное.

Литература

1. Лопатовская О.Г. Засоленные почвы Приольхонья и острова Ольхон. Иркутск : Изд-во ИГУ, 2018. 205 с.
2. Лопатовская О.Г. История изучения засоленных почв в Предбайкалье / О.Г. Лопатовская // Историко-биологические исследования. 2018. Т. 10. № 3. С. 57–73.
3. Гулиев А.Г., Самофалова И.А., Мудрых Н.М. Засоление – глобальная экологическая проблема в орошаемой земледелии // Пермский аграрный вестник. 2014. № 8 (13). С. 32–43.
4. Черноусенко, Г.И., Лопатовская О.Г., Ямнова И.А. Распространение, химизм и генезис засоленных почв Предбайкалья // География и природные ресурсы. 2005. Т. 5. С. 84–92.
5. Черноусенко, Г.И., Лопатовская О.Г. Засоленные почвы Иркутской области (Предбайкалье) / Засоленные почвы России. М.: ИКЦ «Академкнига», 2006. С. 600–646.

O.G. Lopatovskaya
Irkutsk State University, Irkutsk, Russia
e-mail: lopatovs@gmail.com

SALINE SOILS OF THE WESTERN PRIBAIKAL

Abstract. The article describes saline soils of the Western Pribaikal. The conditions of saline soils formation are defined, characteristics of the soils are carried out. The areas of saline soils greatest distribution are shown, their genesis is revealed.

Keywords: *saline soils, halogenesis, water extraction, chemical composition, the Western Pribaikal.*

References

1. Lopatovskaya O.G. Saline soils of the Priolkhon and Olkhon islands. Irkutsk: ISU Publishing House, 2018. 205 p.
2. Lopatovskaya O.G. The history of saline soils research in the Predbaikal / O.G. Lopatovskaya // Historical and biological research. 2018. Vol. 10. No. 3. P. 57–73.
3. Chernousenko G.I., Lopatovskaya O.G., Yamnova I.A. Distribution, chemistry and genesis of saline soils of the Predbaikal // Geography and Natural Resources. 2005. Vol. 5. P. 84–92.
4. Chernousenko G.I., Lopatovskaya O.G. Saline soils of the Irkutsk Oblast (the Predbaikal) / Saline soils of Russia. M.: IKC "Akademkniga", 2006. P. 600–646.
5. Guliev A.G., Samofalova I.A., Mudrykh N.M. Salinization is a global environmental problem in irrigated agriculture // Perm Agrarian Journal. 2014. № 8 (13). Pp. 32–43.

И.А. Макарова, М.А. Кондратьева
ФГБОУ ВО «Пермский ГАТУ», Пермь, Россия
e-mail: pochva@pgsha.ru

О СТРУКТУРЕ ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА ПЕРМСКОГО КРАЯ

Аннотация. На основе современных картографических материалов проведен анализ структуры почвенного покрова (СПП) Пермского края. Выявлены характерные почвенные комбинации в каждой из почвенно-биоклиматических зон, дана оценка степени контрастности свойств. В равнинной части края в СПП преобладают сочетания, степень контрастности которых снижается с севера на юг. В горной части края контрастность СПП возрастает, ведущая роль принадлежит мозаикам.

Ключевые слова: структура почвенного покрова, почвенные комбинации, контрастность.

Традиционно на почвенных картах показываются ареалы наиболее распространенных почв. Однако реальный почвенный покров отличается разнообразием и сложностью строения, возможности отображения которого ограничиваются масштабом карты. Одним из несомненных достоинств почвенной карты Пермского края, опубликованной в «Национальном атласе почв РФ» [3] является показ структуры почвенного покрова (СПП). На карте выделены 4 вида контуров: простые, где доля какой-либо почвы занимает 85% площади контура; контуры с неоднородным, но относительно малосложным, почвенным покровом (сочетания и мозаики), где доля преобладающей почвы менее 85% и, наконец, почвенные комплексы – наиболее сложные структуры почвенного покрова, характеризующиеся чередованием мелких «пятен» резко различающихся по своим свойствам почв. Впервые такой подход к отображению структуры почвенного покрова использован на почвенной карте РСФСР 1988 г. [4].

Цель исследования заключалась в анализе структуры почвенного покрова Пермского края на основе современных картографических материалов. Определение контрастности почвенных неоднородностей производилось в соответствии с методом В.М. Фридланда, основанном на агропроизводственной и мелиоративной группировках почв [6].

Территория Пермского края располагается в пределах двух поясов: бореального и суббореального, и включает подзоны средней и южной тайги, а также листовенно-лесную зону серых лесных почв [1]. Восточная часть региона относится к Средне-Уральской горной почвенной провинции. Граница между подзонами тайги проводится по линии Кочево – Соликамск и восточнее смещается к югу вдоль линии Губаха - Горнозаводск [2].

Почвенный покров средней тайги в равнинной части края отличается значительной неоднородностью. Преобладающими почвами являются глубоко- и сверхглубокоподзолистые, сформированные на суглинистых, в том числе щебнистых, отложениях и занимающие 8,4% площади региона (табл.). Значительное распространение имеют подзолы иллювиально-железистые, материнскими породами для которых служат песчаные отложения. Значительную площадь занимают гидро-

морфные почвы, представленные преимущественно торфяными болотными верховыми. В СПП средней тайги преобладают сочетания и вариации, преимущественно подзолисто-гидроморфного характера, состоящие из глеево-подзолистых, болотно-подзолистых и болотных почв.

Наиболее контрастными являются сочетания-мозаики автоморфных подзолистых почв с одной стороны и торфяных болотных верховых почв и болотно-подзолистых, с другой. Фоновые глубокоподзолистые почвы, как правило, образуют неконтрастные сочетания с подзолистыми поверхностно-глееватыми почвами.

Роль почвенных комплексов, представляющие собой микроструктуры почвенного покрова, в СПП региона незначительна. Грядово-мочажинные комплексы, состоящие из торфяных болотных верховых и торфяных болотных переходных почв, заходят с севера в бассейн Ю. Кельмы.

Фоновыми почвами подзоны южной тайги являются дерново-подзолистые глубоко- и неглубокоподзолистые почвы, образованные на суглинистых породах. В почвенном покрове снижается доля гидроморфных почв, болотные почвы имеют ограниченное распространение в долине Камы.

Таблица 1

Комбинации почв (с сокращениями)

<i>Фоновые почвы</i>	<i>Сопутствующие почвы</i>	<i>Степень контрастности</i>
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>
Русская равнина		
Средняя тайга		
Подзолистые поверхностно-глееватые	Подзолистые, глубоко- и сверхглубоко-подзолистые	Не контрастные
Подзолистые, преимущественно неглубокоподзолистые	Торфяно- и торфянисто-подзолисто-глеевые	Очень сильно контрастные
Подзолистые, преимущественно глубокоподзолистые	Подзолистые поверхностно-глееватые	Не контрастные
Подзолы иллювиально-железистые и подзолы иллювиально-гумусовые	Подзолы глеевые торфянистые и торфяные, преимущественно иллювиально-гумусовые	Не контрастные
	Торфяные болотные верховые	Очень сильно контрастные
Торфяные болотные верховые	Торфяные болотные переходные	Не контрастные
Торфяно- и торфянисто-подзолисто-глеевые	Торфяные болотные верховые	Не контрастные
Юная тайга		
Дерново-подзолистые, преимущественно глубоко-подзолистые	Подзолистые, преимущественно неглубоко-подзолистые; подзолистые поверхностно-глееватые	Не контрастные
	Торфяно- и торфянисто-подзолисто-глеевые; торфяные болотные верховые и торфяные болотные переходные	Очень сильно контрастные
Дерново-подзолистые преимущественно неглубокоподзолистые	Дерново-подзолистые, в том числе мелко-, неглубоко- и глубокоподзолистые; дерново-подзолисто-глеевые	Не контрастные
	Дерново-карбонатные (включая выщелоченные и оподзоленные)	Средне контрастные

1	2	3
Дерново-подзолистые преимущественно мелко- и неглубокоподзолистые	Дерново-подзолистые преимущественно неглубокоподзолистые	Не контрастные
Подтаежная зона		
Дерново-подзолистые преимущественно мелко- и неглубокоподзолистые	Дерново-карбонатные (включая выщелоченные и оподзоленные)	Средне контрастные
	Дерново-подзолистые преимущественно неглубокоподзолистые	Не контрастные
Светло-серые лесные	Серые лесные	Не контрастные
	Серые лесные остаточно карбонатные	Слабо контрастные
Темно-серые лесные	Черноземы оподзоленные	Не контрастные
	Серые лесные остаточно карбонатные	Слабо контрастные
Черноземы оподзоленные	Серые лесные остаточно карбонатные	Среднеконтрастные
Урал		
Буро-таежные иллювиально-гумусовые (буроземы грубогумусовые иллювиально-гумусовые)	Горные лесо-луговые	Крайнеконтрастные
	Подзолы иллювиально-железистые и иллювиально-гумусовые без разделения (подзолы иллювиально – мало- ,многогумусные)	Средне контрастные
	Торфяные болотные верховые; торфяно- и торфянисто-подзолисто-глеевые	Очень сильно контрастные
Горные лесо-луговые	Подбуря таежные (без разделения)	Крайнеконтрастные
Дерново-подзолистые преимущественно неглубокоподзолистые	Буро-таежные (буроземы грубогумусовые)	Среднеконтрастные

Ведущая роль в СПП южной тайги так же принадлежит сочетаниям. Дерново-глубокоподзолистые почвы образуют разнообразные сочетания-мозаики с гидроморфными и полугидроморфными почвами, из которых наиболее контрастными являются почвенные комбинации с болотными и болотно-подзолистыми почвами. Дерново-неглубокоподзолистые почвы чаще сочетаются с дерново-подзолистыми остаточно-карбонатными и дерново-карбонатными почвами средней степени контрастности (табл.).

Западная часть подтаежной зоны Пермского края соответствует Вятско-Камской провинции дерново-подзолистых почв южной тайги [2]. Почвенный покров представлен преимущественно дерново-мелко- и неглубокоподзолистыми почвами, образующими неконтрастные и слабоконтрастные вариации-сочетания дерново-карбонатными и светло-серыми почвами.

Юго-восточная часть подтаежной зоны края соответствует Прикамской провинции подзоны серых лесных почв лиственных лесов, почвенный покров которой представлен преимущественно подтипами серых лесных почв, а также черноземами оподзоленными. Почвенные комбинации, представленные на почвенной карте, состоят их сочетаний подтипов дерново-мелко- и неглубокоподзолистых и дерново-карбонатных почв, серых лесных, в том числе остаточно-карбонатных, и черноземов оподзоленных. При этом в структуре почвенного покрова отсутствуют комбинации, включающие автоморфные почвы различной степени смывости, которые усиливают сложность и контрастность почвенного покрова [5].

Почвенный покров горной части отличается сложностью и мозаичностью. Основной фон составляют буро-таежные почвы, занимающие 6,5% площади. Под альпийскими и субальпийскими лугами сформировались горные лесо-луговые

почвы. В южной тайге на мелкоземистых отложениях пологих склонов и в межгорных котловинах распространены дерново-подзолистые почвы. В структуре почвенного покрова Урала преобладают мозаики и ташеты, представленные сочетаниями автоморфных и гидроморфных кислых почв. Буро-таежные почвы образуют разнообразные по степени контрастности комбинации: крайне контрастные с горными лесо-луговыми почвами, сильноконтрастные с торфяными болотными, среднеконтрастные с подзолами иллювиально-железистыми и иллювиально-гумусовыми. Крайне контрастными следует считать и сочетания-мозаики горных лесо-луговых почв с подбурами таежными. Сложность СПП горных ландшафтов Урала следует дополнить выходами плотных пород.

Выводы: В средней и южной тайге в СПП преобладают контрастные почвенные сочетания подзолисто-гидроморфного характера. В южной тайге значительно участие среднеконтрастных комбинаций дерново-неглубокоподзолистых почв с дерново-карбонатными. Наименее контрастным является почвенный покров подтаежной зоны, включающий неконтрастные и слабоконтрастные сочетания-вариации дерново-мелко- и неглубокоподзолистых почв, серых лесных, в том числе глеевых, и черноземов оподзоленных. В горной части региона в СПП преобладают мозаики, образованные буроземными почвами, с одной стороны, и подзолами иллювиально-железистыми и иллювиально-гумусовыми, а также болотными почвами, - с другой. Представленные структуры почвенного покрова следует дополнить почвенными комбинациями с участием смытых почв в равнинной части края, а также выходами плотных горных пород в горных районах.

Литература

1. Добровольский Г.В., Урусевская И.С., Алябина И.О. Почвенно-географическое районирование. Масштаб 1:15 000 000 // Национальный атлас России. Том 2. «Природа. Экология» М.: Роскартография, 2007.
2. Назаров Н.Н. География Пермского края. Ч. 1. Природная (физическая) география: учебное пособие. Пермь, 2011. 139 с.
3. Национальный атлас почв РФ / Под общ. С.А. Шобы. Москва: Астрель: АСТ, 2011. 632 с.
4. Почвенный покров и земельные ресурсы Российской Федерации / Коллектив авторов; Под общей редакцией Л.Л. Шишова, Н.В. Комова, А.З. Родина, В.М. Фридланда. М.: Почвенный институт им. В.В. Докучаева РАСХН, 2001. 400 с.
5. Скрыбина О.А., Олехов В.Р. Структура почвенного покрова эрозионно-измененных ландшафтов Пермской области // Пермский аграрный вестник. Пермь, 2000. Вып. 4. Ч. 1. С. 102-107.
6. Фридланд В.М. Структура почвенного покрова / В.М. Фридланд. Москва: Мысль, 1972. 423 с.

I.A. Makarova, M.A. Kondrateva

Perm State Agro-Technological University, Perm, Russia

e-mail: pochva@pgsha.ru

ABOUT THE STRUCTURE OF THE SOIL COVER OF THE PERM KRAI

Abstract. Analysis of the structure of the soil cover (SSC) of the Perm Krai is carried out on the basis of modern cartographic materials. The most typical soil combinations were revealed in each of the soil-bioclimatic zones, and the degree of contrast of properties was estimated. In the plain part of the region, soil sequence dominate in SSC, the degree of contrast decreases from north to south. In the mountainous part of the region the contrast of SPP increases, the leading role belongs to mosaics.

Keywords: soil cover structure, soil combinations, contrast.

References

1. Dobrovolsky G.V., Urusevskaya I.S., Alyabin I.O. Soil-geographical zoning. Scale 1:15 000 000 // National Atlas of Russia. Volume 2. "Nature. Ecology". M.: Roskartografiya, 2007.
2. Nazarov N.N. Geography of the Perm region. Part 1. Natural (physical) geography: a training manual. Perm, 2011. 139 p.

3. National Atlas of Soils of the Russian Federation / Under total. ed. S.A. Shoby. Moscow: Astrel: AST, 2011. 632 p.
4. Soil cover and land resources of the Russian Federation / Team of authors; Under the general editorship of L.L. Shishova, N.V. Komova, A.Z. Homeland, V.M. Friedland. M: Soil Institute V.V. Dokuchaev, 2001. 400 p.
5. Scriabina O.A., Olekhov V.R. The soil cover structure of erosion-modified landscapes of the Perm region // Perm Agrarian Bulletin. Perm, 2000. Issue. 4. Part 1. P. 102-107.
6. Friedland V.M. The structure of the soil cover / V.M. Friedland. M.: Thought, 1972. 423 p.

УДК 911.5

Г.С. Малышева, М.А. Кондратьева
ФГБОУ ВО Пермский ГАТУ, Пермь, Россия
e-mail: galina.malysheva2017@yandex.ru

ПОЧВЫ ООПТ «ЛИПОВАЯ ГОРА» Г. ПЕРМЬ

Аннотация. В статье охарактеризованы почвы особо охраняемой природной территории «Липовая гора» Свердловского района города Перми. Изучены морфология, физико-химические свойства, гранулометрический состав исследуемых почв. Почвы охраняемой территории представлены зональным подтипом дерново-подзолистых, в том числе остаточных карбонатных почв, а также дерново-карбонатными выщелоченными почвами.

Ключевые слова: особо охраняемые природные территории, дерново-подзолистые почвы, редкие почвы, Липовая гора.

ООПТ «Липовая гора» находится в Свердловском районе города Перми между микрорайонами Южный, Голый Мыс, Липовая гора и относится к категории охраняемых ландшафтов местного значения. Общая площадь охраняемой территории 585,0 га. Благодаря своему месторасположению на границе города в удалении от крупных жилых массивов, она сохранила состояние, близкое к естественному.

Для ООПТ типичны липовые леса, среди которых отмечены липняки крупнотравные, цицербитовые, снытьевые, смешанные леса с преобладанием в древостое липы сердцевидной и единичным участием ели сибирской (рис.1а). Возраст естественных насаждений липы достигает 120 лет, а ели сибирской – 140 лет [2]. Так же присутствуют посадки сосны обыкновенной и разнотравные луга с преобладанием синантропных видов растений [1]. В качестве ценных природных объектов на ООПТ отмечены реликтовые липняки травяные, так же редкие серогумусовые (дерново-бурые) метаморфизированные почвы и эталонные дерново-подзолистые почвы [2].

Почвенное обследование охраняемой территории выполнено в 2018 году, для чего было заложено 5 полнопрофильных почвенных разрезов. Гранулометрический состав и физико-химические свойства почв определялись в соответствии с общепринятыми методами.

Исследуемые почвы представлены, в основном, зональными подтипами дерново-подзолистых (разрезы 1-4), в том числе остаточных карбонатных (разрез 3) и дерново-карбонатных выщелоченных (разрез 5) почв.

Почвообразующими породами для дерново-подзолистых почв служат покровные бескарбонатные суглинки, а также элювий пермских глин (табл.1). Данные почвы имеют типичный для них хорошо дифференцированный на горизонты профиль (рис.1б). Гумусово-элювиальные горизонты светло-серой и серой окраски и комковатой структуры имеют мощность 7-18 см. Нижние границы элювиальных

горизонтов A_2 располагаются на глубинах 21-32 см, что характеризует их как неглубоко- и глубокоподзолистые. Иллювиальные горизонты имеют ореховатую структуру с обильной белесой присыпкой на поверхности агрегатов. В гор. ВС и С разреза 3 обнаружено вскипание от HCl , что позволило отнести данную почву к роду остаточно-карбонатных.

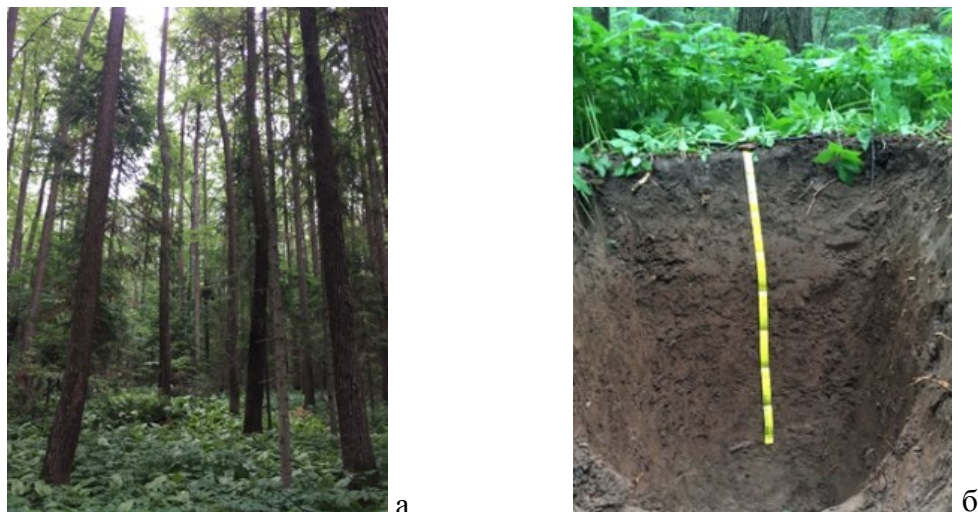


Рисунок 1. Липняк травяной (а) и профиль дерново-глубокоподзолистой остаточно-карбонатной почвы (б)

Гранулометрический состав дерново-подзолистых почв преимущественно среднесуглинистый с содержанием физической глины 30-39% (рис.2).

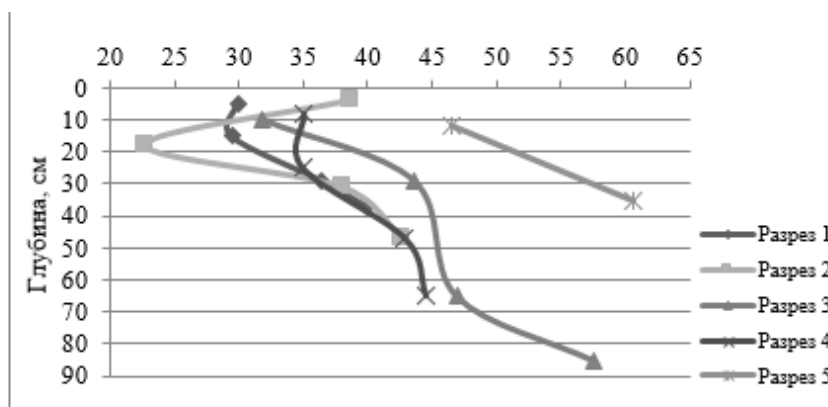


Рисунок 2. Распределение физической глины по профилю почв ООПТ «Липовая гора»

Основными компонентами гранулометрического состава дерново-подзолистых почв являются фракции мелкого песка и крупной пыли, составляющие 33-38 и 23-29% соответственно. Процесс оподзоливания сопровождается сильной дифференциацией фракции ила в профиле почв (рис.3). Коэффициент дифференциации составляет 3,3-3,8. Облегчение гранулометрического состава верхней части профиля происходит за счет накопления фракции мелкого песка.

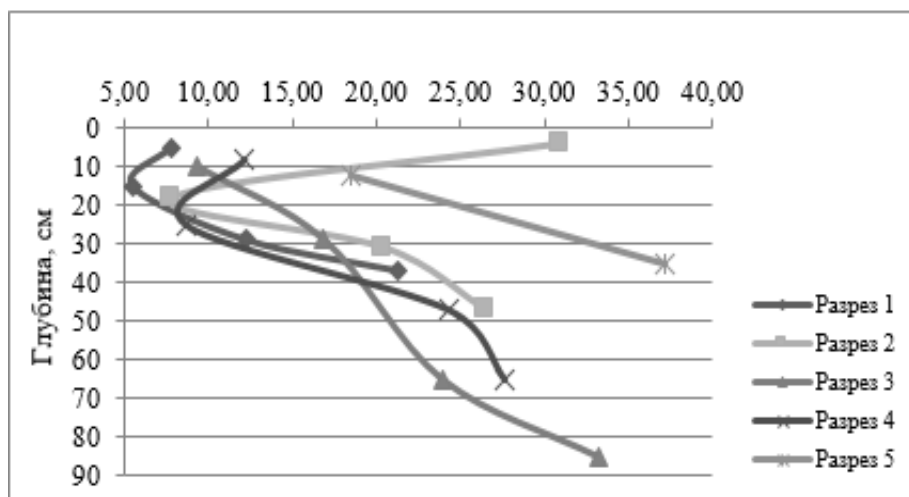


Рисунок 3. Распределение фракции ила в профиле почв ООПТ «Липовая гора»

Значения рН гумусово-элювиальных горизонтов варьирует в интервале 3,9 - 5,1 (табл. 1). Различия в кислотности поверхностных горизонтов обусловлены характером растительного опада, долей в его составе травянистой растительности и листовенных пород. Наиболее кислыми в профиле являются гор. А₂, А₂В и В. Значения ЕКО изменяются от умеренно низких в верхней части профиля (17,3-18,2 мг-экв/100г), до высоких в гор. В и С (47,9 мг-экв/100 г). Доля обменных оснований в составе почвенного поглощающего комплекса повышенная - 60-85% и возрастает к почвообразующей породе.

Таблица 1

Физико-химические свойства почв ООПТ «Липовая гора»

Горизонт, см	Гумус,%	рН	S	Нг	ЕКО	V,%
			мг-экв/100г			
Разрез 1 Дерново-неглубокоподзолистая среднесуглинистая почва на покровных отложениях						
А ₁ (2-9)	3,39	5,08	26,25	5,03	31,28	84
А ₂ (9-21)	3,31	5,49	29,25	4,81	34,06	86
А ₂ В (21-25)	-	4,80	20,30	4,60	24,8	82
В ₁ (25-32)	-	4,26	19,75	5,03	24,78	80
В ₂ (32-42)	-	3,68	27,00	6,56	33,56	80
С (>90)	-	3,61	35,25	5,91	41,16	86
Разрез 3 Дерново-глубокоподзолистая остаточнокarbonатная среднесуглинистая почва на элювии пермских глин						
А ₁ (1-19)	4,92	4,72	27,00	6,56	33,56	80
А ₂ (25-32)	2,64	4,03	19,75	6,56	26,31	75
В ₁ (49-76)	-	3,85	26,75	6,34	33,09	81
В ₂ (76-90)	-	3,84	32,75	6,13	38,88	84
ВС (90-117)	-	4,96	38,50	2,62	41,12	94
С (>117)	-	4,61	47,00	0,88	47,88	98
Разрез 5 Дерново-carbonатная выщелоченная тяжелосуглинистая почва на элювии известняков						
А ₁ (4-22)	3,39	5,54	38,00	3,50	41,50	92
В (22-49)	3,29	5,88	41,25	1,53	42,78	96
Ск (49-86)	-	7,13	48,75	0,22	48,97	99
Дк (86-150)	-	6,39	45,00	0,66	45,66	99

Содержание гумуса колеблется от низких до средних показателей 2,0-4,9%. Содержание вымытого гумуса в гор. А₂ также значительно 2,5-3,3%.

Дерново-карбонатная выщелоченная почва сформировалась на сильно выветрелом элювии известняка, подстилаемым мергелистыми глинами под разнотравно-луговой растительностью. Строение профиля описывается формулой А₁ – В – Ск. Гор. А₁ серый, комковато-зернистый мощностью 18 см. Переходный горизонт характеризуется бурой окраской и большей плотностью. Вскипание отмечается в породе с глубины 49 см.

Почва имеет тяжелосуглинистый гранулометрический состав в гумусовом горизонте и глинистый в переходном гор. В (рис. 2). Мощность гумусового горизонта 18 см, что характеризует ее как среднemosную. Содержание гумуса в А₁ 3,4%. В выщелоченном от карбонатов гор. А₁ рН 5,5, в породе слабощелочная. Емкость катионного обмена 42-48 мг-экв/100 г. Почвенный поглощающий комплекс насыщен основаниями 92-99%.

Таким образом, почвенный покров охраняемой территории типичен для условий южной тайги. Под покровом смешанных хвойно-широколиственных лесов со значительным участием травянистой растительности сформировались дерново-неглубоко- и глубокоподзолистые почвы. Дерново-карбонатные почвы приурочены к перегибам склонов водоразделов, где они развиваются на выходах карбонатных пород под богатой разнотравно-луговой растительностью. Дерново-подзолистые остаточнок-карбонатные почвы, выявленные на территории ООПТ, могут быть рекомендованы к охране в качестве редких для региона почв.

Литература

1. Атлас особо охраняемых природных территорий пермского края / под ред. С.А. Бузмакова. Пермь: Астер, 2017. 512 с.
2. Публичный паспорт охраняемого природного ландшафта местного значения «Липовая гора» [электронный ресурс] URL:<http://www.prirodaperm.ru/> (дата обращения 02.10.2019).

G.S. Malysheva, M.A. Kondrateva
Perm State Agro-Technological University, Perm, Russia

SOILS OF «LIPOVAYA GORA», A SPECIALLY PROTECTED AREA OF PERM

Abstract. The article describes soils of «Lipovaya Gora», a specially protected area of the Sverdlovsk district of Perm. Physicochemical properties, particle size distribution, and morphological description of investigated soils are studied. The soils of specially protected area are the following: zonal subtype of sod-podzolic soils which include residual-carbonate soils, and sod-carbonate leached soils.

Keywords: specially protected areas, sod-podzolic soils, rare soils, «Lipovaya Gora».

References

1. Atlas of specially protected areas of the Perm Krai / ed. S.A. Buzmakov. Perm: Aster, 2017. 512 p.
2. Public passport of «Lipovaya Gora», a protected natural landscape of local importance [electronic resource] URL: <http://www.prirodaperm.ru/> (accessed 02.10.2019).

Н.А. Мартынова

ФГБОУ ВО Иркутский государственный университет, Иркутск, Россия

e-mail: natamart-irk@yandex.ru

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ПОЧВЕННО-ЛАНДШАФТНЫХ КОМПЛЕКСОВ ЕСТЕСТВЕННЫХ ЦЕНОЗОВ ГОРНЫХ ТЕРРИТОРИЙ БАЙКАЛЬСКОЙ РИФТОВОЙ ЗОНЫ

Аннотация. Дана экологическая оценка почвенно-ландшафтным комплексам естественных ценозов горных территорий юго-западной ветви Байкальской рифтовой зоны. Получен новый фактический материал о слабо изученных почвах и ландшафтах, их свойствах и особенностях генезиса, потенциале экологической устойчивости и лимитах рекреационной нагрузки.

Ключевые слова: экология почв, устойчивость почвенного покрова, охрана ландшафтов, Байкальская рифтовая зона.

Изучены основные свойства почв каскадных ландшафтно-геохимических систем (катен) некоторых районов Байкальской рифтовой зоны (БРЗ): Приморского хребта (оз. Байкал, Иркутская обл.), Тункинских гольцов (хр. Восточные Саяны, Бурятия), хр. Хорьдол-Сарьдаг (оз. Хубсугул, Монголия). Усиливающая рекреационная нагрузка на горно-долинные ландшафты БРЗ определяет необходимость оценки устойчивости почвенного покрова изучаемых территорий.

Байкальская рифтовая зона относится к каледонскому Байкало-Саяно-Монгольскому складчатому поясу с наложенной на него кайнозойской структурой. Фундамент юго-западного фланга БРЗ состоит из рагментов двух геоструктур Азии – Сибирской платформы и Центрально-Азиатского пояса, разделённых главным разломом Восточного Саяна (протерозойского возраста), подвижный пояс которого представлен тремя террейнами (Восточно-Тувинской, Джидинской и Тувино-Монгольской). Бассейны озера Байкал и озера Хубсугул относятся к одним из наиболее крупных геохимических макроландшафтных сопряжений – каскадным ландшафтно-геохимическим системам (КЛГС), т.е – к сложным, открытым, динамическим, резко неравновесным, но упорядоченным стационарным самоорганизующим системам земной поверхности со многими положительными и отрицательными обратными связями [1], способными сохранять устойчивость ландшафта, его структуру и механизмы функционирования [2]. Причем бассейны оз. Байкал (455 м н.у.м.) и оз. Хубсугул (1620 м н.у.м.) связаны между собой подземными и надземным стоком через р. Селенгу и ее приток - р. Эгийн-гол (единственный исток оз. Хубсугул).

Почвенный покров западного Прибайкалья включает в себя три почвенно-биоклиматические области: Европейско-Сибирскую таежно-лесную; Восточно-Сибирскую мерзлотно-таежную; Центрально-Азиатскую лесостепную и степную. В почвенном покрове лесного пояса Приморского хребта БРЗ распространены подбуры, буроземы грубогумусные, дерново-подзолистые, подзолы, серогумусовые (органогенно-щебнистые), серые метаморфические, криоземы глееватые, литоземы и др. Нами была исследована нижняя часть южного макросклона Примор-

ского хребта в окрестностях пос. Курмы и пос. Большого Голоустного Ольхонского района. Катена в *окрестностях пос. Курма* представлена вниз по склону следующими типами почв: *буроземом темно-гумусовым глинисто-иллювицированным ожелезненным* (AUao-AUel-Bmi-BMf-BC) - *темно-серой остаточной карбонатной глееватой* (AUh-AU-AUel-BC(f,g)) - *каштановой глинисто-иллювицированной* (AJ_{akl}-AJ-BMK-BC_(ca)-BCm) - *черноземом глинисто иллювиальным постагрогенным* (AUpa'- AUpa''-AUBIca-BCA) - *темно-гумусово-глеевой* (AUh-AU-AUBIg-BCg).

Буроземы характеризуются близкой к нейтральной pH по всему профилю, высоким содержанием гумуса, средним количеством обменных оснований. Гидролитическая кислотность связана с влиянием кислых почвообразующих пород архейского и протерозойского возраста (гранитоидов и метаморфитов, гнейсов, кристаллических сланцев, кварцитов и амфиболитов). Уникальны для Предбайкалья ландшафты предгорных сухих степей под ксерофитными злаковыми сообществами, протягивающиеся неширокой полосой вдоль южных и юго-восточных склонов Приольхонья и на острове Ольхон оз. Байкал. Положение в дождевой тени, недостаток атмосферного увлажнения при высокой водопроницаемости дресвяно-суглинистых почвогрунтов способствуют формированию здесь черноземов и каштановых ксерофитных почв. В нижних частях склонов в зоне лесостепи и на открытых пространствах и под разреженными лиственничными лесами паркового типа с лугово-степной растительностью на рыхлых бескарбонатных или умеренно карбонатных отложениях разного генезиса встречаются черноземы и черноземовидные почвы. Процессы криогенного растрескивания, попеременного промораживания и оттаивания почв приводят к их пылеватости и языковатости. Высокая дресвянистость и щебнистость почв способствует процессам элювиирования подвижных (обменных) и легко растворимых веществ и иллювиирования глины. В понижениях на слабодренированных равнинах под лесостепными и луговыми ценозами формируются темно-гумусовые глеевые почвы.

В *окрестностях пос. Голоустного* были изучены почвы ландшафтно-геохимической катены вдоль тропы к оз. Сухое, которое вызывает особый интерес уникальным природным явлением, связанным с периодичностью наполнения ложа озера водой, примерно один раз в четыре года. Катена представлена следующими типами почв: *Перегнойно-темно-гумусовой остаточной-(натечно)-карбонатной* (Aof-Aoh-AH(ca)-AUhca- AUCca) - *Торфяно-глееземом перегнойно-гумусовым омергеленным* (T-Th,ml-AHg,ml-AUGml) - *Черноземовидной элювицированной перегнойно-глеевой* (H- AHel-AUh-CRH-CG_{crh}) - *Перегнойно-темно-гумусовой элювицированной глееватой* (AHel-AUh-AUgAUCg(crh)).

Почвы, прилегающие к скальному прижиму, слаборазвиты. Богатый и разнообразный травостой и некоторое увлажнение затененной лесной долины способствует формированию перегнойно-темно-гумусовых почв с близкой к нейтральной pH среды, водопрочной структурой, высокой ЕКО. По мере приближения в пади «Семеновка» окрестностей пос. Б. Голоустного к озеру Сухому отмечается некоторое увеличение влажности, что способствует формированию нейтральных черноземовидных элювицированных перегнойно-глеевых почв. Богатство пород кальциевыми полевыми шпатами нейтрализует подкисляющее действие органических кислот. Благодаря такому сочетанию условий здесь формируются исключительно плодородные почвы. Несмотря на рыхлое сложение и интенсивный промывной режим

почвы характеризуются высокой насыщенностью основаниями благодаря биогеохимическому и адсорбционному барьерам. Почва в ложе озера Сухого имеет выраженный торфяной горизонт с близкой к нейтральной (6,55) рН, которая с глубины 20 см резко увеличивается вниз по профилю до щелочных значений, что связано со сплошной пропиткой грунта карбонатными водами – омергелеванием.

Тункинская долина представляет собой своеобразное звено в цепи тектонических опусканий, составляющей Байкальскую рифтовую зону и в виде 6 впадин протягивается субширотно на 200 км от юго-западной границы Байкала до оз. Хубсугул Монголии. Тункинский хребет сильно дислоцированными складками протерозоя (представленными терригенными, терригенно-карбонатными и карбонатными метаморфическими комплексами известняков, углисто-глинисто-карбонатных сланцев с интрузиями гранодиоритов) и, отчасти, докембрия и кембрия. Особыми формами рельефа днища центральной Тункинской впадины являются молодые позднечетвертичные (возможно, моложе 11-16 тыс. лет) вулканы – результаты одноактных извержений. В Тункинском рифте вулканизм начался в миоцене, продолжился в плиоцене и плейстоцене. Сложное геологическое строение региона определяет большое разнообразие коренных пород, что, наряду с растительным разнообразием и характером рельефа, определяет дифференциацию почвенного покрова и характер почвообразования. Общая направленность процессов почвообразования и выветривания обуславливает преобладание субаэральной дезинтеграции исходного природного материала и активное проявление различных экзодинамических процессов, в том числе – эоловых. В западной части котловины преобладают лессовые породы (сартанского) возраста, в центральной части – озерно-флювиогляциальные пески, озерно-аллювиальные отложения, аллювий низких террас р. Иркут.

Почвенный покров макрокатены южного макросклона Тункинских гольцов Тункинской долины имеет хорошо выраженную вертикальную поясность (рис. 1). Тункинский хребет представлен двумя структурами вертикально-поясного распределения почв (экстраконтинентальной для южных макросклонов и гумидной – для северных) и двумя группами почвообразования (высокогорного и горно-таежного). В лугово-степном ярусе долины господствуют ярко выраженные полосато-линзовидные комплексы *черноземов, каштановых почв*; на полого-наклонной аллювиально-пролювиальной равнине – *черноземовидные, темно-гумусовые и аллювиальные карбонатные* почвы; на низких террасах – мозаичные и пятнистые депрессивные кольцевые приозерные и приболотные комплексы *торфяно-глееземов и темно-гумусовых глеевых почв* с большим разнообразием почв при переходе от днища котловины к ее бортам.

Большинство долинных почв Тункинской котловины карбонатны (в силу выветривания вулканических базальтов, мраморов, распространения лессов, разгрузкой минеральных источников и трещино-пластовых вод), слабоглееваты, подвержены криотурбациям, не имеют полноразвитого профиля, и часто представлены синлитогенными образованиями с серией погребенных гумусовых горизонтов, обладают достаточно высокой экологической устойчивостью и значительным потенциальным плодородием, представляя значимые территории для расширения зоны экстенсивного сельскохозяйственного и рекреационного использования. В почвах лесного пояса, развитых на карбонатных породах Тункинских Альп процессы криогенеза способствуют дезинтеграции грунтов, карбонатных и др. горных пород, приводя к явлениям криппа, оползням и формированию пылеватой структуры. В

почвах долинных ландшафтов мерзлотные явления проявляются в виде криогенных пучений грунта, криотурбаций, длительного и избыточного надмерзлотного увлажнения, приводящего к торфонакоплению и процессам квазиглеевого метаморфизма.

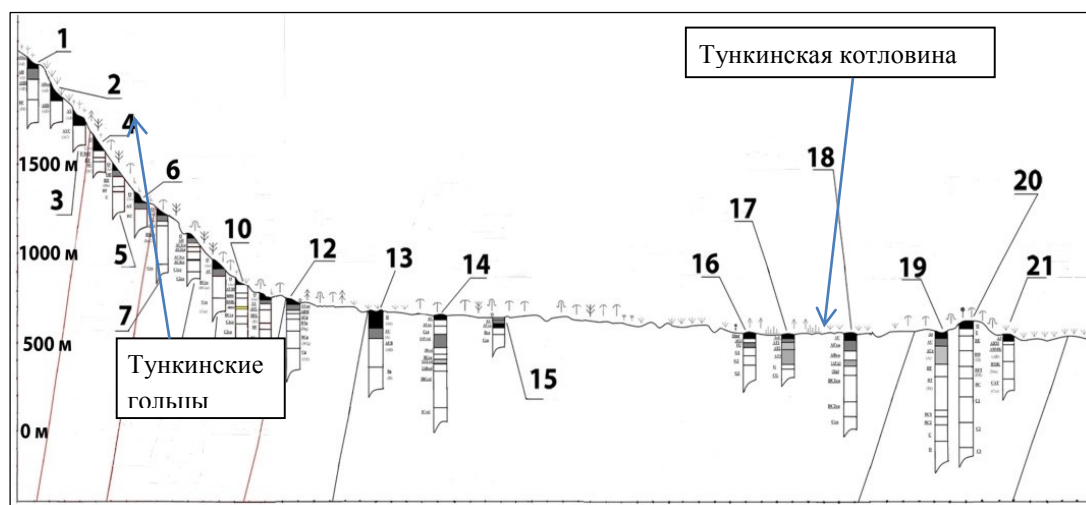


Рис. 1. Почвенно-геоморфологический профиль катены: Тункинские Гольцы Восточных Саян – долина р. Иркут Тункинской котловины БРЗ

1. Перегнойная темногумусовая иллювиально-гумусово-железистая (АН-АН1-АНВh-BFg-BCg-(C)-M); 2. Литозем перегнойный темно-гумусовый (АН-АНВ-(C)-M); 3. Литозем серогумусовый глинисто-иллювирированный (АУ-АУС-С); 4. Подзол иллювиально-гумусово-железистый (О-Е/ВН-BF); 5. Подбур перегнойно-иллювиально-гумусово-железистый (О-ОН-ВН-BF); 6. Серогумусовая иллювиально-железистая (О-АУ-ВСf-С) / (Литозем перегнойно-грубогумусовый (Ао-Аоh-С-М)); 7. Бурозем темный остаточно-карбонатный (О-АУ-АУе-ВМса-С(са)); 8. Аллювиальная темногумусовая типичная (О-АН-АСса); 9. Темногумусовая остаточно-карбонатная (АУ-ВСса-Сса-Мса); 10. Темно-серая метаморфическая остаточно-карбонатная (АУ-АУВМК-ВМК-ВСса-Сса-Dca); 11. Серая метаморфическая глинисто-иллювирированная (АУ-АЕL-BEL-Bf-BC-Сса); 12. Бурозем грубогумусированный на погребенной темно-серой глеевой почве (АУао-АВМ-[АУg-ВТg-BCg-Cg]); 13. Перегнойно-темногумусово-глеевая (Н-АУ-АУВ-Вg); 14. Серогумусовая типичная остаточно-карбонатная (АУ-АСса-Сса-[АУса-Вса-ВСса]-[АУса-Вса-ВСса] на погребенных аллювиальных почвах); 15. Аллювиальная серогумусовая элювирированная (АУ-АУса-Вса-Сса); 16. Аллювиальная перегнойно-глеевая иловато-перегнойная на погребенной аллювиальной перегнойно-глеевой почве (Нmg-AG1-[H-G1-G2-G3]); 17. Торфяно-глеезем перегнойно-торфяный (АО-АТ1-АТ2-АТ3-G-CG); 18. Чернозем криогенно-мицеллярный на аллювиально-темногумусовой гидрометаморфической слоистой почве (АУ-АУса-АВса-[АУg-Вg-BC1са-BC2са-Сса~]); 19. Темно-серая типичная средне-суглинистая (Ао-АУ-АУе-BF-ВТ-BC1-BC2-С) на лессовидных суглинках; 20. Подзол грубогумусированный иллювиально-гумусово-железистый на вулканических шлаках (О-Е-ВЕ-ВН-BFT-BC-С1-С2); 21. Каштановая типичная на покровных лессовидных суглинках (АJ-АВМ-АВМК-ВМК-САТ-ВСса).

В ландшафтной структуре Прихубсугулья сочетаются бореально-таежный и бореально-степной планетарные типы среды Азии с неконтрастным экспозиционно-островным или фронтальным участком травяных лесов и степей. Геология района весьма разнообразна и формируется разновозрастными структурами под влиянием вечной мерзлоты. Под лиственнично-кедровыми лесами формируются разновозрастные комбинации подбуров и Al-Fe-гумусовых профильно-дифференцированных подзолов с оторфованным гумусовым и глеевым горизонтами, криоземы, буроземы и серогумусовые глеевые почвы. Основные горные массивы в Прихубсугулье сложены карбонатными породами (известняками, доломитами, мраморами).

Юго-западное Прихубсугулье известно выходом на поверхность рудных тел крупнейшего Хубсугульского фосфоритоносного бассейна вендско-рифейско-кембрийского возраста (общей площадью 30000 кв. км, запасами около 1 млрд. т. и содержанием P_2O_5 , до 31-32%) [3], представленного фосфатоносными кремнистыми доломитами и черными известняками с прослоями кремней, хлоритовых и филлитовых сланцев.

Изученная макрокатена почв Прихубсугулья, развитых на фосфоритах месторождения, представлена: *Карболитоземом перегнойным глинисто-иллювирированным (тундровым)* (АНса-AUBIca-CRica) – *Буроземом темным перегнойным* (AUh-AU-VMf-Cm) – *Темно-серой метаморфической элювирированной остаточнокarbonатной* (AUel-AU-AUBM-VMca-BCca) – *Черноземом криогенно-мицеллярным* (AUmс-BCAmс-BCca-Cca) – *Перегнойно-темногумусовой квазиглеевой карбонатной (верхового болота)* (АН-AUhq-BIq(hi)ca-BCQca) – *Темно-серой метаморфической элювирированной глееватой остаточнокarbonатной* (AU(el)-AUBM-BCmCca) – *Каштановой дисперсно-карбонатной* (AJ-VMKdc-BCca) – *Черноземовидной (криоаридной) остаточнокarbonатной* (AUdc-AUBCadc-BCAda-BCdc) – *Торфяно-перегнойной квазиглеевой натечно-карбонатной* (THmr-AUBIq(@)-BCQhi, is).

Закключение. Почвенный покров территорий БРЗ характеризуется высокой степенью разнообразия и комплексности, связанной со сложной геологической историей, геоморфологической и сейсмической обстановкой, с климатическими флуктуациями региона. Почвы горных территорий БРЗ, как правило, короткопрофильны, щебнисты и очень чувствительны к рекреационной и техногенной нагрузке. Долинные почвы характеризуются достаточно высоким природным плодородием, но тоже достаточно чувствительны к нагрузкам. Проведенные исследования экологического состояния почв и естественных биоценозов горно-долинных ландшафтных комплексов территорий БРЗ позволяют более детально оценивать степень устойчивости почв и ландшафтов исследуемых районов при проектировании и организации различных рекреационно-туристических маршрутов и мероприятий, проведении инженерно-строительных работ, создания проектов сельскохозяйственного использования территорий и др. На исследуемых территориях обязательным является проведение мероприятий по сохранению биоразнообразия почв и ландшафтных комплексов, по сокращению и предотвращению эрозии и деградации почвенного покрова (через подсев соответствующих травосмесей, лесопосадки, использование металлических геосеток, строительство противоселевых сооружений и т.п.) с учетом мерзлотных явлений и процессов, разработка рекомендаций проведения обязательных профилактических и восстановительных рекультивационных работ по сохранению почв и ландшафтов природной среды. Важной задачей является проведение мониторинговых исследований и оценка экологического состояния почв, ценозов и ландшафтов в целом, а также – количественно-качественных составляющих биоразнообразия и его динамики для обоснования рекомендуемых норм рекреационной нагрузки и их контроля.

Литература

1. Перельман А.И. Геохимический ландшафт как самоорганизующая система / Вестник МГУ, сер.5, геогр., 1955, № 4. С. 10-17.
2. Яншин А.А., Жарков М.А. Фосфор и калий в природе. Новосибирск: Наука, 1986. 190 с.

N.A. Martynova
Irkutsk State University, Irkutsk, Russia
e-mail: natamart-irk@yandex.ru

ECOLOGICAL ESTIMATION OF SOIL-LANDSCAPE COMPLEXES OF NATURAL CENOSISES IN MOUNTAIN AREAS OF THE BAIKAL RIFT ZONE

Abstract. The ecological estimation of soil-landscape complexes of natural cenosises in mountain areas of the south-western branch of the Baikal rift zone is given. New actual data on weakly investigated soils and landscapes, their properties and peculiarities of genesis as well as their potential of environmental sustainability and limits of recreational activity is obtained.

Keyword: soil ecology, stability of soil cover, landscape protection, Baikal rift zone

References

1. Perelman A.I. Geochemical landscape as a self-organizing system. Vestnik MSU, ser.5, geogr., 1955, No. 4. Pp. 10-17.
2. Yanshin A.A., Zharkov M.A. Phosphorus and potassium in natural conditions. Novosibirsk: Nauka Publ., 1986. Pp. 190.

УДК 631.48

Е.Н. Минаева
ФГАОУ ВО Южный федеральный университет,
Академия биологии и биотехнологии им. Д.И. Ивановского,
Ростов-на-Дону, Россия
E-mail: daftbio@mail.ru

ГЕНЕЗИС КАРБОНАТНЫХ НОВООБРАЗОВАНИЙ В КАШТАНОВЫХ ПОЧВАХ

Аннотация. Проведен статистический анализ характера промачивания почвенного профиля в темно-каштановых, каштановых и светло-каштановых несолонцеватых почвах. В среднем 83% осадков проникает на глубину залегания белоглазки, таким образом формирование карбонатного горизонта и характер распределения в нем белоглазки строго зависит от количества проникающей атмосферной влаги.

Ключевые слова: каштановые почвы, карбонатные новообразования, белоглазка.

Введение. В настоящее время карбонаты в почвах изучены достаточно широко, но исследований о влиянии атмосферных осадков на формирование карбонатного горизонта недостаточно.

Цель данной работы – изучить влияние атмосферных осадков на формирование карбонатного горизонта в почвах сухостепной зоны теплой южно-европейской фации.

Материалы и методы. Исследования вели на темно-каштановых, каштановых, светло-каштановых почвах Сальского, Пролетарского, Орловского, Зимовниковского, Дубовского, Заветинского и Ремонтненского административных

районов Ростовской области. По классификации почв России (2004) это черноземы текстурно-карбонатные, каштановые типичные почвы и каштановые солонцеватые почвы

Исследуемый подрайон расположен в юго-восточной и центральной части области. Климат жаркий, очень засушливый, гидротермический коэффициент 0,57-0,70, сумма активных температур составляет более 3400°C, среднемноголетняя сумма осадков за год – 350-600 мм [1].

Полнопрофильные разрезы закладывали на разных элементах рельефа. В статистическую выборку включали и литературные данные [2, 3]. Для определения средней многолетней глубины промачивания профиля черноземов обыкновенных карбонатных Нижнего Дона и расчета частоты встречаемости наиболее распространенной глубины промачивания за 33 года использовали открытые источники информации [4].

Результаты и обсуждение. Статистический анализ характера промачивания почвенного профиля исследуемых почв показал, что в среднем для темно-каштановых почв до 84% осадков проникает на глубину залегания белоглазки 60-130 см, а средняя многолетняя глубина промачивания составляет 81 см. Для каштановых почв до 77% на глубину 50-120 см, средняя многолетняя глубина промачивания – 69 см. И в наиболее засушливой подзоне светло-каштановых почв 88% осадков приходится на глубину 40-110 см, средняя глубина промачивания составляет 60 см. Статистика глубин промачивания по административным районам приведена на рисунке. Для сравнения проведены расчеты и для черноземов обыкновенных карбонатных [5].

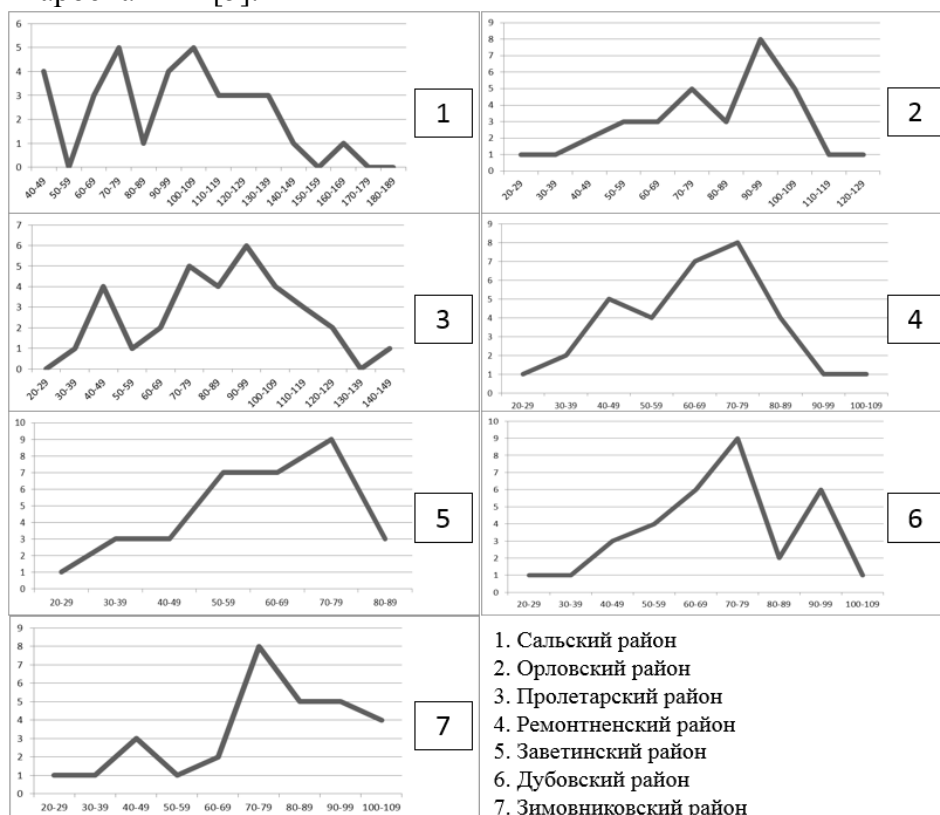


Рис. Многолетняя статистика глубин промачивания почвенного профиля по административным районам за 33 года

Из полученных результатов можно сделать вывод, что формирование карбонатного горизонта и характер распределения в нем белоглазки связаны со средним многолетним количеством осадков, поступающих на дневную поверхность.

Генезис верхней части карбонатного горизонта обусловлен наличием лет с минимальным количеством среднегодовых осадков. Средняя часть горизонта, характеризующаяся массовым скоплением белоглазки, формируется в годы, когда количество осадков близко к средним многолетним величинам. Нижняя часть карбонатного горизонта – результат наличия лет с максимальным количеством осадков. Такие же закономерности отмечены и для почв черноземной зоны [6].

Заключение. В среднем 83% осадков проникает на глубину залегания белоглазки, таким образом формирование карбонатного горизонта и характер распределения в нем белоглазки строго зависит от количества поступающей атмосферной влаги. Минимальное количество среднегодовых осадков формирует верхнюю часть карбонатного горизонта. Средняя многолетняя глубина промачивания соответствует максимальному скоплению карбонатных новообразований.

Литература

1. Агроклиматические ресурсы Ростовской области. Л.: Гидрометеиздат, 1972. 251 с.
2. Безуглова О.С., Хырхырова М.М. Почвы Ростовской области: учеб. Пособие. Ростов н/Д.: ЮФУ, 2008. 352 с.
3. Захаров С.А. Почвы Ростовской области и их агрономическая характеристика. Ростов н/Д., 1945. 123 с.
4. Свисюк И.В., Русева З.М. Погода и урожай зерновых культур. Ростов н/Д.: Рост. кн. изд-во, 1980. 144 с.
5. Морозов И.В., Безуглова О.С., Минаева Е.Н. О формировании карбонатного горизонта черноземов обыкновенных карбонатных Нижнего Дона // Живые и биокосные системы [Электронный ресурс]. 2017. № 22. Режим доступа: <http://jbs.ru/archive/issue-22/article-10/>.
6. Минаева Е.Н., Безуглова О.С., Морозов И.В. О строении профиля черноземов обыкновенных карбонатных // Материалы II Международной научной конференции «Современное состояние чернозёмов». 2018. С. 175-182.

E.N. Minaeva

Sothern Federal University, Rostov-on-Don, Russia

GENESIS OF CARBONATE NEW FORMATIONS ON CHESTNUT SOILS

Abstract. Statistical analysis of wetting nature of soil profile on dark chestnut, chestnut, and light chestnut non-solonetz soils was carried out. On average, 83% of the precipitation penetrates the depth of loess loam soil therefore the formation of carbonate horizon and distribution nature of loess loam soil in it strictly depends on the amount of penetrating atmospheric moisture.

Keywords: chestnut soil, carbonate neoplasms, loess loam soil.

References

1. Agroclimatic resources of the Rostov Oblast. L.: Gidrometeoizdat, 1972. 251 p.
2. Bezuglova O.S., Khirkhirova M.M. Soils of the Rostov Oblast: textbook. manual. Rostov n / A: SFU, 2008. 352 p.
3. Zakharov S.A. Soils of the Rostov Oblast and their agronomic characteristics. Rostov n / a., 1945. 123 p.
4. Svisyuk I.V., Ruseva Z.M. Weather and grain yield. Rostov n / D: Rost. Prince Publishing House, 1980. 144 p.
5. Morozov I.V., Bezuglova O.S., Minaeva E.N. On the formation of carbonate horizon of ordinary carbonate chernozems of the Lower Don // Living and biocosal systems [Electronic resource]. 2017. No. 22. Access mode: <http://jbs.ru/archive/issue-22/article-10/>.
6. Minaeva E.N., Bezuglova O.S., Morozov I.V. On the structure of profile of ordinary carbonate chernozems // Materials of the II International Scientific Conference "The Current State of Black Earth." 2018 . Pp. 175-182.

А.И. Попов

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

e-mail: paihmic@gmail.com

СПОСОБНОСТЬ КОЛЛОИДНЫХ МИЦЕЛЛ ГУМИНОВЫХ ВЕЩЕСТВ СОЛЮБИЛИЗИРОВАТЬ ФОТОСИНТЕТИЧЕСКИЕ ПИГМЕНТЫ

Аннотация. В работе продемонстрировано, что хлорофиллы *a* и *b* и каротиноиды способны солюбилизоваться в структурированных коллоидных мицеллах гуминовых веществ. По всей видимости, данный механизм способствует длительному сохранению фотосинтетических пигментов в почвах.

Ключевые слова: гуминовые вещества, фотосинтетические пигменты, солюбилизация.

Введение. Одной из важных проблем диагностики почв является поиск таких соединений-индикаторов, которые наглядно отражали бы направленность протекания элементарных почвенных процессов. Такими веществами являются фотосинтетические пигменты (ФСП) и другие родственные им пигменты порфириновой природы. Анализ содержания ФСП используется в палеопочвоведении для оценки сохранности органического вещества и биологической активности [4], а также в современных почвах, как индикатор переувлажнения [7, 8]. Эти вещества легко определяются в почвах спектрофотометрически при незначительном их содержании. Кроме того, одним из рекомендованных показателей гумусового состояния является присутствие или отсутствие хлорофилла в спиртобензольной вытяжке [3, 12]. Известно, что ФСП в погребённых почвах способны сохраняться до нескольких тысяч лет [1, 22]. В то же время рядом авторов было установлено, что хлорофилл, искусственно внесённый в почву, при нормальных условиях разлагается в течение 30–50 дней [16, 20]. Таким образом, механизм сохранения ФСП в почвах является дискуссионным. Возможно, сохранение ФСП в составе почвенного органического вещества определяется солюбилизирующими свойствами гуминовых веществ (ГВ). Солюбилизация — самопроизвольный и обратимый процесс внедрения лиофобных соединений в мицеллы поверхностно-активных веществ (ПАВ). Гуминовые вещества дифильны [9, 11, 21], что и обуславливает их поверхностно-активные свойства [9, 13, 14; 17]. Как и все поверхностно-активные вещества, молекулы ГВ способны образовывать ассоциаты — структурированные коллоидные мицеллы [14, 15].

Цель публикации — выявить возможность солюбилизации ФСП в коллоидных мицеллах гуминовых веществ (ГВ).

Объекты и методы исследования.

Объектами исследования были выбраны ГВ, выделенные из вермикомпоста нейтральным (рН ~7) фосфатным буферным раствором. Гуминовые вещества не разделялись на гуминовые кислоты и фульвокислоты. Из них были получены структурированные коллоидные мицеллы, которые представляли собой суспензию в водной среде. Для образования коллоидных мицелл использовались ионы трехвалентного железа.

В опытах использовался раствор ФСП в 90% растворе ацетона, содержащий хлорофилла *a* – 9,28 мкг/л, хлорофилла *b* – 3,7 и каротиноидов – 3,39 мкг/л. Экспериментально было установлено, что под действием ультрафиолетового излучения

за 1 час происходило полное фотохимическое разрушение ФСП, добавленных в дистиллированную воду.

Оценка солюбилизации ФСП коллоидными мицеллами ГВ проводилась по следующей схеме:

1. В чашке Петри смешивали 10 мл суспензии мицелл ГВ заданной концентрации (200 мг сухого вещества) с 1 мл раствора ФСП (контроль);
2. Такая же смесь суспензии ГВ и ФСП подвергалась воздействию ультрафиолетового излучения в течение 60 минут;
3. Смесь суспензии ГВ и ФСП высушивали при температуре 105°C в течение 60 минут, а потом добавляли 10 мл дистиллированной воды и подвергали воздействию ультрафиолетового излучения в течение 60 минут;
4. Суспензия мицелл ГВ (200 мг) предварительно высушивалась при температуре 105°C , затем к ней последовательно добавлялись 10 мл дистиллированной воды и 1 мл раствора ФСП, после чего полученная смесь подвергалась воздействию ультрафиолетового излучения в течение 60 минут.

После окончания эксперимента, к смесям всех вариантов добавлялось 90 г ацетона (в итоге создавался 90% раствор) и содержимое интенсивно перемешивалось в течение 15 минут. Затем полученную суспензию центрифугировали при 3000 об./мин. в течение 20 минут, отделяли надосадочную жидкость и в ней фотометрически определяли оптические плотности при 470 нм, 662, 645 и 750 нм, в соответствии с ГОСТ 17.1.4.02–90 [2]. После чего рассчитывали содержание хлорофиллов *a* и *b*, а также каротиноидов.

Полученные результаты исследований подвергались математической обработке методами вариационной статистики [5, 6]. Повторность трехкратная.

Результаты и обсуждение

Влажные структурированные коллоидные мицеллы ГВ вмещали в себя 65% хлорофилла *a*, 58% хлорофилла *b* и 50% каротиноидов (табл.) Ультрафиолетовое облучение смеси мицелл ГВ и ФСП приводило к достоверному уменьшению содержания только хлорофилла *a* (примерно на 40%). Высушивание смеси влажных мицелл ГВ и ФСП и последующее ультрафиолетовое облучение достоверно снижало количество хлорофилла *a* примерно на 80%, хлорофилла *b* и каротиноидов примерно на 70%. Высушенные мицеллы ГВ обладали наименьшим защитным эффектом к ультрафиолетовому облучению по отношению ФСП. В этом варианте хлорофилла *a* сохранилось 4%, хлорофилла *b* – около 40 и каротиноидов – около 30%.

Как было установлено П.Б. Хойтом [16], наименее устойчивым к деградационным процессам, происходящих в почве, является хлорофилл *a*, поэтому его убыль в наших экспериментах под действием ультрафиолетового облучения и высушивания была наибольшей.

С позиции супрамолекулярной химии, ГВ – стохастический ансамбль, состоящий из относительно небольших молекул и характеризуются коллоидными свойствами [13, 18, 21]. Кинетически устойчивыми единицами коллоидных дисперсных систем ГВ являются рыхлые физически и неоднородные химически ассоциаты – мицеллы [10, 15]. В поровом пространстве внутри мицелл ГВ может происходить солюбилизация как неорганических, так и гидрофобных органических соединений [19].

Влажные мицеллы ГВ удерживали большее количество ФСП, по сравнению с высушенными. Это объясняется тем, что поровое пространство мицелл ГВ с высушиванием уменьшается. Тот факт, что ФСП охранялись в присутствии мицелл

ГВ даже после ультрафиолетового облучения и высушивания, свидетельствовал о солюбилизации хлорофиллов и каротиноидов.

Таблица

Содержание фотосинтетических пигментов в структурированных коллоидных мицеллах гуминовых веществ

Варианты	Воздействие	Содержание ФСП, мкг/л		
		C_a	C_b	C_{kar}
Влажные мицеллы ГВ + ФСП	Нет	6,01	2,13	1,67
Влажные мицеллы ГВ + ФСП	УФ	3,64	2,34	1,51
Влажные мицеллы ГВ + ФСП	Высушивание + УФ	1,41	0,71	0,54
Высушенные мицеллы ГВ + ФСП	УФ	0,27	0,80	0,45
$F_{факт.}$		150,56	79,94	86,65
F_{05}		4,07	4,07	4,07
$НСР_{05}$		0,647	0,300	0,214

Примечания: УФ — ультрафиолетовое облучение, C_a — содержание хлорофилла a , C_b — содержание хлорофилла b (C_b) и C_{kar} — содержание каротиноидов; $F_{факт.}$ — критерий Фишера фактический, F_{05} — критерий Фишера теоретический при $P = 95\%$, $НСР_{05}$ — наименьшая существенная разности при $P = 95\%$,

Таким образом, на основании проведённых исследований было выявлено, что структурированные коллоидные мицеллы ГВ способны солюбилизировать в своем поровом пространстве ФСП. Возможно, данный механизм способствует длительному сохранению ФСП в почвах. Эксперимент также объясняет, почему в почвах, испытывающих длительное обводнение, содержание ФСП больше, чем в почвах с длительным иссушением — во влажных условиях формируются более пространственно развитые ассоциаты ГВ.

Выводы.

1. Фотосинтетические пигменты способны солюбилизироваться в структурированных коллоидных мицеллах гуминовых веществ.
2. Ультрафиолетовое облучение мицелл ГВ, содержащих ФСП, достоверно снизило содержание только хлорофилла a .
3. Высушивание мицелл ГВ значительно уменьшало содержание ФСП.
4. Высушенные мицеллы ГВ характеризовались очень низкой солюбилизацией.

***Благодарности.** Автор благодарит Е.П. Храпову за помощь в получении аналитических данных.*

Литература

1. Бирюкова О.Н., Орлов Д.С. О содержании хлорофилла в современных и погребенных почвах и ископаемых осадках // Биологические науки. 1978. № 6. С. 119–122.
2. ГОСТ 17.1.4.02–90. Вода. Методика спектрофотометрического определения хлорофилла М.: ФГУП «Стандартинформ», 2010. 15 с.
3. Гришина Л.А., Орлов Д.С. Система показателей гумусного состояния почв // Проблемы почвоведения / Советские почвоведы к 6-му Междунар. конгрессу почвоведов в Канаде. 1978 г. М.: Наука. 1978. С. 42–47.
4. Дергачева М.И., Зыкина В.С. Органическое вещество ископаемых почв. Новосибирск: Наука. 1988. 129 с.
5. Дмитриев Е.А. Математическая статистика в почвоведении: Учебник / Науч. ред. Ю.Н. Благовещенский / Изд. 3-е, испр. и доп. М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2009. 328 с.
6. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований): Учебник для студентов / Изд-е 5-е, перераб. и доп. М.: Агропромиздат. 1985. 351 с.
7. Зайдельман Ф.Р., Данилова Г.А. Влияние глееобразования на содержание липидов, хлорофилла, зелёного пигмента и углеводов в дерново-подзолистых почвах / Биологические науки. 1989. № 3. С. 101–106.
8. Козырев Ф.Н. Почвенный хлорофилл как индикатор переувлажнения почвы // Доклады ВАСХНИЛ. 1991. № 5. С. 30–33.
9. Лактионов Н.И. Гумус как природное коллоидное поверхностно-активное вещество. Харьков. 1978. 25 с.

10. Лиштван И.И. Коллоидная химия и физико-химическая механика торфа: история развития и современные направления исследований // Природопользование. 2012. Вып. 22. С. 47–56.
11. Милановский Е.Ю. Гумусовые вещества почв как природные гидрофобно-гидрофильные соединения. М.: ГЕОС. 2009. 186 с.
12. Орлов Д.С., Бирюкова О.Н., Розанова М.С. Дополнительные показатели гумусного состояния почв и их горизонтов // Почвоведение. 2004. №8. С. 918–926.
13. Попов А.И. Гуминовые вещества: свойства, строение, образование / Под ред. Е.И. Ермакова. СПб.: Изд-во С. Петерб. ун-та, 2004. 248 с.
14. Engebretson R.R., Von Wandruszka R. The effect of molecular size on humic acid associations // Org. Geochem. 1997. V. 26. Is. 11–12. P. 759–767.
15. Guetzloff T.F., Rice J.A. Does humic acid form a micelle? // Sci. Total Env. 1994. V. 152. P. 31–35.
16. Hoyt P.B. Chlorophyll-type compounds in soil. II. Their decomposition // Plant and Soil. 1966. V. 25. Is. 3. P. 313–328.
17. Kawahigashi M., Fujitake N., Tsurudome T. et al Change in Configurations and Surface Active Properties of Humic Acid with Increasing Concentration of NaCl // The Role of Humic Substances in the Ecosystems and in Environmental Protection: Proc. 8th Meeting IHSS / Eds J. Drozd, S.S. Gonet, N. Senesi, J. Weber. Wroclaw, Poland: PTSH Polish Society of HS, Polish Chapter of the IHSS, 1997. P. 127–132.
18. Piccolo A. The supramolecular structure of humic substances // Soil Sci. 2001. V. 166. P. 810–832.
19. Schnitzer M. Humus Substances: Chemistry and Reactions // Soil Organic Matter / Eds M. Schnitzer, S.U. Khan / Development of Soil Science. No 8. 1978. P. 1–64.
20. Simonart P., Mayaudon J., Batistic L. Étude de la décomposition de la matière organique dans le sol au moyen de carbone radioactif. IV. Décomposition des pigments foliaires // Plant and Soil. 1959. V. 11. Is. 2. P. 176–180.
21. Tombácz E., Rice J.A. Changes of Colloidal State in Aqueous Systems of Humic Acids // Understanding Humic Substances. Advanced Methods. Properties and Applications / Eds E.A. Ghabbour G. Davies. Cambridge: Royal Society of Chemistry, 1999. P. 69–78.
22. Vallentyne J.R. Sedimentary chlorophyll determination as a paleobotanical method // Can J Bot. 1955. No 33. P. 304–313.

A.I. Popov

St. Petersburg State University, St. Petersburg, Russia

e-mail: paihumic@gmail.com

ABILITY OF COLLOIDAL MICELLES OF HUMIC SUBSTANCES TO SOLUBILIZE PHOTOSYNTHETIC PIGMENTS

Abstract. The article demonstrates that chlorophylls *a* and *b*, and carotenoids are capable of solubilizing in structured colloidal micelles of humic substances. Apparently, this mechanism causes a long-term preservation of photosynthetic pigments in soil.

Keywords: humic substances, photosynthetic pigments, solubilization.

References

1. Biryukova O.N., Orlov D.S. On the content of chlorophyll in modern and buried soils, and fossil sediments // Biological Sciences. 1978. No. 6. P. 119–122. (In Russian).
2. GOST 17.1.4.02–90. Water. Method of spectrophotometric determination of chlorophyll M.: Federal State Unitary Enterprise “Standardinform”, 2010. 15 p. (In Russian).
3. Grishina L.A., Orlov D.S. System of indicators for humus state of soils // Problems of soil science / Soviet soil scientists to the 6th Intern. Congress of Soil Scientists in Canada. 1978, Moscow: Science. 1978. P. 42–47. (In Russian).
4. Dergacheva M.I., Zykina V.S. Organic matter of fossil soils. Novosibirsk: Science. 1988. 129 p. (In Russian).
5. Dmitriev E.A. Mathematical statistics in soil science: Textbook / Scientific. ed. Yu. N. Blagoveshchensky / Ed. 3rd, amended and supplemented. – Moscow: Book house "LIBROCOM", 2009. 328 p. (In Russian).
6. Dospikhov B.A. Methodology of field experience (with the basics of statistical processing of research results): A textbook for students / 5th ed., supplemented and revised. – Moscow: Agropromizdat, 1985. 351 p. (In Russian).

7. Zaydelman F.R., Danilova G.A. The effect of gley formation on content of lipid, chlorophyll, green pigment and carbohydrates in sod-podzolic soils / *Biological Sciences*. 1989. No. 3. P. 101–106. (In Russian).
8. Kozyrev F.N. Soil chlorophyll as an indicator of soil overmoistening // *Reports of VASKHNIL (Lenin All-Union Academy of Agricultural Sciences)*. 1991. No. 5. P. 30–33. (In Russian).
9. Laktionov N.I. Humus as a natural colloidal surfactant. Kharkiv. 1978. 25 p. (In Russian).
10. Lishtvan I.I. Colloid chemistry and physico-chemical mechanics of peat: history of development and modern research directions // *Nature Management*. 2012. Iss. 22. P. 47–56. (In Russian).
11. Milanovsky E.Yu. Humic substances of soils as natural hydrophobic-hydrophilic compounds. Moskow: GEOS, 2009. 186 p. (In Russian).
12. Orlov D.S., Biryukova O.N., Rozanova M.S. Additional parameters of humus status of soils and their genetic horizons // *Eurasian Soil Science*. 2004. V. 37. Iss. 8: P. 798–805.
13. Popov A.I. Humic substances: properties, structure, formation / Ed. E.I. Ermakov. St. Petersburg: Publishing House St. Petersburg University, 2004. 248 p. (In Russian).
14. Engebretson R.R., Von Wandruszka R. The effect of molecular size on humic acid associations // *Org. Geochem*. 1997. V. 26. Is. 11–12. P. 759–767.
15. Guetzloff T.F., Rice J.A. Does humic acid form a micelle? // *Sci. Total Env.* 1994. V. 152. P. 31–35.
16. Hoyt P.B. Chlorophyll-type compounds in soil. II. Their decomposition // *Plant and Soil*. 1966. V. 25. Is. 3. P. 313–328.
17. Kawahigashi M., Fujitake N., Tsurudome T. et al Change in Configurations and Surface Active Properties of Humic Acid with Increasing Concentration of NaCl // *The Role of Humic Substances in the Ecosystems and in Environmental Protection: Proc. 8th Meeting IHSS* / Eds J. Drozd. S.S. Gonet. N. Senesi. J. Weber. Wroclaw. Poland: PTSH Polish Society of HS. Polish Chapter of the IHSS, 1997. P. 127–132.
18. Piccolo A. The supramolecular structure of humic substances // *Soil Sci*. 2001. V. 166. P. 810–832.
19. Schnitzer M. Humus Substances: Chemistry and Reactions // *Soil Organic Matter* / Eds M. Schnitzer. S.U. Khan / *Development of Soil Science*. No 8. 1978. P. 1–64.
20. Simonart P., Mayaudon J., Batistic L. Étude de la décomposition de la matière organique dans le sol au moyen de carbone radioactif. IV. Décomposition des pigments foliaires // *Plant and Soil*. 1959. V. 11. Is. 2. P. 176–180.
21. Tombácz E., Rice J.A. Changes of Colloidal State in Aqueous Systems of Humic Acids // *Understanding Humic Substances. Advanced Methods. Properties and Applications* / Eds E.A. Ghabbour G. Davies. Cambridge: Royal Society of Chemistry, 1999. P. 69–78.
22. Vallentyne J.R. Sedimentary chlorophyll determination as a paleobotanical method // *Can J Bot*. 1955. No 33. P. 304–313.

УДК 631.4

В.Е. Приходько

Институт физико-химических и биологических проблем почвоведения РАН,

Пушино, Россия,

e-mail: valprikhodko@rambler.ru

РЕКОНСТРУКЦИЯ КЛИМАТА И ПОЧВ ЛЕСОСТЕПИ В ГОЛОЦЕНЕ В ЦЕНТРАЛЬНОМ ЧЕРНОЗЕМЬЕ И ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

Аннотация. В голоцене в лесостепи Центрального Черноземья, судя по составу палиноспектров, росли леса разного состава и структуры в зависимости от этапов колебания климата длительностью от 100-300 до 700 лет. Леса имели несомкнутый характер, с уменьшением увлажненности приобретали структуру, близкую лесостепной. Степи

развивались в начале и середине суббореала и начальные этапы окончания субатлантики. Изменения климата разных регионов были метахронны.

Ключевые слова: палеопочвы, палинология, геоархивы, ландшафты

Целью работы было обобщение данных по эволюции почв и ландшафтов лесостепной зоны в соответствии с динамикой климата в голоцене.

Вначале охарактеризуем изменение климата голоцена Центрального Черноземья на основании палинологических данных. Схема его изменения составлена [7–9].

В предбореальный период (10.2–9.5 т.л.н.) исследуемая территория была в основном покрыта разнотравно-луговыми и злаковыми степями, локально встречались березово-сосновые леса с включением вяза, осины, ольхи. В начале бореального периода (9.5–8. т.л.н.) они доминировали, во 2й его половине выявлены дуб и орешник, в заключительную фазу – ясень и клен. В поздние этапы бореала появились маревые из рода солянковых (*Salsola soda* L.), указывающие на аридизацию климата [8]. На климатической кривой этот этап проявляется 8.3–8 т.л.н. [9].

В течение атлантического периода (8–4.5 т.л.н.) дальнейшее повышение температуры и влажности способствовало доминированию широколиственных лесов, постепенно их площадь расширялась, структура усложнялась, они превращались в многоярусные дубравы с липой, ясенем и кленом. Поздний атлантик характеризовался развитием дубовых рощ с буком и грабом. Переходный этап от атлантика к суббореалу отмечен как сухая и прохладная стадия с резким сокращением широколиственных видов и появлением галофита (*Salsola soda* L.).

В суббореальном периоде площадь лесов сократилась, а сообщество трав расширилось. На рубеже между суббореальным и субатлантическим периодами из-за понижения температуры отмечалось появление вяза и липы на водоразделах и сосны и березы – в депрессиях. Повышение температуры и влажности в среднем субатлантике способствовало развитию одноярусных дубовых лесов с липой и вязом, миграции ели на юг с внедрением в сосновые леса. В поздней субатлантике климат и антропогенная деятельность привели к сокращению дубовых лесов и расширению степной растительности.

Изменения климата лесостепи Западной Сибири в голоцене. Схема изменения климата и ландшафтов региона в голоцене составлена [5]. С тех пор появились новые работы, ее дополняющие [12–16]. Одно из наиболее детальных исследований проведено в Тоболо-Ишимье. По палинологическим данным из проб 4 озер и болот и 22 почвенных разрезов и культурных слоев многих древних поселений, включая 150 радиоуглеродных дат, составлена схема климатических условий голоцена [15]. Кратко эти результаты приведены ниже.

В бореальный период 9–7.7 т.л.н. влаго- и теплообеспеченность была больше, чем сейчас. Росли мелколиственные леса: березовые с примесью осины и ольхи, в северном Притоболье – с вязом и сосной, границы лесов расширялись на север и юг. Соотношение лес и лугов было 1:1, сопоставимо с северной лесостепью.

В атлантический период 7.7–6.3 т.л.н. происходило дальнейшее потепление, степень увлажнения снижалась. Территории, занятые березовыми лесами, сокращались, в них уменьшалось количество ольхи и сосны, луговые степи расширялись. Уровень воды в Тоболе и озерах Ишимской равнины снижался. Граница лесостепи сдвинулась немного севернее современных рубежей. 6.3–6.1 т.л.н. в середине атлантического периода было умеренно тепло, отмечался рост увлажнения и подтопления пойм, в которых сохранялись березовые леса, боры встречались в ряде районов Притоболья.

На террасах и гривах распространились луговые ассоциации с доминированием злакового разнотравья, сухо- и солевыносливные растения были редки. 6.1–5.3 т.л.н. отмечено потепление и постепенное уменьшение увлажненности, но она оставалась больше современной. На юге северной лесостепи постепенно исчезали березовые леса, луговые комплексы обогащались степными и ксерофитными представителями. Финал атлантического периода 5.3–5 т.л.н. характеризуется умеренно теплыми условиями, но начинает проявляться засушливость. Уровень водоемов снижался, берега стариц и озер зарастали ивой. В поймах и низких террасах сохранялись березовые леса и луга. Ксерофитизация проявляется в расширении участков лугово-степных и остепненных злаково-полынных сообществ на высоких террасах и водоразделах. В березовых лесах исчезает ольха, сосны почти нет.

В фазу ~5.1–5 т.л.н. продолжалось остепнение ландшафтов под влиянием умеренно засушливого и теплого климата. В долинах леса были представлены крупными массивами, на равнинах - колочными локусами. В их составе превалировала береза с примесью ольхи, ивы и калины. Уровень воды в озерах и реках понижался. Травостой в поймах представлен разнотравно-злаковыми лугами, на повышенных территориях — злаково-полынными ассоциациями. Следовательно, растительность, характерная для типичной или южной лесостепи расширяется на север, а подзона северной лесостепи сужается.

В начале суббореального периода (5–4.5 т.л.н.) в Тоболо-Ишимье отмечалось умеренное похолодание, с влагообеспеченностью близкой современной. Это привело к восстановлению в долинах березовых лесов, часто с ольхой. В травостое господствовало злаковое разнотравье, ксерофиты сокращались. Снижение теплообеспеченности возможно, обусловлено тем, что атлантический циклон сметился к Притоболью. В середине суббореального периода 4.5–3.2 т.л. н. в Тоболо-Ишимье фиксируется теплый и максимально аридный климат, что проявилось раньше в Приишимье, чем Притоболье. Дефицит влажности стал повсеместным с ~4.1 т.л.н., и максимальным - в интервале 3.4–3.2 т.л.н. Климатическая обстановка не была однородной, выделялись фазы небольшой степени гумидизации (4.3–4.1 т.л. н.; 3.7–3.45 т.л.н.) и периоды теплого и сухого климата (4.5–4.3 т.л.н.; 4.1–3.9 т.л. н.; 3.9–3.7 л. н.; 3.45–3.2 т.л. н.). Аридизация была интенсивней, чем гумидизация, и оказала большее влияние на биомы. На это указывает также обмеление водоемов, исчезновение лесов, продвижение границы их распространения на север. Финал суббореального периода (3.2–2.5 т.л.н.) характеризуется прохладными и недостаточно влажными условиями. Похолодание приходилось на периоды 3.1–2.8 и 2.7–2.5 т.л.н., разделенные фазой потепления 2.8–2.7 т.л.н. с гумидизацией ниже современной.

Начало субатлантического периода 2.5–1.9 т.л.н. характеризовалось умеренно прохладным переменным влажным климатом. Отмечался тренд сдвига границ природных зон к югу. Установлена засушливость климата 1.4–1.1 т.л.н. и последовавшее за ним потепление 1.1–1 т.л.н. Выявлено сокращение доли остепненных лугов, с 1.7–1.4 л.н. – увеличение доли березовых и хвойных лесов. Более прохладно было ~0.7–0.5 т.л.н.

Развитие почв лесостепей в голоцене

В позднеледниковье распространялись перигляциальные ландшафты, и развивалось криогенное почвообразование с маломощными почвами. Обычно выявляются гумусовые горизонты или клиновидные гумусовые структуры в трещинах, переотложенные солифлюкционными процессами. Они формировались в периоды потеплений. Мерзлота залегала неглубоко и препятствовала вымыванию карбонатов и тонких частиц. Почвы были гумусированы, оглеены, окарбонаты, оглиненны [1, 6]. Также в

профиле лесных почв встречаются реликтовые вторые гумусовые горизонты, имеющие ранне–среднеголоценовый возраст [1]. В раннем голоцене с потеплением климата и появлением лесостепных ландшафтов формируются маломощные черноземы, выявленные севернее, чем сейчас [1]. В этот период на низменных равнинах формировался гидроморфный почвенный покров из лесолуговых глеевых, луговых и болотных почв [2, 11]. Возможность быстрого образования гумусового горизонта мощностью до 20 см показана на отвалах, т.к. скорость начальной стадии педогенеза на два порядка выше по сравнению с последующими этапами [3].

В атлантике почвообразование направлено в сторону образования черноземов и черноземно-луговых почв. В лесостепи периоды выщелачивания сменялись ритмами гумидизации, что вело к засолению и окарбоначиванию почв. На низменных равнинах доминировали почвы лугового ряда с признаками засоления, осолонцевания, окарбоначивания [2]. В третьем ритме атлантика часто генезис почв состоит из двух фаз: вначале луговой, затем лесной [7].

Во второй части суббореала в лесостепи образуются почвы, близкие к серым лесным. При изучении аккумулятивных ландшафтов (80 объектов, 180 ¹⁴C дат) Центрального Черноземья выявлено семь стадий формирования почв 0.15-0.45, 1.5-2.3, 2.8-4.2, 4.7-6.2, 6.6-7.7, 8.3-9.5 и 10.2-10.4 т.л.н., когда климат благо-приятствовал почвообразованию, они разделены ритмами интенсивной эрозии и аккумуляции отложений, которые препятствовали педогенезу [14].

В суббореальный период выявлено много археологических памятников. Исследование почв под курганами и валами разного возраста (от 1 до 4 т.л.н.) свидетельствует о том, что в эпоху бронзы компонентами палеопочвенного покрова были: на дренированных водоразделах Среднерусской и Калачской возвышенностей - палеочерноземы разной степени окарбоначенности и засоления под лугово-степной растительностью; на недренированных низменных равнинах и слабодренированных водоразделах - серые лесные палеопочвы в дубравах, черноземно-луговые и лугово-черноземные карбонатные солонцевато-засоленные палеопочвы и палеосолонцы [2, 4, 11].

Анализ большого количества палеопочв, погребенных под курганами за последние 5000 лет показал разнонаправленные тренды их развития в регионах безлесной части Восточно-Европейской равнины. Выявлен ритм ухудшения почвенных свойств: сокращение мощности гумусового профиля и увеличение карбонатного слоя в период с 4.5–5 до 4–3.7 т.л.н., линейный ареал запаздывавшего (ранее 3.6–3.2 т.л.н.), а затем ускоренного формирования гумусового профиля черноземов в зоне контакта между циклоническим и антициклоническим режимами погоды вдоль оси Воейкова (Монголия – Кызыл – Уральск – Саратов – Харьков – Кишинев) [10].

В позднем субатлантике климат и хозяйственная деятельность людей привели к сокращению долинных лесов и локальных дубрав на плакорах и расширению степной растительности.

Работа выполнена по теме Государственного задания № 0191-2019-0046 и проекта РФФИ 17-05-01151.

Литература

1. Александровский А.Л., Александровская Е.И. Эволюция почв и географическая среда. М.: Наука, 2005. 223 с.
2. Ахтырцев А.Б., Ахтырцев Б.П., Яблонских Л.Я. История формирования и эволюция почв лесостепи в голоцене // Вестник ВГУ, Серия: География. Геоэкол. 2003 № 1. С. 30-41.
3. Голусов П.В., Лисецкий Ф.Н. Воспроизводство почв в антропогенно нарушенных ландшафтах лесостепи М.: ГЕОС, 2009. 210 с.
4. Иванов И.В., Табанакова Е.Д. Изменения мощности гумусового горизонта и эволюция черноземов Восточной Европы в голоцене (механизмы, причины, закономерности) // Почвоведение. 2003. № 9. С. 1029–1042.

5. Левина Т.П., Орлова Л.А. Климатические ритмы голоцена юга Западной Сибири // Геология и геофизика, 1993, т. 34 (3), с. 38-55.
6. Никонов А.А., Русаков А.В. Уникальная находка раннеголоценовой погребенной почвы на южном побережье Финского залива: условия нахождения, залегание, возраст // Почвоведение. 2010. № 1. С. 18-29.
7. Спиридонова Е.С. Эволюция растительного покрова бассейна Дона в верхнем плейстоцене-голоцене (верхний палеолит-бронза). М.: Наука, 1991. 221 с.
8. Трегуб Т.Ф. Этапы развития растительности в голоцене на территории Воронежской области // Вестник ВГУ, серия: геология. 2008. № 1. С. 29-33.
9. Хотинский Н.А. Дискуссионные проблемы реконструкции и корреляции палеоклиматов голоцена // Палеоклиматы позднеледникового и голоцена. М.: Наука, 1989. С. 12-16.
10. Чендев Ю.Г., Лупо Е.Р., Лебедева М.Г., Борсукова Д.А. Региональные особенности климатической эволюции почв южной части Восточной Европы во второй половине голоцена // Почвоведение. 2015. № 12. С. 1211-1223.
11. Шевырев Л.Т., Горлов М.Д., Спиридонова Е.А. и др. Погребенные почвы Калачской возвышенности // Почвоведение. 1988. № 4. С. 45-57.
12. Blyakharchuk T.A. Western Siberia, a review of Holocene climatic changes // J. of Siberian Federal University. Biology. 2009. No 2. 4-12 p.
13. Panova N.K., Antipina T.G. Late Glacial and Holocene environmental history on the eastern slope of the Middle Ural mountains, Russia // Quat. Int. 2015. <http://dx.doi.org/10.1016/j.quaint.2015.10.035>.
14. Sycheva S.A. Long-term pedolithogenic rhythms in the Holocene // Quat. Int. 2006.26. 152. P. 181-191. DOI 10.1016/j.quaint.25.12.9.
15. Zakh, V.A., Ryabogina, N.E., Chlachula, J. Climate and environmental dynamics of the mid- to late Holocene settlement in the Tobol-Ishim forest-steppe region, West Siberia // Quat. Int. 2010. 220 (1-2), 95-101.
16. Zhilich S., Rudaya N., Krivonogov S., Nazarova L., Pozdnyakov D. Environmental dynamics of the Baraba forest-steppe (Siberia) over the last 8000 years and their impact on the types of economic life of the population // Quat. Sci. Rev. 2017. 163. P. 152-161.

V.E. Prikhodko

Institute of Physico-Chemical and Biological Problems in Soil Science,
Russian Academy of Sciences, Pushchino, Russia
e-mail: valprikhodko@rambler.ru

RECONSTRUCTION OF CLIMATE AND FOREST-STEPPE SOILS IN HOLOCENE OF THE CENTRAL CHERNOZEMIC AREA AND THE WESTERN SIBERIA

Abstract. In the Holocene in forest-steppe of the Central Chernozemic Area, forests of different composition and structure grew depending on the stages of climate fluctuation with the range from 100-300 to 700 yrs. according to palyno-spectra data. The forests had unclosed nature, their structure became close to forest-steppe with a decrease in climate humidity. The steppes developed at the beginning and middle period of the Subboreal, and initial stages of the Subatlantic. Climate changes in different regions were metachronous.

Keywords: fossil soils, palynology, geoarchives, landscapes.

References

1. Aleksandrovsky A.L., Aleksandrovskaya E.I. Soil evolution and geographic environment. М.: Nauka, 2005. 223 p.
2. Akhtyrtsev A.B., Akhtyrtsev B.P., Yablonskikh L.Ya. History of soil formation and evolution in forest-steppe in the Holocene // Vestnik VSU. Series: Geography. Geocol. 2003 No 1. Pp. 30-41.
3. Goleusov P.V., Lisetskii F.N. Reproduction of soils in the anthropogenically disturbed landscapes of forest-steppe. М.: GEOS, 2009. 210 p.
4. Ivanov I.V., Tabanakova E.D. Changes in thickness of humus horizon and evolution of chernozems of the Eastern Europe in the Holocene (mechanisms, causes, patterns) // Euras. Soil Sci. 2003. No 9. P. 1029-1042.
5. Levina T.P., Orlova L.A. Climatic rhythms of the Holocene of south of the Western Siberia // Geology and Geophysics. 1993. V. 34 (3). P. 38-55.

6. Nikonov A. A., Rusakov A. V. The unique finding of early Holocene fossil soil on the southern coast of the Gulf of Finland: conditions of occurrence, bedding, age // *Euras. Soil Sci.* 2010. No. 1. P. 18-29.
7. Spiridonova E.S. Evolution of vegetation cover of the Don basin in the Upper Pleistocene-Holocene (Upper Paleolithic-Bronze). M.: Nauka, 1991. 221 p.
8. Tregub T. F. Stages of vegetation development in the Holocene on the territory of the Voronezh Oblast // *Vestnik VSU. Series: geology.* 2008. No 1. P. 29-33.
9. Khotynskiy N.A. Debatable problems of reconstruction and correlation of the Holocene paleoclimates // *Paleoclimates of the Late Glacial and Holocene.* M.: Nauka, 1989. P. 12–16.
10. Shevyrev L.T., Gorlov M.D, Spiridonova E.A. et al., Fossil soils of the Kalach Upland // *Euras. Soil Sci.* 1988. No. 4. P. 45-57.
11. Chendev Yu.G., Lupo E.R., Lebedeva M.G., Borsukova D.A. Regional features of the climate evolution of soils of southern part of the Eastern Europe in the second half of the Holocene // *Euras. Soil Sci.* 2015. No. 12. P. 1211–1223.
12. Blyakharchuk T.A. Western Siberia, a review of the Holocene climatic changes // *J. of Siberian Federal University. Biology.* 2009. No 2. 4-12 p.
13. Panova N.K., Antipina T.G. Late Glacial and Holocene environmental history on the eastern slope of the Middle Ural mountains, Russia // *Quat. Int.* 2015.
14. Sycheva S.A. Long-term pedolithogenic rhythms in the Holocene // *Quat. Int.* 2006. V. 152. P. 181-191. DOI 10.1016 / j.quaint.25.12.9.
15. Zakh, V.A., Ryabogina, N.E., Chlachula, J. Champing and forestry, West Siberia // *Quat. Int.* 2010. 220 (1–2). P. 95–101.
16. Zhilich, S., Rudaya, N., Krivonogov, S., Nazarova, L., Pozdnyakov, D., Forestry steppe (Siberia) over the past 8000 years. / *Quat. Sci. Reviews.* 2017. 163. P. 152-161.

УДК 556 +631.4+613

В. Прохоренко¹, И. Хаджамбердиев²

¹Научно-производственное объединение Илим ilimcompany@mail.ru,

²Азиатский институт им С.Тентишева igorho@mail.ru

ВОДНО-ПОЧВЕННЫЙ КРИЗИС В ЦЕНТРАЛЬНОЙ АЗИИ

Аннотация. Описаны растущие проблемы агро сектора Центральной Азии вызванные истощением водных ресурсов и загрязнением вод и почв. Регистрировали загрязнители – пестициды, уран, тяжелые металлы преимущественно в бассейне Сыр-Дарьи. Оценка затрагивает территории Кыргызстана, Казахстана, Таджикистана, Афганистана. Заключение - ожидаются негативные последствия для экономики и миграции.

Ключевые слова: нехватка воды, неурожай, водно-почвенное загрязнение

Почвенные изменения в в Центральной Азии (ЦА) вызваны и многолетней нерациональной агро монокультурой политикой, и потеплением. Так, площади деградированных земель в Кыргызстане (1985 по 2015 г) увеличились по типу засоления в 2,2 раза, по типу водной эрозии – 8 раз. Имеются многочисленные данные о снижении преципитации и сокращении ледников Памиро-ТяньШаня. По прогнозам 30% ледников частично или полностью растают к 2050 году. Резко сократится объем воды, которую можно использовать для ирригации.

Водно-почвенно-продовольственный кризис последнего года.

Водоснабжение полей риса и овощей – основного источника питания жителей ЦА на протяжении 15 лет неуклонно ухудшается. В 2017 году к Глобальному потеплению добавилось рекордно малое количества выпавшего снега в горах Памира, Гиндукуша, Тянь-Шаня. Это вызвало серьезные проблемы для населения Афганистана, Таджикистана, Узбекистана. Так, даже Президент Таджикистана Эмомали Рахмон заявил, что

объем водных запасов рек страны уменьшился по сравнению с ежегодной нормой в четыре-пять раз; особенно тяжелое положение с урожаем (пшеницы, ячменя) и животноводством в Хатлонской области – ключевой для пищевых продуктов страны. Слишком сухая погода, привела к изменению качества почв и, соответственно, к увеличению схода оползней в предгорных ареалах Таджикистана и Кыргызстана. Эрозия почв на склонах гор происходит быстрее. В первой половине мая 2018 селевые потоки нанесли урон сельскому хозяйству Согдийской области Таджикистана. Пострадали даже пригороды городов Канибадам и Вахдат, находящиеся близ столицы Душанбе. Аналогичные процессы – на юге Узбекистана (Кашкадарьинская и Сурхандарьинская области). Объявлено, что посевы риса сократились на 40% – со 162 до 94 тысяч гектаров из-за дефицита воды. В частности, посевы под повторные культуры (преимущественно рис), сокращены в Самаркандской области на 42 тыс. гектаров, в Кашкадарьинской – на 30 тысяч гектаров.

Афганистан. В приграничных с упомянутой Хатлонской областью Таджикистана районах Афганистана также была засуха. По данным ООН, около двух миллионов жителей западных и северных районов Афганистана оказались под угрозой голода. Из 1012 деревень в северо-восточных областях Афганистана, вблизи границы с Таджикистаном, 600 столкнулись с тотальной засухой. Это вторая большая засуха в Афганистане, предыдущая была в 2008.

Уже сейчас из обезвоженной сельской глубинки ЦА около шести миллионов жителей ЦА (узбеков, киргизов и таджиков) живут и работают легально или нелегально в России.

Даже в более северном регионе – в Казахстане обостряются водно-почвенные проблемы. Так, снижается уровень озера Балхаш – источника воды для трёх областей юго-восточного Казахстана. Можно понять меры КНР по постройке канала (забирающего часть вод для этого озера) в Таримскую котловину – самую засушливую сельскохозяйственную область СУАР. Снижается и уровень озера Иссык-Куль. Заморожен уже 35 лет проект, предложенный одним из соавторов статьи еще 1983 [2] отвода реки Сары-Жаз – в Иссык-Куль для приостановки снижения уровня главного озера Кыргызстана.

Проблема токсикантов в почве: о загрязнении вод из-за оползней и разрушения урановых, пестицидных, цианидного и иных хвостохранилищ ЦА мы давали в кратком обзоре в прошлом году [3]. Наши измерения 2014-2018 годов обнаруживали в водах рек, ирригационных каналов, почве под овощные культуры: а) гербициды: ацетохлор, глифосфат, прометин/герагард, оксифлуорофен/гоал 2Е и ряд других; б) пестициды, к сожалению, только в этом году внесенные в список запрещенных в Кыргызстане – гексахлорбутадиен, карбофуран, метомидофос, трихлорфон, эндосульфат. Однако, сезонно регистрируются даже давно запрещенные ДДТ, ДДЕ, алдрин – с самого устья и далее по ходу течения Сыр-Дарьи. Официально, применение таких пестицидов запрещено уже более двадцати лет, но реально они нелегально ввозятся из Китая и Индии, а также черные копатели достают из закрытых плохо охраняемых хранилищ. Мы оценивали негативное влияние пестицидов по формуле предложенной Niklas Mohring [6]. Сбросы промышленности (актуальные или оставшиеся от прошлых лет) пополняют величины токсикантов в водах и, через ирригационные каналы – в почвах. Значительны концентрации радиоактивных элементов, так, концентрация урана в реке Майлуу-Суу весной и осенью – достигает 250-750 $\mu\text{g/L}$. То есть явно связана со смывом с хвостохранилищ. Концентрация опасных элементов (мышьяка, кадмия, урана) возрастает по течению реки также как и пестицидов.

Для оценки урана и стойких органических загрязнителей в почве/грунте и воде использована процедура контроля, включающая анализ дубликатов и холостых проб. Пробы почв были взяты по профилям (2-4 профиля в каждом объекте) с пересечением основных водотоков – каналов. Каждая проба состояла из 5 навесок, собранных с 1 квадратного метра земли, весом до 0,5 кг. Образцы подверглись разделению в градиенте жидкостей. Пробы анализировались на приборах: ICP-MS (Perkin-Elmer Sciex ELAN 6000, газовые хроматографы марки ECD (электронно-захватный) с пламенно-ионизационным FID и тепло-измерительным TCD детекторами.

На территории Юга Казахстана (в низовьях Аму-Дарьи) накопление токсикантов в реке приводит к загрязнению почв, и, соответственно – риса, основного продукта в регионе. Следствием чего являются высокие показатели заболеваемости [1].

Новые оценки загрязнения сделанные нами в последний год на основе Триадного подхода, что позволило уточнить сочетанное воздействие на экосистему вода-почва. Методология сформулирована для осадочных пород, но ее почти не применяли на загрязненных территориях [4; 5]. Мы провели некоторые исследования загрязнения вод и почв. В частности, сделаны лабораторные анализы почв бассейна Сыр-Дарьи (Афганистана, Таджикистана, Кыргызстана и Узбекистана), где имеется токсическое загрязнение разного характера. Нами проводилось мультисубстратное тестирования микробных сообществ – интенсивность потребления тестового набора органических моносубстратов. Исследовали инкубацию в специальных тест-планшетах «Эко-Лог» микробное сообщество. Определение фотометрическим методом в качестве индикатора дегидрогеназную активность (бромид тетразолия). Выявлено, что в ходе высыхания верхнего плодородного слоя ухудшаются все (18-ть) показателей биоты – важных для самоочищения от токсикантов. Таким образом, скрытые до времени токсиканты – при сезонном и, тем более при прогнозируемом общем потеплении, будут активированы.

Попытки сохранить урожайность использованием чисто биологических методов пока не дали значимых результатов в ЦА. Провели экспериментальное использование гуминовых веществ для очистки почв, предварительно отмечен положительный эффект.

Суммируя многочисленные данные о негативных процессах в ЦА: а) потеря сельскохозяйственных земель из-за опустынивания и засоления; б) плохой региональный и национальный менеджмент; в) непомерно большие (40%) потери воды при ирригации; г) амбициозные международные программы с экологически сомнительными водохранилищами и ГЭС; д) нарастающее загрязнение почв в бассейне рек, особенно выраженное в низовьях; е) кризис с водно-почвенными ресурсами неизбежно усложнит межгосударственные и межэтнические отношения; ж) снижение плодородия почв и урожаев приведет к дальнейшему росту миграции в Россию.

Литература

- 1.Бурлибаев М.Ж., Бурлибаева Ж.М. Качество поверхностных вод и экологическая безопасность населения. Кейс доклада PowerPoint, Водные проблемы Центральной Азии, м-н конф Бишкек 2009.
- 2.Хаджамбердиев Б., Хаджамбердиев И. Медицинская география Киргизии. Фрунзе, 1984, Илим, 284 с.
- 3.Hadjamberdiev I., Tukhvatshin R., Prokhorenko V. Problems of Tien-Shen Water pollutions. In: Proceed of Natural Disasters and Human Life, Baku, December 05-06, 2017, sec 3.19, p.250.
- 4.Jensen J., Mesman M. Ecological risk assessment of contaminated land. Decision support for site specific investigations. Pergamon Pr, 2006, 136 p.
- 5.Linkov I, et all., Review of qualitative and quantitative approaches. Science of the Total Environment v. 407 (2009), p. 5199–5205.
- 6.Mohring N., Gala S., Finger R. Quantity based indicators fail to identify extreme pesticide risk. Science of the Total Environment v. 646 (2019), p.503-523.

V. Prokhorenko¹, I. Hadjamberdiev²

¹«Ilim» Scientific and Production Association,

²Asian Institute named after S. Tentishev. Bishkek, The Kyrgyz Republic

WATER-SOIL CRISIS IN CENTRAL ASIA

Abstract. The paper describes the following increasing problems of agrarian sector in Central Asia: water depletion and water-soil pollution. Pollution with pesticides, uranium, and metals was determined, mainly in the Syr-Darya river basin, as well as in Kyrgyzstan, Kazakhstan, Tajikistan, Uzbekistan, and Afghanistan. It is concluded that negative consequences for economics and migration are expected.

Keywords: *water depletion, bad harvest, water-soil pollution.*

References

1. Burlibaev M.J., Burlibaeva J.M. Upper water quality and population ecological security. Case storyPP in Bishkek Water Problems of Central Asia, Bishkek 2009.
2. Hadjamberdiev B, Hadjamberdiev I., Medical geography of Kyrgyzstan. Frunze, 1984, 284 pp. (in Russian).
3. Hadjamberdiev I., Tukhvatshin R., Prokhorenko V. Problems of Tien-Shen Water pollutions. In: Proceed of Natural Disasters and Human Life, Baku, December 05-06, 2017, sec 3.19, p.250.
4. Jensen J., Mesman M. Ecological risk assessment of contaminated land. Decision support for site specific investigations. Pergamon Press, 2006, 136 p.
5. Linkov I, et all., Review of qualitative and quantitative approaches. Science of the Total Environment v. 407 (2009), p. 5199–5205.
6. Mohring N., Gala S., Finger R. Quantity based indicators fail to identify extreme pesticide risk. Science of the Total Environment v. 646 (2019), p.503-523.

УДК 001.891:630*182(253):502.005.936.2

И.С. Прохоров

ФГБОУ ВО «Московский государственный университет

имени М.В. Ломоносова» факультет почвоведения,

Москва, Российская Федерация

e-mail: nauka-iac@mail.ru

ПОЧВЕННЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ В «ЛЕТОПИСЯХ ПРИРОДЫ» ООПТ ФЕДЕРАЛЬНОГО ЗНАЧЕНИЯ

Аннотация. В настоящее время все заповедники и большинство национальных парков в Российской Федерации в обязательном порядке ведут так называемые «Летописи природы». Это большие тома почти ежедневных фенологических наблюдений. В зависимости от уникальности того или иного заповедника или национального парка в них ведутся отдельные научные исследования по изучению отдельных редких видов животных, птиц, морских и речных обитателей, растений, почв, горных пород и пр.

Ключевые слова: *особо охраняемые природные территории, биоразнообразие, почвенные исследования, экопросвещение.*

Летом 2017 г. создано федеральное государственное бюджетное учреждение «Информационно-аналитический центр поддержки заповедного дела» (Росзаповедцентр), подведомственное Министерству природных ресурсов и экологии Российской Федерации. Основными задачами центра определено экологическое просвещение, развитие экологического туризма и сохранение биоразнообразия, охрана особо охраняемых природных территорий, развитие научных исследований, а

также повышение квалификации сотрудников заповедной системы Российской Федерации.

В 2017 г. стартовал проект «Дикая природа России: сохранить и увидеть», его цель – определение и апробация механизмов сохранения, восстановления и устойчивого использования биологического и ландшафтного разнообразия, включая развитие экотуризма на базе 22 ООПТ, с увеличением количества посетителей до 4 000 000 чел. к 2020 г.

В числе участников данного проекта государственные заповедники: Алтайский, Тебердинский, Кавказский, Даурский, Северо-Осетинский, Дагестанский, Сохондинский, Убсунурская котловина, Черные земли, Брянский лес, Калужские засеки, Окский, Приокско-Террасный, Оренбургский, Земля леопарда, Лазовский и национальные парки «Зов тигра», «Заповедное Прибайкалье»; «Заповедное Подлеморье», «Сочинский», «Сайлюгемский», «Кисловодский», «Русская Арктика», «Куршская коса», «Орловское полесье», «Смоленское Поозерье» и «Лосиный остров».

В проект включено 2 приоритетных направления: «Развитие экотуризма» и «Сохранение редких видов». Реализация первого направления в 2019 г. по результатам обследования запланирована на 7 пилотных территориях: государственный природный заповедник «Тебердинский», национальные парки «Прибайкальский», «Сочинский», «Русская Арктика», «Лосиный остров», «Куршская коса» и «Кисловодский». Сформирована экспертная группа с привлечением высококвалифицированных зарубежных экспертов международного уровня. С их участием разработаны Методические указания по формированию программ развития особо охраняемых природных территорий федерального значения в сфере экологического туризма, требования к инвесторам при реализации проектов развития экологического туризма на особо охраняемых природных территориях, форма соглашения о сотрудничестве с инвестором.

В состав направления «Сохранение редких видов», реализуемого на 21 ООПТ, включены следующие виды животных: переднеазиатский леопард (*Panthera pardus ciscaucasica*), дальневосточный леопард (*Panthera pardus orientalis*), лошадь Пржевальского (*Equus przewalskii caballus*), зубр, включая зубра европейского (*Bison bonasus*) и зубра-бизона (*Bison bonasus caucasicus*), сайгак (*Saiga tatarica*), дзерен или зобастая антилопа (*Procapra gutturosa*) и аргали или алтайский горный баран, или архар (*Ovis ammon*).

Проект «Летопись природы Евразии» организован совместно с Университетом Хельсинки в рамках специального гранта Европейского Союза и посвящен обработке огромного массива данных фенологических наблюдений, которые ведутся всеми ООПТ федерального значения в рамках основной деятельности по методике «Летопись природы». Это ежегодные наблюдения за естественным ходом процессов в природе, которые повторяются на одном и том же месте в одно и то же время. Возможность обработки данных, построение моделей развития экосистем, публикация материалов в высокорейтинговых научных журналах позволят придать высокий статус научным исследованиям на ООПТ.

В составе каждой особо охраняемой природной территории имеется подразделение, основным направлением деятельности которого являются научные исследования. В зависимости от уникальности с научной точки зрения данной территории и наличия соответствующих кадров это могут быть довольно крупные научные отделы, курируемые заместителем директора по науке заповедника или национального парка, многие из которых имеют ученые степени кандидатов и докторов наук. Дан-

ные подразделения имеют годовые, средне- и долгосрочные планы научных исследований, согласно которым к данным работам привлекаются также сторонние научные и образовательные организации, что делает ООПТ центрами заповедной науки, позволяющими получать ценные научные данные и делать определенные прогнозы и открытия.

К основным видам исследований можно отнести работы по изучению отдельных редких видов животных, птиц, морских и речных обитателей, растений, почв, горных пород и т.д.

В Российской Федерации накоплен богатый опыт постановки научных исследований и стационарных наблюдений в заповедниках. Документом, аккумулирующим всю информацию о состоянии экосистем и их компонентов, служит принятая в системе советских заповедников Летопись природы. При развитии системы особо охраняемых природных территорий в нашей стране Летописи природы научные сотрудники начали вести и в национальных парках, что позволило накопить и обработать колоссальный массив данных, отработать систему хранения научной информации, а также наладить публикацию данных материалов на российском и международном уровне. В настоящее время интерес к практике ведения Летописей природы распространяется в мировом масштабе и главная задача обеспечить постоянство и преемственность ведения данных наблюдений.

В соответствии с федеральным проектом «Сохранение биологического разнообразия» в течение 2019-2024 гг. запланирована реализация направления «Сохранение биоразнообразия, включая реинтродукцию редких видов животных, которое предусматривает помимо всего прочего разработку инициативы «Бизнес и Биоразнообразие», направленной на экологическое просвещение коммерческих организаций и взаимодействие с ними, включающая всестороннее обеспечение подготовки программ коммерческих организаций по сохранению биоразнообразия, способствующая привлечению внебюджетных средств на мероприятия по сохранению биоразнообразия и обеспечивающая вклад в реализацию обязательств российской стороны по выполнению Конвенции о биологическом разнообразии.

Направлением «Развитие экологического туризма» предусмотрены социологические исследования по изучению общественного мнения россиян об удовлетворенности населения экологической обстановкой, о доступности информации об особо охраняемых природных территориях, о заинтересованности в экологическом туризме с точки зрения инфраструктуры и продвижения комплексного туристского продукта на российском и международном рынках.

Литература

1. Филонов К.П., Нухимовская Ю.Д. Летопись природы в заповедниках СССР. М.: Наука, 1990. 143 с.
2. Добровольский Г.В., Чернова О.В., Снакин В.В., Достовалова Е.В., Присяжная А.А. и др. Почвы заповедников и национальных парков Российской Федерации. М.: Фонд «Инфосфера». НИА-Природа, 2012. 476 с.
3. Прохоров И.С., Корнев К.В. Новые направления развития особо охраняемых природных территорий // Агрехимический вестник. 2018. № 2. С. 68-70.
4. Прохоров И.С., Корнев К.В., Бычков С.А. Информационно-аналитический центр поддержки заповедного дела // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Экология и безопасность жизнедеятельности. 2018. Т. 26. № 3. С. 309-314.
5. Курхин Ю.П., Прохоров И.С., Большаков В.Н., Дельгадо М., Левых А.Ю., Мейке Е., Оваскайнен О. «Летопись природы Евразии» как основа крупномасштабных исследований биологического разнообразия биома таежных лесов / Экологический мониторинг и биоразнообразие: сборник материалов Всероссийской (с международным участием) научно-практической конференции (Ишим, 25-26 декабря 2018 г.). Отв. ред. А.Ю. Левых. Ишим: Изд-во ИПИ им. И.П. Ершова (филиала) ТюмГУ, 2018. С. 174-176.
6. Прохоров И.С., Корнев К.В. Перспективные направления развития особо охраняемых природных территорий федерального значения / Актуальные проблемы экологии и природопользования: сборник

научных трудов XIX Международной научно-практической конференции. Москва, 26-28 сентября 2018 г. М.: РУДН, 2018. С. 23-27.

7. Большаков В.Н., Кудрявцев А.Ю., Курхинен Ю.П., Оваскайнен О., Прохоров И.С., Сапельникова И.И., Сулейманова Г.Ф., Щекало М.В. Участие лесостепных ООПТ в проекте «Летопись природы Евразии: крупномасштабный анализ изменяющихся экосистем» // Вопросы степеведения. Номер XV. Оренбург: ИС УрО РАН, 2019. С. 52-54.

8. Яшин И.М., Васенев И.И., Прохоров И.С. Путеводитель почвенной экскурсии по Переславскому району Ярославской области. VII Международный конгресс Европейского общества почвоведов «Агроэкологическая оценка и функционально-экологическая оптимизация почв и наземных экосистем». – М.: Скрипта манент, 2015. 24 с.

9. Яшин И.М., Васенев И.И., Когут Л.П., Таллер Е.Б., Прохоров И.С. Изучение генезиса почв Центрально-лесного государственного природного биосферного заповедника // Агрохимический вестник. 2013. № 6. С. 34-38.

10. Орлянский Н.А. Мониторинг территории Дарвинского государственного природного биосферного заповедника // Агрохимический вестник. 2010. № 4. С. 5-7.

11. Тембо А., Самарджич М., Морев Д.В., Валентини Р., Васенев И.И. Агроэкологический мониторинг почвенных потоков закиси азота в природных и агрогенно измененных черноземах Центрально-черноземного заповедника // Агрохимический вестник. 2014. № 5. С. 19-24.

I.S. Prokhorov

Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia

e-mail: nauka-iac@mail.ru

SOIL RESEARCH IN «CHRONICLES OF NATURE» OF SPECIALLY PROTECTED AREA OF FEDERAL SIGNIFICANCE

Abstract. Currently, all reserves and most of national parks in the Russian Federation keep so-called «Chronicles of Nature». It is nearly Talmud of daily phonological monitoring. Depending on reserve or national park unique conditions, some special research are conducted on some rare species of animals, birds, sea and river dwellers, plants, soils, rocks etc.

Keywords: specially protected areas, biodiversity, soil science, protection, ecoenlightenment.

References

1. Filonov K.P., Nukhimovskaya Yu.D. Chronicle of nature in the reserves of the USSR. М.: Nauka, 1990. 143 p.
2. Dobrovolskii G.V, Chernova O.V, Snakin V.V, Dostovalova E.V, Prisyazhnaya A.A., et al. Soils of reserves and national parks of the Russian Federation. М.: Infosfera Foundation - NIA-Priroda, 2012. 476 p.
3. Prokhorov I.S, Kornevets K.V. New directions of development of specially protected areas // Agrochemical Bulletin. 2018. No. 2. P. 68-70.
4. Prokhorov I.S., Kornevets K.V., Bychkov S.A. Information and analysis center for reserve management support // Bulletin of the Peoples' Friendship University of Russia. Series: Ecology and Life Safety. 2018. Vol. 26. No. 3. P. 309-314.
5. Kurkhinen Yu.P., Prokhorov I.S., Bolshakov V.N., Delgado M., Levykh A.Yu., Meike E., Ovaskainen O. «Chronicle of Eurasian Nature» as the basis for large-scale studies of biological diversity of taiga forests biome / Environmental monitoring and biodiversity: a collection of materials of the All-Russian (with international participation) scientific and practical conference (Ishim, December 25-26, 2018). Repl. ed. A.Yu. Left. Ishim: Publishing House of IPI named after I.P. Ershov (branch) of the Tyumen State University, 2018. P. 174-176.
6. Prokhorov I.S., Kornevets K.V. Prospective directions for development of specially protected areas of federal significance / Actual problems of ecology and nature management: a collection of scientific papers of the XIX International Scientific and Practical Conference. Moscow, September 26-28, 2018 М.: RUDN, 2018. P. 23-27.
7. Bolshakov V.N., Kudryavtsev A.Yu., Kurkhinen Yu.P., Ovaskainen O., Prokhorov I.S., Sapelnikova I.I., Suleimanova G.F., Schekalo M.V. Participation of forest-steppe protected areas in the project «Chronicle

- of Eurasian nature a large-scale analysis of changing ecosystems» // Issues of history studies. Number XV. Orenburg: IS Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, 2019. P. 52-54.
8. Yashin I.M., Vasenev I.I., Prokhorov I.S. Guide to soil excursions in the Pereslavl district of the Yaroslavl Oblast. VII International Congress of the European Society of Soil Scientists "Agroecological assessment and functional-ecological optimization of soils and terrestrial ecosystems." - M.: Scripta Manent, 2015. 24 p.
9. Yashin I.M., Vasenev I.I., Kogut L.P., Taller E.B., Prokhorov I.S. Studies on soil genesis of the Central Forest State Natural Biosphere Reserve // Agrochemical Bulletin. 2013. No. 6. P. 34-38.
10. Orlyansky N.A. Monitoring the territory of the Darwin State Natural Biosphere Reserve // Agrochemical Bulletin. 2010. No. 4. P. 5-7.
11. Tembo A., Samardzhich M., Morev D.V., Valentini R., Vasenev I.I. Agroecological monitoring of soil flows of nitrous oxide in natural and agrogenetically changed chernozems of the Central Chernozem Reserve // Agrochemical Bulletin. 2014. No. 5. P. 19-24.

УДК 631.41

Д.А. Рымаренко¹, К.В. Депутатов², В.И. Панасин³

¹ФГБУ «ЦАС «Калининградский», Калининград, Россия

²ООО «Романовски Агро», Калининградская область, Россия

e-mail: Romanowski_agro@mail.ru, panasin1938@mail.ru

³ФГБОУ ВО Калининградский технический университет,
Калининград, Россия

ВЕРТИКАЛЬНОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ЦИНКА В ПРОФИЛЯХ ПОЧВ КАЛИНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ

Анотация. Проведены фундаментальные исследования распределения цинка и его подвижных соединений в наиболее распространенных в регионе дерново-подзолистых окультуренных почвах. Рассчитаны коэффициенты дифференциации почвенного профиля по валовому содержанию цинка и содержанию его подвижных соединений для почв различного гранулометрического состава. Показано, что для дерново-подзолистых окультуренных почв характерно элювиально-иллювиальное распределение цинка

Ключевые слова: валовой цинк, подвижный цинк, профиль почв, элювиально-аккумулятивные коэффициенты.

Цинк является с одной стороны очень важным микроэлементом для оптимального роста, развития и плодоношения сельскохозяйственных культур, который нельзя заменить никакими другими элементами питания, с другой – при высокой концентрации его в почве может выступать как достаточно опасный поллютант. Основным источником поступления цинка в организм человека и животных является продукция растениеводства. В свою очередь, содержание цинка в растениях зависит от его содержания в почве. Поэтому основным объектом изучения распространения цинка в агроэкосистемах должна быть почва. Коллективом агрохимического центра «Калининградский», начиная с 1970 года, проведены широкие исследования по распространению цинка в почвообразующих породах, различных типах и разновидностях почв. Установлено, что около 90% почв сельскохозяйственных угодий по содержанию подвижного цинка относятся к низкообеспеченным [1, 2].

В последние десятилетия во многих хозяйствах Калининградской области внедряются высокоинтенсивные технологии полеводства, важным элементом которых является периодическое рыхление подпахотного слоя с целью увеличения мощности корнеобитаемых горизонтов и оптимизации условий корневого питания

растений. В таких условиях расчет доз цинковых микроудобрений должен производиться с учетом содержания подвижного цинка по всему почвенному профилю. В этой связи весьма актуальным является изучение профильного распределения цинка и его подвижных соединений в почвенном профиле.

Для этих целей было заложено 72 почвенных разреза, отобрано и проанализировано около 600 почвенных образцов. Разрезы закладывались на наиболее характерных в области дерново-подзолистых почвах различного гранулометрического состава. Подвижные соединения цинка извлекались аммонийно-ацетатным буфером, цинк определяли атомно-абсорбционным методом на спектрофотометре ААС-1.

Цинк в ландшафтах с достаточным и избыточным увлажнением является довольно активным водным мигрантом [3, 4]. В кислой среде цинк активно мигрирует в форме органических комплексов с фульвокислотами и осаждается на сульфидном, сорбционном и карбонатном барьерах [5]. Дерново-подзолистые почвы легкого гранулометрического состава как правило, глубоко выщелочены и не содержат карбонатов. Обобщенные данные по валовому содержанию и концентрации подвижных соединений цинка в профиле дерново-подзолистых почв легкого гранулометрического состава Калининградской области представлено в таблице 1.

Таблица 1

Содержание цинка в дерново-подзолистых песчаных и супесчаных почвах

Горизонт, глубина, см	Валовой Zn, мг/кг	Подвижный Zn, мг/кг
A _n (A ₁), 0-31	27,2	0,44
AB, 31-54	40,2	0,32
B, 54-87	40,9	0,29
BC, 87-100	7,4	0,79
C, 100-120	33,7	1,32

Биогенная аккумуляция цинка в рассматриваемых почвах выражена весьма слабо. Элювиально-аккумулятивный коэффициент для валового и подвижного цинка составляет 0,81 и 0,33 соответственно. Учитывая низкое содержание в легких дерново-подзолистых почвах илистых частиц, можно предположить, что миграция микроэлемента в нижние горизонты происходит в форме истинных растворов и (или) в форме гидрозолей комплексных органоминеральных соединений на основе фульвокислот. В средней части профиля наблюдается относительно слабо выраженный максимум валового содержания цинка и значительное снижение его подвижности. Коэффициент иллювиальности в горизонте AB составляет 1,19; в горизонте B – 1,21. Минимум подвижных соединений в иллювиальной части профиля связан, по-видимому, с частичной иммобилизацией мигрирующих соединений Zn на полуторных окислах и выносу незакрепившихся растворимых комплексов в почвообразующую породу и грунтовые воды. В целом для легких дерново-подзолистых почв характерно элювиально-иллювиальное распределение валового цинка.

В профиле суглинистых дерново-подзолистых почв распределение цинка зависит от гранулометрического состава и присутствия карбонатов в нижних горизонтах профиля или в породе (табл. 2).

Таблица 2

Содержание цинка в дерново-подзолистых легкосуглинистых почвах, мг/кг

Горизонт, глубина	Валовой Zn	Подвижный Zn
A _n (A ₁), 0-20	37,7	0,48
AB, 20-32	51,4	0,40
B, 32-87	60,9	0,66
BC, 87-105	39,2	0,56
C, 105-120	30,1	0,57

В отличие от почв более легкого гранулометрического состава в легкосуглинистых почвах, развитых на относительно однородных породах, наблюдается слабо выраженная биогенная аккумуляция цинка в гумусовом горизонте ($K_{БН} = 1,22$). При этом подвижность цинка достаточно низкая, содержание подвижных соединений Zn ниже, чем в почвообразующей породе. По подвижному цинку верхняя, гумусово аккумулятивная часть профиля является элювиальной, значения элювиально-аккумулятивного коэффициента составляет для пахотного горизонта 0,84; для подпахотного – 0,7. В иллювиальной части профиля происходит аккумуляция цинка – значение коэффициента иллювиальности для валового цинка составляет 2,02; для подвижного – 1,16. Как и в более легких почвах, подвижность Zn в иллювиальной части профиля минимальна. Отношение содержания подвижного цинка к валовому существенно возрастает при переходе к почвообразующей породе, так как большинство дерново-подзолистых легкосуглинистых почв достаточно глубоко выщелочены и карбонатный барьер располагается за пределами почвенного профиля.

Распределение цинка в профиле дерново-подзолистых среднесуглинистых почв представлено в таблице 3.

Таблица 3

Содержание цинка в дерново-подзолистых среднесуглинистых почвах, мг/кг

Горизонт, глубина	Валовой Zn	Подвижный Zn
Ап (А1), 0-20	55,8	0,57
АВ, 20-36	63,6	0,49
В, 36-80	65,9	0,74
ВС, 80-110	48,6	0,56
С, 110-120	33,2	1,51

В среднесуглинистых почвах наблюдается элювиально-иллювиальное распределение цинка по профилю. Процессы биологического накопления выражены более отчетливо, $K_{БН}$ составляет 1,68. Вместе с тем прослеживается общая для всех дерново-подзолистых почв тенденция к аккумуляции цинка в иллювиальной части профиля, коэффициент иллювиальности достигает 1,98. Как и в легкосуглинистых почвах, минимальная подвижность цинка характерна для иллювиального горизонта, при переходе к почвообразующей породе содержание подвижного цинка резко возрастает.

С возрастанием содержания тонкодисперсных фракций усиливается биогенная аккумуляция цинка (табл. 4).

Таблица 4

Содержание цинка в дерново-подзолистых тяжелосуглинистых почвах, мг/кг

Горизонт, глубина	Валовой Zn	Подвижный Zn
Ап (А1), 0-26	76,0	0,58
АВ, 26-37	80,5	0,62
В, 37-85	77,7	0,53
ВС, 85-108	74,0	0,40
С, 108-120	48,6	2,52

Распределение валового цинка в профиле средне- и тяжелосуглинистых дерново-подзолистых почв практически идентично. Коэффициент биологического

накопления составляет 1,56; коэффициент иллювиальности – 1,66. С глубиной валовое содержание цинка постепенно снижается, тем не менее все горизонты почвенного профиля обогащены Zn относительно почвообразующей породы. Содержание подвижных соединений цинка в аккумулятивной части профиля несколько выше, чем в срединных горизонтах.

Таким образом, для дерново-подзолистых почв в целом характерно элювиально-иллювиальное распределение валового цинка, при этом на легких по гранулометрическому составу почвах элювиальный процесс выражен наиболее четко. Иллювиальный горизонт слабо выражен, растянут и располагается на глубине 40 – 87 см. В почвах среднего гранулометрического состава он более компактен и располагается на глубине 35 – 50 см. На тяжелых почвах иллювиальный горизонт располагается непосредственно под пахотным. С ростом содержания физической глины распределение цинка становится более равномерным. Количественные параметры профильного распределения цинка позволяют скорректировать дозы цинковых микроудобрений при возделывании культур на фоне глубокого рыхления подпахотного горизонта, особенно на суглинистых почвах.

Литература

1. Панасин В.И. Микроэлементы и урожай. Калининград. 2000. 273 с.
2. Панасин В.И., Депутатов К.В., Рымаренко Д.А. Цинк в агроландшафтах Калининградской области. Калининград. 2019. 160 с.
3. Шеуджен А.Х. Биогеохимия. Майкоп. 2003. 1028 с.
4. Анспок П.И. Микроудобрения: справочник. 2-е изд. Л., 1990. 272 с.
5. Анциферова О.А. Геохимия элементов в почвах Замландского полуострова. Калининград. 2013. 222 с.

D.A. Rymarenko¹, K.V. Deputatov², V.I. Panasin³

¹«Kaliningrad» Center of Agrochemical Services, Kaliningrad, Russia

²«Romanovski Agro», Kaliningrad Oblast, Russia

e-mail: Romanowski_agro@mail.ru, panasin1938@mail.ru

³Kaliningrad Technical University, Kaliningrad, Russia

VERTICAL DISTRIBUTION OF ZINC IN SOIL PROFILES OF THE KALININGRAD OBLAST

Abstract. Fundamental studies are carried out on the distribution of zinc and mobile compounds on sod-podzolic soils which are widely-spread in the region. Coefficients of soil profile differentiation according to the bulk content of zinc and content of its mobile compounds are calculated for soils of different particle-size composition. It is shown that eluvial-illuvial distribution is typical for sod-podzolic soils.

Keywords: bulk zinc, mobile zinc, soil profile, eluvial-accumulative coefficients.

References

1. Panasin V. I. Microelements and yield. Kaliningrad. 2000. 273 p.
2. Panasin V.I., Deputatov K.V., Rymarenko D.A. Zinc in agrolandscapes of the Kaliningrad Oblast. Kaliningrad. 2019. 160 p.
3. Sheudzen A.H. Biogeochemistry. Maykop. 2003. 1028 p.
4. Anspok P. I. Micronutrients: reference book - 2nd Ed. L., 1990. 272 p.
5. Antsiferova O. A. Geochemistry of elements in soils of Sambia Peninsula. Kaliningrad. 2013. 222 p.

УДК 631.4

П.Ш. Сайранова^{1,2}, И.А. Самофалова²
ФГБОУ ВО Пермский ГАТУ, Пермь, Россия
ФГБОУ ВО ПГНИУ, Пермь, Россия
e-mail: s7p51996@yandex.ru, samofalovairaida@mail.ru

КИСЛОТНЫЙ СЛЕД В ПОЧВАХ НА ЗАПАДНОМ СКЛОНЕ ХРЕБТА БАСЕГИ

Аннотация. В статье дан анализ кислотности почв на Среднем Урале (хребет Басеги). Построен кислотный след почв с различными генетическими признаками в разных высотных поясах. Диаграммы кислотности отражают индивидуальные особенности формирования почв.

Ключевые слова: горные почвы, кислотно-основные свойства, заповедник, поле кислотности, почвообразование.

Показатели кислотности почв являются главными параметрами, которые определяют направленность и динамику почвенных процессов [1, 2, 4-8].

В настоящее время новой методологической основой интерпретации данных кислотно-основных свойств является использование кислотного следа [1, 2]. Для любой почвы может быть построена индивидуальная двухмерная горизонтотраграмма (V-диаграммы), совокупно описывающая изменение pH солевой и водной вытяжек и степени насыщенности основаниями (V_{гк}) в поле кислотности по горизонтам профиля [1, 2]. Ординаты точек графика – это значения pH солевой и водной вытяжки, изменяющиеся по генетическим горизонтам. Расстояние между кривыми по ординате – это величина ΔpH. Абсцисса графика – V_{гк} – степень насыщенности основаниями (в долях). На графиках каждый горизонт почвы отображается конкретной точкой и характеризуемой его буквенным индексом. Все точки соединены непрерывными кривыми.

Цель исследований – провести анализ кислотного следа почв топографического ряда на западном склоне хребта Басеги.

Исследования проводили в «Государственном заповеднике «Басеги» на горе Северный Басег. Топографический ряд почв на склоне имеет протяженность 9 км (рис. 1). Почвенные разрезы заложены на разных элементах рельефа: верхняя часть склона (крутой склон), нижняя часть склона перед террасой (пологий склон), слабо дренируемая платообразная поверхность с небольшим уклоном в сторону общего понижения склона, нижняя часть западного склона. Общий перепад высот равен 650 м, максимальный уклон по склону составил 24°, средний – 4°. На разных элементах рельефа в различных высотных условиях формируются высотные ландшафты, различающиеся по преобладающей растительности.



Рисунок 1 – Геоморфологический профиль западного склона (гора Северный Басег, хребет Басеги)

Кислотно-основные свойства определяли в почвах топографического ряда, формирующихся в разных горных экосистемах: горная тундра, парковый лес, болотный массив, горная тайга (табл. 1).

Таблица 1

Схема заложения почвенных разрезов

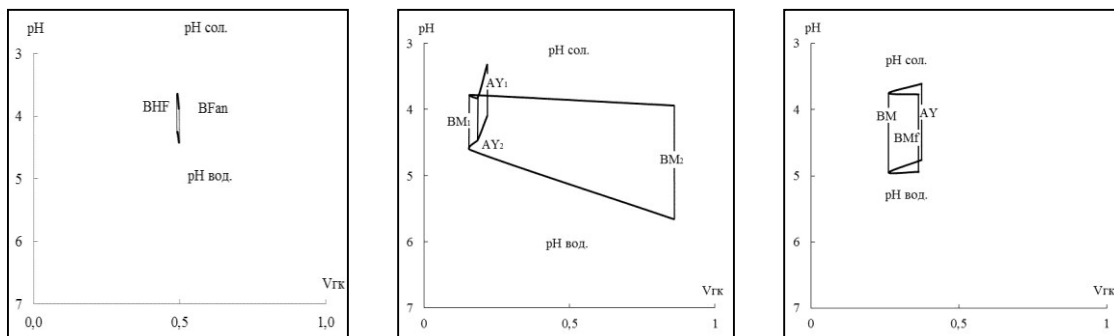
№ разреза	Высота, м, крутизна, °	Экосистема	Растительность	Почва
18	941, 24	горная тундра	лишайниковая тундра	дерново-подбур иллювиально-гумусовый
19	565, 5	парковый лес	пихтово-еловый крупнопоротниковый лес	бурозем элювиированный
22	557, 3	парковый лес	пихтово-еловый аконитовый лес	бурозем элювиированный
24	518, 1-2	болотный массив	ельник хвощево-сфагновый	глеезем грубогумусированный
34	346, 3	горная тайга	березняк таволго-разнотравный	бурозем ожелезненный глееватый

Методы исследования: рН солевой вытяжки определяли по ГОСТ 26483-85, рН водной – ГОСТ 26423-85, гидrolитическая кислотность – по методу Каппена, определение суммы обменных оснований методом Каппена-Гильковица. Кислотно-основные свойства почв оценивали по кислотному следу, который строили по [1, 2] Классификационное положение почв определяли по классификации почв России [3]. Применяли сравнительно-географический метод исследования почв.

В условиях западного склона хребта Басеги обнаружены почвы с различными генетическими признаками в разных высотных ландшафтах. Формирование почв происходит под различными растительными биоценозами на высоте 340-950 м. н.у.м. В почвах обнаружены диагностические горизонты, которые обуславливают принадлежность почв к определенным типам и отделам: глеевый горизонт (G), альфегумусовый (ВНF), структурно-метаморфический (ВМ).

Построены горизонтограммы кислотного следа почв, которые помогают выявить индивидуальные особенности формирования почв. Дерново-подбур, формирующийся в суровых условиях высокогорной тундры на высоте более 900 м н.у.м., характеризуется слаборазвитым профилем и горизонтограмма его кислотного следа расположен почти по центру поля кислотности (рис. 2 А).

В буроземах элювиированных в парковом редколесье, не смотря на близкие условия формирования почв, горизонтограммы кислотного следа различаются по строению, хотя занимают одинаковое положение в поле кислотности: верхнюю левую часть. В буроземе под пихтово-еловым крупнопоротниковым лесом верхние ветви кислотного следа расположены в более кислой части поля кислотности в отличие от нижних ветвей (ВМf) (рис.2 Б). Кислотный след бурозема под пихтово-еловым аконитовым лесом имеет низкие значения степени насыщенности оснований в пределах сего профиля, и поэтому полностью расположен в левой части поля кислотности. При этом кривые значений рН солевой и водной вытяжек параллельны (рис. 2 В). В глееземе в болотном массиве (рис. 3 А) горизонтограммы кислотного следа расположены полностью в верхней левой части поля кислотности, и отличаются большим размахом значений V_{гк} верхней и нижней ветвей. Реакция среды солевой вытяжки практически не изменяется по профилю (около 3,5 единиц), в то время как реакция среды водной вытяжки является наименьшей в органическом горизонте (кислая), а в минеральных горизонтах с усилением оглеения, реакция среды становится слабокислой.



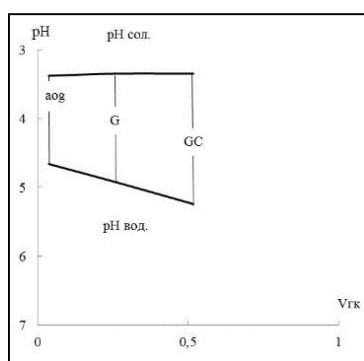
А) разрез 18,
дерново-подбур иллюви-
ально-гумусовый,
941 м

Б) разрез 19,
бурозем элювиированный,
565 м

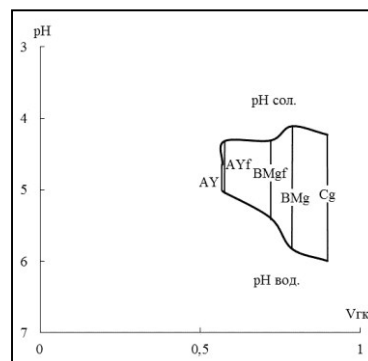
В) разрез 22,
бурозем элювиированный,
557 м

Рисунок 2 – Кислотный след почв в тундре (А) и в парковом лесе (Б, В)

В буроземе ожелезненном глееватом под березняком таволго-разнотравным имеются признаки переувлажнения, выраженные морфологически в генетических признаках: ожелезнения (*f*) и глееватости (*g*) (рис. 3 Б). Горизонтограмма кислотно-основных свойств почвы расположена в правой части поля кислотности. Вниз по профилю содержание обменных катионов повышается, что показывает значение *Vгк*. Кроме того, по горизонтограмме видно четкое разделение профиля на гумусовые и структурно-метаморфические горизонты. Резкое изменение кривых в горизонтограмме может указывать на геохимические барьеры: кислотно-основной, сорбционный биогеохимический, глеевый щелочной. Такое строение может указывать на сложный полигенетичный профиль почвы.



А) разрез 24,
глеезем грубогумусированный,
518 м



Б) разрез 34,
бурозем ожелезненный глееватый,
346 м

Рисунок 3 – Кислотный след в почвах горной тайги

Анализ кислотного следа почв топографического ряда позволил выявить индивидуальные и высотные особенности формирования почв. Индивидуальные особенности выражаются в проявлении различных кислотно-основных свойств, проявляющихся в горизонтограммах кислотного следа. Высотные особенности формирования почв отражаются в смещении горизонтограмм из верхней левой части поля кислотности (в верхней крутой части склона в подгольцовом поясе) в правую ниж-

нюю часть (в пологой и седловинной части склона). Анализ горизонтограмм кислотного следа позволяет выявить биогеохимические барьеры, полигенетичность профиля.

Литература

1. Кокотов Ю.А., Сухачева Е.Ю., Апарин Б.Ф. Анализ показателей кислотности почвенного профиля и их связи с процессом почвообразования // Почвоведение. 2016 № 1 С. 3-10.
2. Кокотов Ю.А., Сухачева Е.Ю., Апарин Б.Ф. Поле кислотности, как ионообменных систем, и диагностика генетических горизонтов // Почвоведение. 2014 № 12 С. 1448-1459.
3. Полевой определитель почв. М.: Почвенный ин-т им. В.В. Докучаева, 2008. 182 с.
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.
5. Самофалова И.А. Почвы фенологических площадок в заповеднике "Басеги" // Антропогенная трансформация природной среды. 2018. № 4. С. 98-101.
6. Самофалова И.А. Разнообразие почв низкогорных ландшафтов и особенности их формирования на западном макросклоне Среднего Урала (заповедник «Басеги») // Научно-практический журнал Пермский аграрный вестник. 2017. № 3 (19). С. 10-17.
7. Самофалова И.А., Кондратьева М.А. Буферность горных почв субальпийского пояса к кислотному воздействию (заповедник «Басеги») // Научно-практический журнал Пермский аграрный вестник. 2016. № 3 (15). С. 94-103.
8. Sayranova P., Samofalova I. Acid track in different types of soils in the Middle Urals // GREEN ROOM SESSIONS 2018. International GEA (Geo Eco-Eco Agro) Conference, Podgorica, Montenegro, 1-3 November 2018. P.177.

P.Sh. Sayranova^{1,2}, I.A. Samofalova¹

¹Perm State Agro-Technological University, Perm, Russia

²Perm State National Research University, Perm, Russia

e-mail: s7p51996@yandex.ru, samofalovairaida@mail.ru

ACID TRACES IN SOILS ON THE WESTERN SLOPE OF THE BASEGA RIDGE

Abstract. The article analyzes the acidity of soils in the Middle Urals (Basegi Range). An acid trace of soils with various genetic traits in different altitudinal zones was constructed. Acidity diagrams reflect the individual characteristics of soil formation.

Keywords: mountain soils, acid-base properties, reserve, acidity field, soil formation.

Reference

1. Kokotov Y.A., Sukhacheva E.Y., Aparin B.F. Analysis of the indices of acidity in the soil profile and their relationship with pedogenesis / Eurasian Soil Science. 2016. T. 49. № 1. С. 1-7.
2. Kokotov Y.A., Sukhacheva E.Y., Aparin B.F. Acidity field of soils as ion-exchange systems and the diagnostics of genetic soil horizons / Eurasian Soil Science. 2014. T. 47. № 12. С. 1227-1237.
3. Field determinant of soils. M.: Soil Institute of them. V.V. Dokuchaev, 2008 . 182 p.
4. Sayranova P., Samofalova I. Acid-basic properties of the mountain soils in the North and Middle Urals // Anthropogenic transformation of the natural environment. 2018. № 4. P. 94-97.
5. Samofalova I.A. Soils of background (phenological) plays in the «Basegi» Reserve // Anthropogenic transformation of the natural environment. 2018. № 4. С. 98-101.
6. Samofalova I.A. Diversity of soils of low-mountain landscapes and peculiarities of their formation in the western macroslope of the Middle Urals (Basegi reserve) // Perm Agrarian Journal. 2017. Vol. 3 (19). pp. 10-17.
7. Samofalova I.A., Kondrateva M.A. Buffering of mountain soils in the subalpine belt to acid treatment (reserve "Basegi") // Perm Agrarian Journal. 2016. Vol. 3 (15). P. 94-103.
8. Sayranova P., Samofalova I. Acid track in different types of soils in the Middle Urals // GREEN ROOM SESSIONS 2018. International GEA (Geo Eco-Eco Agro) Conference, Podgorica, Montenegro, 1-3 November 2018. P. 177.

И.А. Самофалова
ФГБОУ ВО Пермский ГАТУ, Пермь, Россия
e-mail: samofalovairaida@mail.ru

ЛИТОГЕОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ПОЧВ (СРЕДНИЙ УРАЛ)

Аннотация. Приводятся геохимические модули, рассчитанные по данным элементного состава почв хребта Басеги (Средний Урал). Анализ модулей позволил выявить литогеохимические особенности почв хребта Басеги. Резкие литогеохимические различия почв отмечаются на границе 700 м над уровнем моря, где процессы выветривания преобладают над почвообразованием.

Ключевые слова: геохимические модули, горные почвы, выветривание, химический состав, диагностика.

Разнообразие природных условий в горных странах обуславливает различную направленность процессов выветривания, почвообразования, что является одной из причин возникновения пестрого почвенного покрова [3, 6-10]. Часто, морфологической диагностики почв уже оказывается недостаточно для описания изменения локальных почвообразовательных процессов в горных странах. Диагностика должна проводиться и на основании данных химического состава генетических горизонтов профиля [3, 9].

Интерпретация валового химического состава ведется на уровне сопоставления отдельных элементов или их пар. Геохимические коэффициенты, характеризующие особенности почвообразования, помогают изучить и понять геохимию валового состава горных почв, дают дополнительную информацию о почвообразовательных процессах, позволяют диагностировать почвы в соответствии с современными подходами в классификации почв [3, 6-10]. Изменение высотных условий сопровождается перераспределением и сменой соотношений различных элементов в профилях почв и диагностирует физическое выветривание и почвообразовательные процессы.

В почвенно-генетических исследованиях в последнее время все больше применяют литохимические индексы и геохимические индикаторы, рассчитанные на основе данных валового содержания макро- и микроэлементов [1, 2, 9, 11-14]. Изучение геохимии почв с использованием геохимических параметров позволяет минимизировать влияние неоднородности и пестроты почвенного покрова, а также диагенетических изменений [2, 3, 14].

Цель исследования – выявить литогеохимические особенности почв.

Объекты и методы исследования.

Исследования проведены в ФГБНУ «Государственном заповеднике «Басеги» (Средний Урал), в состав которого входит хребет Басеги (58°56' с.ш.; 58°29' в.д.). Почвенные разрезы заложены на горе Северный Басег (954 м н.у.м.) в разных высотно-растительных поясах: горно-лесном, подгольцовом (парковое редколесье, субальпийские луга, криволесье), горно-тундровом. Морфологическое описание профилей почв проведено в полевых условиях, с корректировкой в камеральных условиях [5]. Диагностика почв по морфологии позволила выделить почвы отделов: *альфегумусовые, структурно-метаморфические, органо-аккумулятивные, литоземы, глеевые* (табл.). Установлен порядок вертикальных почвенных зон на склонах горы Северный Басег: 1) буроземы (315-655 м); 2) серогумусовые органо-

аккумулятивные (570-760 м), приуроченные преимущественно к склонам южной и восточной экспозиции; 3) литоземы (755-930 м), 4) подбуры, (930-950 м н.у.м). Описание морфологии и характеристика свойств почв опубликованы в ряде работ.

Валовой состав элементов определен методом РФА на приборе «РеСпект» с атомно-абсорбционным окончанием в лаборатории физики и физико-химии почв в Почвенном институте имени В.В. Докучаева. Для установления интенсивности и степени выветривания рассчитаны геохимические модули и коэффициенты: НКМ – модуль нормированной щелочности: $(Na_2O + K_2O)/Al_2O_3$; ЩМ – щелочной модуль: (Na_2O/K_2O) ; ТМ – титановый модуль: TiO_2/Al_2O_3 ; АМ – алюмокремниевый модуль: Al_2O_3/SiO_2 ; ГМ – гидролизатный модуль: $(Al_2O_3 + TiO_2 + Fe_2O_3 + FeO)/SiO_2$ [1, 2, 4, 11, 14].

Результаты и обсуждение. На фоне минимальных значений ГМ отмечаются более высокие значения ТМ, что может служить признаком рециклизации. Подзол грубогумусированный и бурозем элювиированный (горизонт АУ) претерпели вторичную переработку материала. Четкая отрицательная корреляция модулей (-0,65) отражает процесс природного шлифования песчаного осадка – отмывку глинистой и относительное накопление тяжелой фракции.

Таблица

Классификация почв

Разрез, alt., м	Формула профиля	Название почвы по классификации почв	
		России (2008)	WRB (2015)
18, 930	O-ao-AY-BF-C	Дерново-подбур иллювиально-железистый	Enti Umbric Podzol
30, 794	Ad-AYao-AY-BM-C	Бурозем грубогумусированный	District Cambisol
31, 743	O-ao-E-BF	Лито-подзол грубогумусированный	Leptic Histic Podzol
32, 691	Ad-ay-AY-AYf-BM-C	Бурозем ожелезненный	Ferric Cambisol
29, 613	Ad-ay-AY-BMf-Cf	Бурозем ожелезненный	Ferric Cambisol
28, 609	Ad-AY-aym-AYm-C	Серогумусовая метаморфизированная	Cambic Umbrisol
27, 595	O-AYf-AYg-BMg-Cf,g	Бурозем глееватый ожелезненный	Ferric Gleyic Cambisol
17, 590	O-AY-AYf-BMf-BM-C	Бурозем ожелезненный	Ferric Cambisol
15, 577	O-AYao-AY-BMg-Cg	Бурозем глееватый	Gleyic Cambisol
19, 565	O-AY-BMel-BM-C	Бурозем элювиированный	Fulvic Cambisol
24, 518	O-Oao-G-GC-Cg	Глеезем грубогумусированный	Histic Gleysols
26, 315	O-AY-AYi-BM-C	Бурозем глинисто-иллювиированный	Luvic Cambisol

ТМ варьирует в почвах в широких пределах в верхних (0,086-0,229) и нижних (0,079-0,176) горизонтах. В почвах гольцово-подгольцового пояса отношения в верхних горизонтах шире, чем в почво-элювии, что указывает на принос вторичного материала. Установлена прямая линейная зависимость между отношениями элементов в горизонтах в верхней и нижней частей профиля ($r=0,82$). Кроме того, установлена отрицательная связь между ТМ и высотой местности для верхних горизонтов ($r=-0,48$) и почво-элювия ($r=-0,86$). Таким образом, можно предположить неоднородность химического состава почво-элювия и его изменения, связанные с высотой местности. В почвах паркового редколесья и горно-лесного пояса ТМ в верхних горизонтах, напротив, несколько уже, чем в почво-элювии и они более-менее близки. Причем, на склонах западной (разрезы 19, 24, 26) и восточной (разрезы 15, 17), южной (разрез 27) экспозиций горы Северный Басег отношения различны. Возможно, это связано неоднородностью химического состава пород на

разных склонах. Связь между ТМ в верхних и нижних горизонтах профилей отсутствует, что указывает на литологическую неоднородность горизонтов профиля. В поясе паркового редколесья и в горно-лесном поясе связь между ТМ и высотой местности является положительной и средней как для верхних горизонтов, так и для почво-элювия ($r = 0,45-0,46$). Определены равномерно-аккумулятивный тип распределения ТМ в почвах гольцово-подгольцового пояса и аккумулятивно-элювиально-иллювиальный тип в почвах паркового редколесья и горно-лесного пояса. Первый тип распределения указывает на литологическую неоднородность почвообразующей породы и профиля почвы за счет приноса вторичного материала и его вовлечения в процессы выветривания и почвообразования. Второй тип распределения демонстрирует литологическую неоднородность не только породы и почвы, но и неоднородность минерального материала горизонтов в профиле. Причины неоднородности профиля почв могут быть различными, и связаны с изменением условий формирования почв, миграцией минерального вещества, процессами лессиважа, партлювазии, боковым внутрипочвенным стоком, ветровальными явлениями. Таким образом, изменение титанового модуля по профилю, диагностирует полиморфизм и полигенетичность почв, формирующихся в парковом редколесье и в горно-лесном поясе.

Отношение щелочных металлов к алюминию (НКМ) характеризует степень выщелоченности и элювиальности в пределах профиля. Максимальной степенью элювиальности (0,53) отличается разрез 31 – лито-подзол. В горизонтах почв, где отмечается наиболее узкое отношение модуля, морфологически выражены процессы ожелезнения (0,21-0,28). По модулю НКМ почвы можно отнести к гипощелочным ($<0,20$) и нормально-щелочным (0,20-0,40).

Молекулярные отношения между элементами Na и K (ЩМ) диагностируют степень изменения минералогического состава по профилю почв, и соответственно степень выветрелости и наличия минералов-носителей данных элементов. При более широких отношениях преобладают полевые шпаты, а при более узких – преобладают минералы слюд и иллитов, что указывает на процессы иллитизации и образования вторичных минералов *in situ*. Кроме того, по ЩМ можно диагностировать полигенетичность профилей (р. 17, 28, 24), которые отчетливо различаются по минералогии: в гумусовой части профиля преобладают минералы слюд и иллитов, а в нижней, более глееватой части отмечается более широкое отношение ЩМ (выше в два раза, чем в гумусовой). В лито-подзоле (разрез 31) верхние горизонты имеют максимально широкое отношение щелочных элементов (2,36-2,82), которое диагностирует разрушение слабоустойчивых минералов и накопление кислых первичных минералов (полевых шпатов), обогащенных натрием (альбит и олигоклаз). По изменению ЩМ в профиле почв выделено 5 типов распределения: равномерно-элювиальный (разрезы 18, 29); равномерно-аккумулятивный (р. 15, 24, 27); аккумулятивно-элювиально-иллювиальный (р. 30, 32, 17, 26, 19); элювиально-иллювиальный (разрез 28); прогрессивно-аккумулятивный (р. 31).

Низкие значения НКМ и ЩМ, высокие значения ГМ обусловлены преобладанием в исходных отложениях глинистых минералов, на общем фоне низкого содержания кварца и полевых шпатов.

В процессе выветривания происходит вынос SiO_2 и накопление Al_2O_3 , поэтому величина АМ по мере выветривания должна расти, и следовательно числовые значения АМ могут служить мерой «химической зрелости» осадка. Диапазон данных распределился от 0,083 до 0,263. Исходя из представленных данных, можно утверждать, что лито-подзол (р. 31) и бурозем (р. 30) более «зрелые» по сравнению

с другими исследуемыми почвами. Молодость отложений почв межгорной седловины (р. 27) обусловлена воздействием позднеголоценовых оледенений, в то время как почвы верхних частей склонов оказались незатронуты или подверглись незначительному воздействию процессов, вызванных малым ледниковым периодом. В почвах, формирующихся ниже 700 м н.у.м. АМ варьирует от 0,208 до 0,263, что означает переработку пород и мелкозема в результате сильного и глубокого выветривания.

Заключение. Анализ модулей позволил выявить литогеохимические особенности почв хребта Басеги: 1) неоднородный минералогический состав, что влияет на степень выветрелости минеральной почвенной массы и интенсивность ее выветривания; 2) наиболее неоднородными по минералогическому и валовому составу являются почвы паркового леса и горной тайги (ниже 600 м н.у.м.), что в свою очередь указывает на полигенетичность профилей и различный возраст диагностических горизонтов; 3) в почвах высотных ландшафтах разное соотношение между химическим и физическим выветриванием; 4) в почвах, формирующихся на высоте более 700 м преобладает физическое выветривание, а в почвах формирующихся ниже по склону преобладают процессы химического выветривания; 5) ЩМ помогает ранжировать почвы по степени физического выветривания и позволяет выявить геохимические барьеры в профиле, их неоднородность по минералогическому составу, а равномерно-аккумулятивное распределение ЩМ в пределах профиля диагностирует процесс оглеения; 6) узкие отношения НКМ диагностируют процесс ожелезнения в профиле буроземов, а широкие отношения – процессы элювиирования; 7) ТМ диагностирует полиморфизм и полигенетичность почв в парковом редколесье и в горно-лесном поясе, разновозрастность горизонтов; 8) резкие литогеохимические различия почв отмечаются на границе 700 м н.у.м., где процессы выветривания преобладают над почвообразованием.

Литература

1. Дружинина О. А. Результаты геохимических исследований культурного слоя археологического памятника Рядино-5 // Вестник Балтийского федерального университета им. И. Канта. 2012. Вып. 1. С. 29-33.
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. Кулижский С.П., Родикова А.В. Геохимическая дифференциация почв котловины озера Шира // Вестник Томского ГУ. 2009. № 3 (7). С. 103–108.
4. Мигдисов А.А. О соотношении титана и алюминия в осадочных породах // Геохимия. 1960. № 2. С. 149–163.
5. Полевой определитель почв. М.: Почвенный институт им. В.В. Докучаева, 2008. 182 с.
6. Самофалова И.А. Морфолого-генетические особенности почв на горе Хомги-Нёл (Северный Урал, заповедник «Вишерский») // Научно-практический журнал Пермский аграрный вестник, 2015 № 4. С. 64-71.
7. Самофалова И.А. Разнообразие почв низкогорных ландшафтов и особенности их формирования на западном макросклоне Среднего Урала (заповедник «Басеги») // Научно-практический журнал Пермский аграрный вестник. 2017. № 3 (19). С. 10-17.
8. Самофалова И.А., Рогова О.Б., Лузянина О.А. Использование группового состава соединений железа для диагностики горных почв Среднего Урала // Бюллетень Почвенного института им. В.В. Докучаева. 2015. № 79. С. 111-136.
9. Самофалова И.А., Лузянина О.А., Кондратьева М.А., Мамонтова Н.В. Элементный состав почв в ненарушенных экосистемах на Среднем Урале // Вестник АГАУ. 2014. № 5 (115). С. 67–74.
10. Урушадзе Т.Ф. О некоторых аспектах почвообразования в горных регионах // Почвоведение. 1979. № 1. С. 131–143.
11. Юдович Я.Э., Кетрис М.П. Основы литохимии. Санкт-Петербург: Наука, 2000. 479 с.
12. 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.

13. Retallack G. Soils and Global Change in the Carbon Cycle over Geological Time // Treatise On Geochemistry. 2003. Vol. 5. P. 581-605.
14. Tunçay T., Dengiz O. Chemical weathering rates and geochemical-mineralogical characteristics of soils developed on heterogeneous parent material and toposequence // Carpathian Journal of Earth and Environmental Sciences. 2016. Vol. 11. P. 583-598.
15. World Reference Base for Soil Resources, 2014. International soil classification system for naming soils and creating legends for soil maps. World Soil Resources Reports. Update 2015. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome, 2015. 190 p. ISBN 978-92-5-108369-7. E-ISBN 978-92-5-108370-3.

I.A. Samofalova

Perm State Agro-Technological University, Perm, Russia

e-mail: samofalovairaida@mail.ru

LITHOGEOCHEMICAL CHARACTERISTICS OF SOILS (MIDDLE URALS)

Abstract. Geochemical modules calculated according to the elemental composition of soils of the Basegi ridge (Middle Urals) are presented. An analysis of the modules revealed lithogeochemical features of soils of the Basegi ridge. Stark lithogeochemical differences in soils are observed at a boundary of 700 m above sea level where weathering processes prevail over soil formation.

Keywords: *geochemical modules, mountain soils, weathering, chemical composition, diagnostics.*

References

1. Druzhinina O.A. Results of geochemical studies of occupation layer of the Ryadino-5 archaeological site // IKBFU's Vestnik. 2012. Vol. 1. P. 29-33.
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) // Proceedings of Voronezh State University. S.: Geology. 2016. Vol. 2.P. 22-30.
3. Kulizhskiy S.P., Rodikova A.V. Geochemical differentiation of soils of the hollow of Lake Shira // Tomsk State University Journal of Biology. 2009. Vol. 3 (7). P. 103-108.
4. Migdisov A.A. On the ratio of titanium and aluminum in sedimentary rocks // Geochemistry. 1960. No. 2. P. 149-163.
5. Field Guide to Soils. Moscow, Dokuchaev Soil Science Institute, 2008. 182 p.
6. Samofalova I.A. Morphological and genetic features of soils on Homgi-Nyol mountain (Northern Urals, Vishera Reserve) // Perm Agrarian Journal. 2015. Vol. 4. P. 64-71.
7. Samofalova I.A. Diversity of soils of low-mountain landscapes and peculiarities of their formation in the western macroslope of the Middle Urals (Basegi reserve) // Perm Agrarian Journal. 2017. Vol. 3 (19). pp. 10-17.
8. Samofalova I.A., Rogova O.B., Luzyanina O.A. The use of group composition of iron compounds for diagnostics of mountain soils in the Middle Urals. Dokuchaev Soil Bulletin. 2015. Vol. 79. pp. 111-136.
9. Samofalova I.A., Luzyanina O.A., Kondratyeva M.A., Mamontova N.V. Elemental composition of soils in undisturbed ecosystems in the Middle Urals // Bulletin of Altai State Agricultural University. 2014. Vol. 5 (115). P. 67-74.
10. Urushadze T.F. About some aspects of soil formation in mountain regions // Soviet Soil Science. 1979. No. 1. P. 131-143.
11. Yudovich Y.E., Ketris M.P. Fundamentals of lithochemistry. St. Petersburg: Nauka, 2000.479 p.
12. 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.
13. Retallack G. Soils and Global Change in the Carbon Cycle over Geological Time // Treatise On Geochemistry. 2003. Vol. 5. P. 581-605.
14. Tunçay T., Dengiz O. Chemical weathering rates and geochemical-mineralogical characteristics of soils developed on heterogeneous parent material and toposequence // Carpathian Journal of Earth and Environmental Sciences. 2016. Vol. 11. P. 583-598.
15. World Reference Base for Soil Resources, 2014. International soil classification system for naming soils and creating legends for soil maps. World Soil Resources Reports. Update 2015. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome, 2015. 190 p. ISBN 978-92-5-108369-7. E-ISBN 978-92-5-108370-3.

УДК 631.4

И.А. Самофалова, А.Г. Фомина
ФГБОУ ВПО Пермский ГАТУ, г. Пермь, Россия
e-mail: samofalovairaida@mail.ru

ХАРАКТЕРИСТИКА КАЧЕСТВЕННОГО СОСТАВА ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА В ПОЧВАХ (ХРЕБЕТ БАСЕГИ, СРЕДНИЙ УРАЛ)

Аннотация. В статье приведен качественный состав органического вещества (формы углерода) в горных почвах. Рассмотрена связь между высотно-растительными условиями и содержанием форм углерода в гумусовых горизонтах с помощью информационно-логического анализа.

Ключевые слова: почвы, органическое вещество, формы углерода, информационно-логический анализ.

Генезис почв в горных территориях диагностируют по различным свойствам: по морфологии и распределению щебня в профиле; гранулометрии; групповому составу соединений железа; по групповому составу гумуса и гумусовым профилям; кислотно-основным свойствам.

Изучение органического вещества (ОВ) горных почв на Среднем Урале – тема актуальная из-за малой изученности и уникальных особенностей почв [5-7]. Изучение ОВ в горных почвах необходимо для создания базы данных о свойствах почв заповедника. Также эти сведения помогут в разработке комплекса мониторинговых исследований и создании Кадастра качества и сертификации почв заповедной территории.

Цель работы – характеристика качественного состава органического вещества почв путем определения разных форм углерода и с помощью информационно-логического анализа.

Исследования проведены в ФГБНУ «Государственном заповеднике «Басеги» (Средний Урал), в состав которого входит хребет Басеги (58°56' с.ш.; 58°29' в.д.). Объектом исследования являются почвы в северной части заповедника, на западных, южных и восточных склонах г. Северный Басег, формирующиеся в разных высотных условиях. Почвенные разрезы заложены в высотных ландшафтах: горная тундра – криволесье – луговое разнотравье – горная тайга. Морфологическое описание почв проведено в полевых условиях, с корректировкой в камеральных условиях [6].

Для характеристики качественного состава ОВ определены формы углерода: водорастворимый (Свод) [1], водорастворимый углерод микробного синтеза (Скип) [9], легкоразлагаемый (Слов) [3], агрессивно-подвижный (С_{H2}SO₄) [3]. Результаты обработаны информационно-логическим методом [5].

Диагностика почв по морфологии позволила выделить почвы отделов: *альфегумусовые, структурно-метаморфические, органо-аккумулятивные, литоземы*. Так, почвенный покров горной тундры под мохово-лишайниковой растительностью представлен *дерново-подбуром грубогумусированным* (р. 18) и *литоземом грубогумусовым* (р. 107). Под травянисто-кустарничковой растительностью обнаружены *лито-подзол грубогумусированный* (р. 103) и *дерново-подзол грубогумусированный* (р. 102). В криволесье почвенный покров представлен *литоземом серогумусовым* (р. 113), под луговым разнотравьем диагностированы *бурозем ожелезненный* (р. 109) и *серогумусовая*

глинисто-иллювирированная (р. 63). В горной тайге под мохово-травянистой растительностью сформированы бурозем грубогумусированный ожелезненный (р. 37), бурозем ожелезненный (р. 43), бурозем грубогумусированный элювирированный глееватый (р. 36).

Содержание общего углерода органического вещества (*Собиц*) в почвах является высоким. Значения достаточно широко варьируют от 1,1% в минеральных горизонтах почв до 35,6% в органогенных поверхностных горизонтах. В минеральных горизонтах это показатель составляет менее 10% с закономерным снижением вниз по профилю. Значения показателя более 10-15% диагностируют органогенные горизонты почв. Резкое снижение показателя в профиле почв разрезов 102 и 103 диагностирует горизонт выноса и разрушения – подзолистый; а в разрезе 36 – диагностический признак элювирирования.

Содержание водорастворимого углерода (*Свод*) в почвах является максимальным в органогенных и органо-минеральных (гумусовых) горизонтах и варьирует в широких пределах (0,07-0,26%) в зависимости от приуроченности к высотно-растительным условиям. Так, в почвах, формирующихся выше 500 м над уровнем моря *Свод* изменяется от 0,07 до 0,13%. Исключение составляют почвы с хорошо выраженным дерновым процессом (р. 102 и 63), где показатель составляет 0,26 и 0,20% соответственно. В почвах, формирующихся в горной тайге, *Свод* изменяется от 0,15 до 0,29%. Таким образом, в условиях таежных лесов мохово-травянистой растительностью формируется больше водорастворимого органического углерода.

В исследуемых почвах показатель *Свод* резко снижается по профилю, что может диагностировать биохимические барьеры на границе между органогенными, органо-минеральными и минеральными горизонтами.

Водорастворимый углерод микробного синтеза (*Скин*) варьирует как в зависимости от типовой принадлежности почв (0,15-1,64%), так и в пределах профилей почв (0,02-1,64%). Определены различные типы распределения показателя по профилю: равномерно-элювиальный (почвы горно-тундрового пояса – р. 18, 107, 103, кроме дерново-подзола (р. 102)), элювиально-иллювиальный (почвы подгольцового и горно-лесного пояса). В дерново-подзоле (р. 102), буроземах (р. 37 и р. 36) наблюдается накопление в срединных горизонтах.

Легкоразлагаемый углерод (*Слов*) распределен следующим образом: в почвах криволесья и горной тундры показатель изменяется в пределах 3,37-8,11%, в почвах паркового леса и горной тайги варьирует от 1,26 до 2,83%. Профили почв дифференцированы по данному показателю. Выявлены следующие типы распределения по профилю: равномерно-элювиальный (р. 18, 107, 103, 109, 43), элювиально-иллювиальный (р. 102, 22, 63, 37, 36).

Содержание агрессивно-подвижного углерода ($C_{H_2SO_4}$) варьирует в почвах в широких пределах 0,10-0,69%. Изменение содержания $C_{H_2SO_4}$ по профилю происходит в разных направлениях: отмечается как незначительное, так и резкое как увеличение, так и/или снижение. Максимальное содержание агрессивно-подвижного углерода отмечается в почвах тундры (р. 18, 107).

С помощью информационно-логического анализа определена связь между содержанием форм углерода в гумусовых горизонтах и высотно-растительными условиями. Максимальное варьирование изучаемых форм углерода в гумусовых горизонтах почв изменяется в зависимости от приуроченности к высотно-растительным условиям. Так, из изучаемых показателей в горной тайге более всего варьирует водорастворимый углерод *Свод* ($H(A/bj) = 2,0$) и агрессивно-подвижный $C_{H_2SO_4}$ ($H(A/bj) = 1,50$); в подгольцовом поясе под луговым разнотравьем и редколесьем более всего варьирует содержание *Собиц* ($H(A/bj) = 1,92$); в горной тундре значительно варьируют из

всех форм углерод микробного синтеза *Скип* ($H(A/bj) = 1,46$) и легкоразлагаемый *Слов* ($H(A/bj) = 1,92$).

Определены минимальные варьирования показателей по высотно-растительным условиям: в горной тайге – углерод микробного синтеза (*Скип*) ($H(A/bj) = 0,81$) и *Слов* ($H(A/bj) = 1,00$); под луговым разнотравьем и редколесьем – $C_{H_2SO_4}$ ($H(A/bj) = 0,72$) и *Свод* ($H(A/bj) = 1,37$); в горной тундре под мохово-лишайниковой и травянисто-кустарничковой растительностью – $C_{H_2SO_4}$ ($H(A/bj) = 0,72$) и *Собщ* ($H(A/bj) = 1,46$).

Наиболее информативным показателем является содержание агрессивно-подвижного углерода, так как *T* является максимальным (табл. 1). Таким образом, по снижению информативности показателей можно выстроить ряд: $C_{H_2SO_4} > Слов > Собщ > Свод > Скип$. Аналогичный ряд выстраивается и по коэффициенту передачи информации. Установлена наиболее тесная связь ($K = 0,20; 0,30; 0,40$) между высотно-растительными условиями и содержанием агрессивно-подвижного, легкоразлагаемого и общего углерода. Средняя связь определена с показателями форм углерода водорастворимого и микробного синтеза ($K = 0,16$ и $0,14$ соответственно).

Таблица 1

**Результаты информационно-логического анализа
между содержанием форм углерода и высотно-растительных условий**

Показатель	Собщ	Свод	Скип	Слов	$C_{H_2SO_4}$
T	0,30	0,26	0,22	0,47	0,63
K	0,20	0,16	0,14	0,30	0,40
H(A/bj)	1,46-1,92	0,05-0,15	0,81-1,46	1,00-1,92	0,72-1,50

Примечание: T – общая информативность, Бит; K – коэффициент эффективности передачи информации от фактора к явлению; H(A/bj) – варьирование показателей.

Определены специфичные состояния содержания показателей форм углерода в зависимости от высотно-растительных условий (табл. 2). Для горно-тундрового и подгольцового пояса специфичным является содержание *Свод* в пределах 0,09-0,17%, а для почв горной тайги характерно содержание $> 0,23\%$. Содержание углерода микробного синтеза имеет хорошо различимые специфичные состояния для каждого высотного пояса с максимальным содержанием в почвах лугов и редколесья и минимальным в почвах горной тайги. Содержание легкоразлагаемого и агрессивно-подвижного углерода также имеет тенденции специфичного распределения по высотно-растительным условиям: минимальные значения этих показателей характерны для почв лугов и редколесья; максимальные значения – для почв горной тундры; почвы горной тайги имеют промежуточные значения показателей, которые наиболее всего для них характерны.

Таблица 2

Специфичные состояния содержания форм углерода в почвах

Формы углерода, %	Высотно-растительные условия		
	Горная тундра	Луга и редколесья	Горная тайга
Собщ	5-7	5-7	5-9
Свод	0,09-0,17	0,09-0,17	$>0,23$
Скип	0,59-1,12	$>1,13$	$<0,31$
Слов	2,87-5,5; $>5,6$	$<0,24$	0,25-1,55
$C_{H_2SO_4}$	$>0,57$	$<0,22$	0,40-0,56

Качественный состав ОВ, определенный по формам органического углерода в почвах, показал, что он различается в зависимости от высотных условий формирования и преобладающей растительности. Информационно-логический анализ показал определенную связь между формами углерода и высотно-растительными

условиями, и позволил определить специфичные состояния по формам углерода в почвах.

Так, в почвах горной тундры при высоком содержании гумуса (5-7%), ОВ характеризуется высокой легкоразлагаемостью, микробным синтезом, сильным воздействием на минеральную часть почвы и низким содержанием водорастворимого углерода. В почвах лугов и редколесья при аналогичном специфичном содержании *Собиц* (5-7%) ОВ активно участвует в микробном синтезе причем, с низким содержанием легкоразлагаемого и агрессивно-подвижного углерода. В почвах горной тайги при достаточно высоком содержании *Собиц* (5-9%) органическое вещество характеризуется высокой подвижностью, агрессивным воздействием на минеральную часть почвы и наименьшим содержанием углерода микробного синтеза и легкоразлагаемого.

Таким образом, содержание форм органического углерода могут диагностировать элементарные процессы почвообразования, биогеохимические барьеры в профиле почв.

Литература

1. Ванникова Е.В., Шамрикова Е.В., Сытарь Т.С., Казаков В.Г. Новый метод определения содержания углерода водорастворимых органических соединений в почвах // Почвоведение. 2006. № 10. С. 1200.
2. Гришина Л.А., Орлов Д.С. Система показателей гумусного состояния почв // В кн.: Проблемы почвоведения. М.: Наука, 1978. С. 42-47.
3. Орлов Д.С., Бирюкова О.Н. Система показателей гумусного состояния почв // Методы исследований органического вещества почв. М.: Россельхозакадемия ГНУ ВНИПТИОУ, 2005. С. 521.
4. Полевой определитель почв. М.: Почвенный институт им. В.В. Докучаева, 2008. 182 с.
5. Самофалова И.А. Информационно-логический анализ дифференциации почвенного покрова высотных геосистем на Среднем Урале // Вестник Алтайского ГАУ. 2017. № 11 (157). С. 105-114.
6. Самофалова И.А. Почвенное разнообразие тундровых и гольцовых ландшафтов в заповеднике "Басеги" // Географический вестник. 2018. № 1. С. 16-28.
7. Самофалова И.А. Разнообразие почв низкогорных ландшафтов и особенности их формирования на западном макросклоне Среднего Урала (заповедник «Басеги») // Научно-практический журнал Пермский аграрный вестник. 2017. № 3 (19). С. 10-17.
8. Самофалова И.А., Лузянина О.А., Кондратьева М.А., Мамонтова Н.В. Элементный состав почв в ненарушенных экосистемах на Среднем Урале // Вестник АГАУ. 2014. № 5 (115). С. 67-74.
9. Шульц Э., Кершенс М. Характеристика разлагаемой части органического вещества почв и ее трансформации при помощи экстракции горячей водой // Почвоведение. 1998. № 7. С. 890.

I.A. Samofalova, A.G. Fomina

Perm State Agro-Technological University, Perm, Russia

Email: samofalovairaida@mail.ru

CHARACTERISTICS OF THE QUALITATIVE COMPOSITION OF ORGANIC MATTER IN SOIL (BASEGA RANGE, MIDDLE URALS)

Abstract. The article presents the qualitative composition of organic matter (carbon form) in mountain soils. The relationship between the altitudinal-plant conditions and the content of carbon forms in the humus horizons using the information-logical analysis is considered.

Keywords: soil, organic matter, carbon forms, information-logical analysis.

References

1. Vannikova E.V., Shamrikova E.V., Sytar T.S., Kazakov V.G. A new method for determining the carbon content of water-soluble organic compounds in soils // Soil Science. 2006. №. 10. P. 1200.
2. Grishina L.A., Orlov D.S. The system of indicators of the humus state of soils // In the book: Problems of soil science. M.: Nauka, 1978. P. 42-47.

3. Orlov D.S., Biryukova O.N. The system of indicators of the humus state of soils // Methods of research of soil organic matter. M.: Russian Agricultural Academy GNU VNIPTIOU, 2005. P. 521.
4. Field Guide to Soils. Moscow, Dokuchaev Soil Science Institute, 2008. 182 p.
5. Samofalova I.A. Information-logical analysis of Soil Cover differentiation of the altitude geosystems in the Middle Urals // Bulletin of Altai State Agrarian University. 2017. № 11 (157). P. 105-114.
6. Samofalova I.A. Soil diversity of tundra and goletz landscapes in the Basegi Reserve // Geographical Bulletin. 2018. Vol. 1. P. 16-28.
7. Samofalova I.A. Diversity of soils of low-mountain landscapes and peculiarities of their formation in the western macroslope of the Middle Urals (Basegi reserve) // Perm Agrarian Journal. 2017. Vol. 3 (19). P. 10-17.
8. Samofalova I.A., Luzyanina O.A., Kondratyeva M.A., Mamontova N.V. Elemental composition of soils in undisturbed ecosystems in the Middle Urals // Bulletin of Altai State Agricultural University. 2014. Vol. 5 (115). P. 67-74.
9. Schulz E., Kershens M. Characterization of the degradable part of the soil organic matter and its transformation by extraction with hot water // Soil Science. 1998. №. 7. P. 890.

УДК 631.4

И.А. Самофалова, . . .
ФГБОУ ВО Пермский ГАТУ, Пермь, Россия
e-mail: samofalovairaida@mail.ru

ИЗУЧЕНИЕ ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА ЗАПОВЕДНЫХ ТЕРРИТОРИЙ

Аннотация. В статье показана актуальность и необходимость изучения почвенного покрова ООПТ для сохранения биологического разнообразия биосферы, проведения мониторинга почв ненарушенных экосистем, систематизации и инвентаризации почв, создания региональных Красных книг почв. Данные о почвах заповедных территорий практически отсутствуют.

Ключевые слова: горные почвы, заповедник, Средний Урал, мониторинг, биоразнообразие

В настоящее время почвенный покров (ПП) в значительной мере подвержен интенсивному антропогенному воздействию. Значительные площади территории России заняты трансформированными пахотными почвами. Многие типы почв на юге России практически не имеют целинных эталонов сравнения. Это в значительной мере затрудняет проведение мониторинга почв и ПП. Эталоны сравнения могут стать почвы заповедников, которые исследованы далеко не в полной мере и нуждаются в интенсивном изучении [1, 3-5].

Почвенный покров заповедников является одним из компонентов охраняемых ландшафтов, но, несмотря на это, почвы, в отличие от растительного и животного мира, изучены очень слабо или не изучаются вовсе. Вероятно, это связано с тем, что в утвержденной научно-исследовательской программе, стандартной для большинства заповедников России, отсутствует тема по изучению, сохранению почв и почвенного мониторинга (ПМ). Главной задачей каждого заповедника является экологический мониторинг – система комплексных наблюдений, оценки и прогноза всех изменений природы под воздействием естественных и антропогенных факторов. Почва как объект контроля занимает в системе мониторинга особое место, т.к. – это центральное звено экосистемы, «зеркало» ландшафта по В.В. Докучаеву. В своем составе и свойствах почва отражает результат взаимодействия всех природных сред в ландшафте. В тоже время и почва оказывает обратное влияние на сопряженные с нею среды [5, 14-18]. Особая роль ПМ обусловлена тем, что

все качественные изменения почв отражаются на выполнении ими их экологических функций, и соответственно, на состоянии биосферы. Г.В. Добровольский рассматривал связи почв с видами растений и животных и пришел к выводу, что невозможно сохранить биологическое разнообразие планеты, не сохраняя разнообразие почв [3].

Одной из экологических функций почвы является сохранение среды обитания организмов (в том числе и человека). Ухудшение или улучшение почвенных условий организмов суши соответственно влияет на сокращение или увеличение их жизненного пространства, что отражается на биоразнообразии экосистем. Функции почв динамичны и подвержены качественным изменениям под воздействием хозяйственной деятельности человека. Таким образом, почва может испытывать со стороны человека и позитивные, и негативные воздействия. От характера и интенсивности деятельности человека зависит настоящее и будущее окружающей среды и биосферы в целом. Сохранение и рациональное использование почв и почвенного покрова как основного компонента окружающей среды определяет стабильность и устойчивость экосистем.

Проблемы рационального природопользования и охраны почв обсуждаются в научных кругах, в производственных и административных структурах различного уровня. В 80-х-90-х г.г. XX века эти вопросы рассматривали в основном в контексте хозяйственной деятельности, проведением мелиоративных работ, защитой почв от эрозии и загрязнения. В настоящее время выносятся проблемы о сохранении почв, как самостоятельного природного объекта, представляющего собой сложную гетерогенную систему с определенным уровнем организации, структурой, функциональными связями. Сохранение почвенных разностей в естественных природных условиях и окультуренном виде отвечает и научным, и практическим целям. В соответствии с этим, в системе особо охраняемых природных территорий (ООПТ) является актуальным найти достойное место почвенным объектам и проводить их изучение.

Инвентаризация разнообразия растений, животных ведется постоянно и систематически отражается в печатных изданиях регионального и федерального уровня, в монографиях, в Красных книгах регионов и РФ. Почва при этом рассматривается лишь как пространственный базис для размещения охраняемых видов. Сведения о почвенном покрове заповедников ограничиваются в большинстве случаев материалами почвенно-географических исследований, лишь по отдельным заповедникам опубликованы материалы описания почв, дана физическая и химическая характеристика [5, 6, 8, 9].

Систематическое описание естественных почв ООПТ и национальных парков России впервые представлено в справочно-аналитическом издании «Почвы заповедников и национальных парков Российской Федерации» [12].

Опубликованы материалы по составу почвенного покрова по группам почв в соответствии с разделами легенды Почвенной карты [13]. Проведенный анализ ученых показал несоответствие распространенности различных групп почв на территории страны и занимаемой ими площади в пределах ООПТ.

Горные территории на Почвенной карте в отношении почв представлены горными провинциями, которые по своему таксономическому положению соответствуют равнинной почвенной зоне [10, 19, 19]. Почвенно-географическое районирование горных территорий не имеет более детального деления, в связи с малой изученностью и труднодоступностью. В связи с этим почвенный покров заповед-

ных территорий, и особенно, горных ландшафтов остается малоизученным и практически не представлено его разнообразие на картах. Инвентаризация почв заповедников является актуальной в настоящее время.

В системе ООПТ Пермского края имеется два государственных природных заповедника: «Басеги» (Средний Урал) и «Вишерский» (Северный Урал), где длительное время изучается флора и фауна, проводятся ландшафтные и геоботанические исследования. Старейшим заповедником федерального значения в Пермском крае является «Басеги», где научно-исследовательские работы проводили до его официальной организации. Комплексный мониторинг эталонной природной среды «Государственного заповедника «Басеги» реализуется по утвержденным темам, где существует программа научных исследований хода природных процессов и явлений, в которой, почвенные наблюдения ограничиваются изучением температурного и водного режимов почв.

Необходимость изучения и проведения мониторинга ПП диктуется тем, что отсутствуют современные данные о почвах Урала и их отклика на антропогенное воздействие на прилегающих территориях. ПП заповедника представляет собой систему эталонных и редких почв. В этом заключается их научное и неопределимое практическое значение.

Первая почвенная карта горной части Среднего Урала в масштабе 1:1000 000 была составлена К.П. Богатыревым, О.А. Вадковской и Н.А. Ногиной, под ред. Е.Н. Ивановой [6] по результатам Уральской комплексной экспедиции под руководством Л.И. Прасолова, И.П. Герасимова и Е.Н. Ивановой. Согласно этой карте территории хребта Басеги соответствовал район горных среднеподзолистых и горных дерново-среднеподзолистых почв. В те годы, считали, что горно-луговые и примитивно-аккумулятивные почвы формируются только в условиях средних и высоких гор, а хребет Басеги считали низкогорьем. Горные бурые лесные почвы на Среднем Урале в то время не выделяли. Позднее, Н.Я. Коротаевым [7] в восточной части Пермского края был выделен Горноуральский почвенный округ, который разделен на два почвенных района: Западный предгорный тяжелосуглинистых подзолистых, дерново-подзолистых и заболоченных почв; Горный Уральский горно-лесных и горно-луговых почв. Хребет Басеги входил в зону подзолитых глинисто-каменистых почв западного склона Среднего Урала согласно почвенного районирования Н.Я. Коротаева.

Таким образом, на Среднем Урале в горной тайге (300-600м н.у.м.) ученые выделяли разнообразные почвы: горные бурые лесные, горные лесные подзолистые, горные дерново-подзолистые, горные дерновые лесные. Г.А. Воронов и др. [2] пишет, что «... горные лесные бурые почвы выявлены в средних частях пологих и покатых склонов под елово-пихтовыми крупно-папоротниковыми лесами». В обновленной схеме районирования горная часть Пермского края представлена как Уральская горная область, в пределах которой выделены провинции: Северо-Уральская горно-тундрово-таежная и Средне-Уральская горно-таежная и горно-луговая. Таким образом, на основании действующей почвенной карты Пермского края и общепринятых принципов выделения таксономических единиц почвенно-географического районирования СССР на карте появились буроземы грубогумусовые, горно-луговые почвы. В пределах провинций выделены почвенные районы: Северный среднетаежный и Средне-Уральский горно-таежный. Более дробное деление территории на почвенные округа и почвенные районы не произведено.

Исследования горных почв коснулось отдельных пунктов Урала, так как в 1 половине XX в. горные почвы изучали для расширения площадей сенокосов и пастбищ. Систематические исследования по изучению горных почв не проводили.

Несмотря на разрозненность данных о ПП горной части Урала, на основании анализа опубликованных ранее результатов, сформировано представление об уникальности почв, которые могут быть отнесены как к категории редких (например, горно-луговые), так и к категории почв, формирующиеся в особых экологических условиях [4].

С 2010 г. начаты исследования ПП хребта Басеги под руководством доцента кафедры почвоведения Пермского ГАТУ И.А. Самофаловой. В ходе исследования заложено более 120 разрезов в разных высотных ландшафтах и в том числе на постоянных фенологических площадках заповедника, описаны морфологические признаки почв, определены гранулометрический, валовой составы, физические, физико-химические, кислотно-основные свойства почв, групповой состав гумуса, оптические свойства гуминовых кислот [8, 14-18]. Установлено, что в ПП горы Северный Басег в верхней части склонов формируются слаборазвитые почвы (петроземы), альфегумусовые (подбуры, подзолы); на хорошо дренированных частях склонов – буроземы; на участках с затрудненным дренажом – глееземы и торфяные олиготрофные глеевые почвы, на слабонаклоненных поверхностях выравнивания под луговой растительностью – серогумусовые и темnogумусовые почвы. В пойме рек формируются аллювиальные гумусовые глеевые почвы в комплексе с буроземами грубогумусовыми глееватыми и ожелезненными. Типы почв отдела *Литоземы* характерны для всех высотных ландшафтов, так как отдел объединяет почвы мощностью менее 30 см, с профилем, состоящим из органогенного или гумусового горизонта. Таким образом, на примере почвенного покрова горы Северный Басег и в целом, хребта Басеги, установлена высокая сложность структуры почвенного покрова.

В результате изучения почвенного покрова хребта Басеги (ООПТ «Государственный заповедник «Басеги») впервые для горной части Пермского края выделены типы почв: петроземы, литоземы, подбуры, подзолы, глееземы. Таким образом, существующая почвенная карта Пермского края требует уточнения в отношении почвенного покрова горной части.

Одним из основных критериев оценки экологического благополучия ландшафтов считается степень сохранности полезного генофонда естественных почв. Для понимания степени разнообразия ПП горных территорий необходимо проводить их изучение, систематизацию и инвентаризацию почв. Развитие системы ООПТ – это основной механизм охраны биоразнообразия.

Литература

1. Ананко Т.В., Герасимова М.И., Конюшков Д.Е. Почвы горных территорий в классификации почв России // Бюллетень Почвенного института им. В.В. Докучаева. 2018. Вып. 92. С. 122-146. DOI: 10.19047/0136-1694-2018-92-122-146.
2. Воронов Г.А., Никулин В.Ф., Акимов В.А., Баландин С.В. Заповедник «Басеги» // Заповедники Европейской части РСФСР. Ч. 1. М., 1988. С. 248-264.
3. Добровольский Г.В. Значение почв в сохранении биоразнообразия // Почвоведение. 1996. №6. С. 694-698.
4. Ерёмченко О.З., Филькин Т.Г., Шестаков И.Е. Редкие и исчезающие почвы Пермского края. Пермь: Пермское книжное издательство, 2010. 92 с.
5. Жангуров Е.В., Дубровский Ю.А. Дегтева С.В., Дымов А.А. Эколого-генетические особенности формирования торфяных почв горной ландшафтной зоны Северного Урала (Печоро-Ильчский заповедник) // Лесоведение. 2017. № 2. С. 94-101.
6. Иванова Е.Н. Почвы Урала // Почвоведение. 1947. № 4. С. 213-227.
7. Коротаев Н.Я. Почвы Пермской области. Пермь, 1962. С. 247-268.
8. Лузянина О.А., Самофалова И.А. Мониторинг гумусного состояния почв (на примере заповедника «Басеги») // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2013. Т. 15. № 3(4). С. 1349-1353.

9. Орлянский Н.А. Мониторинг территории Дарвинского государственного природного биосферного заповедника // *Агрохимический вестник*. 2010. №4. С. 5-7.
10. Почвенная карта Пермской области. М 1:700 000 / Комитет по геодезии и картографии министерства экологии и природных ресурсов РФ. Москва, 1989.
11. Почвенная карта Пермской области. М 1:700 000 / Комитет по геодезии и картографии министерства экологии и природных ресурсов РФ. Москва, 1992.
12. Почвы заповедников и национальных парков Российской Федерации / Г. В. Добровольский, О. В. Чернова, В. В. Снакин и др. Фонд "Инфосфера" – НИА-Природа. Москва, 2012. 476 с.
13. Присяжная А.А., Чернова О.В., Снакин В.В. Типологическая и площадная представленность почв особо охраняемых природных территорий России // *Тезисы докладов VII съезда Общества почвоведов им. В.В. Докучаева (Белгород, 15-22 августа 2016 г.)*. Часть 2 / Отв. ред.: С.А. Шоба, И.Ю. Савин. – Москва-Белгород: Издательский дом «Белгород», 2016. С. 328-329.
14. Самофалова И.А. Почвенное разнообразие тундровых и гольцовых ландшафтов в заповеднике "Басеги" // *Географический вестник*. 2018. № 1. С. 16-28.
15. Самофалова И.А., Кондратьева М.А. Буферность горных почв субальпийского пояса к кислотному воздействию (заповедник «Басеги») // *Научно-практический журнал Пермский аграрный вестник*. 2016. № 3 (15). С. 94-103.
16. Самофалова И.А., Лузянина О.А., Кондратьева М.А., Мамонтова Н.В. Элементный состав почв в ненарушенных экосистемах на Среднем Урале // *Вестник Алтайского государственного аграрного университета*. 2014. № 5 (115). С. 67-74.
17. Самофалова И.А., Рогова О.Б., Лузянина О.А. Диагностика почв различных высотно-растительных поясов Среднего Урала по групповому составу соединений железа // *География и природные ресурсы*. 2016. №1. С. 141-148.
18. Самофалова И.А., Рогова О.Б., Лузянина О.А., Савичев А.Т. Геохимические особенности распределения макроэлементов в почвах ненарушенных ландшафтов Среднего Урала (на примере заповедника «Басеги») // *Бюл. Почвенного института им. В.В. Докучаева*. 2016. № 85. С. 56-76.
19. Урусевская И.С. Типы поясности и почвенно-географическое районирование горных систем России // *Почвоведение*. 2007. № 11. С. 1285-1297.
20. Шеломенцев В.Н., Петрова Л.Е. Развитие и совершенствование системы особо охраняемых природных территорий как один из факторов устойчивого развития Российской Федерации // *Землеустройство, кадастр и мониторинг земель*. 2017. №6. С. 38-43.

I.A. Samofalova, A.L. Zhelyaskov
 Perm State Agro-Technological University, Perm, Russia
 e-mail: samofalovairaida@mail.ru

STUDY OF SOIL COVER OF RESERVED TERRITORIES

Abstract. The article shows the relevance and necessity of studying the soil cover of specially protected areas to preserve the biological diversity of biosphere, monitor soils of undisturbed ecosystems, classify and take an inventory of soils, create regional Red Books of soils. Data on soils of reserved territories is practically absent.

Keywords: *mountain soils, reserve, the Middle Urals, monitoring, biodiversity.*

References

1. Ananko T.V., Gerasimova M.I., Konyushkov D.E. The soils of mountainous territories in the Russian Soils Classification, *Dokuchaev Soil Bulletin*, 2018, Vol. 92, pp. 122-146. doi: 10.19047/0136-1694-2018-92-122-146.
2. Voronov G.A. Nikulin V.F., Akimov V.A., Balandin S. 1988. «Basegi» reserve // *Preserves the European part of RSFSR. Part 1*. М. P. 248-264.
3. Dobrovolskii G.V. The role of soils in preservation of biodiversity // *Eurasian Soil Science*. 1996. № 6. P. 694-698.
4. Eremchenko O.Z., Filkin T.G., Shestakov I.E. Rare and endangered soils of the Perm Krai. Perm: Perm Book Publishing House, 2010. 292 p.
5. Zhangurov E.V., Dubrovskii Yu. A., Degteva S.V., Dymov A.A. Eco-genetic peculiarities of peat soils formation in mountain landscape zone of the Northern Ural (Pechora-Ilych Nature Reserve) // *Russian Journal of Forest Science (Lesovedenie)*. 2017. № 2. P. 94-101.
6. Ivanova E.N. Soils of the Urals // *Soil science*. 1947. № 4. P. 213-227.
7. Korotaev N.Ya. Soils of the Perm Oblast. Perm, 1962. P. 247-268.

8. Luzyanina O.A., Samofalova I.A. Monitoring of soil humus (by the example of «Basegi» reserve). Izvestia of Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences. 2013. Vol. 15. Is. 3(4). P. 1349-1353.
9. Orlyanskiy N.A. Monitoring of the Darwin State Biosphere Reserve territory // Agrochemical Bulletin. 2010. № 4. P. 5-7.
10. Soil map of the Perm Oblast. M 1: 700 000 / Committee on Geodesy and Cartography of the Ministry of Ecology and Natural Resources of the Russian Federation. Moscow, 1989.
11. 10. Soil map of the Perm Oblast. M 1: 700 000 / Committee on Geodesy and Cartography of the Ministry of Ecology and Natural Resources of the Russian Federation. Moscow, 1992.
12. Soils of nature reserves and national parks of the Russian Federation / G.V. Dobrovolsky, O.V. Chernova, V.V. Snakin and others. Fund "Infosphere" - NIA-Nature. Moscow, 2012. 476 p.
13. Prisyazhnaya A.A., Chernova O.V., Snakin V.V. Typological and area representation of soils of specially protected areas of Russia // Abstracts of the VII Congress of the Society of Soil Scientists named after V.V. Dokuchaev (Belgorod, August 15-22, 2016). Part 2 / Ans. Ed.: S.A. Shoba, I.Yu. Savin. Moscow-Belgorod: Belgorod Publishing House, 2016. P. 328-329.
14. Samofalova I.A. Soil diversity of tundra and goletz landscapes in the Basegi Reserve // Geographical Bulletin. 2018. Vol. 1. P. 16-28.
15. Samofalova I.A., Kondrateva M.A. Buffering of mountain soils in the subalpine belt to acid treatment («Basegi» reserve) // Perm Agrarian Journal. 2016. Vol. 3 (15). P. 94-103.
16. Samofalova I.A., Luzyanina O.A., Kondratyeva M.A., Mamontova N.V. Elemental composition of soils in undisturbed ecosystems in the Middle Urals // Bulletin of Altai State Agricultural University. 2014. Vol. 5 (115). P. 67-74.
17. 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. Vol. 1. P. 141-148.
18. Samofalova I.A., Rogova O.B., Luzyanina O.A., Savichev A.T. The geochemical peculiarities of distribution of macroelements within the soils of undisturbed landscapes of the Middle Urals (on the example of the «Basegi» reserve) // Dokuchaev Soil Bulletin. 2016. Vol. 85. P. 56-76.
19. Urusevskaya I.S. Types of the vertical soil zonation and the soil-geographic zoning of mountain systems in Russia // Eurasian Soil Science. 2007. № 11. P. 1285-1297.
20. Shelomentzev V.N., Petrova L.E. Development and improvement of the system of specially protected areas as one of the factors for sustainable development of the Russian Federation // Land management, cadastre and land monitoring. 2017. № 6. P. 38-43.

УДК 631. 445. 53

Н.В. Семендяева^{1,2}

¹Сибирский федеральный научный центр агробиотехнологий, пос. Краснообск, Новосибирского района, Новосибирской области, Россия

²Новосибирский государственный аграрный университет, Новосибирск, Россия
e-mail- semendyeva@ngs.ru

СВОЙСТВА И МЕЛИОРАЦИЯ СОЛОНЦОВ БАРАБИНСКОЙ РАВНИНЫ

Аннотация. Солонцы Барабинской равнины обладают высоким потенциальным плодородием и низким – эффективным. При вовлечении их в сельскохозяйственный оборот на них следует проводить, в зависимости от вида использования, различные мелиоративные приемы. В пашне одноразовое внесение гипса надолго повышает их плодородие и обеспечивает высокую урожайность сельскохозяйственных культур. Мелиорированные солонцы по свойствам приблизились к черноземно – луговым почвам и визуально не отличались от последних.

Ключевые слова: солонцы, физические, физико-химические свойства, мелиорация.

Введение. Барабинская равнина занимает около 65,5% Новосибирской области, в почвенном покрове которой солонцы, солонцеватые почвы и их комплексы

включают, по данным ЗапСибгипрозема 3686,7 тыс. га. Они входят в состав пашни, сенокосов и пастбищ, не образуют сплошных массивов, а формируются пятнами среди зональных почв (черноземов, лугово – черноземных, черноземно – луговых и луговых почв) и в значительной степени определяют высокую комплексность данной территории.

По мнению большинства исследователей комплексность почв, во – первых, связана с микрорельефом, который обуславливает неравномерное перераспределение атмосферных осадков. Во – вторых, она вызвана неравномерным распределением солей в грунтах, слабой дренированностью территории, неодинаковой мощностью и разным гранулометрическим составом четвертичных отложений [1]. Эти условия способствовали формированию сложного почвенного покрова юга Западной Сибири с преобладанием в нем интразональных почв – солончаков, солонцов и солодей.

На долю солончаков и солодей приходится незначительная часть территории, тогда как солонцы преобладают среди засоленных почв и широко используются в сельскохозяйственном производстве. Солонцы, имея высокое потенциальное плодородие, характеризуются крайне низким экономическим. Без применения мелиоративных приемов на них практически невозможно получить высоких и устойчивых урожаев. Их низкая продуктивность обусловлена тремя причинами – близким залеганием минерализованных грунтовых вод, наличием на некоторой глубине сильно уплотненного солонцового горизонта и скоплением легкорастворимых солей в нижних горизонтах профиля.

Освоение солонцов в Сибири проводится в нескольких направлениях. На сенокосах и пастбищах внедрена послонная обработка, которая позволяет повысить урожайность сеяных солей – и солонцеустойчивых трав (донника, люцерны, житняка, костреца и т.д.) на 10 -15 ц/га сена хорошего качества и обеспечить более чем на 5 лет её стабильность [2]. В степной зоне для значительного повышения эффективного плодородия солонцов применялась самомелиорация. Она проводилась на степных и лугово-степных солонцах, в 40 сантиметровом слое которых имеются значительные природные запасы карбонатов и гипса (до 15 – 60 т/га). Мелиоративными обработками (плантажной или ярусной), при этом соли кальция вовлекаются в пахотный слой и таким образом происходит самомелиорация солонцовых горизонтов. Внутрипочвенный гипс действует так же, как и внесенный.

В лесостепной зоне на пашне эффективна химическая мелиорация, которая надолго и значительно повышала плодородие солонцов. Урожайность зерна при этом возрастала на 8 – 10, а силосных – на 100 ц/га. В качестве мелиорантов использовался сыромолотый гипс из Пермского края и фосфогипс – отход суперфосфатного производства. В настоящее время работы по химической мелиорации солонцов полностью прекратились, хотя проблема по их улучшению не стала менее острой.

Цель исследований – выяснить длительность действия одноразового внесения гипса на свойства и плодородие мелиорированных солонцов.

Объекты и методы. Исследования проводятся в северной лесостепи в АО «Кабинетный» Чулымского района Новосибирской области на солонцовом стационаре СибНИИЗиХ СФ НЦА РАН в микроделяночном опыте на солонцах корковых луговых многонатриевых и в производственных условиях. Микроделяночный опыт заложен в 1986 году. Дозы гипса рассчитаны по среднему образцу с интервалом 0,25 нормы по натрию – от 0 до 1,25 нормы. Делянки на опыте обтягивали полиэтиленовой пленкой на глубину 30 – 40 см с небольшим верхним напуском,

чтобы избежать поверхностного и бокового стоков. Площадь делянок 4 (2 x 2) м², расположение – рендомизированное.

С 1994 года опытный участок находится под залежью, но перед его закрытием на делянках была посеяна смесь люцерны и донника. В настоящее время люцерна выпала, а донник продолжает расти самосевом. В 2006 году на одной из повторностей были вскрыты делянки и выкопаны разрезы на глубину 100 см на вариантах – контроль (без гипса), гипс 11, 45, 56 т/га. В предыдущие годы на этих вариантах проводили детальные наблюдения, позволяющие в настоящее время выявить изменения происшедшие в свойствах солонцов. В производственных условиях гипс внесен в 1986 году согласно проектно – сметной документации на пятна солонцов в дозах от 20 до 30 т/га. Промелиорировали и исследовали одно поле площадью 100 га.

Результаты исследований. К 2006 году через 20 лет после закладки опыта в залежном состоянии на контроле в бывшем пахотном горизонте восстановился солонцовый (иллювиальный) горизонт, причем из пахотного солонца коркового снова восстанавливается корковый солонец с мощностью горизонта А до 5 см. Действие гипса проявляется длительное время как в микроделяночном, так и в производственном опытах. Воздействие химической мелиорации на морфологический профиль солонцов сохраняется и в залежном состоянии. Четвертная доза гипса (11 т/га) обеспечивает создание лишь 7 – сантиметрового мелиорированного слоя. Глубже начинают формироваться фрагменты солонцового горизонта В. Полные и повышенные дозы гипса (45 и 56 т/га), рассчитанные по методу К.К. Гедройца [3], создают пахотный горизонт А комковато – зернистой структуры. Действие гипса отражается на всем нижележащем профиле.

Одноразовое внесение гипса на солонцы проявляет свое положительное мелиоративное действие в течение 27 и более лет, способствует устойчивому улучшению физических и физико – химических свойств (таблица).

Таблица

Изменение физических свойств мелиорированных солонцов под действием одноразового внесения гипса (n=5)

Глубина взятия образца, см	Плотность твердой фазы почвы, г/см ³	Плотность сложения, г/см ³				Общая порозность, %			
		Дозы гипса, т/га							
		0	11	45	56	0	11	45	56
0-20	2,45±0,18	1,30±0,12	1,22±0,16	1,01±0,18	1,01±0,16	46,9	50,2	58,8	58,8
20-40	2,67±0,17	1,36±0,18	1,34±0,18	1,18±0,15	1,15±0,15	49,4	50,2	56,3	56,9
40-60	2,68±0,20	1,44±0,22	1,36±0,20	1,20±0,20	1,18±0,18	46,3	49,3	55,2	56,0
60-80	2,70±0,19	1,46±0,21	1,44±0,19	1,22±0,19	1,20±0,20	45,9	46,7	54,8	55,6
80-100	2,70±0,19	1,63±0,18	1,48±0,22	1,30±0,17	1,22±0,22	39,6	45,2	51,9	54,8

Из данных таблицы видно, что в слое 0-20 см по всем вариантам опыта плотность твердой фазы почвы составляет 2,45г/см³. С глубиной она возрастала и в слое 80 – 100 см достигала 2,70г /см³. Данная величина является почвенной константой и поэтому не меняется под воздействием различных агротехнических и мелиоративных приемов, в том числе химической мелиорации. Плотность сложения – величина динамичная изменяется как под влиянием агротехнических приемов, так и в течение вегетационного периода. В изучаемом опыте, как отмечалось нами ранее, с 1994 года почва находится в залежном состоянии. Поэтому можно считать, что плотность ее – вполне устоявшаяся величина и находится вне зависимости от агротехнических и погодных условий вегетационных периодов.

В контрольном варианте плотность слоя 0-20 см была достаточно высокой – 1,30г/см³. При такой плотности сложения сельскохозяйственные растения плохо развиваются, воздухо – и водообмен в них низкий. На нем отсутствовала даже естественная растительность. С поверхности образовывалась мощная почвенная корка. С глубиной плотность возрастала, достигая максимума в слое 80 – 100см. Общая пористость на контроле также оставалась низкой по всему профилю – значительно ниже оптимальной (более 50%).

Длительное разовое внесение гипса способствовало значительному снижению плотности по всему метровому профилю. С увеличением дозы мелиоранта плотность почвы уменьшалась.

Снижение щелочности происходило не только в пахотном горизонте (в горизонте внесения гипса), но и по всему профилю. Наблюдения за свойствами солонцов корковых в производственных условиях показали, что закономерность изменения свойств мелиорированных солонцов также сохраняется более 25 лет. Урожайность сельскохозяйственных культур в среднем за годы наблюдений составила: силосных – в пределах 30,0 т/га, а зерновых – 2,0 – 2,5 т/га, тогда как на немелиорируемых солонцах урожай практически не было совсем.

Выводы

1. Солонцы Барабинской равнины обладают высоким потенциальным плодородием и низким – эффективным. При вовлечении в сельскохозяйственный оборот на них первоначально необходимо проводить, в зависимости от вида использования, различные мелиоративные приемы.

2. Одноразовое внесение гипса при вовлечении солонцов в пашню на длительное время повышает их плодородие и обеспечивает высокую урожайность возделываемых культур.

3. По свойствам мелиорируемые солонцы приближались к черноземно – луговым солонцевато – слабосолончаковым почвам и визуально практически не отличались от последних.

Литература

1. Панов Н. П. Причины комплексности почвенного покрова аридных территорий /Генезис и мелиорация почв солонцовых комплексов. М., 2008. С. 13-18.
2. Семендяева Н.В., Елизаров Н.В., Галеева Л.П., Коробова Л.Н. Длительность действия химической мелиорации на свойства солонцов Барабинской равнины. Новосибирск, 2017. 190 с.
3. Гедройц К.К. Солонцы, их происхождение, свойства и мелиорация. Изб. Соч. М.: Т. 1.1932. 141 с.

N.V. Semendiyayeva^{1,2}

¹Siberian Federal Research Center for Agrobiotechnology, Krasnoobsk, Novosibirsk district, Novosibirsk Oblast, Russia

²Novosibirsk State Agrarian University, Novosibirsk, Russia

e-mail: semendiyeva@ngs.ru

PROPERTIES AND MELIORATION OF SALINE SOILS OF THE BARABINSKAYA LOWLAND

Abstract. Saline soils of the Barabinskaya lowland possess a high potential fertility and a low - effective. Various ameliorative techniques should be carried out on them during agricultural use. In arable land, a one-time application of gypsum increases their fertility for a long time and ensures a high yield of agricultural crops. Reclaimed saline soils were similar to chernozem-meadow soils in their properties and did not have visual difference.
Keywords: saline soils, physical, physicochemical properties, melioration.

References

1. Panov N.P., Causes of complexity of soil cover in Arid territories / Genesis and Land Reclamation of Solonetz Complexes. M., 2008. P.13-18.
2. Semendyaeva N.V., Elizarov N.V., Galeeva L.P., Korobova L.N. The duration of chemical melioration effect on saline soil properties of the Barabinskaya lowland. Novosibirsk, 2017. 190 p.
3. Gedroits K.K. Saline soils, their origin, properties and melioration. Ex. Cit. M.: t.1.1932. 141 p.

УДК 631.4 45.11:631.445.9(470.53)

В.В. Хмелева, И.А. Самофалова
ФГБОУ ВО Пермский ГАТУ, г. Пермь, Россия
Email: samofalovairaida@mail.ru

МОРФОЛОГО-ГЕНЕТИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПОЧВ ОТДЕЛА АЛЬФЕГУМУСОВЫЕ В ГОРНОЙ ТУНДРЕ НА СРЕДНЕМ УРАЛЕ

Аннотация. В статье приведена оценка альфегумусовых почв тундрового пояса, которые можно считать уникальными объектами, формирующимися в специфических экологических условиях. Горизонты альфегумусовых почв имеют преобладающую окраску бурого цвета с различными оттенками. Профили почв хорошо различимы на минеральные и органогенные горизонты.

Ключевые слова: классификация, подбур, подзол, морфология, горная тундра, почвообразование.

В современных условиях в мировом почвоведении возрастает огромный интерес к географии, генезису и классификации почв, в связи с такими новыми международными проектами, как *Глобальной почвенной карты* (GlobalSoilmap.net) и *Всеобщей классификации почв* (Universal soil classification) [4, 7, 8]. Это требует обновления знаний о почвах и почвенном покрове многих регионов, и в том числе малоизученных в почвенном отношении [2-8].

Почвы тундровой зоны представляют интерес с точки зрения их уникальности, а также почвообразования, которое осложняется пестротой пород, постоянным проявлением и смыва, и накопления мелкозема, обломочного материала, а также вовлечением свежих невыветрелых горных пород в почвообразование, интенсивным проявлением внутрпочвенного и латерального стока [3]. Можно сказать, что почвы постоянно находятся в стадии не только формирования (первичное почвообразование), но и в стадии разрушения (постоянного «омолаживания»). Проблемы горного почвообразования необходимо изучать с учетом региональных и локальных особенностей конкретной горной страны.

Площадь горной тундры в границах Пермского края занимает более 200 тыс. га и не изучена в почвенном отношении. [2]. Цель исследования – изучить морфолого-генетическую характеристику почв отдела альфегумусовые. Объекты исследования – почвы тундровой зоны на Среднем Урале. Почвенные разрезы заложены на восточном склоне на высотах от 950 до 832 м. Диагностика и классификация почв проведена по полевому определителю [1]. Ниже приводится морфолого-генетическая характеристика почв.

Разрез №2-18 (рис. 1А). 17.09.2018. Разрез заложен на восточном склоне с уклоном 10° в ельнике нагорном с участками кустарничковой тундры на высоте 950

м н.у.м. 58°56'55,7"с.ш.; 58°29'26,1"в.д. Глубина разреза 30 см. Почва не вскипает. Профиль: О, 0-7 см – дернина; ао, 7-10 см – влажноватый, очень темный красновато-бурый (5-4), рыхлый, присутствует большое количество корней растений, неразложившегося органического материала, камней разных размеров, переход в последующий горизонт наблюдается по цвету, плотности, ВН, 10-21 см – влажноватый, темно-бурый (4-9), мелкозернистый, плотный, наблюдается высокая каменистость, переход в последующий горизонт наблюдается по цвету, плотности, ВНФ, >21 см – влажноватый, охристо-бурый (4-10), мелкозернистый, уплотненный, присутствуют камни большого размера.

Почва: *свол* Постлитогенного почвообразования; *отдел* Альфегумусовые почвы; *тип* Подбур грубогумусированный.



Рис. 1. Профили почв отдела альфегумусовые

Разрез №8-18 (рис. 1Б). 19.09.2018. Разрез заложен на восточном склоне с уклоном 5° в еловом криволесье с можжевельником и вкраплением тундры на высоте 905 м н.у.м. 58°56'52,5"с.ш.; 58°29'36,1"в.д. Глубина разреза 55 см. Почва не вскипает. Профиль: О, 0-4 см – дернина, аУ, 4-8 см – влажноватый, очень темно-серый (4-13), мелкозернистый, уплотненный, присутствует большое количество мелких корней растений, АУ, 8-20 см – влажноватый, бурый (4-7), мелкозернистый, плотный, весь пронизан тонкими корнями, присутствует большое количество камней различного размера и формы, ВНФ, 20-34 см – влажноватый, бурый (4-7), мелкозернистый, плотный, присутствует большое количество камней, ВФ, 34-55 см – влажноватый, охристо-бурый (4-10), мелкозернистый, плотный, присутствует большое количество камней, R, >55 см – плотная порода.

Почва: *свол* Постлитогенного почвообразования; *отдел* Альфегумусовые почвы; *тип* Дерново-подбур.

Разрез №4-18 (рис. 1В). 17.09.2018. Разрез заложен на восточном склоне с уклоном 20° в еловом криволесье с можжевельником и вкраплением тундры между 3 скальными плитами на заросшем курумнике на высоте 871 м н.у.м. 58°56'56,8"с.ш.; 58°29'37,8"в.д. Глубина разреза 60 см. Разрез по всей глубине не вскипает. Профиль; О, 0-6 см – очес, ао, 6-10 см – свежий, очень темный красновато-бурый (5-4), рыхлый, присутствует большое количество корней растений, неразложившегося органического материала, камней разных размеров, переход в последующий горизонт наблюдается по цвету, Е_г, 10-19 см – влажноватый, светло-оливково-серый (1-4) с оливково-серым (1-8), мелкозернистый, плотный, наблюдается высокая каменистость, ВНФ1, 19-27 см – влажноватый, очень светло-бурый (4-3), мелкозернистый, плотный, наблюдается высокая каменистость, ВНФ2, 27-35 см – влажноватый, бурый (4-7), мелкозернистый, уплотненный, присутствуют камни

большого размера, ВНF₃35-42 см – влажноватый, темно-бурый (4-9), мелкозернистый, уплотненный, присутствуют камни большого размера, ВF₁ 42-50 см – влажноватый, бурый (4-7), мелкозернистый, уплотненный, присутствуют камни большого размера, ВF₂ 50-60 см – влажноватый, бурый (4-7), мелкозернистый, уплотненный, присутствуют камни большого размера.

Почва: *ствол* Постлитогенного почвообразования; *отдел* Альфегумусовые почвы; *тип* Подзол глееватый грубогумусированный.

Разрез №5-18 (рис. 1Г). 18.09.2018. Разрез заложен на восточном склоне с уклоном 5° в ельнике нагорном на высоте 832 м н.у.м. 58°56'56,1"с.ш.; 58°29'47,1"в.д. Глубина разреза 63 см. Разрез по всей глубине не вскипает. Профиль: О, 0-9 см – дернина, а_у, 9-11 см – влажноватый, буровато-черный (4-15), мелкозернистый, рыхлый, присутствует большое количество корней растений, много неразложившихся растительных остатков, ВН, 11-29 см – влажноватый, темно-бурый (4-9), мелкокомковатый, плотный, весь пронизан тонкими корнями, единично – толстыми, присутствует большое количество камней различного размера и формы, [а_у], 29-34 см – влажноватый, темно-красновато-бурый (5-13), мелкозернистый, плотный, наблюдается высокая каменистость, встречается немного мелких тонких корней, [А_Уel], 34-63 см – влажный, светло-бурый (4-5), мелкозернистый, плотный, присутствует большое количество камней в основном края округлой формы разного размера, R>63 см – плотная порода.

Почва: *ствол* Постлитогенного почвообразования; *отдел* Альфегумусовые почвы; *тип* Подбур иллювиально-гумусовый на серогумусовой почве (отдел Органо-аккумулятивные).

Таким образом, определены основные морфолого-генетические особенности почв отдела *альфегумусовые*.

1. Мощность профиля варьирует в широких пределах (25-70 см), причем, чем выше расположена почва по высоте, тем меньше мощность профиля, что доказывает тесная корреляционная связь ($r = -0,92$).

2. Профили почв хорошо различимы на минеральные и органогенные горизонты. Мощность органогенных горизонтов варьирует в пределах от 4 до 10 см.

3. Диагностические горизонты (*BHF*, *E*) позволяют отнести почвы к типам: подбуры, подзолы. Эти горизонты диагностируют основные процессы почвообразования: альфегумусовый, подзолистый; а наличие горизонта *A_У* диагностирует дерновый процесс.

4. В профиле почв выделены диагностические признаки (*ao*, *g*, *el*), которые указывают на налагающиеся горизонтообразующие процессы: образование грубого гумуса, глееватости и элювиирования.

5. В условиях горной тундры могут формироваться сложные профили почв, что позволяет изучить эволюцию почвенного покрова и горных ландшафтов.

Таким образом, почвы горной тундры можно считать уникальными объектами, формирующимися в специфических экологических условиях, которые хранят в своих свойствах различную информацию и находятся одновременно и в стадии первичного почвообразования, и в стадии разрушения (постоянного «омолаживания»).

Литература

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

2. Самофалова И.А. Почвенное разнообразие тундровых и гольцовых ландшафтов в заповеднике "Басеги" // Географический вестник. 2018. № 1. С. 16-28.
3. Самофалова И.А., Лузянина О.А. Горные почвы Среднего Урала (на примере ГПЗ «Басеги»). МСХ РФ, ФГБОУ ВПО Пермская ГСХА. Пермь: Изд-во ФГБОУ ВПО Пермская ГСХА, 2014. 154 с.
4. Спирина В.З., Раудина Т.В. Особенности почвообразования и пространственного распространения почв высокогорных склонов Юго-Восточного Алтая // Вестник Томского государственного университета. Биология. 2015. № 2 (30). С. 6-19.
5. Старцев В.В., Жангуров Е.В., Дымов А.А. Характеристика почв высотных поясов хребта Яптикнырд (Приполярный Урал) // Вестник Томского государственного университета. Биология. 2017. № 38. С. 6-27.
6. Таргульян В.О., Горячкин С.В. Международный конгресс по почвоведению // Почвоведение. 2011. № 9. С. 1139-1145.
7. Broll G., Keplin B. Mountain ecosystems: studies in treeline ecology. Berlin; Heidelberg: Springer, 2005. 354 p.
8. Sanchez P.A., Ahamed S.F., Carre A.E., Hartemink J., Hempel J., Huising P., Lagacherie A.B., McBratney N.J., McKenzie M.L. de Mendonca-Santos et al. Digital soil map of the World // Science. 2009. V. 325. № 5941. P. 680-681.

V.V. Khmeleva, I.A. Samofalova
 Perm State Agro-Technological University, Perm, Russia
 Email: samofalovairaida@mail.ru

MORPHOLOGICAL AND GENETIC CHARACTERISTICS OF ALPHEHUMUS SOILS IN MOUNTAIN TUNDRA IN THE MIDDLE URALS

Abstract. The article provides an assessment of the Al-Fe-humus soils of the tundra landscape, which can be considered as unique objects that are formed in specific environmental conditions. The horizons of these soils have a predominant brown color with various shades. The profiles of mountain soils of the tundra belt are clearly distinguishable on mineral and organogenic horizons.

Keywords: classification, podbur, podzol, morphology, mountain tundra, soil formation

References

1. Field Guide to Soils. Moscow, Dokuchaev Soil Science Institute, 2008. 182 p.
2. Samofalova I.A. Soil diversity of tundra and loach landscapes in the Basegi reserve // Geographical Bulletin. 2018. No. 1. P. 16-28.
3. Samofalova, I.A. and Luzyanina, O.A. Mountain soils of the Middle Urals (based on the example of the nature reserve "Basegi") // Perm State Agricultural Academy. Perm, 2018. 154 p.
4. Spirina V.Z., Raudina T.V. Peculiarities of soil formation and spatial distribution of soils in the high-mountainous slopes of the South-Eastern Altai // Bulletin of Tomsk State University. Biology. 2015. № 2 (30). P. 6-19.
5. Startsev V.V., Zhangurov E.V., Dymov A.A. Characteristics of the soils of the altitudinal belts of the Yaptiknard Range (Subpolar Urals) // Bulletin of Tomsk State University. Biology. 2017. № 38. P. 6-27.
6. Targulyan V.O., Goryachkin S.V. International Congress on Soil Science // Pochvovedenie. 2011. № 9. P. 1139-1145.
7. Broll G., Keplin B. Mountain ecosystems: studies in treeline ecology. Berlin; Heidelberg: Springer, 2005. 354 p.
8. Sanchez P.A., Ahamed S.F., Carre A.E., Hartemink J., Hempel J., Huising P., Lagacherie A.B., McBratney N.J., McKenzie M.L. de Mendonca-Santos et al. Digital soil map of the World // Science. 2009. V. 325. № 59-41. P. 680-681.

О.В. Чернова
ФГБУН ИПЭЭ РАН, Москва, Россия
e-mail: ovcher@mail.ru

ВЕЛИЧИНА И СТРУКТУРА ЗАПАСОВ ОРГАНИЧЕСКОГО УГЛЕРОДА КАК ПОКАЗАТЕЛЬ УСТОЙЧИВОСТИ И СТЕПЕНИ ПРЕОБРАЗОВАННОСТИ РЕГИОНОВ

Аннотация. Определены размеры и структура запасов органического углерода в природных и антропогенных экосистемах южной тайги, лесостепи и степи Европейской России. Оценены углеродные пулы территорий модельных (Костромской, Курской, Ростовской) областей: актуальные (при современном состоянии экосистем и структуре землепользования) и потенциальные (при гипотетическом состоянии с природными комплексами аналогичными современным целинным).

Ключевые слова: современные и потенциальные запасы органического углерода, углеродный пул почвы, история землепользования.

В настоящее время природные экосистемы на 30–50% земной поверхности преобразованы в результате различных видов землепользования (сельское и лесное хозяйство, индустриализация, урбанизация и др.) [10]. Для интегральной оценки естественных или антропогенно-измененных экосистем требуется комплексная характеристика, отражающая их способность функционировать в конкретной географической обстановке. По мнению некоторых исследователей, такой характеристикой может служить способность природных комплексов продуцировать органическое вещество (биологическая продуктивность) [1]. Однако на глобальном уровне наиболее разработанным и признанным индикатором экологического функционирования крупных территорий служит запас углерода в преобладающих экосистемах соответствующих регионов. Основные запасы органического углерода в наземных экосистемах сосредоточены в биомассе растений (живой и отмершей) и в почвах (включая минеральные горизонты, подстилку и торф). Соотношение этих крупных пулов является важной характеристикой биологического круговорота, а его изменение свидетельствует об изменении циклов элементов и отражает степень перестройки природных комплексов. В этой связи актуальна оценка общих запасов органического вещества и углеродных пулов антропогенно-преобразованных экосистем в сравнении с целинными аналогами. Поскольку различные регионы страны значительно различаются по составу почвенного покрова, природным условиям и типам основного землепользования, для составления обоснованных прогнозов их развития и оценки устойчивости требуется учитывать особенности типичных экосистем при преобладающих типах землепользования.

При оценке влияния землепользования на запасы углерода в почвах и биомассе растений в большинстве случаев рассматривается какой-либо определенный тип воздействия на конкретные экосистемы (распашка целины, зарастание пашни лесом, вырубка или посадка лесов и др.) [7, 8, 9 и др]. Однако в большинстве регионов характер использования земель за исторический период многократно разнонаправленно изменялся. Мы полагаем, что разница между углеродными пулами

территорий: потенциальными (при гипотетическом состоянии с природными комплексами аналогичными современным целинным) и актуальными (при современном состоянии экосистем и структуре землепользования) является интегральным результатом многократных разнонаправленных изменений использования земель за весь антропогенный период. Целью нашей работы было выявление тенденций изменения размеров и соотношений пулов органического углерода под влиянием антропогенного воздействия на примере модельных регионов южной тайги, лесостепи и степи европейской территории страны.

В качестве модельных объектов выбраны Костромская (южная тайга), Курская (лесостепь) и Ростовская (степь) области, различные по составу почвенного покрова, типам землепользования и климатическим характеристикам. Потенциальные и актуальные запасы углерода в фитомассе и 100-см слое почвы (включая подстилку и торфяные залежи) оценивали с использованием сходных подходов на единой картографической основе. Доисторическое состояние модельных территорий реконструировано на основе широко используемой в геоботанике концепции потенциальной или «восстановленной» растительности, которая описывает состояние зрелых растительных ассоциаций в отсутствие вмешательства человека [6]. Основными информационными слоями являются слои Почвенной карты Российской Федерации М:1:2500000 (1988), которые были совмещены со слоями Карты растительности М:1:4000000 (1990) на уровне типов доминирующей растительности. Полученные полигоны характеризовались классификационной принадлежностью преобладающей почвы, ее гранулометрическим составом и типом растительной ассоциации. Сходные по этим характеристикам полигоны объединены в картографические выделы и для каждого оценивали потенциальные запасы органического углерода в 100-см слое почвы, в подстилке (степном войлоке) и биомассе естественной растительности.

При расчете современных запасов органического углерода наряду с характеристиками почв и растительности использовали актуальные данные о структуре земельных угодий. Учитывали следующие основные категории земель: пашни, сенокосы и пастбища, молодые залежи (до 20-25 лет), леса, болота, земли застройки и прочие. Использованные источники данных, алгоритмы их подготовки и методики расчетов потенциальных и актуальных запасов углерода в почвах и экосистемах регионов подробно описаны ранее [4, 5].

Общие запасы углерода и их структура в природных и антропогенных экосистемах рассмотренных областей значительно различаются (рис.). На территории Костромской области (южная тайга) современные запасы углерода в 100-см слое почв лесного и сельскохозяйственного использования различаются незначительно (от 4,5 кг С/м² в легких по гранулометрическому составу дерново-подзолах до 8,5 кг С/м² в суглинистых дерново-подзолистых почвах). Углеродный пул фитомассы лесных земель в десять и более раз превышает таковой на землях сельскохозяйственного использования, кроме того он значительно зависит от возраста и видового состава растительности. В полновозрастных лесах на долю растительности приходится 60-75% органического вещества экосистем; подстилки вносят небольшой вклад в пул органического углерода почвы (10–20%) и совсем незначительный

(менее 5%) – в запасы углерода экосистем. Оценки запасов углерода переувлажненных лесов, более изменчивы (от 17–19 до 25–33 кгС/м²), доля фитомассы здесь снижается до 25-45%, а на органогенные горизонты приходится до 50% углеродного пула почвы. Максимальный разброс значений запасов углерода характеризует экосистемы болот, в переувлажненных лесах на болотных торфяных низинных почвах они могут превышать 65 кг/м², причем большая часть органического вещества сосредоточена в торфяной толще (рис.).

В пределах Курской области (лесостепь) запасы углерода в агроэкосистемах изменяются от 10-16 кг С/м² на серых и темно-серых лесных почвах до 16-31 кг С/м² на выщелоченных и типичных черноземах. Максимальными запасами углерода (более 40–50 кг С/м²) характеризуются целинные луговые степи на черноземах (выщелоченных и типичных) и дубравы на черноземах (оподзоленных и выщелоченных) Центрально-Черноземного заповедника (рис.). Соотношение углеродных пулов фитомассы и почв определяется, главным образом, типом растительности. В лесах на серых лесных почвах они примерно поровну распределяются между почвой и фитомассой, в заповедных широколиственных лесах на черноземах почвенный пул в два раза превышает пул фитомассы, а в целинных экосистемах луговых степей на типичных черноземах и лугово-черноземных почвах почвенный пул превышает пул фитомассы в 50 и более раз.

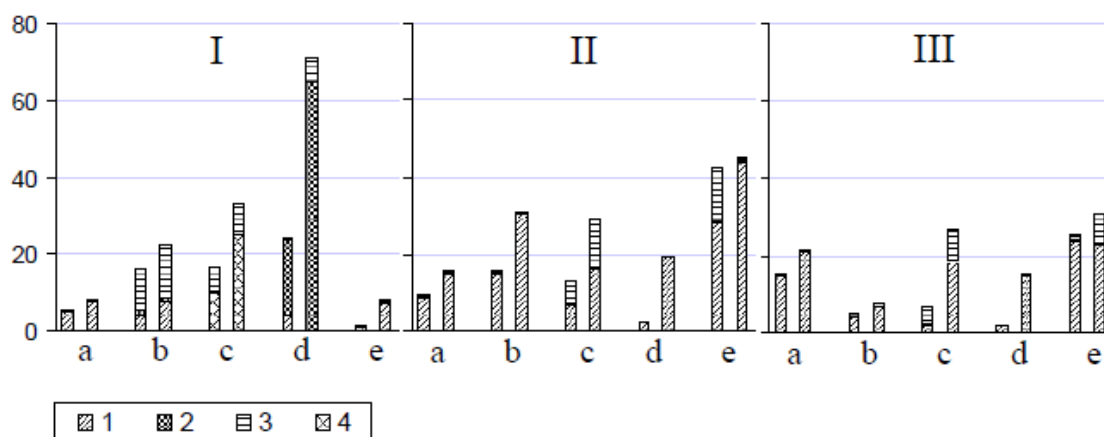


Рис. Запасы органического углерода и их структура в экосистемах южной тайги, лесостепи и степи Европейской России

Пулы углерода, кг/м²: 1 – в минеральных горизонтах почв, 2 – в органогенных горизонтах (подстилка/ торф/ степной войлок), 3 – в фитомассе, 4 – в минеральных + органогенных горизонтах. Экосистемы, почвы областей: (I) Костромской: пахотные, дерново-подзолы, дерново-подзолистые (Ia), полновозрастные сосняки и ельники, дерново-подзолы, дерново-подзолистые (Ib), заболоченные и переувлажненные леса (Ic), болота (Id), дороги, нарушенные земли, земли застройки, прочие (Ie); (II) Курской: пахотные, черноземы оподзоленные, выщелоченные, типичные (IIa), пахотные, серые лесные (IIb), широколиственные леса, светло-, темно-, серые лесные (IIc), дороги, нарушенные земли, земли застройки, прочие (IId), целинные лес, степь, черноземы (IIe); (III) Ростовской: пахотные, черноземы (обыкновенные, южные) (IIIa), сенокосы и пастбища, светло-, темно-, каштановые, солонцеватые, солончаковатые (IIIb), сосняки на борových песках, широколиственные леса на черноземах (IIIc), дороги, нарушенные земли, земли застройки, прочие (IIId), целинные лес, степь, черноземы (IIIe).

В Ростовской области практически полностью распаханно все пространство, занятое южными и обыкновенными черноземами, запасы углерода в агроэкосистемах на этих почвах составляют 15-22 кг С/м². В сухих степях на каштановых солонцеватых и засоленных почвах и солонцах, используемых под сенокосы и пастбища, аккумулируется 5 - 10 кг С/м², доля фитомассы в них составляет 9-14%. Минимальные запасы углерода в области отмечаются на песчаных и супесчаных почвах с псаммофитной злаковой растительностью или молодыми сосняками, посаженными при рекультивации эродированных песчаных массивов (2-4 кг С/м²) (рис.).

В качестве показателей природных и хозяйственных особенностей модельных областей использованы средневзвешенные по площади потенциальные и актуальные запасы углерода в фитомассе и 100-см слое почв рассмотренных территорий. Показано, что средневзвешенные запасы углерода, потенциальные и актуальные, лесостепной Курской области почти в 2 раза превышают таковые Костромской (южная тайга) и Ростовской (степь) областей: потенциальные – на 43% и 41%; современные – на 44% и 42%, соответственно. При этом современные запасы углерода в Костромской и Ростовской областях ниже потенциальных приблизительно на 24%, в Курской области – на 37%. Высокая распаханность лесостепной и степной областей привела к заметному снижению запасов органического углерода в почве, как относительному (на 27 и 24%), так и абсолютному (на 7,2 и 4,5 кг/м²). Эти средневзвешенные показатели в 2-3 раза выше полученных другими методами данных о скорости потерь гумуса черноземов при распашке в результате усиления минерализации и уменьшения поступления биомассы [2, 3], что позволило на региональном уровне оценить масштабы водной эрозии и дефляции в снижении запасов органического углерода.

Литература

1. Медведев В.В., Лактионова Т.Н. Анализ опыта европейских стран в проведении мониторинга почвенного покрова // Почвоведение. 2012. №1 С. 106-114.
2. Смагин А.В. Динамика черноземов: реконструкция развития и прогноз агродеградации // Проблемы агрохимии и экологии. 2012. № 3. С. 31-38.
3. Чендев Ю. Г., Хохлова О. С., Александровский А. Л. Агрогенная эволюция автоморфных черноземов лесостепи (Белгородская область) // Почвоведение. 2017. № 5. С. 515-531.
4. Чернова О.В., Рыжова И.М., Подвезенная М.А. Опыт региональной оценки изменений запасов углерода в почвах южной тайги и лесостепи за исторический период // Почвоведение. 2016. № 8. С. 1013-1028.
5. Чернова О.В., Рыжова И.М., Подвезенная М.А. Влияние исторических и региональных особенностей землепользования на величину и структуру запасов углерода в южной тайге и лесостепи европейской России // Почвоведение. 2018. № 6. С. 1-12.
6. Chiarucci A., Araujo M.B., Decocq G., Beierkuhnlein C., Fernandez-Palacios J.M. The concept of potential natural vegetation: an epitaph? // J. Vegetation Sci. 2010. pp. 1-7.
7. Don A, Schumacher J, Freibauer A (2011) Impact of tropical land-use change on soil organic carbon stocks - a meta-analysis // Global Change Biology, 17, 1658-1670.
8. Guo L, Gifford R (2002) Soil carbon stocks and land use change: a meta analysis. Global Change Biology, 8, 345-360.
9. Poeplau C, Don A, Vesterdal L, Leifeld J, Van Wesemael B, Schumacher J, Gensior A Temporal dynamics of soil organic carbon after land-use change in the temperate zone - carbon response functions as a model approach // Global Change Biology, 2011, 17, 2415-2427.
10. Vitousek P.M., Mooney H.A., Lubchenco J., Melillo J.M. Human domination of Earth's ecosystems // Science. 1997. V. 277. № 5325. P. 494-499.

O.V. Chernova
Severtsov Institute of Ecology and Evolution,
Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

AMOUNT AND STRUCTURE OF ORGANIC CARBON STOCK AS AN INDICATOR OF REGION TRANSFORMATION AND STABILITY

Abstract. Amount and structure of organic carbon stock in natural and anthropogenic ecosystems of southern taiga, forest-steppe, and steppe of European Russia are estimated. Actual (corresponding to the modern state of ecosystems and land use patterns) and potential (corresponding to the hypothetical state of natural ecosystems analogous to modern native ecosystems) pools of organic carbon are calculated for model territories (Kostroma, Kursk and Rostov Oblast).

Keywords: actual and potential organic carbon stocks, soil carbon pool, history of land use.

References

1. Medvedev V.V., Laktionova T.N. Analysis of the experience of European countries in soil monitoring // *Eurasian Soil Science*, 2012, Vol. 45, 1, P. 90–97.
2. Smagin A.V. 2012 Dynamics of chernozems: reconstruction of development and forecast of agrodegradation // *Problemy agrokhimii i ekologii* No. 3. P. 31–8 [in Russian].
3. Chendev Yu.G., Khokhlova O.S., Alexandrovskii A.L. 2017 Agrogenic evolution of automorphic chernozems in the forest-steppe zone (Belgorod oblast) *Eurasian Soil Sci.* 50 No. 5. P. 499–514.
4. Chernova O.V., Ryzhova I.M., Podvezennaya M.A. Experience of regional assessments of changes in soil carbon pools of the Southern Taiga and forest-steppe during the historical period. // *Eurasian Soil Science*, 2016, Vol. 49, No. 8, P. 954–967.
5. Chernova O.V., Ryzhova I.M., Podvezennaya M.A. The effect of historical and regional features of land use on size and structure of carbon pools in the Southern Taiga and forest-steppe of European Russia // *Eurasian Soil Science*, 2018, Vol. 51, 6, P. 709–719.
6. Chiarucci A., Araujo M.B., Decocq G., Beierkuhnlein C., Fernandez-Palacios J.M. The concept of potential natural vegetation: an epitaph? // *J. Vegetation Sci.* 2010. P. 1–7.
7. Don A, Schumacher J, Freibauer A (2011) Impact of tropical land-use change on soil organic carbon stocks - a meta-analysis // *Global Change Biology*, 17, P. 1658–1670.
8. Guo L, Gifford R (2002) Soil carbon stocks and land use change: a meta analysis. *Global Change Biology*, 8, P. 345–360.
9. Poeplau C, Don A, Vesterdal L, Leifeld J, Van Wesemael B, Schumacher J, Gensior A Temporal dynamics of soil organic carbon after land-use change in the temperate zone - carbon response functions as a model approach // *Global Change Biology*, 2011, 17, P. 2415–2427.
10. Vitousek P.M., Mooney H.A., Lubchenco J., Melillo J.M. Human domination of Earth's ecosystems // *Science*. 1997. V. 277. № 5325. P. 494–499.

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

УДК631.452

Ю.В. Аксенова, Ю.А. Азаренко
ФГБОУ ВО Омский ГАУ, Омск, Россия
e-mail: axsenovajulia@gmail.com, yua.azarenko@omgau.org

**ВЛИЯНИЕ ДЛИТЕЛЬНОГО АГРОГЕННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ
НА ПЛОДОРОДИЕ ЛУГОВО-ЧЕРНОЗЕМНОЙ ПОЧВЫ
ОМСКОГО ПРИИРТЫШЬЯ**

Аннотация. Длительное агрогенное воздействие не оказало отрицательного влияния на плодородие лугово-черноземной почвы. Применение органических и минеральных удобрений в севообороте с многолетними травами способствовало стабилизации гумуса и обменного кальция на высоком уровне, обогащению почвы подвижными гумусовыми веществами.

Ключевые слова: лугово-черноземная почва, плодородие, удобрения, гумус, подвижные гумусовые вещества.

В процессе агрогенного воздействия происходит трансформация свойств почв, скорость которой определяется характером, интенсивностью и длительностью этих воздействий[5]. В ходе антропогенной эволюции почвы могут изменяться как в сторону окультуривания, так и деградации. Интенсификация сельскохозяйственного производства на фоне низких объемов применения органических и минеральных удобрений приводит к дегумификации, истощению, при отсутствии проведения мелиоративных работ – к засолению, осолонцеванию, усилению гидроморфизма и др.

Анализ состояния почв пашни Омской области показывает сокращение площади почв с высоким содержанием гумуса и недостаточную их обеспеченность элементами питания. По данным мониторинговых исследований ФГБУ ЦАС «Омский» 2854 тыс. га пашни характеризуются низким содержанием гумуса, недостаточный уровень обеспеченности фосфором имеют 2501 тыс. га, калием – 838 [2]. Поскольку в почвенном покрове области значительные площади занимают малопродуктивные почвы, почвы непригодные для сельскохозяйственного производства и имеющие ограниченное использование в сельском хозяйстве, то проблемы сохранения, воспроизводства и повышения плодородия пахотнопригодных почв являются первоочередной задачей землепользователей. Цель исследований - оценка состояния плодородия лугово-черноземной почвы в условиях длительного сельскохозяйственного использования и применения минеральных и органических удобрений.

Исследования проводили в многолетнем стационарном полевом опыте, заложенном лабораторией агрохимии и защиты растений ФГБНУ «Омский АНЦ» в

1987 году на лугово-черноземной среднесуглинистой почве на основе зернотравяного севооборота с чередованием культур: пар – озимая пшеница – яровая пшеница – люцерна 4 года пользования – яровая пшеница – овес.

Схема опыта включает варианты:

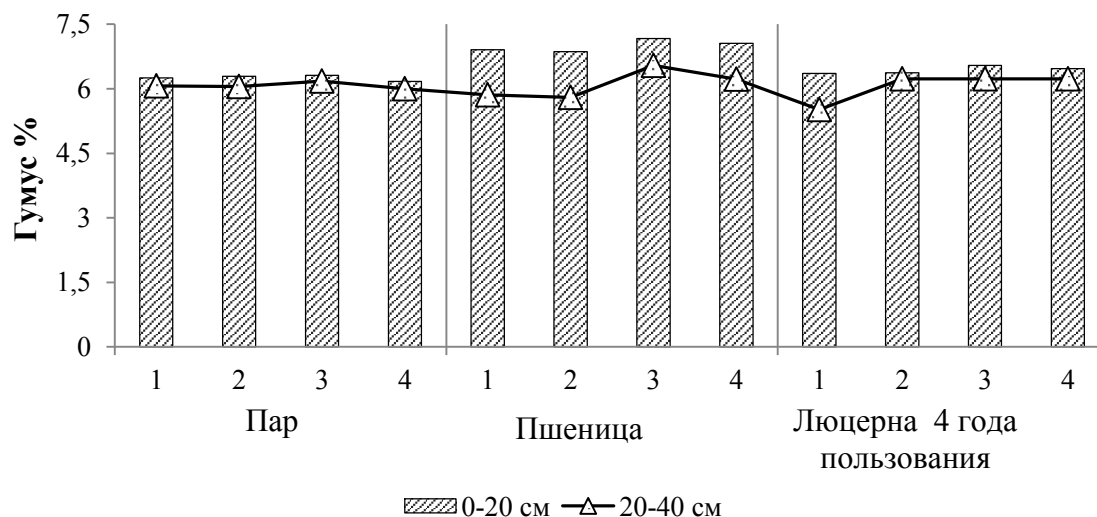
1. Контроль (без применения средств химизации);
2. Солома (в количестве, соответствующем урожаю возделываемых культур);
3. Минеральные удобрения в дозах $N_{10}P_{17}$ на 1 га площади севооборота;
4. Минеральные удобрения в дозах $N_{15}P_{23}$ на 1 га площади севооборота;

В качестве органических удобрений до 2009 года использовали навоз и солому, начиная с 2014 года, во всех вариантах опыта оставляют растительные остатки возделываемых культур. Применяемые минеральные удобрения: аммофос и аммиачная селитра. В 2018 г. был проведен отбор проб почвы из слоев 0-20 и 20-40 см по вариантам опыта паровом поле, под яровой пшеницей (после распашки многолетних трав) и люцерной 4 года пользования.

Аналитические исследования проводили следующими методами:

- содержание гумуса по методу Тюрина И.В. в модификации Симакова В.Н.;
- содержание подвижных гумусовых веществ – извлечением 0,1н NaOH по методу Тюрина;
- количествообменно-поглощенных кальция и магния комплексометрическим, натрия - пламенно-фотометрическим методом;
- рН почвы потенциометрическим методом.

Режим органического вещества является одним из факторов почвенного плодородия в агроценозах. Содержание гумуса в почве опытного стационара высокое. В условиях зернотравяного севооборота потери гумуса, связанные с его минерализацией, восполняются поступлением свежего органического вещества в виде растительных остатков, оставляемых на полях, в том числе и в вариантах без применения средств химизации (контроль). В вариантах опыта без применения средств химизации содержание гумуса в слое 20-40 см под пшеницей, возделываемой по пласту многолетних трав, и под люцерной 4 года пользования находится на среднем уровне (рисунок).



1. Контроль; 2. Солома; 3. $N_{10}P_{17}$; 4. $N_{15}P_{23}$

Рисунок. Содержание гумуса в лугово-черноземной почве под культурами зернотравяного севооборота, 2018 г.

Особая роль в сохранении почвенного плодородия принадлежит подвижным гумусовым веществам (ПГВ). Эта группа легко трансформируемых гумусовых соединений образующихся в процессе минерализации и гумификации органических остатков и удобрений, жизнедеятельности почвенных микроорганизмов и выделения корневыми системами растений [3], участвует в биохимических почвенных процессах и выполняет защитные функции в отношении устойчивых компонентов почвы. При недостаточном количестве в почвах лабильного компонента развивается общая дегумификация с разложением устойчивых фракций гумуса. Уровень содержания и накопления ПГВ в почвах тесно связан с характером ее обработки, видом возделываемых культур, количеством поступающих растительных остатков, применением удобрений [1,4].

Максимальное содержание ПГВ (22-25% от общего углерода) установлено в почве под яровой пшеницей, возделываемой после многолетних трав, поскольку после их распашки происходит интенсивное разложение свежих растительных остатков и обогащение почвы новообразованными лабильными компонентами. В паровом поле так же наблюдалось высокое содержание фракции ПГВ (22-26% от общего углерода), что вероятно связано с интенсивным процессом разложения органических остатков предшествующей культуры, а также с ослаблением прочности связи гумусовых кислот с минеральной частью почвы и приобретением ими повышенной подвижности под влиянием резких изменений гидротермических условий (таблица).

Таблица

**Обеспеченность лугово-черноземной почвы
подвижными гумусовыми веществами**

Вариант	Слой, см	С _{общ} , %	Содержание углерода, мг/кг		
			ГК	ФК	ПГВ
<i>Пар</i>					
Контроль	0-20	3,62	7060	1606	8666
	20-40	3,50	7363	1303	8666
N ₁₀ P ₁₇ + солома	0-20	3,58	7575	1909	9484
	20-40	3,47	5848	1970	7818
<i>Пшеница</i>					
Контроль	0-20	4,00	7129	2142	9271
	20-40	3,40	6732	1744	8476
N ₁₀ P ₁₇ + солома	0-20	4,10	7825	1928	9753
	20-40	3,60	6395	1523	7918
<i>Люцерна 4 года пользования</i>					
Контроль	0-20	3,69	2619	1553	4172
	20-40	3,20	1181	1078	2259
N ₁₀ P ₁₇ + солома	0-20	3,75	5210	2984	8194
	20-40	3,61	4953	2578	7531

ГК – гуминовые кислоты; ФК – фульвокислоты

Содержание ПГВ в почве под люцерной 4 года пользования было меньше (7-23%). Во-первых, на данном поле не проводят заделку пожнивных и корневых остатков в почву. Во-вторых, поступление и разложение растительных остатков протекает на поверхности почвы и обогащение ПГВ более глубоких слоев происходит в основном за счет отмерших корневых систем растений. В третьих, при высокой обеспеченности почвы обменным кальцием (33,8-32,5 ммоль/100 г почвы) может происходить закрепление ПГВ в виде кальциевых солей и перевода их во фракцию, прочно связанную с кальцием. Во всех исследуемых вариантах слой 0-20 см почвы имеет высокую обеспеченность ПГВ. При внесении минеральных удобрений содержание лабильной части органического вещества было больше, так как

удобрения не только увеличивают урожайность культур, но и активизируют деятельность микроорганизмов, ведущих минерализацию и гумификацию свежих растительных остатков, в результате чего возрастает доля новообразованных гумусовых веществ.

Физико-химические свойства почвы также являются важным фактором плодородия. Величина рН водной суспензии в вариантах опыта варьировала в интервале от 6,3-7,2 без применения средств химизации до 6,1-6,7 с внесением минеральных удобрений. Близкая к нейтральной и нейтральная реакция среды благоприятна для почвенной биоты, разложения органических остатков, роста и развития возделываемых сельскохозяйственных культур. Высокое содержание (26,7-33,8 ммоль/100 г почвы) в почвенно-поглощающем комплексе обменного кальция под исследуемыми культурами севооборота будет способствовать образованию гуматов кальция [4] и увеличению в составе гумуса фракции гуминовых кислот, прочно связанных с кальцием. Количество магния в почве варьировало по вариантам от 5,2 до 12,9 ммоль/100 г почвы, натрия – от 0,32 до 0,97 ммоль/100 г. Существенных различий по составу и содержанию обменно-поглощенных катионов по вариантам опыта не было выявлено.

Таким образом, длительное использование лугово-черноземной почвы в системе зернотравяного севооборота обеспечивало относительно стабильное состояние таких параметров почвенного плодородия как содержание гумуса, количество обменно-поглощенных катионов, реакция среды. Систематическое применение минеральных удобрений и соломы способствовало обогащению почвы лабильными компонентами органического вещества, предохраняющими от разложения консервативную часть гумуса.

Литература

1. Балабанова Н.Ф., Воронкова Н.А. Влияние длительного применения удобрений в зернотравяном севообороте на содержание лабильного органического вещества в лугово-черноземной почве // Агрохимия. 2015. №1. С. 16-22.
2. Красницкий В.М., Шмидт А.Г. Динамика плодородия пахотных почв Омской области и эффективность использования средств его повышения в современных условиях // Достижения науки и техники АПК. 2016. № 7. С. 34-38.
3. Лабильное органическое вещество почвы: номенклатурная схема, методы изучения и агроэкологические функции / В.Г. Мамонтов, Л.П. Родионова, Ф.Ф. Быковский, А. Сирадж // Известия ТСХА. 2000. Вып. № 4. С. 93-108.
4. Мамонтов В.Г., Родионова Л.П., Бруевич О.М. Уровни содержания лабильных гумусовых веществ в пахотных почвах // Известия ТСХА. 2009. Вып. № 4. С. 121-123.
5. Чевердин Ю.И. Закономерности изменения свойств почв юго-востока Центрального Черноземья под влиянием антропогенного воздействия: автореф. дис. ... д.-р. биол. наук. Воронеж, 2009. 43 с.

Yu.V. Aksenova, Yu.A. Azarenko
Omsk State Agricultural University, Omsk, Russia
e-mail: axsenovajulia@gmail.com, yua.azarenko@omgau.org

INFLUENCE OF LONG AGROGENIC ACTION ON FERTILITY OF MEADOW-CHERNOZEM SOIL OF THE OMSK PRIIRTYSHJE

Abstract. Long agrogenic action had no negative impact on fertility of meadow-chnozem soil. Use of organic and mineral fertilizers in a crop rotation with perennialgrasses promoted stabilization of humus and exchange calcium at a high level as well as mobile humic substances enrichment of soil.

Keywords: meadow-chnozem soil, fertility, fertilizers, humus, mobile humic substances.

References

1. Balabanova N.F., Voronkova N.A. Influence of prolonged use of fertilizers in a grain grass crop rotation on the content of labile organic matter in meadow-chernozem soil // Agrochemistry. 2015. No. 1. Pp. 16-22.
2. Krasnitsky V.M., Schmidt A.G. Dynamics of arable soils fertility of the Omsk Oblast and efficiency of means for fertility increase in modern conditions // Achievements of science and technology of agrarian and industrial complex. 2016. No. 7. Pp. 34-38.
3. Labile organic matter of soil: nomenclative scheme, research methods and agroecological functions / V.G.Mamontov, L.P.Rodionova, F.F.Bykovsky, A. Siradzh // IzvestiyaTSKhA. 2000. No. 4. Pp. 93-108.
4. Mamontov V.G., Rodionova L.P., Bruevich O.M. Levels of the content of labile humus substances in arable soils // IzvestiyaTSKhA. 2009. No 4. Pp. 121–123.
5. Cheverdin Yu.I. Patterns of soil property changes in the southeast of the Central Chernozemie under anthropogenic impact: abstract of the thesis. ... dr. sci. biol. Voronezh, 2009. 43 pp.

УДК 633.11 + 631.582 + 633.3 :633.352.3

М.А. Алёшин, Л.А. Михайлова
ФГБОУВО Пермский ГАТУ имени Д.Н. Прянишникова, Пермь, Россия
E-mail: Matvei0704@mail.ru

УВЕЛИЧЕНИЕ УРОЖАЙНОСТИ ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ ЗА СЧЁТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В СЕВООБОРОТЕ БИОЛОГИЧЕСКОГО ПОТЕНЦИАЛА ЗЕРНОБОБОВЫХ КУЛЬТУР

Аннотация. Представлены результаты исследования последствия доз азотной подкормки и влияния предшественников на яровой пшенице. Более высокую урожайность (3,04...4,03 т/га) пшеница формирует в случае возделывания после озимой вики, при условии развития ризобиального аппарата, которое происходит в от-
сутствии азотной подкормки и её внесении в дозе 30кг/га.

Ключевые слова: яровая пшеница, предшественник, озимая вика, биологический потенциал.

Введение. В современных условиях сельскохозяйственного производства региона, важнейшей производственной группой полевых растений остаются зерновые культуры. По данным Министерства сельского хозяйства и продовольствия Пермского края, за последние пять лет на долю яровых зерновых культур приходилось в среднем 39,6...32,5% общей площади посевов.

Яровая пшеница занимает наиболее весомую часть в структуре посевных площадей зерновых культур (41,0...42,3%), но её посевы сокращаются, в то время как урожайность остается достаточно низкой (10,7...14,9 ц/га). Одна из основных причин низкой урожайности – недостаточное применение азотных удобрений, которым принадлежит ведущая роль в увеличении урожая на плохо обеспеченных азотом дерново-подзолистых почвах [4].

Возникает необходимость поиска наиболее доступных источников азота, в качестве которых в севооборотах могут рассматриваться одновидовые и смешанные посевы люпина узколистного, сои, гороха и вики [7]. Агротехническая роль зерновых бобовых культур в севообороте повышается при внесении под них минеральных, в том числе и азотных удобрений [1, 3]. При этом, изменяются количество и качество получаемого зерна, остающихся в почве пожнивных и корневых остатков

[2], возрастает биогенность почвы и, как следствие, скорость и степень минерализации свежего органического вещества, гумуса и растительных остатков прошлых лет [5].

Наиболее полная реализация биологического потенциала зернобобовых культур, при использовании в качестве предшественников, позволит без дополнительных затрат повысить урожайность ведущих зерновых культур и питательность кормов полученных на их основе.

Цель исследования – произвести оценку последствий азотной подкормки на одновидовых агроценозах озимых культур, используемых в качестве предшественника для яровой пшеницы.

Методика. Для решения поставленных задач в 2014 году на учебно-научном опытном поле Пермской ГСХА был заложен 2-х факторный полевой опыт по следующей схеме: Фактор А– тип предшественника: А₀ – тритикале; А₁ – вика; Фактор В – дозы азотной подкормки, кг/га д.в.: В₀ – N₀; В₁ – N₃₀; В₂ – N₄₅; В₃ – N₆₀. В 2015 году для определения последствий доз азотной подкормки и оценки действия предшественников был произведен посев яровой пшеницы сорта «Иргина» с последующим восстановлением границ вариантов опыта. Агротехника в опыте адаптирована к научной системе земледелия, рекомендованной для Среднего Предуралья.

Почва опытного участка дерново-мелкоподзолистая среднесуглинистая. Агрохимические показатели пахотного слоя почвы представлены в таблице 1.

Таблица 1

Агрохимическая характеристика дерново-мелкоподзолистой среднесуглинистой почвы

Горизонт, глубина взятия образца, см	Гумус, %	Нг	S	ЕКО	V, %	рН _{KCl}	P ₂ O ₅	K ₂ O
		мг-экв/100 г. почвы					мг/кг почвы	
А _{пах} , 0-30	2,31	3,3	18,8	22,1	83	5,5	104	131

Почва опытного участка характеризуется низким содержанием гумуса (2,31%), средней ёмкостью катионного обмена и высокой степенью насыщенности почв основаниями. Реакция среды слабокислая (рН_{KCl} 5,5). Обеспеченность пахотного горизонта подвижным фосфором (104 мг/кг) средняя, обменным калием (131 мг/кг) – повышенная. Данная почва удовлетворяет потребностям яровой пшеницы и способствует получению устойчивых урожаев зерна с высоким содержанием сырого протеина в составе.

Результаты исследований. Интенсификация производства зерна направлена на более полную реализацию потенциала урожайности зерновых культур. По результатам проведенного опыта были получены следующие урожайные данные (таблица 2).

Таблица 2

Действие биологического азота и последствие азотной подкормки на урожайность яровой пшеницы, т/га

Предшественника (А)	Дозы азота (В)				Среднее по А, НСР ₀₅ гл. эфф.=0,17
	N ₀	N ₃₀	N ₄₅	N ₆₀	
Озимое тритикале	2,60	2,71	2,50	2,53	2,58
Озимая вика	3,62	4,03	3,56	3,04	3,56
Среднее по В, НСР ₀₅ гл. эфф. =0,21	В ₁	В ₂	В ₃	В ₄	
	3,11	3,37	3,03	2,78	
НСР ₀₅ для частных различий	А				0,34
	В				0,29

В зависимости от типа предшественника и последствия азотной подкормки урожайность яровой пшеницы варьировала в широком диапазоне – от 2,50 до 4,03 т/га. Более высокую урожайность яровая пшеница формирует при возделывании после озимой вики. Достоверный уровень прибавки получен, как по отдельным вариантам (0,52...1,32 т/га), так и в среднем по опыту – 0,98 т/га, при НСР₀₅ = 0,17 т/га. В данных почвенных условиях наблюдается формирование развитого симбиотического аппарата, который позволяет накапливать азот в составе надземной биомассы и пожнивно-корневых остатках. Следовательно, после возделывания озимой вики в почве остается дополнительное количество азота, которое позволяет сформировать большую урожайность культуре, следующей в севообороте за викой.

При возделывании яровой пшеницы послеозимого тритикале, «косвенного» последствие азотных удобрений обнаружено не было, на что указывает эффективное использование азота озимыми злаковыми культурами для формирования не только надземной биомассы, но и хозяйственно-ценной части урожая. Выраженное «прямое» последствие азотных удобрений, в рамках данной почвенной разности, отмечается только при внесении более 90 кг/га [6].

В случае обсуждения частных различий, величина прибавки урожая пшеницы, при возделывании после озимой вики, уменьшается пропорционально увеличению доз азотной подкормки: N₃₀ – 1,32; N₄₅ – 1,06; N₆₀ – 0,52 т/га, оставаясь существенной при НСР₀₅ = 0,34 т/га. Выявленная закономерность убедительно свидетельствует о том, что при благоприятных условиях бобовые растения могут получать большую часть азота в результате симбиотической азотфиксации из воздуха, а применение минерального азота удобрений, ограничивает развитие их симбиотического ризобиального аппарата.

Не смотря на снижение уровня прибавки (при увеличении доз азота), более высокая урожайность яровой пшеницы была получена на всех вариантах, где в качестве предшественника выступала озимая вика, что еще раз подтверждает её высокую эффективность в качестве предшественника.

Существенное увеличение урожайности яровой пшеницы при внесении под бобовый предшественник N в дозе 30 кг/га, связано с эффективностью «стартовых» доз азота, которое может быть выражено посредством более интенсивного развития самого предшественника, и как следствие, большим количеством ПКО. Кроме этого, использование азота в указанной дозировке исключает его депонирование и последующее депрессивное влияние на развитие симбиотического аппарата бобового растения.

В первую очередь, это связано с необходимостью использования и интенсивностью потребления азота озимыми культурами после перезимовки, в отсутствии в почве природных источников пополнения этого элемента на начальных этапах восстановления вегетации.

Во-вторых – высокая подвижность азота в почве, обусловленная его трансформацией, вымыванием, мобилизацией растительными и микробными организмами, способствует использованию культурой всего внесённого количества к моменту формирования полноценного симбиотического аппарата.

Выводы. Таким образом, в условиях дефицита применения азотных удобрений для получения урожайности яровой пшеницы на уровне 4 т/га в условиях дерново-мелкоподзолистой среднесуглинистой почве, со средним и повышенным содержанием элементов минерального питания и слабокислой реакцией среды, необходимо размещение в севообороте после зернобобовых культур. Отдельным условием при этом, является наиболее полная реализация биологического потен-

циала растений семейства бобовых, связанного с развитием симбиотического ризобиального аппарата, усвоением атмосферного азота и накоплением его в почве в составе пожнивно-корневых остатков.

Последствие от использования азотной подкормки было выражено после бобового предшественника (озимой вики) и только посредством «косвенного» влияния. На озимой вике именно наличие и развитие симбиотического ризобиального аппарата, которое наблюдается при внесении подкормки в дозе 30 кг/га, а не количество ПКО, выход которых увеличивается при внесении 45 и 60 кг азота, в большей степени влияет на продуктивность последующей культуры. На озимом тритикале достоверная прибавка отсутствует вследствие того, что озимые зерновые наиболее интенсивно используют для формирования своей надземной биомассы и урожая зерна, азот минеральных удобрений, внесённый посредством ранневесенней подкормки.

Учитывая дефицит, подвижность и динамичность минерального азота удобрений, в течение вегетационного периода, следует сказать об отсутствии «прямого» последствия от его использования в дозе 30-60 кг/га в условиях дерново-мелкоподзолистой почвы. Данное положение подтверждается результатами исследований, проведёнными ранее в условиях данной почвенной разности.

Литература

1. Алёшин М.А., Михайлова Л.А., Субботина М.Г. Влияние удобрений на биохимический состав зерна посевного гороха в условиях дерново-подзолистой тяжелосуглинистой почвы Предуралья // Пермский аграрный вестник. 2019. №2 (26). С. 43-49.
2. Алёшин М.А., Субботина М.Г. Влияние доз азота и препарата «Ризоторфин» на продуктивность посевного гороха в условиях дерново-подзолистой тяжелосуглинистой почвы Предуралья // Аграрный научный журнал. 2019. №8. С. 4-11.
3. Елисеев С.Л., Зубарев Ю.Н., Ренёв Е.А., Терентьев В.А. Выращивание кормового зерна на основе бобово-злаковых смесей в Предуралье // Аграрный вестник Урала. 2009. №12 (66). С. 43-44
4. Завалин А.А., Пасынков А.В., Понамарев М.И., Козлов Л.М., Пасынкова Е.Н. Роль бобовых культур в земледелии Кировской области // Агрохимия. 2002. №6. С. 66-67.
5. Полномочнов А.В., Бажанов Ю.С. Горох – проблемы и перспективы увеличения семенной и кормовой продуктивности в Иркутской области // Вестник КрасГАУ. 2006. №10. С. 121-124.
6. Сычёва Е.Ю., Алёшин М.А. Оценка последствий доз азота на яровом овсе, возделываемом на дерново-мелкоподзолистой среднесуглинистой почве // Молодежная наука 2019: технологии и инновации: материалы Всерос. науч.-практ. конф. Пермь: Изд-во ИПЦ «Прокрость», 2019. С. 237-240.
7. Яковлева М.И., Дементьев Д.А., Салоква Н.Н. Действие и последствие зернобобовых культур в звеньях севооборота // Пермский аграрный вестник. 2017. №2 (18). С. 91-96.

M.A. Alyoshin, L.A. Mikhailova
Perm State Agro-Technological University, Perm, Russia

INCREASING THE YIELD OF SPRING WHEAT DUE TO THE USE OF THE BIOLOGICAL POTENTIAL OF LEGUMINOUS CROPS IN CROP ROTATION

Abstract. The results of the study of the aftereffect of the dose of nitrogen fertilizing and the action of precursors on spring wheat are presented. A higher yield (3.04...4.03 t/ha) wheat forms in the case of cultivation after winter vetch, subject to the development of rhizobial apparatus, which occurs in the absence of nitrogen fertilization and its introduction in a dose of 30 kg/ha.

Key words: *spring wheat, precursor, winter vicia, biological potential.*

References

1. Aleshin M.A., Mikhailova L.A., Subbotina M.G. Influence of fertilizers on biochemical composition of grain of sowing peas in conditions of sod-podzolic heavy loamy soil of the Urals // Perm agrarian journal. 2019. No. 2 (26). Pp. 43-49.

2. Aleshin M.A., Subbotina M.G. Influence of doses of nitrogen and preparation "Rizotorphin" on productivity of sowing peas in conditions of sod-podzolic heavy loamy soil of the Urals // *Agrarian scientific journal*. 2019. No. 8. Pp. 4-11.
3. Eliseev S.L., Zubarev Yu.N., Renev E.A., Terentyev V.A. Cultivation of fodder grain on the basis of bean-cereal mixtures in the Urals // *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2009. No. 12 (66). Pp. 43-44.
4. Zavalin A.A., Pasyukov A.V., Ponamarev M.I., Kozlov L.M., Pasyukova E.N. The Role of legumes in agriculture of the Kirov region // *Agrochemistry*. 2002. No. 6. Pp. 66-67.
5. Polnomochnov A.V., Bazhanov Yu.S. Peas – problems and prospects of increasing seed and fodder productivity in the Irkutsk region // *Herald KrasGAU*. 2006. No. 10. Pp. 121-124.
6. Sycheva E.Yu., Aleshin M.A. Evaluation of the aftereffect of nitrogen doses on spring crops cultivated on sod-podzolic medium-loamy soil // *Youth science 2019: technologies and innovations: materials science.- pract. conf.* Perm: publishing house of CPI "Prokrost", 2019. Pp. 237-240.
7. Yakovleva, M.I., Dement'ev D.A., Slukova N.N. Effect and the residual effect of leguminous crops in the crop rotation links // *Agrarian Bulletin of the Perm*. 2017. No. 2 (18). Pp. 91-96.

UDC 631.4

A. Balla Kovacs, J. Katai, I. Vago,
E. Juhasz, N. Nagy, J. Konya
University of Debrecen, Debrecen, Hungary

EFFECT OF SOIL PRE-INCUBATION WITH INCREASING PHOSPHORUS DOSES ON THE BIOMASS PRODUCTION AND PHOSPHORUS UPTAKE OF RYEGRASS (*LOLIUM PERENNE* L.)

Abstract. Pot experiment was conducted in order to follow up the effects of different pre-incubation times with increasing P fertilizer doses on grow and P uptake of plant in Arenosol and Chernozem soils. Soils with increasing P doses (0, 40, 80, 160, 320 mg P/kg soil) were incubated for 1, 3 and 13 weeks before greenhouse pot experiment was started with ryegrass. The ryegrass as test plant was cut two times, 5 weeks and 9 weeks after sowing. Dry biomass production, P concentration, P uptakes of ryegrass and AL-P₂O₅ of soil were measured. The effect of increasing P doses on the plant biomass production was dependent on P doses and on the pre-incubation periods. The 40 and 80 mg P/kg doses slightly increased the yield in Chernozem, but in Arenosol did not cause any yield response. The 320 mg P/kg dose slightly decreased the yield at 1, 3 weeks of pre-incubation, however at 13 weeks caused small yield increase in both soil types. The P concentration and P uptake of plant in Arenosol was lower compared to Chernozem, except for values of plants of the second cut at 13 weeks of pre-incubation, where the values of Arenosol became higher. This change indicated that the P availability of Chernozem decreased to a greater extent with increasing of pre-incubation compared to Arenosol. AL-P₂O₅ did not vary with increasing pre-incubation time in Arenosol, but sharply fell in Chernozem indicating different P sorption ability of this soil type.

Keywords: soil incubation, pot experiment, yield, phosphorus uptake.

Introduction. Phosphorus in soils occurs in the range of 0.02-0.15% and the proportion of organic P ranges between 20-80% of the total P [10]. From the viewpoint of plant nutrition three main soil phosphate fractions may be important: phosphate in soil solution, phosphate in the labile pool and phosphate in the non-labile fraction [11]. The phosphorus concentration of soil solution in agricultural soils are rather low (0.01- 3.0 mg P L⁻¹) and represents only a very small fraction of plant needs. Therefore, large amounts of phosphorus must be desorbed or mobilised from the non-labile fraction to provide sufficient phosphorus for plant growth [5].

Phosphorus cycling processes in soil-plant system - involved dissolution-precipitation, adsorption-desorption, mobilization-immobilization, plant absorption processes - are rather complicated because of many influencing factors [8][9] [2]. The P fertilizers contain soluble phosphate which is initially plant available, but after application becomes progressively less available because of adsorption, precipitation or conversion to the organic form [14][7]. The interrelationships between different soil phosphorus forms is highly depends on soil properties[3]. In order to achieve sustainable agricultural management and reduce the risks associated with P loss from high fertility soils [6], it is necessary to maintain plant-available P in soil at required levels and use P fertilizers more efficiently. It is essential to follow up how the different phosphorus forms (soluble, weakly, tightly sorbed) changes on different soil types.

Here we present soil pre-incubation and pot experiment study where increasing P doses, different pre-incubation times and two significantly different soil types were investigated. The objectives were to gain information about P sorption processes on Chernozem and Arenosol in soil-plant system and to assess the effects of different P doses and pre-incubation times on the plant biomass production and the P uptake of plant.

Materials and methods. The effects of pre-incubation with increasing P doses in soil-plant system was studied on Chernozem (pH(H₂O)=6.59; pH(KCl)=5.57; Humus%=2.38; Clay and Silt%=44.26; CaCO₃%=0; AL-P₂O₅ (mg/kg)=83.4; AL-K₂O (mg/kg)=207.9; total P (digestion with H₂SO₄) (mg/kg)=925) and Arenosol (pH(H₂O)=8.25; pH(KCl)=7.4; Humus%=0.81; Clay and Silt%=5.15; CaCO₃%=1.24; AL-P₂O₅ (mg/kg)=336.8; AL-K₂O (mg/kg)=62.9; total P (digestion with H₂SO₄) (mg/kg)=925). Experimental soils were collected from the upper layer (0-30 cm) of agricultural areas of Hungary (Debrecen-Látókép and Órbottyán).

Chernozem and Arenosol were weight into experimental pots (3 kg) and were incubated at room temperature for 1, 3 and 13 weeks with increasing dose of KH₂PO₄ solution, containing 0, 40, 80, 160, 320 mg P/kg soil, respectively. The soil was kept at constant moisture (at 60% of the water-holding capacity) using daily weighing with ion exchanged water.

After 1, 3 and 13 weeks of soil incubation, pot experiment was set up with pre-incubated soils. As test plant ryegrass (*Lolium Perenne* L.) was sown. Ion exchanged water was added to all pots to keep the soil at constant moisture, the 60% of the water-holding capacity, using daily weighing. Ryegrass were cut twice, 5 and 9 weeks after sowing. The 1st and 2nd increments of plant biomass were collected and dried at 60°C. Total dry biomass were determined. Ryegrass were digested by HNO₃-H₂O₂ methods and the total phosphorus content of plant was determined by EN ISO 6878. Phosphorus uptake of plants also was calculated. Concentration of available soil phosphorus were determined in ammonium lactate- acetic acid (AL) extract [4]. AL soluble P was measured by molybdenum blue colorimetric method.

Analysis of variance (one-way ANOVA) was carried out on the data in order to provide a statistical comparison between the treatment means. The least significant difference (LSD) test (P=0.05) was used to detect differences between means.

Results and Discussions

The biomass production of ryegrass

The dry biomass production of first, second cuts and total dry biomass production of ryegrass grown on Chernozem and Arenosol are given in Figs.1, 2.

The biomass production of ryegrass grown in Chernozem was much higher and ranged between 8.05-9.55 g*pot⁻¹. The values of Arenosol were lower, 1.9-3.4 g*pot⁻¹. The better fertility of Chernozem resulted in higher biomass production of ryegrass. As it was expected the biomass of second cut was lower in both soil types because of the decreasing

nutrient availability of soils. The effect of increasing P doses on the plant biomass production was different and was dependent on the pre-incubation periods. The 40 and 80 mgP/kg doses slightly increased the yield in Chernozem, but in Arenosol, where the original P availability of soil was higher $AL-P_2O_5=336.8\text{mg/kg}$, these lower P doses did not cause any yield response.

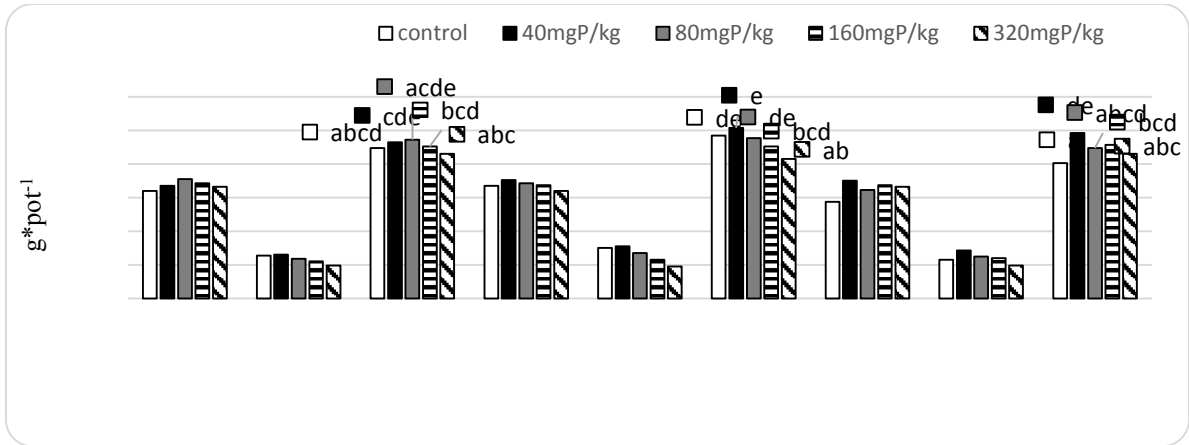


Fig. 1 The dry biomass production of ryegrass grown in Chernozem
 *Means with the same letter are not significantly different at P =0.05

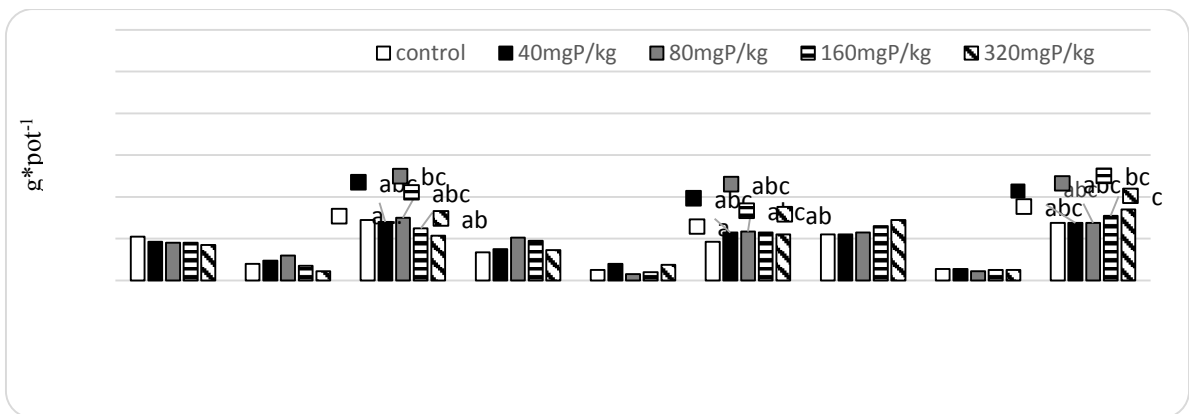


Fig. 2 The dry biomass production of ryegrass grown in Arenosol
 *Means with the same letter are not significantly different at P =0.05

The effect of extra high, 320 mgP/kg dose was strongly dependent on pre-incubation period. At 1, 3 weeks slightly decreased the yield, however at 13 weeks of pre-incubation caused small yield increase in both soil types. The 13 weeks seemed to be long enough for phosphate sorption (tightly) and transforming to not available form which did not cause yield decreasing effect[12].

P content and P uptake of ryegrass

The changes of plant P is a very good indicator of the quantity of available P content of soil. The P concentration of ryegrass of first and second cuts grown on Chernozem and Arenosol are given in Figs.3,4.

As it was expected, the P concentration of second cut was higher, as this biomass became lower. The effect is called “effect of concentrating” [1], [13].

The P concentration of plant enhanced with increasing of P doses in all cases, but this increment became smaller and smaller with the length of pre-incubation caused by increasing rate of tightly sorbed P.

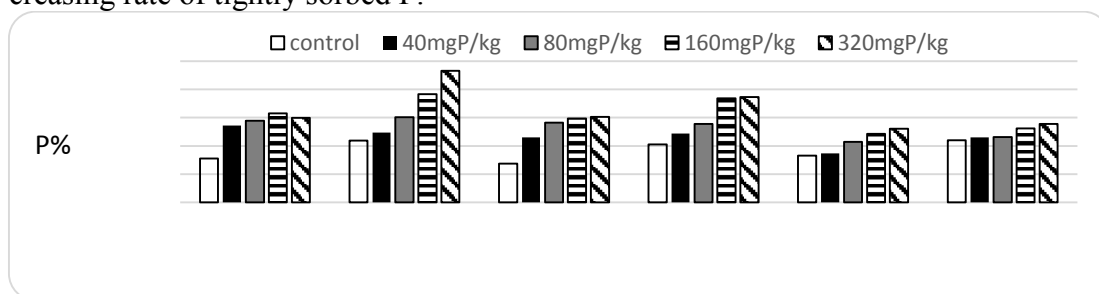


Fig. 3. The P concentration of plant grown in Chernozem



Fig. 4. The P concentration of plant grown in Arenosol

The P concentration of plant grown in Arenosol was lower compared to Chernozem, except for values of plants of the second cut at 13 weeks of pre-incubation, where values of Arenosol became higher. This change indicates that the P availability of Chernozem decreased to a greater extent with increasing of pre-incubation compared to Arenosol.

The assumption of decreasing amount of available P with increasing of pre-incubation of soil is also supported by the data of P uptake of plant (Fig 5).

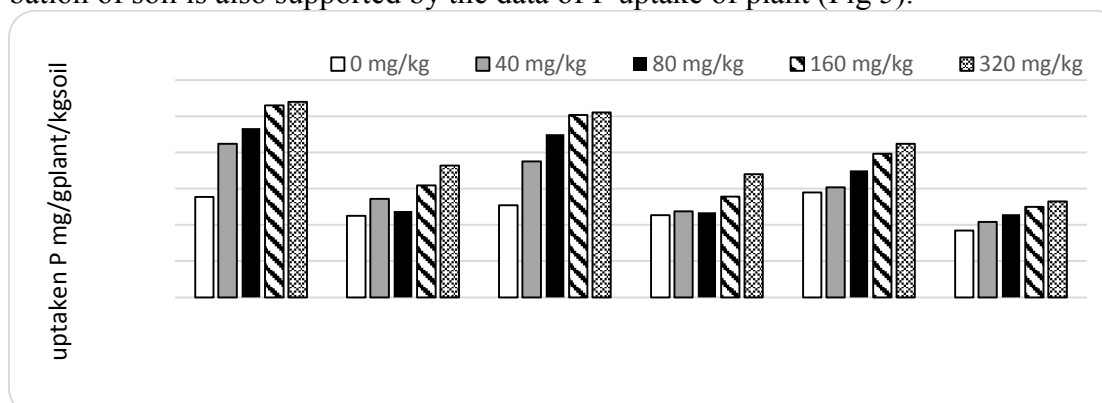


Figure 5. The P uptake of plant (mg P by 1 g plant from 1 kg soil) grown in Chernozem and Arenosol by different treatments

The phosphorus uptake of ryegrass from the added phosphorus was lower in Arenosol than in Chernozem and decreased with increasing incubation time as the available P content of soils reduced and became the lowest at 13 weeks in both soil types. The AL-P₂O₅ of soil measured at the end of pot experiment is summarised in Table 1.

Our results show that after plant growing the available phosphorus still was higher in the treated pots compared to control and increased with increasing P doses. In Chernozem this increase was much lower compared to values of Arenosol. AL-P₂O₅ did not change with increasing pre-incubation periods in Arenosol, but sharply fell in Chernozem indicating the higher P sorption in this soil type in time.

Table 1.

The AL-P₂O₅ content of soils at the end of pot experiment

	Chernozem	<i>Arenosol</i>	Chernozem	<i>Arenosol</i>	Chernozem	<i>Arenosol</i>
	1 week	<i>1 week</i>	3 weeks	<i>3 weeks</i>	13 weeks	<i>13 weeks</i>
control	31,14	183,7	33,54	182,3	30,90	183,7
40mgP/kg	51,33	204,4	53,02	205,1	38,59	204,4
80mgP/kg	84,75	235,5	84,75	238,8	42,92	235,5
160mgP/kg	148,23	281,2	159,77	303,7	65,52	281,2
320mgP/kg	296,58	439,2	304,51	424,2	116,97	439,2

Conclusion. The 40 and 80 mg P/kg doses slightly increased the yield in Chernozem, but in Arenosol, where the original P availability of soil was higher did not cause any yield response. The effect of 320 mg P/kg dose was strongly dependent on pre-incubation period. At 1, 3 weeks of pre-incubation slightly decreased the yield, but at 13 weeks caused small yield increase in both soil types. The P concentration of plant grown in Arenosol was lower compared to Chernozem, except for values of plants of the second cut at 13 weeks of pre-incubation, where values of Arenosol became higher. The phosphorus uptake of ryegrass was lower in Arenosol and decreased with increasing incubation time as the available P content of soils reduced and became the lowest at 13 weeks in both soil types.

The pre-incubation did not alter the AL-P₂O₅ in Arenosol, but with increasing pre-incubation time, the AL-P₂O₅ fell sharply in Chernozem indicating the higher P sorption in this soil type. The P availability in Chernozem decreased to a greater extent with increasing of pre-incubation compared to Arenosol.

Acknowledgements. This publication was supported by the Hungarian National Research, Development, and Innovation Office [NKFIH K 120265]; The work was co-financed by the European Union and the European Social Fund.(EFOP-3.6.3-VEKOP-16-2017-00008)and Establishing a scale-independent complex precision consultancy system (GINOP-2.2.1-15-2016-0001)”projects.

References

1. Bergmann W.: 1999. Ernährungsstörungen bei Kulturpflanzen. Farbatlas. VEG G. Fischer Verlag, Jena
2. Dalai, R.C. : 1977. Soil organic phosphorus, *Advances in Agronomy*, Volume 29, 1977, P. 83-117.
3. Djodjic F., Börling K., Bergström L. Phosphorus leaching in relation to soil type and soil phosphorus content. *Journal of Environment Quality*, 2004. 33(2), 678.
4. Egnér H., Riehm H., Domingo W.R. Untersuchungen über die chemische Bodenanalyse als Grundlage für die Beurteilung des Nährstoffzustandes der Böden. II. K. *LantbrHögsk. Ann* 26. 1960. Pp. 199-215.
5. Frossard E., Condron L.M., Oberson, A., Sinaj S., Fardeau J.C. Processes governing phosphorus availability in temperate soils. *Journal of Environment Quality*, 2000. 29 (1). 15.
6. Heathwaite A.L., Fraser A.I., Johns P.J., Hutchins M., Lord E., Butterfield D. *Soil Use and Management*, 2003. 19.1-11.
7. Holford, ICR.: 1997. Soil phosphorus: its measurement, and its uptake by plants. *Aust J Soil Res* 35:227–239.
8. Laverdiere M.R., Karam A. Sorption of phosphorus by some surface soils from Quebec in relation to their properties. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 1984. 15. P:1215–1230.
9. Lynch J. P. Root phenes for enhanced soil exploration and phosphorus acquisition: tools for future crops, *Plant Physiology*, 2011. Pp. 1041-1049.
10. Mandal, S. C.: 1978. Phosphorus management of our soils. Need for a more rational approach. 40th Sess. *Indian Soc. of Soil Sci.*, Bhubaneswar
11. Mengel K., Kirkby E.A. 1987. Principles of plant nutrition, International Potash Institute, 1987. Pp. 404.
12. Parfitt R.L. Anion adsorption by soils and soil materials. *Adv. Agron.* 1978. 30. P. 1-50.
13. Schilling G. Pflanzenernährung und Düngung. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart. 2000.

14.Sundara B.V., Natarajan K.H. Influence of phosphorus solubilizing bacteria on the changes in soil available phosphorus and sugarcane and sugar yields, Field Crops Research, 2002. Volume 77. Issue 1. August 2002. P. 43-49.

А. Балла-Ковач, Я. Катай, И. Ваго, Э. Юхас, Н. Наги, Й. Конья
Дебреценский университет
Дебрецен, Венгрия

**ВЛИЯНИЕ ВОЗРАСТАЮЩИХ ДОЗ ВНОСИМОГО ФОСФОРА
И ИНКУБАЦИОННОГО ПЕРИОДА ПОЧВЫ
НА УРОЖАЙНОСТЬ БИОМАССЫ И ПОГЛОЩЕНИЕ ФОСФОРА
ПЛЕВЕЛОМ (*LOLIUM PERENNE* L.)**

Аннотация. Вегетационный опыт был проведен с целью прослеживания влияния различного инкубационного периода почвы и возрастающих доз вносимого фосфора на рост и поглощение фосфора растениями на песчаных почвах и черноземах. При увеличении доз вносимого фосфора (0, 40, 80, 160, 320 мг Р/кг почвы) почвы инкубировали в течение 1,3 и 13 недель до начала тепличного вегетационного опыта с плевелом. Срез плевела в качестве испытуемого растения производили дважды: на 5 и 9 неделю после посадки. Измерены урожайность сухой биомассы, концентрация фосфора, поглощение фосфора плевелом и $AL-P_2O_5$ почвы. Влияние увеличения доз вносимого фосфора на урожайность биомассы растения зависело от доз фосфора и инкубационного периода почвы. Фосфор, вносимый в дозах 40 и 80 мг Р/кг, незначительно увеличил урожай на черноземной почве и не оказал никакого эффекта на урожай песчаной почвы. Доза 320 мг Р/кг незначительно снизила урожай в 1, 3 неделю инкубации, в то же время вызвала незначительное увеличение урожая в 13 неделю на обоих типах почвы. Концентрация фосфора и поглощение фосфора растением в песчаной почве были ниже по сравнению с черноземом, за исключением растений второго среза в 13 неделю инкубационного периода, где эти же показатели на песчаной почве были выше. Это изменение указывает на то, что доступность фосфора в черноземе снижалась в большей степени с увеличением времени инкубационного периода по сравнению с песчаной почвой. Уровень $AL-P_2O_5$ в песчаной почве не изменялся с увеличением времени инкубационного периода, но резко снижался в черноземе, что указывает на различную сорбционную способность фосфора этого типа почвы.

Ключевые слова: инкубация почвы, вегетационный опыт, урожай, поглощение фосфора.

UDC 631.4

I. Vágó, A. Balla Kovács, J. Kátai
University of Debrecen, Faculty of Agricultural and Food Sciences
and Environmental Management,
Institute of Agricultural Chemistry and Science
H-4032 Debrecen, Böszörményi Street 138, Hungary
e-mail: vago@agr.unideb.hu

**NITROGEN AND CARBON FORMS ANALYSIS IN SOME SOIL TYPES
OF EASTERN HUNGARY**

Abstract. A significant part of the soil's nitrogen and carbon content can be found in the form of organic compounds. Nutrients become available for the plants by the mineralization processes of organic compounds. The transformation of nitrogen and carbon is

closely related, since the decomposition of organic materials has an effect on both of them. To gain a better knowledge of the nutrient supply of different soils, the amount of some N and C forms were examined in 12 extremely different soil types in Eastern Hungary. The analysis of the soils' carbon content and the amount of specific carbon forms is necessary because the transformation of carbon compounds is related to the N cycle; this has primary importance in the nutrient supply of plants. The total carbon content of soils was measured by a CNS element analyser. Similarly to other soil parameters, it ranged between wide boundaries: 0.34% in brown forest soil with alternating thin layers of clay ("kovárvány"), and 7.20% in marshy meadow soil.

The organic carbon content measured according to Tyurin also varied greatly: 0.26% in brown forest soil with alternating thin layers of clay and 1.77% chernozem-like meadow soil and marshy meadow soil. Among the nitrogen forms having a primary role in plant nutrition, the total N content was measured by a CNS analyser. The extreme values of its content were 0.043% in brown forest soil with alternating thin layers of clay and 0.473% in solonchak-solonetz. The tenfold difference demonstrates that the examined soil types were also very different in this respect, too. The 0.01 M CaCl₂ solution extractable organic compounds correspond to the total organic compounds which potentially easily mineralise, therefore, they play an important role in the available nutrient supply of soils as well as in plant nutrition. The CaCl₂ soluble total N content was highest on marshy meadow soil (1.46 mg/kg), which is 16 times higher than the lowest on humus sand (0.09 mg/kg). The total N extracted by CaCl₂ was between 9.21 mg/kg (calcareous chernozem), and 0.80 mg/kg (humus sand).

Key words: nitrogen, carbon, content, forms, soils

Introduction

Evaluating the nutrient supply of plants, the directly available inorganic nutrients are of primary importance. Besides the amount of nutrients, the nutrient supply of plants is significantly influenced by the type of the chemical bond in which the nutrient can be found. A considerable proportion of the soil's carbon and nitrogen content can be found in the form of organic compounds, which are not directly utilizable. As a result of the breakdown of organic compounds, nutrients become available for the plants. Numerous processes are known which effect the nutrient forms in the soils [1].

The amount of nitrogen and carbon forms in the soils changes with the transformation of organic materials. The transformation of the two elements is closely related, since the breakdown of organic materials has an effect on both [6].

By reducing the use of artificial fertilizers, the importance of the natural nutrient supply of the soil increases. We have proved that even under intensive fertilizing the original N content of the soil greatly contributes to the N supply of the plant [5]. The longer time passes after fertilization, the higher the significance of the soil's original N content is.

According to our experiments with ¹⁵N isotope, 24-38% of the nitrogen taken up by the plants originates from the soil's original N content in Hungary [2], while this value ranged between 15 and 23% on German soils [5].

The element contents and the amount of the specific nutrient forms greatly differ on different soils. Therefore, it is advisable to carry out the analyses on several soil types.

Material and methods

The examinations were done on 12 extremely different soil types collected in Eastern Hungary in four replications (Table 1). The basic physical and chemical parameters of the soils were determined (Table 2). Knowledge of these is essential, since they have primary importance in the carbon and nitrogen cycle.

Table 1

Type, location and vegetation of the soils examined

Number and type of soils	Location	Vegetation
1. Calcareous chernozem soil	Debrecen, Látókép	winter wheat
2. Chernozem meadow soil	Debrecen, Látókép	winter wheat
3. Meadow solonetz	Hortobágy	natural grassland
4. Chernozem-like meadow soil	Hajdúböszörmény	winter wheat
5. Typical meadow soil	Hajdúböszörmény	winter wheat
6. Humus sand soil	Pallag	oak forest
7. Humus sand soil	Pallag	orchard
Brown forest soil with alternating thin layers of clay substance (kovárvány)	Pallag	orchard
9. Marshy meadow soil	Debrecen, Dombos tanya	natural grassland
10. Brown forest soil (Ramman type)	Pocsaj	natural grassland
own forest soil with clay illuviation	Pocsaj	natural grassland
12. Solonchak-solonetz soil	Pocsaj	natural grassland

The total carbon, nitrogen and sulphur contents of soils were measured with an Elementar Vario EL (Hanau, Germany) element analyser. The organic carbon content was measured according to Tyurin with destruction method, while the nitrogen content was determined by Kjeldahl's method.

The easily soluble nitrogen forms were determined from a 0.01 M CaCl₂ extract. 5 g soil samples were shaken for 2 hours with 50 cm³ of extracting solution, then the amount of N forms was determined from the filtrate with a Skalar contiflow photometer [4]. For measuring the total extractable N content, the soluble organic N compounds mixed with K₂S₂O₈ were put into an UV destructor, where the organic N turned into nitrite and nitrate, so it was measured with the Gries-Ilosvay method. The extracted organic N content was calculated by differential method from the total and the inorganic N content [3].

Results

Soils with extremely different characteristics were chosen for the experiment. The basic physical and chemical parameters are shown in Table 2. The extreme values for the main parameters were as follows: Plasticity index 26 (humus sand, 7) - 55 (typical meadow, 5); saline content: 0.002% (brown forest soil with alternating thin layers of clay substance "kovárvány", 8) - 0.059% (solonchak-solonetz, 12); pH value in CaCl₂: 4.04 (brown forest soil with alternating thin layers of clay, 8) - 8.13 (solonchak-solonetz, 12). In half of the soils hydrolytic acidity could be measured, while four soils contained carbonate.

The total carbon and nitrogen content of soils measured by element analyser and the organic carbon content determined by Tyurin's method are included in Table 3.

The total carbon content of the soils (similarly to other parameters) varied greatly, the smallest content (0.34%) was measured in brown forest soil with alternating thin layers of clay (8), while the highest (7.2%) was obtained in marshy meadow soil (9). The organic carbon content measured according to Tyurin with destruction method also varied greatly, the values were: 0.26% in brown forest soil with alternating thin layers of clay (8) and 1.77% in chernozem meadow soil (4) and in marshy meadow soil (9). The extremely high total C content of marshy meadow soil (9) was due to the very high CaCO₃ content of the soil besides its high organic C content (1.75%).

Table 2

Main parameters of the soils examined

Number	Physical soil type	Plasticity index, K_A	pH value in			y_1	CaCO ₃ %	Salt%
			H ₂ O	KCl	CaCl ₂			
1.	loam	46	6.13	5.45	5.91	7.85	-	0.039
2.	clayey loam	51	7.74	7.19	6.90	-	1.25	0.041
3.	clayey loam	54	5.92	5.11	5.50	8.19	-	0.049
4.	clay	52	6.40	5.29	5.65	11.2	-	0.022
5.	clayey loam	55	6.58	5.46	5.86	7.6	-	0.025
6.	sand	38	6.79	6.02	6.07	5.07	-	0.05
7.	sand	26	7.23	6.49	6.35	-	-	0.003
8.	sand	28	5.38	4.04	4.62	8.16	-	0.002
9.	clayey loam	58	7.60	7.27	6.98	-	26.7	0.022
10.	loam	50	7.34	6.77	6.90	-	0.21	0.028
11.	clayey loam	45	7.12	6.32	6.51	-	-	0.011
12.	clayey loam	48	9.53	8.13	7.75	-	1.8	0.059

Table 3

Total nitrogen and carbon contents measured by element analyser and organic carbon contents (Tyurin) of the examined soils

Number	Total content measured by element analyser		Total C/total N proportion	Organic carbon (Tyurin),%	Organic C/total C% proportion
	carbon (%)	nitrogen (%)			
	a	b	a/b	c	100*c/a
1.	1.930	0.206	9.35	0.97	50.3
2.	2.236	0.216	10.33	0.92	41.1
3.	3.117	0.326	9.55	1.37	44.0
4.	4.012	0.329	12.21	1.77	44.1
5.	3.618	0.299	12.11	1.58	43.7
6.	2.271	0.208	10.91	1.21	53.3
7.	0.837	0.079	10.64	0.45	53.8
8.	0.340	0.043	7.97	0.26	76.5
9.	7.200	0.473	15.24	1.75	24.3
10.	2.090	0.221	9.47	0.98	46.9
11.	1.970	0.214	9.20	0.83	42.1
12.	0.694	0.067	10.42	0.36	51.9

As is shown by the data, the organic carbon content of soils is 25-50% of the total C content. The soils examined are extremely different in this aspect also: in the marshy meadow soil (9) with extremely high calcium-carbonate content, the ratio of the organic carbon was the lowest, 24.3%, although the organic carbon content itself was high. The ratio of the organic carbon fraction was the highest (76.5%) in the soil with the lowest total carbon content (brown forest soil with alternating thin layers of clay, 8).

The extreme values of the total nitrogen content were: 0.043% (brown forest soil with alternating thin layers of clay, 8), and 0.473% (solonchak-solonetz, 12). This tenfold difference demonstrates that the soils greatly differed in this characteristic, too.

The highest organic nitrogen content measured by Kjeldahl's method (0.29%) was in typical meadow soil (5), while the smallest (0.034%) was obtained in brown forest soil with alternating thin layers of clay (8) and solonchak-solonetz soil (12).

Only a small fraction of the soil's total N content is directly available to the plants. Therefore, it is also necessary to know the amount of soluble nitrogen fractions. For determining the soluble NH₄⁺-N, NO₃⁻-N, organic N and total N contents, soil extraction with a 0.01 M CaCl₂ solution was performed. The results are presented in Table 4.

Table 4

The amount of N forms extractable with a 0.01 M CaCl₂ solution, the total organic nitrogen content (Kjeldahl) and their proportions in the soils examined

Nr.	Soluble in CaCl ₂ (mg/kg)					Total organic N%*	Soluble organic / soluble total N (%)	Soluble organic / total organic N (%)	Soluble inorganic / total N (%)
	NO ₃ ⁻ -N	NH ₄ ⁺ -N	Inorganic N	Organic N	Total N				
	d	e	f=(d+e)	g	h	i	100*g/h	0.01*g/i	0.01*f/b
1.	4.95	3.67	8.62	0.59	9.21	0.148	6.40	0.040	0.418
2.	5.60	0.60	6.20	0.66	6.85	0.135	9.60	0.049	0.286
3.	0.48	0.46	0.94	0.97	1.90	0.232	51.05	0.042	0.029
4.	1.29	0.34	1.62	0.28	1.90	0.290	14.64	0.010	0.049
5.	1.90	0.41	2.32	0.25	2.56	0.204	9.66	0.012	0.077
6.	0.43	0.45	0.87	0.43	1.31	0.126	33.14	0.034	0.042
7.	0.36	0.36	0.72	0.09	0.80	0.062	10.63	0.014	0.091
8.	0.51	0.31	0.82	0.14	0.96	0.034	14.55	0.041	0.193
9.	3.44	0.56	4.00	1.46	5.46	0.280	26.81	0.052	0.085
10.	5.96	0.62	6.58	1.06	7.64	0.163	13.87	0.065	0.298
11.	0.39	0.40	0.79	0.46	1.25	0.149	37.00	0.031	0.037
12.	0.51	0.23	0.73	0.24	0.96	0.034	24.68	0.070	0.110

* according to Kjeldahl

The total nitrogen content soluble by 0.01 M CaCl₂ was the highest, 1.46 mg/kg, on marshy meadow soil (9), which is 16 times higher than the lowest, 0.09 mg/kg, on humus sand (7). The organic compounds extracted by CaCl₂ correspond to the total amount of organic compounds which potentially easily mineralise; therefore, they play an important role in the available nutrient supply of soils as well as in plant nutrition.

The maximum amount of total nitrogen extracted by CaCl₂, 9.21 mg/kg, was measured on calcareous chernozem, while the minimum, 0.80 mg/kg, was on humus sand, meaning that the highest value is twelve times higher than the smallest.

Expressing the soluble organic N content as a percentage of the total soluble N content, it can be stated, that values under 10% were measured in calcareous chernozem (1), chernozem meadow (2) and typical meadow (5) soils under intensive cultivation. The reason is that the high N fertilization considerably increases the soluble inorganic N content in soils. The highest proportion of soluble organic fraction (51%) was measured in meadow solonetz (3) with natural grass vegetation, due to the fact that a considerable part of the organic nitrogen compounds can be found in peptised form in solonetz soils and probably the mineralization of N is hindered.

Contrasting the soluble organic N content to the total one, the values range between 0.01% (chernozem-like meadow, 4) and 0.07% (solonchak-solonetz, 12). In spite of this, the amount of soluble N cannot be considered insignificant in the nutrient supply of plants, since it is the form that is mineralized most easily.

Finally, calculating the directly available, soluble inorganic N content (that is the sum of NO₃⁻-N and NH₄⁺-N) as a percentage of the total N content measured by the element analyser, the maximum value was 0.42% (calcareous chernozem, 1). The minimum, 0.037%, was measured on brown forest soil with alternating thin layers of clay (11).

Conclusions

Our results prove that more than 99% of the soil's nitrogen stock becomes available for the plant only after a transformation. This draws the attention to the importance of knowledge on and influencing of the nitrogen transformation processes in the soil.

It can be stated that the nitrogen content differs greatly in the different soils, but the ratio of the nitrogen forms is similar apart from a few exceptions. This indicates that

the nitrogen forms are continuously transforming into other forms in order to create a balance. If the ratios do not follow this general trend, then the transformation is probably hindered somewhere.

References

1. Blume H.P., Brümmner G.W., Horn R., Kandeler E., Kögel-Knabner I., Kretzschmar R., Stahr K. und Wilke B.M. Scheffer/ Schachtschabel: Lehrbuch der Bodenkunde. Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg. 2010.
2. Loch J., Peschke H., Jászberényi I., Vágó I., Mollenhauer S. Vergleichende Untersuchungen zur Prüfung der Stickstoffleistung und – verwertung auf ungarischen Dauerversuchsböden. VDLUFA-Schriftenreihe 46. 1997a. 391-394.
3. Loch J., Kiss Sz., Jászberényi I., Vágó I. Der N-Hrstoffzustand des Thyrower Versuchsbodens aufgrund von Boden und Pflanzenanalysen. Mitt. der Deutschen Bodenk. Ges., 1997. 84. 445-448.
4. Loch J., Jászberényi I., Vágó I. Hundredth molar calcium chloride extraction procedure. Part III: Calibration with conventional soil testing methods for magnesium. Commun. Soil Sci. Plant Anal. 1998. 29. 11-14. 1633-1640.
5. Peschke H., Loch J., Mollenhauer S., Jászberényi I., Vágó I. Vergleichende Untersuchungen mit Hafer zur Stickstoffleistung und -verwertung von Dauerversuchsböden. Tiszántúli Mezőgazdasági Tudományos Napok, Debrecen. Agrokémiai és Talajtani Szekció. 1999. P. 63-69.
6. Schilling G. Pflanzenernährung und Düngung. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart. 2000.

И. Ваго, А. Балла-Ковач, Я. Катай
Дебреценский университет
Дебрецен, Венгрия
e-mail: vago@agr.unideb.hu

АНАЛИЗ ФОРМ АЗОТА И УГЛЕРОДА В НЕКОТОРЫХ ТИПАХ ПОЧВ ВОСТОЧНОЙ ВЕНГРИИ

Аннотация. Значительная часть азота и углерода в почве содержится в форме органических соединений. Питательные вещества становятся доступными для растений благодаря процессам разложения органических соединений. Трансформация азота и углерода тесно связана, так как разложение органических веществ оказывает влияние на оба этих элемента. Чтобы получить более полное представление о питательных веществах различных почв, количество некоторых форм азота и углерода было исследовано в 12 абсолютно разных типах почв в Восточной Венгрии. Анализ содержания **углерода** в почве и количества конкретных форм углерода необходим, поскольку трансформация соединений углерода связана с циклом азота; это имеет первостепенное значение в питании растений. Общее содержание углерода в почвах измеряли элементным анализатором CNS. Подобно другим параметрам почвы, общее содержание углерода находилось в широких пределах: 0,34% в бурой лесной почве с чередующимися тонкими слоями глины («kovárvány») и 7,20% в болотно-луговой почве.

Содержание органического углерода по Тюрину также сильно различалось: 0,26% в бурой лесной почве с чередующимися тонкими слоями глины и 1,77% в черноземовидных луговых и болотисто-луговых почвах.

Среди **азотных** форм, играющих первостепенную роль в питании растений, общее содержание азота измеряли с помощью анализатора CNS. Предельные значения его содержания составляли 0,043% в бурой лесной почве с чередующимися тонкими слоями глины и 0,473% в солончак-солонце. Разница в десять раз показывает, что исследуемые типы почв в этом отношении также сильно различались. Органические соединения, вытесняемые раствором 0,01 М CaCl₂, соответствуют общему количеству органических соединений, которые являются легко разлагае-

мыми, поэтому они играют важную роль в питании почв, а также в питании растений. Содержание общего азота, вытесняемого CaCl_2 , было самым высоким на болотисто-луговой почве (1,46 мг / кг), что в 16 раз выше, чем на гумусовой песчаной почве (0,09 мг / кг). Общее количество азота, вытесняемого CaCl_2 , составило от 9,21 мг / кг (известняковый чернозем) до 0,80 мг / кг (гумусовая песчаная почва).

Ключевые слова: азот, углерод, содержание, формы, почвы.

УДК: 631.82:631.45:631.41

М.Т. Васбиева

ФГБУНПФИЦ УрО РАН, Пермь, Россия

e-mail: vasbieva@mail.ru

ВЛИЯНИЕ ДЛИТЕЛЬНОГО ПРИМЕНЕНИЯ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ НА АЗОТНЫЙ И ФОСФАТНЫЙ РЕЖИМ ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ ПОЧВЫ

Аннотация. Рассмотрено влияние длительного применения минеральных удобрений в течение пяти ротаций (1976-2013 гг.) севооборота на содержание валовых и доступных форм азота и фосфора в дерново-подзолистой почве. Рассчитаны запасы различных форм азота и фосфора.

Ключевые слова: минеральные удобрения, плодородие, азотный режим, фосфатный режим.

Применение удобрений влияет на трансформацию, миграцию и аккумуляцию вещества в почве, что приводит к изменению характеристик и параметров её плодородия. Удобрения – это сильнодействующий антропогенный фактор, влияющий на ход естественных почвенных процессов. Важнейшим показателем окультуренности и плодородия почв, обязательным условием высокой продуктивности агроценозов и их устойчивости к неблагоприятным условиям, которые обеспечивают надёжность и устойчивость земледелия, является степень обеспеченности почв азотом и фосфором.

Цель исследований - изучить влияние длительного применения минеральных удобрений на азотный и фосфатный режим дерново-подзолистой почвы по профилю.

Методика исследований. Исследования проводили на базе длительного стационарного опыта, заложенного в 1976 году в семипольном полевом севообороте с чередованием культур: чистый или занятый пар – озимая рожь – яровая пшеница с подсевом клевера – клевер 1 г.п. – клевер 2 г.п. – ячмень – овес. Минеральные удобрения (I ротация - $\text{N}_{120}\text{P}_{120}\text{K}_{120}$, II ротация - $\text{N}_{90}\text{P}_{90}\text{K}_{90}$, III-V ротации - $\text{N}_{60}\text{P}_{60}\text{K}_{60}$) вносили под все зерновые культуры севооборота под предпосевную культивацию в виде аммиачной селитры или мочевины, простого или двойного суперфосфата и хлористого калия. Повторность вариантов в опыте трехкратная, расположение делянок систематическое. Общая площадь делянки 47,5 м².

Почва опытного участка дерново-мелкоподзолистая тяжелосуглинистая. Агрохимическая характеристика почвы на момент закладки опыта: $\text{C}_{\text{орг}}$ – 1,28%,

$pH_{КС}$ – 4,8, гидролитическая кислотность – 3,7 и сумма обменных оснований – 18,1 смоль(экв)/кг, подвижный P_2O_5 и K_2O (по Кирсанову) – 154 и 170 мг/кг. Почвообразующая порода – желто-бурая некарбонатная покровная глина. Характерной особенностью почвы, сформированной на богатых в минералогическом отношении пермских глинах, является высокое содержание обменных форм кальция и магния, которое увеличивается с глубиной, как и сумма поглощенных оснований.

Содержание общего азота определяли по методу Кьельдаля, легкогидролизующего по Тюрину и Кононовой, аммиачный и нитратный азот по методу ЦИНАО. Минеральный азот рассчитывали путём суммирования нитратного и аммонийного. Содержание валового фосфора определяли по К.Е. Гинзбург, общее содержание минеральных и органических фосфатов почвы методом прокаливания Сэндерса и Вильямса, подвижные формы фосфора по Кирсанову, степень подвижности фосфатов по Н.П. Карпинскому и В.Б. Замятиной. Лабораторные исследования проводили в воздушно-сухих образцах почвы. Отбор почвенных образцов был проведён в метровом слое почвы (через 20 см).

Результаты исследований. Содержание азота в почве, его запасы, формы и подвижность в существенной степени определяют плодородие почвы. Органическое вещество – основной резерв и источник азотного питания растений. На долю минерального азота почвы (нитраты, нитриты, аммоний) приходится около 1–5% от общего содержания [1, 2]. Поэтому азот в пахотных почвах часто бывает в первом минимуме (по обеспеченности питания растений), так как органические соединения минерализуются медленно. При выращивании сельскохозяйственных культур в агроэкосистемах происходит отчуждение с растительной продукцией азота из почвы, нарушается его круговорот, что делает необходимым восполнение возникающего дефицита этого элемента питания через удобрения.

Содержание общего (валового) азота в пахотном слое контрольного варианта дерново-подзолистой тяжелосуглинистой почвы составило 1176 мг/кг (таблица 1). По профилю содержание общего азота с глубиной уменьшалось и достигло 448 мг/кг в слое 80-100 см. Количественное распределение органического углерода и общего азота по профилю идёт почти параллельно ($r = 0,98$). Запасы общего азота в верхнем горизонте составили 2,9 т/га или 29,3% от его запасов в метровом слое почвы (таблица 2). Непосредственным источником питания растений является минеральный азот, ближайшим резервом - легкогидролизуемая фракция. Содержание минерального азота в контрольном варианте (слой 0-20 см) составило 27 мг/кг или 2,3% от общего количества, легкогидролизующего - 122 мг/кг или 10%. Абсолютное количество минеральной и легкогидролизующей фракций азота находилось в прямой зависимости от общего содержания элемента и вниз по профилю уменьшалось, на глубине 80-100 см составило 9 и 67 мг/кг. Относительное содержание (% к общему количеству азота) данных фракций азота в подпахотном горизонте (20-40 см) и ниже возросло. В составе минерального азота преобладала аммонийная форма, что характерно для дерново-подзолистых почв Предуралья.

Внесение минеральных удобрений в течение пяти ротаций севооборота способствовало достоверному увеличению общего азота в пахотном слое на 105 (9), в

подпахотном на 168 (24) и в слое почвы 80-100 см на 119 мг/кг (27%). В соответствии с заложенным разрезом на данном почвенном участке, на глубине 70-100 см располагается иллювиальный горизонт или горизонт вымывания. Увеличение количества легкогидролизуемого азота отмечено только в слое 0-20 см на 17 мг/кг или 14%, минерального – в слоях 0-20, 60-80 и 80-100 см. Максимальное увеличение минеральной фракции азота отмечено на глубине 80-100 см – в 2,2 раза. При внесении минеральных удобрений по всему профилю наблюдали повышение N-NO₃ в 2,2-3,1 раза. Запасы общего азота в метровом слое возросли на 14, минерального на 35%.

Таблица 1.

Влияние длительного применения минеральных удобрений на азотный и фосфатный режимы дерново-подзолистой почвы (2013 г., V ротация)

Варианты	Показатели				
	0-20	20-40	40-60	60-80	80-100
C _{орг} , %					
Контроль	1,13	0,48	0,38	0,34	0,27
NPK	1,20	0,74	0,41	0,33	0,33
HCP ₀₅	0,09	0,23	Fф<Fт	Fф<Fт	Fф<Fт
N _{общ} , мг/кг					
Контроль	1176	714	672	546	448
NPK	1281	882	707	609	567
HCP ₀₅	105	142	Fф<Fт	Fф<Fт	80
N _{лг} , мг/кг					
Контроль	122	106	94	81	67
NPK	139	105	92	80	66
HCP ₀₅	16	Fф<Fт	Fф<Fт	Fф<Fт	Fф<Fт
N _{мин} , мг/кг					
Контроль	27	21	20	16	9
NPK	32	26	25	21	20
HCP ₀₅	4	Fф<Fт	Fф<Fт	5	9
P _{общ} , мг/кг					
Контроль	785	725	675	785	755
NPK	1180	1005	925	920	915
HCP ₀₅	96	92	93	76	77
P _{мин} , мг/кг					
Контроль	450	545	570	660	655
NPK	850	775	780	780	860
HCP ₀₅	132	125	130	85	63
P _{орг} , мг/кг					
Контроль	335	180	105	125	100
NPK	330	230	145	140	55
HCP ₀₅	Fф<Fт	Fф<Fт	Fф<Fт	Fф<Fт	Fф<Fт
P _{подв} , мг/кг					
Контроль	126	140	217	267	305
NPK	331	302	334	341	340
HCP ₀₅	65	56	51	60	28
Степень подвижности фосфатов, мг/л					
Контроль	0,03	0,02	0,02	0,02	0,01
NPK	0,45	0,04	0,05	0,04	0,03
HCP ₀₅	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02

Одним из важных направлений в современном земледелии является оптимизация и регулирование фосфатного режима почв. Обеспеченность фосфором предопределяет устойчивость урожаев сельскохозяйственных культур в

различных почвенно-климатических условиях. Опытным путем установлено, что фосфор существенно смягчает действие экстремальных погодных условий на культурные растения, высокий урожай которых может сформироваться даже в условиях засухи, низких или высоких температур. Фосфорные удобрения способствуют более экономному использованию влаги растениями, положительно оказывая влияние на физиологические процессы. При дефиците фосфора уменьшается не только степень открытия устьиц, но происходит уменьшение их числа на единицу листовой поверхности, снижается поглощение воды корневой системой и затрудняется передвижение ее в растение вследствие нарушения энергетического обмена [4].

Следовательно, обеспеченность растений фосфором повышает их устойчивость к стрессовым ситуациям. Внесение фосфорных удобрений, как и высокая степень окультуренности почвы снижают варьирование урожайности сельскохозяйственных культур при неблагоприятных погодных условиях, стрессовых эдафических условиях, вызванных повышенным содержанием ионов водорода, алюминия, марганца и железа.

Таблица 2.

Влияние длительного применения минеральных удобрений на запасы общего азота и фосфора и их фракций в почве, т/га (2013 г., V ротация)

Варианты	N _{общ}		N _{лг}		N _{мин}		P _{общ}		P _{мин}		P _{подв}	
	0-20	0-100	0-20	0-100	0-20	0-100	0-20	0-100	0-20	0-100	0-20	0-100
Контроль	2,9	9,9	0,30	1,33	0,01	0,26	2,0	10,7	1,1	8,4	0,3	3,1
НРК	3,2	11,3	0,35	1,36	0,01	0,35	3,0	14,1	2,1	11,6	0,8	4,8

Результаты, полученные в исследованиях В.Г. Минеева и др. [3] показали, что свеживнесенный фосфор, несмотря на отмеченное рядом авторов слабое перемещение его по профилю почвы, может в определенных условиях обладать значительной подвижностью. Основными факторами, определяющими передвижение фосфора в подпахотный слой, могут быть насыщение фосфатной емкости пахотного слоя почвы, а также перенос фосфора корневыми системами растений и его накопление при их отмирании.

Содержание общего фосфора в контрольном варианте пахотного горизонта (0-20 см) почвы составило 785 мг/кг, минерального - 450 мг/кг или 57% от количества валового. Содержание минеральных фосфатов с глубиной постепенно увеличивалось, что обусловлено их миграцией и составом почвообразующих пород. Количество органического фосфора в верхнем горизонте почвы составило 335 мг/кг или 43% от количества валового. Вниз по профилю содержание органического фосфора резко снижалось, что в первую очередь связано с уменьшением органического углерода в более глубоких слоях почвы. Содержание подвижного фосфора в пахотном слое контрольного варианта к концу V ротации составило 126 мг/кг (соответствует повышенному уровню – 100-150 мг/кг) и увеличивалось вниз по профилю.

Непосредственным источником фосфорного питания растений служат фосфат-ионы, находящиеся в почвенном растворе. Поэтому концентрация фосфора в почвенном растворе (степень подвижности фосфатов) – важный показатель оценки обеспеченности сельскохозяйственных культур данным элементом. В пахотном горизонте на контроле показатель степени подвижности фосфатов

составил 0,03 мг/л, что говорит об очень низком содержании легкодоступного фосфора для растений (< 0,04 мг/л). Степень подвижности фосфатов уменьшалась с глубиной.

Внесение минеральных удобрений под все зерновые культуры полевого севопольного севооборота в течение пяти ротаций (всего в почву поступило около 1800 кг фосфора) способствовало существенному увеличению (в слое 0-20 см) общего в 1,5, минерального в 1,9 и подвижного фосфора в 2,6 раза. Степень подвижности фосфатов возросла до 0,45 мг/л, что соответствует высокому уровню обеспеченности растений легкодоступным фосфором. Влияние минеральных удобрений на фосфатный режим почвы наблюдали по всему метровому профилю. Запасы общего и минерального фосфора в пахотном горизонте почвы увеличились на 1,0 и подвижного на 0,5 т/га, в метровом слое на 3,4; 3,2 и 1,7 т/га.

Таким образом, длительное применение минеральных удобрений оказало существенное влияние на азотный и фосфатный режимы дерново-подзолистой тяжелосуглинистой почвы.

Литература

1. Завьялова Н.Е. Влияние минеральных удобрений на агрохимические свойства и фракционный состав азота дерново-подзолистой почвы // Плодородие. 2018. №3. С. 2–4.
2. Лыков А.М., Еськов А.Л., Новиков М.П. Органическое вещество пахотных почв Нечерноземья. Москва, 2004. 630 с.
3. Минеев В.Г., Коваленко А.А., Ваулин А.В., Афанасьев Р.А. Влияние фосфорных удобрений на агрохимические свойства дерново-подзолистой почвы и урожайность сельскохозяйственных культур // Агрохимия. 2009. № 10. С. 3-10.
4. Сычев В.Г., Кирпичников Н.А. Приемы оптимизации фосфатного режима почв в агротехнологиях. М.: ВНИИА, 2009. 176 с.

M.T. Vasbieva

Perm Federal Research Center of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Perm, Russia

EFFECT OF LONG-TERM APPLICATION OF MINERAL FERTILIZERS ON THE NITROGEN AND PHOSPHATE STATUS OF SOD-PODZOLIC SOIL

Abstract. The effect of long-term application of mineral fertilizers on the content of bulk and available forms of nitrogen and phosphorus in sod-podzolic soil is examined during five rotation cycles (1976-2013) of the crop rotation. Reserves of various forms of nitrogen and phosphorus are calculated.

Keywords: *mineral fertilizers, fertility, nitrogen status, phosphate status.*

References

1. Zavyalova N.E., Influence of mineral fertilizers on agrochemical properties and fractional composition of nitrogen in sod-podzolic soil// Plodorodie. 2018. No. 3, P. 2–4.
2. Lykov M., Eskov A.L., Novikov M.P., Organic matter of arable soils of the Nonchernozemie. Moscow. 2004. 630 p.
3. Mineev V.G., Kovalenko A.A., Vaulin A.V., Afanasev R.A. Effect of phosphoric fertilizers on agrochemical properties of sod-podzolic soil and yield capacity of agricultural crops // Agrohimiya. 2009. No. 10, P. 3–10.
4. Sychev V.G., Kirpichnikov N.A. Methods for optimizing the phosphate status of soils in agricultural technologies. M.: VNIIA. 2009. 176 p.

УДК 631.416.9

В.А. Волкова^{1,2}, Н.А. Воронкова^{2,3}

¹ФГБОУ ВО Омский ГАУ им. П.А. Столыпина, Омск, Россия

²ФГБНУ «Омский АНЦ», Омск, Россия

³ ФГБОУ ВО ОмГТУ, Омск, Россия

e-mail: prutkovskaia@mail.ru

ОЦЕНКА НАКОПЛЕНИЯ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ПОЧВЕ И ЗЕРНЕ ЯЧМЕНЯ ПРИ ДЛИТЕЛЬНОМ ПРИМЕНЕНИИ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ И СОЛОМЫ

Аннотация. В результате исследований установлено содержание тяжелых металлов в лугово-черноземной почве и зерне ячменя в зависимости от длительного применения минеральных удобрений и соломы. Рассчитаны коэффициенты биологического накопления и поглощения тяжелых металлов в зависимости от вариантов удобренности.

Ключевые слова: тяжелые металлы, минеральные удобрения, солома, почва, зерно ячменя.

Исследования проводились в стационарном опыте, заложенном в 1986 году на основе пятипольного зернопарового севооборота в южной лесостепной зоне Западной Сибири с чередованием культур: пар–пшеница–соя–пшеница–ячмень. Объекты исследования – лугово-черноземная среднетяжелосуглинистая почва и зерно ячменя. В опыте, заложенном методом расщепленных делянок, изучались два фактора: фактор А - средства химизации: 1) без удобрений 2) N₁₈P₄₂ кг д.в./га севооборотной площади. Солому вносили в количестве, соответствующем урожаю культуры. В опыте высевали районированный сорт Саша. Учет урожайности ячменя проводили в оптимальные сроки. Агротехника возделывания ячменя общепринятая для зоны. Отбор почвенных образцов проводили согласно ГОСТ 17.4.4.02-84 методом почвенного конверта до посева культуры, растительных образцов – во время уборки. Почву анализировали на содержание кислоторастворимых форм ТМ по РД 52.18.191–89, подвижных форм по РД 52.18.289-90. Содержание ТМ в зерне ячменя определяли после сухого озоления (ГОСТ 30692–2000). Конечное определение содержания ТМ в почвенных и растительных образцах проводили методом атомно-абсорбционной спектроскопии. Рассчитывали коэффициент биологического накопления (КБН), коэффициент биологического поглощения (КБП). При статистической обработке данных использовали расчеты доверительного интервала для средней величины и коэффициента вариации.

Содержание кислоторастворимых форм элементов в почве отражает валовые запасы элемента, в совокупности их доступные и недоступные формы для растений [1]. Анализ почвенных образцов, отобранных с неудобренного варианта показал, что содержание ТМ не превышало значения ориентировочно допустимой концентрации (ОДК) (табл. 1).

При систематическом внесении соломы содержание ТМ в почве фактически не изменялось, что вполне закономерно: концентрация изучаемых элементов в побочной растениеводческой продукции низкая, менее 0,015%. Установлено, что только для меди и свинца степень рассеивания данных средняя (15-18%), это свидетельствует о том, что при внесении минеральных удобрений наблюдается повышение пула этих элементов в почве. По величине валового содержания элементов в почве невозможно диагностировать доступность их растениям, для этой цели

определяют подвижные формы. В соответствии с градацией Б.А. Ягодина [2] содержание цинка среднее, марганца – высокое, а содержание меди независимо от вариантов опыта очень низкое (менее 0,10 мг/кг почвы). Степень подвижности ТМ в почве низкая, доля подвижных форм от содержания кислоторастворимых форм меди, цинка составила от 0,4 до 4,0%, марганца от 18 до 22%. Низкая лабильность ТМ может быть обусловлена тем, что закреплению соединений-металлов твердыми фазами черноземных почв способствует нейтральная реакция среды, тяжелый гранулометрический состав, высокая емкость катионного обмена и содержание гумуса.

Таблица 1

Содержание тяжелых металлов в почве (слой 0-20 см) в зависимости от минеральных удобрений и соломы, мг/кг

Варианты	Cu	Pb	Ni	Zn	Mn
Контроль	17,49±1,23* 0,08±0,00**	18,35±3,06	40,22±5,30	58,21±4,50 2,56±0,05	341,06±0,89
Солома	16,70±0,24 0,08±0,01	19,18±1,40	42,31±2,22	54,56±4,32 2,57±0,04	339,34±1,53
N ₁₈ P ₄₂	22,67±4,00 0,09±0,02	20,99±6,03	46,40±12,22	68,65±20,93 2,70±0,05	342,43±2,57
N ₁₈ P ₄₂ +солома	21,47±2,02 0,08±0,02	26,65±3,53	48,48±6,23	71,26±10,34 2,67±0,09	344,82±0,51
V, %***	15%	18%	8%	9%	1%
ОДК	132,00 3,00	130,00	80,00	220,00 23,00	1500,00

Примечание: * - содержание кислоторастворимых форм ТМ; ** - содержание подвижных форм ТМ; *** - коэффициент вариации кислоторастворимых форм ТМ.

Тяжелые металлы и микроэлементы – понятия достаточно близкие в научной литературе, ведь только знание их концентрации в изучаемом объекте разграничивает эти понятия. В наших исследованиях установлено, что содержание ТМ в зерне ячменя не превышало предельно-допустимой концентрации (ПДК), и длительное внесение минеральных удобрений и соломы в севообороте не повлияло на их содержание в растениеводческой продукции (табл. 2). Этот факт подтверждается расчётом коэффициента вариации данных химического состава зерна (V<10%). Это объясняется тем, что почва имеет биогеохимические барьерные функции, сохраняя с помощью процессов антагонизма и синергизма ионное равновесие при поступлении веществ в растения.

Таблица 2

Содержание ТМ в зерне ячменя в зависимости от минеральных удобрений и соломы, мг/кг возд.-сухого вещества

Варианты	Cu	Pb	Ni	Zn	Mn	Cd
Контроль	0,66±0,05	0,00	3,63±0,07	15,20±1,12	14,99±0,98	0,00
Солома	0,68±0,04	0,00	3,87±0,09	15,23±1,05	16,06±0,74	0,00
N ₁₈ P ₄₂	0,66±0,15	0,00	3,87±0,07	16,23±1,24	17,26±0,58	0,00
N ₁₈ P ₄₂ +солома	0,77±0,10	0,00	3,01±0,08	16,00±0,90	17,28±0,96	0,00
V, %	5%	-	8%	2%	2%	-
ПДК	10,0	0,50	-*	50,0	-	0,20

Примечание: Cd и Pb - не обнаружено; -* - не нормируется СанПиН

По обобщенным данным разных авторов, содержание меди в растениях изменяется в пределах 1,1–40 мг/кг сухой массы [3]. Нами установлено, что концентрация меди в зерне низкая, менее 1 мг/кг, что говорит о недостаточной минеральной полноценности продукции. Концентрация цинка в растениях, по мировым данным составляет 1,2–73 мг/кг [4]. Растения испытывают дефицит цинка при концентрации

его в тканях 10–20 мг/кг. В наших исследованиях содержание цинка в зерне ячменя варьировало от 14,08 до 17,47 мг/кг.

Поступление химических элементов в растения – сложный физиологический процесс, зависящий от их биологических особенностей, факторов окружающей среды, химического состава и свойств почвы. Для оценки степени биофильности нами были рассчитаны значения коэффициентов: КБП и КБН тяжелых металлов растениями. Доказано, что растения обладают избирательной способностью к поглощению элементов минерального питания, что подтверждается величиной коэффициента биологического поглощения (табл. 3).

Из представленных в таблице ТМ в наиболее активно поглощаемую группу (КБП>10) входит цинк и менее активно – медь, марганец, никель (КПБ 1-10). Поступление ТМ в растение зависит от их полифункциональности [5]. Однако, коэффициенты поглощения, рассчитанные на валовое содержание элемента в почве, не всегда отражают объективную лабильность его в системе почва-растение. Для более точной оценки связи подвижности ТМ в почве и накоплении их в растениях используют коэффициент накопления. В удобренных вариантах накопление цинка и марганца превысило вариант без внесения удобрений и внесения только соломы в севообороте. Это свидетельствует о том, что оптимизация минерального питания растений способствует повышению коэффициентов их использования из почвы и удобрений.

Таблица 3

Коэффициенты биологического поглощения и накопления ТМ в зависимости от минеральных удобрений и соломы

Варианты	Cu	Mn	Zn	Ni
Контроль	3,77*/8,25**	4,40/5,94	25,77/0,23	8,96*
Солома	4,07/8,25	4,72/5,93	23,22/0,22	9,22
N ₁₈ P ₄₂	2,91/7,33	4,39/6,01	21,83/0,25	8,41
N ₁₈ P ₄₂ +солома	3,58/8,25	4,35/5,99	22,44/0,25	6,21

Примечание: коэффициенты биологического поглощения и накопления***

Таким образом, исследованиями, проведенными в стационарном опыте, установлено, что при систематическом внесении минеральных удобрений в севообороте отмечается тенденция увеличения содержания в почве валовых форм меди и свинца; значение коэффициента вариации 15-18%. Выявлено, что подвижность ТМ низкая, на долю подвижных форм меди и цинка из валовых приходится от 0,4 до 4%, марганца от 18 до 22%. Содержание подвижных форм меди в пахотном слое почвы очень низкое (менее 0,10 мг/кг), цинка среднее – 2,56-2,70 мг/кг и марганца – высокое – 64,00-73,19 мг/кг. Длительное использование научно-обоснованных доз минеральных удобрений в севообороте не привело к аккумуляции ТМ в почве и растительной продукции. Однако почвенная и растительная диагностика ТМ позволяет своевременно решать агроэкологические вопросы в земледелии региона.

Литература

1. Ефимова Л.А., Морозова Т.А., Лицуков С.Д. Экологические аспекты применения удобрений на черноземе типичном юго-западной части центрально-черноземного района // Инновации в АПК: проблемы и перспективы. 2017. №1(13). С. 81-89.
2. Агροхимия. Б.А. Ягодин и др. М.: Агропромиздат, 1989. 639 с.
3. Скуковский Б.А. Микроэлементы в кормах и продуктах животноводства Западной Сибири. Новосибирск : Зап.-Сиб. кн. изд-во, 1978. 101 с.
4. Биогеохимические основы экологического нормирования / В.Н. Башкин [и др.]. М. : Наука, 1993. 304 с.
5. Битюцкий Н.П. Микроэлементы высших растений СПб: Изд-во СПб. ун-та, 2011. 368с.

V.A. Volkova ^{1,2}, N.A. Voronkova ^{2,3}

¹Omsk State Agrarian University named after P. A. Stolypin, Omsk, Russia

²Omsk Agricultural Research Center, Omsk, Russia

³Omsk State Technical University, Omsk, Russia

e-mail: prutkovskaia@mail.ru

ESTIMATION OF HEAVY METALS ACCUMULATION IN SOIL AND BARLEY GRAIN WITH LONG-TERM APPLICATION OF MINERAL FERTILIZERS AND STRAW

Abstract. The content of heavy metals in meadow-chernozem soil and barley grain depending on long-term application of mineral fertilizers and straw is established as a result of research. Coefficients of biological accumulation and absorption of heavy metals depending on fertilization combinations are calculated.

Keywords: heavy metals, mineral fertilizers, straw, soil, barley.

References

1. Efimova L.A., Morozova T.A., Lizunov S.D. Ecological aspects of fertilizers application on chernozem soil, typical for the southwestern part of Central Chernozem Region // Innovations in agriculture: problems and prospects. 2017. №1(13). P. 81-89.
2. Agrochemistry. B.A. Yagodin and others. M.: Agropromizdat, 1989. 639 p.
3. Sukowski B.A. Microelements in feeds and products of animal husbandry in Western Siberia. Novosibirsk : Zap.-Nib. kN. publ., 1978. 101 p.
4. Biogeochemical bases of ecological regulation / V.N. Bashkin [and others]. M. : Science, 1993. 304 p.
5. Bitvitsky N.P. Microelements of Embryophytes. St. Petersburg: Publishing House. UN-TA, 2011. 368 p.

УДК 631.465

А.В.Горовцов., В.В. Зинченко, Е.С. Федоренко, П.Д. Погоньшев, Т.М. Минкина, С.Н. Сушкова., С.С.Манджиева

Южный федеральный университет, Ростов-на-Дону, Россия

ВЛИЯНИЕ УГЛЕРОДИСТЫХ СОРБЕНТОВ НА УРЕАЗНУЮ АКТИВНОСТЬ ЧЕРНОЗЕМА ОБЫКНОВЕННОГО КАРБОНАТНОГО НА ФОНЕ ЗАГРЯЗНЕНИЯ МЕДЬЮ

Аннотация. В рамках модельного опыта оценивалось влияние загрязнения чернозема медью на уреазную активность почвы. Применялось два углеродистых сорбента: гранулированный активированный уголь и биочар. Показано, что на третий год происходит адаптация микробных сообществ к загрязнению со значительным ростом уреазной активности.

Ключевые слова: уреаза, чернозем, загрязнение, медь, углеродистые сорбенты

Введение. Загрязняющие вещества оказывают влияние на живые организмы и экосистемы при их накоплении в высокой концентрации. Среди поллютантов антропогенного происхождения наибольшее опасение вызывают тяжелые металлы. В противоположность органическим загрязнителям они не способны к биодegradации, и лишь преобразуются в другие формы. Загрязнение почв медью обычно наблюдается в местах производства, обогащения или добычи этого металла [5]. Несмотря на то, что медь является необходимым микроэлементом, при высоком ее содержании токсические эффекты распространяются на всех членов экосистемы. Повышенное содержание Cu в почве нарушает рост и развитие растений. При переходе металла с одного трофического уровня на другой концентрация его может возрастать, вызывая разнообразные негативные эффекты у животных и человека. Исследование накопления и миграции

меди, ее влияния на живые организмы и сообщества очень важно для устранения или минимизации ущерба природе и человеку. На данный момент в целях ремедиации используются разные методы связывания подвижных форм металлов. Наибольшую эффективность показывают углеродистые сорбенты, созданные путем пиролиза биомассы различного происхождения. Такими сорбентами являются ГАУ-гранулированный активированный уголь и биочар. Они способны ограничивать миграцию металлов в почве, а именно связывать их за счет сорбции и переводить в недоступные живым организмам формы.

В данной работе был реализован модельный эксперимент, в рамках которого оценивалось влияние загрязнения медью на уреазную активность чернозема обыкновенного карбонатного, а также влияние углеродистых сорбентов при внесении их в загрязненную медью почву.

Материалы и методы исследования. В вегетационном модельном опыте изучали изменение уреазной активности почв под действием меди при выращивании ячменя ярового. Для закладки модельного эксперимента отбирали верхний слой почвы (0-20 см). В вариантах опыта с почвой равномерно смешивался биочар/гранулированный уголь в дозировке 5% по массе; водный раствор ацетата меди 300 мг/кг или 2000 мг/кг. После перемешивания почва помещалась в вегетационные сосуды в количестве 2 кг на сосуд, доводилась до 60% полной влагоемкости, которая поддерживалась в период активной вегетации. Повторность опыта трехкратная. Растения убирались в фазу выхода в трубку, после чего отбирались образцы почв для анализа.

Результаты и обсуждение. Установлено, что внесение в почву ацетата меди оказало значительное влияние на активность уреазы в исследуемой почве. При этом как абсолютная величина, так и динамика ферментативной активности по годам резко отличались от контроля (Рис. 1). В контрольном варианте опыта наблюдается постоянное снижение активности уреазы, что связано с истощением запасов легкогидролизуемого азота в почве при культивировании растений без дополнительной подкормки. Уреаза участвует в формировании азотного статуса почв и влияет на их обеспеченность формами азота, доступными для растений [2]. Известно также, что активность данного фермента положительно коррелирует с содержанием минерального аммиачного азота [1].

В первый год после внесения поллютантов наблюдается достоверное снижение активности уреазы более чем в два раза. На втором году наблюдается адаптация микробного сообщества при концентрации меди 300 мг/кг почвы, что сопровождается резким ростом уреазной активности. При этом, в почве с концентрацией меди 2000 мг/кг активность фермента остается подавленной. В третий год исследования оба загрязненных варианта демонстрируют высокую активность уреазы, многократно превышающую контрольные значения. Причины повышения активности уреазы в вариантах, загрязненных медью, до конца не ясны. Известно, что уреазы прочно связываются с почвенным органоминеральным комплексом и обладает высокой устойчивостью против ингибирующих факторов.

Ингибирующее действие меди на уреазу в черноземе обыкновенном карбонатном, по-видимому, не слишком выражено. Так, в работе Н.В. Громаковой с соавторами [3] медь оказала наименее выраженное воздействие на показатели биологической активности почв в ряду других ТМ. Имеются также данные, что относительно низкие уровни загрязнения почв ТМ (<3 ПДК) оказывали стимулирующее действие на уровень уреазной активности почв. Похожие данные получены и для некоторых других металлов, например, свинца (при 2-5 ПДК) [4].

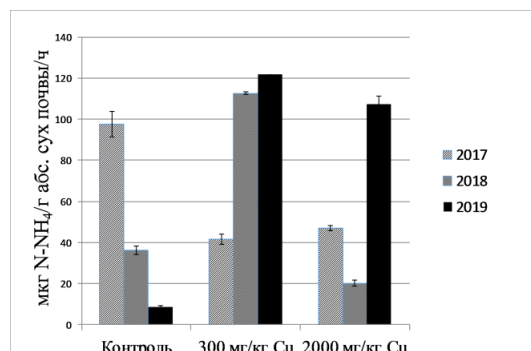


Рис. 1. Влияние загрязнения ацетатом меди на уреазную активность чернозема

Однако в условиях данного модельного опыта уровни загрязнения были существенно более высокими, и потому рост уреазной активности, вероятно, связан с другими факторами. В качестве возможных механизмов можно предполагать стресс-реакцию микробного сообщества и усиление уреазной активности при высоких концентрациях ТМ. Сходные эффекты были продемонстрированы для кадмия при достижении концентрации 10 мг/кг [7]. Возможно также, что активация уреазы связана с усилением преципитации карбонатов металлов с целью снижения их токсического действия на клетку. Механизм связи между уреазной активностью и микробной преципитацией карбонатов детально описан в работе Чапаго-Асуиña с соавторами [6].

При внесении только сорбентов наблюдается динамика уреазной активности сходная с контролем (Рис. 2). В первый год после внесения как биочар, так и гранулированный активированный уголь приводят к снижению активности фермента.

При этом при внесении биочара активность уреазы достоверно превышает контрольные значения уже на второй год, а на третий год в варианте с биочаром активность уреазы оказывается более чем втрое выше контроля. Ингибирующее действие сорбентов в первый год после внесения можно связать со снижением концентрации необходимого для функционирования данного фермента никеля в почвенном растворе. При этом активированный уголь связывает металлы прочнее, что и объясняет более низкую по сравнению с биочаром уреазную активность.

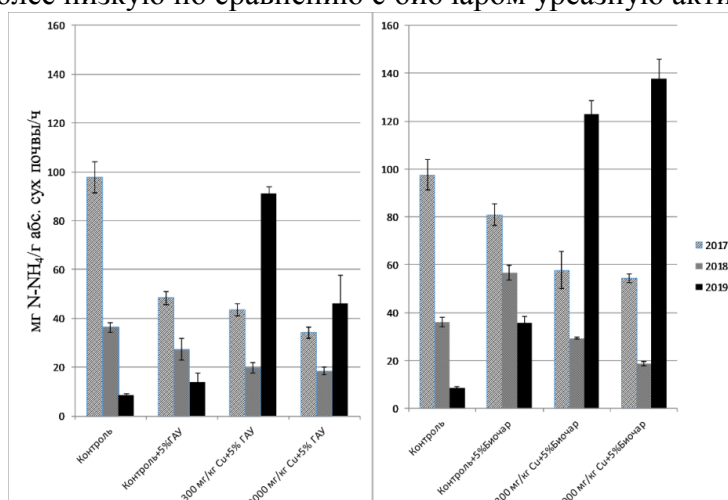


Рис. 2. Уреазная активность чернозема при внесении сорбентов на фоне загрязнения ацетатом меди

При внесении обоих сорбентов в почву, загрязненную медью наблюдается сходная динамика уреазной активности: в первый год активность фермента ниже

контрольной, затем снижается еще сильнее, после чего наблюдается резкий рост. По-видимому, происходит адаптация микробных сообществ к загрязнению и их ко-рренная перестройка, после чего уреазная активность используется в качестве меха-низма активной детоксикации загрязнителя по механизму преципитации.

Работа выполнена при поддержке Министерства науки и высшего образования РФ № 5.948.2017/ПЧ, Грант Президента № МК-2973.2019.4, РФФИ № 18-55-05023 Арм_а.

Литература

1. Агабекова Р.А. Изменение активности уреазы мелиорируемых сероземно-луговых почв в хлопково-люцерновом севообороте // *Təbiət elmləri seriyası*. 2011. №2. С.53-59
2. Вьяль Ю.А., Шиленков А. В. Ферментативная активность и агрохимические свойства почв Пензенского ботанического сада // *Известия Пензенского государственного педагогического университета им. ВГ Белинского*. 2008. №. 14.
3. Громакова Н.В., Минкина Т.М., Манджиева, С.С., Чаплыгин В.А., Бауэр Т.В., Сушкова С.Н. Влияние подвижных форм тяжелых металлов на показатели целлюлозоразлагающей и уреазной активности чернозема обыкновенного (модельный эксперимент) // *Агрохимия*. 2017. №. 2. С. 73-81.
4. Коротченко И.С. Влияние свинца на ферментативную активность почв // *Проблемы современной аграрной науки: материалы международной заочной научной конференции*. Красноярск. 2011. С. 38.
5. Кулагин А., Шагиева Ю.А. Древесные растения и биологическая консервация промышленных загрязнителей. М: Наука, 2005. 190 с.
6. Chaparro-Acuña S.P. et al. Soil bacteria that precipitate calcium carbonate: mechanism and applications of the process // *Acta Agronómica*. 2018. Т. 67. №. 2. С. 277-288.
7. Shi W., Ma X. Effects of heavy metal Cd pollution on microbial activities in soil // *Annals of Agricultural and Environmental Medicine*. 2017. Т. 24. №. 4. С. 722-725.

A.V. Gorovtsov, V.V. Zinchenko, E.S. Fedorenko, P.D. Pogonyshev,
T.M. Minkina, S.N. Sushkova, S.S. Mandzhieva
Southern Federal University, Rostov-on-Don, Russia

INFLUENCE OF CARBON SORBENTS ON UREASE ACTIVITY OF ORDINARY CALCAREOUS CHERNOZEM UNDER COPPER POLLUTION

Abstract. The effect of copper contamination on soil urease activity was evaluated in the model experiment. Two carbon sorbents were used: granular activated carbon and bio-char. It is shown that in the third year microbial communities adapt to pollution with a significant increase in urease activity.

Keywords: urease, chernozem, pollution, copper, carbon sorbents.

This work was supported by the Ministry of Education and Science of the Russian Federation No. 5.948.2017/PCh, Grant of the President of the Russian Federation No. МК-2973.2019.4, RFBR No. 18-55-05023 Арм_а.

References

1. Agabekova R.A. Changes in urease activity of reclaimed meadowsierozem soils of the cotton-medicago crop rotation // *Təbiət elmləri seriyası*. 2011. No. 2. P.53-59.
2. Vyal Yu.A., Shilenkov A.V. Enzymatic activity and agrochemical properties of soils of the Penza Botanical Garden // *Bulletin of the Penza State Pedagogical University named after VG Belinsky*. 2008. No. 14.
3. Gromakova N.V., Minkina T.M., Mandzhieva S.S., Chaplygin V.A., Bauer T.V., Sushkova S.N. Influence of mobile forms of heavy metals on the indicators of cellulose-decomposing and urease activity of ordinary chernozem (model experiment) // *Agrochemistry*. 2017. No. 2. Pp. 73-81.
4. Korotchenko I.S. Effect of lead on the enzymatic activity of soils // *Problems of modern agricultural science: materials of the international correspondence scientific conference*. Krasnoyarsk. 2011. Pp. 38.
5. Kulagin A., Shagieva Yu.A. Woody plants and biological conservation of industrial pollutants. М: Наука, 2005. 190 p .
6. Chaparro-Acuña S.P. et al. Soil bacteria that precipitate calcium carbonate: mechanism and applications of the process // *Acta Agronómica*. 2018 Т. 67. No. 2. Pp. 277-288.
7. Shi W., Ma X. Effects of heavy metal Cd pollution on microbial activities in soil // *Annals of Agricultural and Environmental Medicine*. 2017. Т. 24. No. 4. Pp. 722-725.

Ч.Г. Гюлалыев
Институт Географии им. акад. Г.А.Алиева
НАН Азербайджана, г.Баку.
e-mail: ch_gulaliyev@yahoo.com

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЛАЖНОСТИ ПОЧВ МЕТОДОМ ИЗМЕРЕНИЯ ЕМКОСТНОГО ДАТЧИКА

Аннотация. Рассмотрен анализ характеристики диэлектрической проницаемости и чувствительности, емкостных датчика в зависимости от влажности почв. Выявлено, что диэлектрическая проницаемость почв в зависимости от влажности имеет экспоненциальный характер. Полученные характеристики можно использовать при изучении влажности и разработки диэлектометрического метода почвенной влагометрии.

Ключевые слова: емкость, влажность, частота, почва, диэлектрическая проницаемость, диэлектометрия.

Постановка проблемы. Контроль и регулирование влажности почвы являются важными составляющими факторами в системе мероприятий по управлению ростом и развитием сельскохозяйственных растений [6]. В связи с этим в настоящее время для наблюдения за динамикой влажности почвы на сети агрометеорологии используются различные методы и приборы [4]. Но несмотря на обильные методы и приборы использования измерения влажности почвы имеет ряд недостатков, так как нет единой мобильный приборы непрерывного наблюдения за влажностью почв.

Более перспективный диэлектометрический метод пока не получил распространения в агрометеорологических наблюдениях за влажностью почвы главным образом потому, что электрофизические свойства почвы и роль влаги в их формировании были недостаточные изучены [4]. В результате отдельные попытки его применения к почвам носили формальный характер и оказались неэффективными. Поэтому разработке диэлектометрического метода должно предшествовать всестороннее исследование электрофизических свойств почвы, изучение свойств почвенной влаги, в переменном электрическом поле и физическая интерпретация полученных результатов [3].

Метод проведения эксперимента. В настоящей статье рассматривается связь диэлектрической проницаемостью (ДП) почвы с почвенной влагой и чувствительностью емкостных датчиков влажности.

Диэлектрическая проницаемость определялась с помощью измерителя полных проводимостей типа Л2-7 на частотах 0,4- МГц и 10 МГц по разработанной ранее методике [1, 2, 4]. С помощью Л2-7 измеряется емкость конденсатора с измерительной ячейки, заполняемой образцом почвы при заданной влажности и объемной массе. Измерительная ячейка представляет собой цилиндрический коаксиальный конденсатор, снабженный термостатирующим устройством. Вакуумная емкость конденсатора определена расчетным способом. Диэлектрическая проницаемость вычислена как величина, равная отношению емкости конденсатора с образцом к его емкости в вакууме.

Использованные в работе водно-физические параметры определяли по известным в почвоведении методам в большом диапазоне влажностей (от ГВ до ППВ и выше).

Для экспериментальных исследований были выбраны почвы разных типов сменяющейся в соответствии с почвенными зонами и подзонами: горно-луговая, альпийская и субальпийская, горно-лесная с бурыми оподзоленными и бурыми типичными почвами; зона влажно-субтропических желтоземных и желтоземное глеевое подзолистых почв; в сухих районах- зоны каштановых субтропических и сероземных почв. Но в пределах каждой почвенной зоны сталкивается с пестрым комплексом почвенных разностей и своеобразными местными особенностям и различной степени дисперсности и солевого состава [5].

Описание результатов. С целью изучения влажностной характеристик и выбора оптимальной рабочей частоты нами проведены исследования диэлектрических свойств основных почв Азербайджана на частотах 0,4-10 МГц. Характеристика влагосодержания почвы ($W, \%$) изменялась от гигроскопичности до предельно-полевой влагоемкости. На представленном в качестве примера рисунке видно, что зависимость $\varepsilon'(W)$ при низкой частоте электрического поля имеет довольно ощутимую крутизну, выпрямляющуюся с увеличением частоты электрического поля до прямолинейной. В области низких частот электрического поля $\varepsilon'(W)$ крутизна кривой высокая.

На рисунке представлены экспериментальные графики зависимости диэлектрической проницаемости от влажности. Отсюда следует, что связь диэлектрической проницаемости почв с ее влажностью имеет экспоненциальный характер вида. Весь размах влажности почвы разделяется на три диапазонов: I -прочносвязанная (ГВ-гигроскопическая влага, МГ- максимальная гигроскопическая); II-рыхлосвязанная (ВЗ-влажность завядания, ММВ- максимальная молекулярная влагоемкость); III-свободная влага (ПВ- полевая влага).

Зависимости $\varepsilon' = f(W)$ для исследуемых всех почв имеют одинаковый характер: при малых влажностях ε' растет медленно. В области больших влажностей график зависимости также прямой, но со значительно большим наклоном. На этом графике можно найти скорость роста ε' почвы при различных влажностях. Как известно скорость роста функции $\varepsilon' = f(W)$ вычисляется делением $d\varepsilon'/dw$, и геометрически этому соответствует угловой коэффициент с касательной графика при данной влажности. Это позволяет по измерениям ε' почвы в целом судить о ε' почвенной влаги и тем самым о связи влаги и ее структурных особенностях.

При возрастании влажности эта кривизна, еще более возрастает (Рис.). Во всех исследуемых почвенных образцах мы стали свидетелями этой картины.

Полученные результаты показали, что при низкочастотном интервале диэлектрическая проницаемость имеет большие значения, т.к. возрастание частоты электрического тока вызывает ее уменьшение.

Высокое значение диэлектрической проницаемости в области низких частот объясняется влиянием емкости поляризации электродов. На высоких частотах это влияние практически отсутствовало. Наблюдалось, что возрастание почвенной влаги вызывает изменение взаимодействия между почвенными частицами, что отчетливо сказывалось на влажностно - частотной зависимости диэлектрической проницаемости.

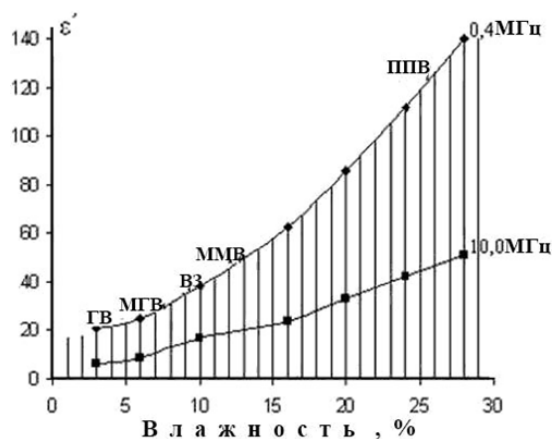


Рис. Зависимость диэлектрической проницаемости от влажности и частоты электрического поля

Обобщая результаты проведенных исследований на основе метода математической статистики, установлено, что зависимость между ϵ' и влажностью представляет собой экспоненциальную математическую формулу, выражающуюся следующим образом:

$$\epsilon' = ae^{bw} + c \quad (1)$$

Здесь a , b и c коэффициенты, зависящие от частоты переменного электрического поля, типа почвы, температуры и т.д. Входящие в формулу (1) b и c показатели для различных типов почв различны.

По результатам проведенных исследований есть основания считать, что емкость C датчика с неизолированными электродами экспоненциально зависит от влажности

$$C = Ae^{kW} \quad (2)$$

Чувствительность датчика к изменению влажности

$$C' = dc / dw = kc \quad (3)$$

с увеличением влажности также монотонно возрастает по экспоненциальному закону.

Иногда, чтобы избежать нежелательного влияния проводимости влажности почвы на разрешающую способность измерительного устройства, применяют изоляцию электродов емкостного датчика. Однако, как следует из формулы выражающей эквивалентную емкость C_0 изолированного датчика этот прием устраняет влияния проводимости.

Для простоты расчетов полагая, что электропроводимость равняется нулю, то получается, что

$$C'_e = \frac{C_0^2}{(C + C_e)} C' \quad (4)$$

Где C_0 -емкость изоляции. Отсюда видно, что $C'_e < C'$. Кроме того, C_e гораздо сложнее зависит от W , чем C' . Так, например, при $W \rightarrow \infty$ и $C'_e \rightarrow \infty$. С учетом проводимости, присущей реальной почве, чувствительность C'_e устройства с изолированными электродами еще более сложно зависит от W . Кроме того относительная погрешность при применении изолированных датчиков выше чем неизолированных.

Таким образом, изоляция электродов емкостного датчика снижает метрологические характеристики влагомеров. Устранять влияние проводимости следует путем усовершенствования их измерительных схем.

Выводы и предложения. На основании изложенного можно сделать вывод, что при измерении влажности почвы целесообразно выбрать рабочую частоту 8 МГц и выше.

Экспериментальным путем исследования определен ход влажностных характеристик $\varepsilon(W)$, а также аналитическим путем установлена связь $\varepsilon' = ae^{bw} + c$. Отсюда следует, что связь диэлектрической проницаемости почвы с ее влажностью имеет экспоненциальный характер.

Таким образом, аналитические, а также экспериментальные исследования показали, что имеет экспоненциальной зависимости между диэлектрической проницаемостью и влажностью почвы. На основе отмеченных свойств приведенной диэлектрической проницаемости в качестве опорного можно принять диэлькометрический способ измерений влажности почв.

Литература

1. Гюлалыев Ч.Г., Троицкий Н.Б. Природа зависимости диэлектрической проницаемости почв от периода колебаний электрического поля при различном влагосодержании // Труды Почвоведов Азерб. В. II. 1993. С. 19.
2. Гюлалыев Ч.Г. Влияние влажности и удельной поверхности на диэлектрическую проницаемость почв // Коллективная монография «Реализация методологических и методических идей профессора Б.А. Доспехова в совершенствовании адаптивно-ландшафтных систем земледелия» : в 2 т. / ФГБОУ ВО РГАУ МСХА им. К.А. Тимирязева, ФГБНУ «Владимирский НИИСХ». Москва – Суздаль, 2017. Т. 1. С.353-357.
3. Гюлалыев Ч.Г. Исследование диэлектрической проницаемости почв в диапазоне частот 0.4 – 10,0 МГц // Сб. материалы Всероссийская конференция с международным участием «ПОЧВЫ В БИОСФЕРЕ», посвященная 50-летию Института почвоведения и агрохимии СО РАН .2018. С. 191-194. https://issa-siberia.ru/images/Publications/Pochvy_v_biosfere_2.pdf.
4. Поздняков А.И., Гюлалыев Ч.Г. Электрофизических свойства некоторых почв. Москва-Баку: "Адилоглы", 2004. 240 с.
5. Салаев М.Э. Диагностика и классификация почв Азербайджана. Баку: "Элм", 1991. 240 с.
6. Троицкий Н.Б., Герайзаде А.П., Гюлалыев Ч.Г. Связь электро- и теплофизических характеристик с удельной поверхностью почвы в аспекте многопараметрической влагометрии // Сб. Гидрофизические функции и влагометрия почв. Л., 1987. С. 63-65.

Ch.G. Gulalyev

Institute of Geography named after academician G.A. Aliyev
Azerbaijan National Academy of Sciences, Baku, Azerbaijan
e-mail: ch_gulaliyev@yahoo.com

DETERMINATION OF SOIL HUMIDITY BY THE METHOD OF CAPACITIVE SENSOR MEASUREMENT

Abstract. The analysis of dielectric permittivity and sensitivity characteristics of capacitive sensors depending on soil humidity is considered. It is revealed that dielectric permittivity of soils is exponential depending on humidity. The obtained characteristics can be used in humidity analyses and development of dielectric method of soil water content measurement.

Keywords: capacity, humidity, frequency, soil, dielectric permittivity, dielcometry.

References

1. Gulalyev Ch.G., Troitsky N.B. Dependence nature of soil dielectric permittivity on the periods of electric field oscillations under various humidity contents // Transactions of Soil Scientists Azer. issue II 1993. P. 19.

2. Gulalyev Ch. G. Influence of moisture and specific surface on dielectric permittivity of soils // Collective monograph "Implementation of methodological and methodological ideas of Professor B.A. Dospekhova in the improvement of adaptive-landscape systems of agriculture ": v2 t. / FSBEI HE RSAU - Moscow Agricultural Academy named after K.A. Timiryazev, Federal State Budgetary Scientific Institution Vladimir NIISH - Moscow - Suzdal, 2017. ISBN 978-5-9500162-2-6 Volume 1. p. 353-357. : ill. ISBN 978-5-9500162-3-3.
3. Gulalyev Ch. G. Investigation of dielectric permittivity of soils in the frequency range of 0.4 - 10.0 MHz // Sat. Materials All-Russian Conference with International Participation "SOILS IN THE BIOSPHERE" dedicated to the 50th anniversary of the Institute of Soil Science and Agrochemistry of the SB RAS .2018, p. 191-194. https://issa-siberia.ru/images/Publications/Pochvy_v_biosfere_2.pdf.
4. Pozdnyakov A.I., Gulalyev Ch.G. Electrophysical properties of some soils. Moscow-Baku 2004, "Adilogly" - . 240 p.
5. Salaev M.E. Diagnostics and classification of soils in Azerbaijan. -Baku 1991. "Elm", 240 p.
6. Troitsky N.B., Gerayzade A.P., Gulalyev Ch.G. Relationship of electro- and thermophysical characteristics with specific surface of soil in the aspect of multi-parameter water content measurement // Sat. Hydrophysical functions and soil moisture meter. L., 1987, P. 63-65.

УДК 631.4

С.В. Дыдышко

РУП «Институт почвоведения и агрохимии»,

Минск, Беларусь

e-mail: siarheidydyszka@mail.ru

ТРАНСФОРМАЦИЯ СВОЙСТВ ДЕРНОВО-ПАЛЕВО-ПОДЗОЛИСТЫХ ПОЧВ БЕЛАРУСИ ПОД ВЛИЯНИЕМ АГРОГЕННЫХ ВОЗДЕЙСТВИЙ

Аннотация. Показана трансформация дерново-палево-подзолистых легкосуглинистых почв под влиянием агрогенного фактора на основе использования расчетных величин отклонений отдельных критериев генетических свойств почв пахотных земель от исходного (естественного) состояния.

Ключевые слова: дерново-палево-подзолистые почвы, степень трансформации.

Используя почву в качестве объекта труда и средства производства, человек активно вмешивается в почвообразовательный процесс, не только изменяя естественные условия почвообразования, но и является источником веществ и энергии, принимающих участие в почвообразовании. Воздействие на почвы и почвенный покров, особенно с этапа широкого развития земледелия, оценивается как фактор непрерывной, глубокой и интенсивной эволюции почв. Эволюция почв происходит как в сторону окультуривания, так и в сторону деградации. Соответственно, в сторону улучшения либо ухудшения изменяются и ее свойства, а также производительная способность.

Поэтому оценка трансформации почв должна быть основана на определенных качественных и количественных критериях, наиболее информативно характеризующих пространственно-временные изменения свойств. Обнаружить происходящие изменения, оценить направленность их эволюции возможно при условии наличия «нулевой точки отсчета», а именно, естественных эталонных почв.

Исследования проведены на дерново-подзолистых почвах, сформировавшихся на мощных лессовидных суглинках в составе естественных и пахотных земель Оршанско-Мстиславского почвенно-экологического района (ПЭР) за временной период 1960–2018 гг. Данные почвы выбраны в качестве объектов исследований поскольку

они занимают 14% [1] пахотных земель Беларуси, отличаются высоким естественным плодородием и интенсивно используются в сельскохозяйственном производстве.

Основными методами исследований послужили: систематизация разновременной информации (прошлых лет обследования и актуальных данных) о состоянии состава и свойств исследуемых почв пахотных земель и их естественных аналогов; сравнительно-аналитический с использованием разновременных качественных и количественных характеристик почв; метод рядов антропогенных изменений почв; экспертных оценок. Аналитические исследования выполнены по общепринятым методикам в лаборатории РУП «Институт почвоведения и агрохимии» и секторе агропочвоведения, цифрового картографирования и оценки почв. Статистическая обработка данных проведена с помощью «Пакета анализа Microsoft Excel».

Среднестатистические показатели состава и свойств дерново-палево-подзолистых легкосуглинистых почв Оршанско-Мстиславского ПЭР представлены в таблице 1. Как видно, за исследуемый период кислотность почв перешла из категории «сильнокислых» в «близкие к нейтральным» в пахотных почвах и в «слабокислые» в среднесмытых почвах. В пахотных почвах отмечаются потери содержания ила и гумуса на 4,7 и 0,12% соответственно.

Таблица 1

Разновременные показатели состава и свойств гумусово-элювиального и пахотных горизонтов дерново-палево-подзолистых легкосуглинистых почв

Показатели	Естественная	Пахотные	Средне-смытые
Год исследования	1960-е гг.	2001–2018 гг.	2001–2018 гг.
Генетический горизонт	A ₁ A ₂	A _п	A _п B
Глубина горизонта, см	3–14	0–28	0–20
Глубина отбора образца, см	3–12	5–15	5–15
Содержание ила, %	11,7	7,0	13,8
pH _{KCl}	4,10	6,21	5,60
Сумма поглощенных оснований, смоль(+) · кг ⁻¹	3,6	16,9	12,1
Емкость поглощения, смоль(+) · кг ⁻¹	12,0	18,4	13,3
Степень насыщенности основаниями, %	60,0	90,9	81,1
Содержание подвижного P ₂ O ₅ , мг/кг	65,6	222,6	167,4
Содержание подвижного K ₂ O, мг/кг	50,9	211,4	148,0
Содержание общего гумуса, %	2,38	2,26	1,18
Запасы гумуса в пахотном горизонте, т/га	26,0	79,7	32,9

Отклонения показателей от естественного аналога (табл. 2) имеют двойственный характер, т.е. изменяются как в сторону увеличения «+», так и в сторону снижения «-». Так, в пахотных почвах потери илистой фракции и гумуса составляют -40,2 и -5,0% соответственно. Показатели суммы поглощенных оснований, емкости поглощенных оснований, степени насыщенности основаниями, pH, содержания подвижных форм фосфора и калия в горизонтах A_п имеют положительные отклонения.

В пахотных постэрозионных горизонтах среднесмытых почв положительное отклонение наблюдается только по содержанию илистой фракции +97,1%, или практически в 2 раза больше по сравнению с пахотными аналогами. Для остальных представленных показателей отклонения носят отрицательный характер, причем

наименьшие значения отклонений отмечаются по показателям рН и степени насыщенности основаниями -9,8 – -10,8%, а наибольшие значения отклонений характерны для содержания гумуса и его запасов -47,8 – -58,7%.

Таблица 2

Отклонение значений показателей свойств и состава пахотных горизонтов окультуренных почв от исходного естественного состояния, %

Показатели	Пахотные	Среднесмытые*
Год исследования	2001–2018 гг.	2001–2018 гг.
Генетический горизонт	A _п	A _{пВ}
Глубина горизонта, см	0–28	0–20
Глубина отбора образца, см	5–15	5–15
Содержание ила, %	-40,2	+97,1
pH _{KCl}	+51,5	-9,8
Сумма поглощенных оснований, смоль(+) \cdot кг ⁻¹	+369,4	-28,4
Емкость поглощения, смоль(+) \cdot кг ⁻¹	+53,3	-27,7
Степень насыщенности основаниями, %	+51,5	-10,8
Содержание подвижного P ₂ O ₅ , мг/кг	+239,3	-24,8
Содержание подвижного K ₂ O, мг/кг	+315,3	-30,0
Содержание общего гумуса, %	-5,0	-47,8
Запасы гумуса в пахотном горизонте, т/га	+206,5	-58,7

*Примечание: для пахотных постэрозионных горизонтов среднесмытых почв отклонения значений показателей состава и свойств почв рассчитаны от пахотных горизонтов окультуренных почв.

Таблица 3

Шкала степени изменения отдельных критериев генетических свойств почв под влиянием антропогенного фактора [2]

Критерий	Степень изменения величины критерия (отклонение в% от исходного состояния)			
	слабая	умеренная	сильная	очень сильная
Содержание илистой фракции	≤ 5	5,1–15	15,1–30	> 30
Содержание гумуса	≤ 5	5,1–20	20,1–40	> 40
Запасы гумуса	≤ 10	10,1–30	30,1–60	> 60
Реакция почвенной среды (pH _{KCl})	≤ 5	5,1–20	20,1–35	> 35
Сумма поглощенных оснований	≤ 20	20,1–50	50,1–100	> 100
Емкость поглощения	≤ 20	20,1–40	40,1–80	> 80
Степень насыщенности основаниями	≤ 20	20,1–50	50,1–100	> 100
Содержание подвижного P ₂ O ₅	≤ 20	20,1–60	60,1–100	> 100
Содержание подвижного K ₂ O	≤ 20	20,1–60	60,1–100	> 100

На основе массива расчетных данных среднестатистических величин показателей свойств дерново-палево-подзолистых легкосуглинистых почв естественных и пахотных земель, величин отклонений показателей почв пахотных земель от их значений в исходном (естественном) состоянии (а для среднесмытых почв относительно пахотных аналогов), с использованием метода экспертной оценки установлены пределы варьирования значений отклонений для выделенных категорий (градаций) (табл. 3)[2]. Выделенные категории являются условным выражением степени изменения величины того или иного критерия генетических свойств исследуемых почв.

За более чем 40-летний период исследований произошли значительные изменения свойств почв. В пахотных почвах, с одной стороны, четко выражена потеря содержания гумуса («слабая») и илистой фракции («очень сильная»), с другой – «очень сильная» степень снижения кислотности и «сильный» и «очень сильный» прирост запасов гумуса, суммы поглощенных оснований, емкости поглощения,

степени насыщенности основаниями и подвижных форм фосфора и калия. В среднесмытых почвах отмечается потеря содержания гумуса и его запасов («очень сильная» и «сильная» и прирост содержания илистой фракции («очень сильный»)).

Таким образом, согласно результатам проведенных исследований трансформация состава и свойств верхней части профиля дерново-палево-подзолистых легкосуглинистых почв, под влиянием антропогенного фактора условно оценивается сильной и очень сильной степенью.

Литература

1. Почвы сельскохозяйственных земель Республики Беларусь: практ. пособие / под ред. Г.И. Кузнецова, Н.И. Смеяна. Минск: Оргстрой, 2001. 432 с.
2. Шульгина С.В. Экологическая оценка трансформации состава и свойств дерново-палево-подзолистых почв под влиянием антропогенного фактора / С.В. Шульгина [и др.] // Почвоведение и агрохимия. № 2(59). 2017. С. 14–25.

S.V. Dydyshko

Institute of Soil Science and Agrochemistry,

Minsk, Belarus

e-mail: siarheidydyshka@mail.ru

TRANSFORMATION OF THE PROPERTIES OF SOD-PALE-PODZOLIC SOILS OF BELARUS UNDER THE INFLUENCE OF AGROGENIC EFFECTS

Abstract. The article presents transformation of sod pale-podzolic light loamy soils under the influence of agrogenic factor based on the rating values of separate criteria divergences of genetic properties of arable soils from the initial (natural) state.

Keywords: *sod pale-podzolic light loamy soils, degree of transformation.*

References

1. Soils of agricultural land of the Republic of Belarus: pract. guide/ edited by G.I. Kuznetsov, N.I. Smeyan. Minsk: Orgstroy, 2001. 432 p.
2. Shul'gina S.V. Ecological assessment of composition transformation and properties of sod pale-podzolic soils under the influence of anthropogenic factor / S.V. Shul'gina [and et al.] // Soil science and agrochemistry. №2 (59). 2017. P. 14–25.

УДК 631.4

Г.Я. Елькина, Е.М. Лаптева, И.А. Лиханова, Ю.В. Холопов

Институт биологии Коми научного центра УрО РАН,

Россия, Сыктывкар,

e-mail: elkina@ib.komisc.ru

ПОСТАГРОГЕННАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ ПОДЗОЛИСТЫХ ПОЧВ СРЕДНЕЙ ТАЙГИ

Аннотация. На первых этапах постагрогенной сукцессии сохранились признаки пахотных почв. Современные процессы наиболее интенсивно происходят в образовавшемся серогумусовом горизонте. В нижней части старопашотного горизонта идет подкисление, усиливается синтез фульвокислот, состав гумуса приближается к показателям целинных подзолистых почв.

Ключевые слова: *постагрогенные почвы; агрохимические показатели, гумусовое состояние.*

В Республике Коми (РК) в основном освоены подзолистые почвы. Они отличаются низким естественным плодородием [1], окультуривание их занимает длительный период и требует значительных затрат. В результате экономического кризиса начала 1990-х годов значительные площади пашни РК перестали использоваться сельскохозяйственными предприятиями и стали зарастать травянистой и древесной растительностью, началась постагрогенная трансформация почв, направленная на восстановление их естественного профиля [2].

Цель исследования: Изучить особенности постагрогенной трансформации подзолистых почв с тем, чтобы определить условия повторного вовлечения их в культуру и рационального землепользования.

Объекты и методы исследований. Наблюдения за самозаращением пахотных угодий и трансформацией почв в постагрогенных экосистемах проводили в 2012-2018 гг. на бывших сельскохозяйственных угодьях Сыктывдинского района РК. Основным объектом исследования послужили участки пашни, выведенные из сельскохозяйственного оборота в начале 90-х гг. прошлого столетия. Анализы почв выполнялись в лаборатории отдела почвоведения и в Экоаналитической лаборатории Института биологии.

Результаты и их обсуждение. На залежных землях нами выделено несколько типов и стадий зарастания. На участках, ранее засеянных многолетними травами и используемых в качестве сенокосных угодий, сформировалась луговая залежь (разрезы 1, 6). В составе растительности частично сохранились высеянные луговые злаки, часть трав заместились на луговое разнотравье. Кошение, пусть и нерегулярное в последние годы, препятствовало внедрению древесной растительности. Других агротехнических мероприятий на залежных участках более 25 лет не проводилось.

После прекращения сенокосения на луговой залежи постепенно поселяются древесные породы. На участке, который перестал использоваться в качестве сенокосного ориентировочно в 2005-07 гг., сформировался молодой лес (березняк, разрез – 1). Среди древесных пород в нем преобладает *Betula pendula* Roth, высока примесь *Salix caprea* L., в подросте *Picea obovata* Ledeb. Травянистая растительность угнетена. В качестве естественного аналога использовали ельник кустарничково-зеленомошный.

В почвах на первых этапах сукцессии в основном сохранились признаки, присущие пахотным аналогам. Вместе с тем в верхней части бывшего пахотного слоя сформировался серогумусовый (дерновый) горизонт Pwpa мощностью 3-5 см, который сохранился и на начальной стадии зарастания древесными породами. Почвы нами отнесены к агродерновым-подзолистым постагрогенным на моренном суглинке.

Серогумусовый горизонт луговой залежи по сравнению с нижележащей толщиной старопахотного горизонта отличается более высокими значениями рН (различия составляет 1.1-1.2 единиц рН), более низкой обменной кислотностью, обусловленной ионами водорода. Тогда как в нижней части ранее обрабатываемого слоя основной вклад в кислотность вносят ионы алюминия. С переходом к древесной стадии зарастания (молодой лес, P-1) обменный алюминий обнаружен уже и в серогумусовом горизонте. Содержание обменного кальция и магния в Pwpa ра в 2-3 раза больше, чем в основной части старопахотной толщи. Более низкое содержание катионов в ранее обрабатываемой толще связано с некомпенсируемым вымыванием элементов и выносом их растениями. При аккумуляции подвижных форм фосфора и калия в Pwpa, в основной части ранее пахавшегося горизонта происходит снижение их количества.

Своеобразным индикатором современных почвообразовательных процессов является гумусовое состояние почв. Целинные подзолистые почвы, которые распахивались под пашню, характеризуются низким содержанием органического вещества. В составе гумуса преобладают фульвокислоты (ФК), фракция гуминовых кислот (ГК), связанная с кальцием, в составе гумуса полностью отсутствует. Это подтверждают и наши исследования (табл.). В процессе сельскохозяйственного использования в пахотных почвах повышается гумусированность, гумус приобретает фульватно-гуматный характер. Трансформация качественного состава гумуса идет в направлении увеличения содержания гуминовых кислот. В них, особенно при известковании, увеличивается количество гуминовых кислот, связанных с кальцием – ГК₂ [3].

При переходе пашни в состояние залежи изменившийся характер растительности, отсутствие обработки, органических удобрений и поддерживающего известкования приводят к изменениям в гумусовом статусе почв. Максимальное содержание углерода в них приходится на горизонт Р_{wp}а (0–3–5 см), с глубиной количество его снижается (табл.). Различия с прилегающими к нему слоями составляют 1.5–2.5, а с нижней частью ранее обрабатываемой толщи – 3–4 раза.

Специфичность гумусообразования отражается и в качественном составе почвенного органического вещества. Если в верхних слоях реградируемого горизонта на луговой залежи гумус остается гуматно-фульватным, то ниже 10–15 см (ниже 20 см в разрезе Р-6) он становится фульватным. На начальной стадии зарастания древесными породами (разрез Р-1) гумус дернового горизонта обогащается фульвокислотами: количество их в 1.5–1.6 раза больше по сравнению с луговой залежью. Различия с нижележащей толщей пахавшегося горизонта составляют 1.8 раза. В формировании органического вещества в почве молодого леса увеличивается роль листового опада. Но и при таких изменениях гумус в горизонте Р_{wp}а продолжает сохранять гуматно-фульватный характер. Однако прилегающий к нему слой уже приобретает фульвокислотный состав. Количество гуминовых кислот в нем в 1.7–4.3 раза меньше, чем в аналогичных слоях луговой залежи. Наиболее сильно отличается содержание ГК₂, что обусловлено высокой кислотностью почв и низким содержанием двухвалентных катионов в ней.

Анализ содержания водорастворимых органических веществ (ВОВ) также показал, что наиболее интенсивные процессы образования и деструкции гумусовых соединений сосредоточены в горизонте Р_{wp}а. Количество ВОВ в серогумусовом горизонте луговой залежи существенно больше (104–116 мг/100 г), чем в остальной старопашотной толще: в прилегающем к Р_{wp}а слое оно составляет 38–66, а в нижней части – 24–28 мг/100 г.

Формирующийся на луговой залежи серогумусовый горизонт имеет более высокое содержание, чем остальная ранее обрабатываемая толща, не только углерода (6.1%), но и азота (0.55%). Различия по азоту составляют от 3 до 6 раз. При этом относительное количество азота в нем возрастает менее интенсивно, чем углерода, о чем свидетельствует соотношение С/Ν. Его величина в Р_{wp}а составляет 11.1, тогда как в нижней части бывшего пахотного горизонта – 9.4–9.8. При зарастании березой органическое вещество обеднено соединениями азота в еще большей мере (С/Ν 12.1). По насыщенности органического вещества азотом постагрогенные почвы приближаются постепенно к показателям присущим почвам целинного леса. В целинном аналоге (подзолистая почва на моренном суглинке) соотношение С/Ν составляет 18.7 в горизонте ELh и 12.3 – в горизонте EL.

Таблица

**Групповой и фракционный состав гумуса постагрогенных почв
(% от общего содержания углерода)**

Разрез	Название образцов Глубина, см	Углерод С, %	Гуминовые кислоты (ГК)					Фульвокислоты (ФК)					Сгк+ Сфк	Сгк/Сфк
			1	2	3	Сумма	1а	1	2	3	Сумма			
Р-5, залежь луговая	0-5	2,30	22,1	8,0	6,8	36,9	3,6	38,8	0	8,8	51,2	88,1	0,720	
	5-10	1,08	18,3	5,0	5,2	28,5	5,6	31,3	0	11,2	48,1	76,6	0,594	
	10-20	0,78	15,4	7,9	3,2	26,5	7,1	29,5	0	17,5	54,1	80,6	0,490	
Р-6, залежь луговая	0-5	3,30	17,2	6,7	8,2	32,1	3,3	25,6	0	9,9	38,8	70,9	0,827	
	5-10	2,20	16,7	7,0	8,0	31,7	4,5	24,4	0	11,5	40,4	72,1	0,784	
	10-20	2,00	15,0	6,6	7,3	28,9	4,1	25,2	0	10,7	40,0	68,9	0,723	
Р-1, молодой лес	20-30	1,04	9,0	2,2	2,6	13,8	6,1	18,8	3,2	4,8	32,9	46,7	0,424	
	0-3	2,88	21,2	5,9	18,8	45,9	4,4	40,5	4,2	18,1	67,2	113,1	0,684	
	3-10	0,97	11,4	1,1	4,1	16,6	5,6	19,6	2,1	9,1	36,4	53,0	0,458	
Р-2, залежь луговая	0-5	2,93	13,7	8,2	8,9	30,8	2,8	25,2	0	12,6	40,6	71,4	0,759	
	5-15	1,12	11,4	8,5	4,0	23,9	5,3	25,2	0	9,8	40,3	64,2	0,595	
	15-25	0,71	9,8	6,4	3,5	19,7	7,7	27,2	0	14,6	49,5	69,2	0,399	
Р-5, залежь луговая ОН	О1	45,3	11,4	2,2	6,5	20,1	2,2	8,3	0,5	3,8	14,8	34,9	1,354	
	О2	45,8	12,2	1,7	9,0	22,9	1,8	9,2	0	5,1	16,1	39,1	1,422	
	О3	40,2	14,3	1,1	8,6	24,0	2,5	8,7	1,9	5,1	18,2	42,2	1,324	
Р-4, лес	Р-5, залежь луговая	19,2	16,6	3,5	7,8	27,9	3,3	14,6	0	4,4	22,3	50,2	1,248	
	ОН				4,4									
	A2h	1,9	14,5	2,4	21,3	5,3	30,4	0	6,2	41,9	63,2	0,509		

Причины изменений связаны с последовательной трансформацией растительных сообществ, изменением состава микрофлоры и интенсивности протекания микробиологических процессов.

На сельскохозяйственном этапе происходило обогащение почв и его органического вещества соединениями азота за счет использования азотных удобрений, богатых азотом органических удобрений, создания комплекса условий для произрастания культивируемых растений и почвенных микроорганизмов.

Заключение. В процессе постагрогенной трансформации на месте пахотного горизонта сформировались два слоя с разной интенсивностью и направленностью почвообразовательных процессов. Наиболее интенсивные процессы происходят в серогумусовом горизонте. На этот горизонт приходится максимальное содержание углерода и азота, ВОВ, поглощенных катионов и подвижных элементов питания. Эти закономерности сохраняются и на начальной ступени зарастания древесными породами. В преобладающей части старопашотного горизонта идет медленный процесс восстановления естественных кислотно-основных свойств, гумусового состояния целинных подзолистых почв, процессы интенсифицируются на древесной стадии.

Гумусообразование в отличие от пахотных почв идет в направлении формирования наиболее устойчивых в биоклиматической зоне фульвокислот. Гуматно-фульватный состав гумуса сохраняется лишь в верхней части старопашотного горизонта на луговой залежи. На начальной стадии зарастания древесными породами преобладание синтеза ФК усиливается, соотношение С_{гк}/С_{фк} приближается к показателям подстилки лесной почвы и прилегающей к ней минеральному горизонту. Органическое вещество постагрогенных почв обедняется соединениями азота. Однако, как и в почвах пашни, сохраняется более равномерное распределение органического углерода и азота во всей почвенной массе старопашотного горизонта, тогда как в естественном аналоге они сосредоточены в подстилке. В целом на динамику изученных свойств на первых этапах постагрогенной эволюции большее влияние оказывают возраст залежи и ее хозяйственное использование (неиспользование), основные изменения происходят в пределах бывшего пахотного слоя.

Работа выполнена при финансовой поддержке проекта № 18-8-49-17 “Продуктивность сельскохозяйственных культур и ее связь с особенностями трансформации и стабилизации почвенного органического вещества в пахотных угодьях Европейского Северо-Востока (на примере средней тайги Республики Коми)” Программа УрО РАН 2018-2020 гг.: Фундаментальные проблемы развития агропромышленного комплекса.

Литература

1. Атлас почв Республики Коми / отв. ред. Г.В. Добровольский, А.И. Таскаев, И.В. Забоева. Сыктывкар: «Коми республиканская типография, 2010. 356 с.
2. Люри Д.И., Горячкин С.В., Караваева Н.А., Денисенко Е.А. и др. Динамика сельскохозяйственных земель России в XX веке и постагрогенное восстановление растительности и почв. М.: ГЕОС, 2010. 426 с.
3. Елькина Г.Я. Оптимизация минерального питания растений на подзолистых почвах. Екатеринбург: УрО РАН, 2008. 280 с.

G.Ya. Elkina, E.M. Lapteva, I.A. Likhanova, Yu.V. Kholopov
Institute of Biology, Komi Scientific Centre of the Ural Branch
of the Russian Academy of Sciences, Syktyvkar, Russia
e-mail: elkina@ib.komisc.ru

POST-AGROGENIC TRANSFORMATION OF PODZOLIC SOILS OF THE MIDDLE TAIGA

Abstract. The first stages of post-agrogenic succession retain signs of arable soils. The current processes are highly active in the newly-formed grey-humus horizon. The lower part of the old-arable horizon is acidified with the increased synthesis of fulvic acids. The humus composition is similar to virgin podzolic soils.

Keywords: post-agrogenic soils, agrochemical parameters, humus state.

References

1. Soil Atlas of the Komi Republic / Editor-in-Chief G.B. Dobrovolsky, A.I. Taskaev, I.V. Zaboeva. Syktyvkar: Komi Republican Publishing House, 2010. 356 p.
2. Lyuri D.I., Goryachkin S.V., Karavaeva N.A., et al. Dynamics of agricultural lands in Russia in the XX century and post-agrogenic soil-vegetation restoration. M.: GEOS, 2010. 426 p.
3. Elkina G.Ya. Optimization of plant mineral nutrition on podzolic soils. Yekaterinburg: UrD RAS, 2008. 280 p.

УДК:631.452

А.М. Медведева, О.А. Бирюкова
ФГАОУ Южный Федеральный Университет,
Академия биологии и биотехнологии им. Д.И. Ивановского,
Ростов-на-Дону, Россия
e-mail: medvedeva.estelior@yandex.ru

ВЛИЯНИЕ ТЕХНОЛОГИИ NO-TILL НА СОСТОЯНИЕ ПЛОДОРОДИЯ ЧЕРНОЗЕМА ОБЫКНОВЕННОГО

Аннотация. В статье показаны результаты 5-летнего исследования влияния технологии прямого посева (no-till) на содержание минерального азота, подвижных и валовых форм фосфора и калия в черноземе обыкновенном при выращивании озимой пшеницы.

Ключевые слова: чернозем, no-till, вспашка, минеральный азот, фосфор, калий

Важная задача современного земледелия – сохранение, поддержание и воспроизводство плодородия пахотных почв, потому как при антропогенном воздействии на почву и под влиянием экологических факторов внешней среды показатели ее плодородия меняются. Сельское хозяйство Российской Федерации в последние годы интенсивно развивается, однако экологическое состояние агроландшафтов значительной части территории России находится под угрозой нерационального использования. Энергозатратная технология обработки почв с использованием вспашки с оборотом пласта приводит к деградационным процессам: дегумификации, эрозии, дефляции и др. [1]. Отсюда вытекает необходимость проведения мониторинга ее почвенно-агрохимических показателей. Один из путей сохранения плодородия почв и уменьшения механического разрушения их структуры – минимизация обработок или полный отказ от них (No-till) с помощью внедрения новой

техники на фоне умеренных доз минеральных удобрений и средств защиты растений [5].

Целью нашего исследования является изучение степени влияния современных агротехнологий на основные показатели плодородия чернозема карбонатного Нижнего Дона. Объектом исследования послужил чернозем обыкновенный карбонатный мощный тяжелосуглинистый на лессовидном суглинке Песчанокопского района Ростовской области. По новейшей классификации почв России (Классификация и диагностика почв России (2004)) исследуемый чернозем можно отнести к миграционно-сегрегационному подтипу, для которого характерно частичное или полное совмещение гумусового профиля с карбонатным, характеризующимся во времени и пространстве неустойчивой верхней границей. Эта генетическая особенность чернозема должна вызывать сильную пространственную неоднородность минерального питания растений. Возделываемая на участке культура – озимая пшеница (*Triticumaestivum L.*). С 2013 г по 2017 г нами было заложено восемнадцать полнопрофильных разрезов в производственных посевах исследуемой территории: 6 - при использовании нулевой обработки почвы - технология прямого посева (No-till); 5 – минимальная обработка на глубину 10-12 см (БДТ-3); 3 – традиционная обработка (вспашка на глубину 25-27 см (ПЛН-4-35)) и 4 разреза - на целинном участке. При изучении основных показателей плодородия почв проводился анализ содержания аммонийного азота по ГОСТ 26489 в модификации ЦИНАО; нитратного азота по методу Грандваль-Ляжу; валового количества фосфора и калия с помощью рентгенофлуоресцентного анализа (спектроскан МАКС-GV); подвижных форм фосфора и обменного калия по Мачигину. Математическую обработку полученных результатов проводили в программе STATISTICA 10.

Интенсивность процессов аммонификации в черноземе обыкновенном карбонатном существенно не зависит от способа основной обработки. Содержание аммонийного азота при всех исследуемых агротехнологиях практически одинаково.

При использовании ресурсосберегающих обработок создаются благоприятные условия для микроорганизмов, и процессы нитрификации протекают с достаточно высокой скоростью, в результате чего накапливается большее количество нитратного азота (24,0 мг/кг и 27,0 мг/кг при нулевой и минимальной обработках соответственно), чем в производственных посевах с отвальной вспашкой (20,0 мг/кг). При длительном применении мелких обработок почвы в севообороте наибольшее количество питательных веществ сосредотачивалось в верхнем горизонте (0–20 см), заметно снижаясь с глубиной. Отмеченная закономерность в распределении элементов питания связана с биологической разнокачественностью почвенных слоев при различных системах основной обработки почвы. При использовании ресурсосберегающих технологий в почве накапливалось большее количество влаги, что обуславливает достаточно высокую интенсивность биологических процессов[2]. Установлено, что минимизация основной обработки способствует увеличению влажности чернозема обыкновенного карбонатного, оказывая положительный эффект на процессы трансформации азота в почве и его дальнейшее поступление в растения, что отражается на урожайности озимой пшеницы. По степени влияния способов основной обработки на накопление продуктивной влаги в черноземе обыкновенном карбонатном можно установить следующий ряд (0-

20см): нулевая > минимальная > традиционная (вспашка). Аналогичная закономерность наблюдается и для метрового слоя [6].

Распределение валового калия по профилю чернозема обыкновенного карбонатного при использовании всех видов обработок и на целинном участке существенно не различается. Проведенные исследования показывают, что содержание обменного калия в пахотном горизонте чернозема обыкновенного карбонатного варьирует в пределах 360– 532 мг/кг.

Многолетнее использование минимальной и нулевой обработки позволяет стабилизировать потенциальные запасы фосфатов в гумусовых горизонтах чернозема обыкновенного карбонатного. При этом наибольшее накопление валовых фосфатов наблюдается в слое 0-10 см (0,18-0,19%) без особых изменений в нижерасположенных слоях.

В среднем за годы исследований при использовании отвальной вспашки содержание подвижного фосфора в пахотном горизонте (24,1–32,0 мг/кг почвы) соответствует оптимальному содержанию согласно «Нормативам плодородия почв земель сельскохозяйственного назначения Ростовской области» [4]. Выявлено, что содержание подвижных фосфатов в верхних горизонтах почвы при нулевой и минимальной обработке меньше, чем при использовании отвальной обработки. Вероятно, процесс минерализации фосфорорганических соединений усиливается при вспашке в большей мере, чем при минимизации обработки. При применении нулевой обработки оптимальное содержание подвижного фосфора зафиксировано весной, когда растения используют его гораздо в меньших количествах, чем в период активного формирования урожая. В производственных посевах в системе No-till урожайность сельскохозяйственных культур была значительно выше, чем при традиционной технологии возделывания, что, вероятно, и объясняет отмеченные ранее тенденции.

Важно отметить, что доля подвижных фосфатов от валовых при использовании вспашки выше (2,0%), чем при применении ресурсосберегающих обработок – 1,3 и 1,4% соответственно при минимальной и нулевой. Но, по нашему мнению, вряд ли это указывает на снижение подвижности почвенных фосфатов при минимизации обработки почвы, так как содержание подвижного фосфора зависит и от интенсивности поглощения его растениями в процессе формирования урожая [3].

Литература

1. Вальков В.Ф., Казеев К.Ш., Колесников С.И. Почвы Юга России. Ростов-на-Дону: Изд-во «Эверест», 2008. 276 с.
2. Медведева А.М., Бирюкова О.А., Божков Д.В. Плодородие чернозема обыкновенного при различных способах обработки. LAPLAMBERT Academic Publishing, 2015. 65 с.
3. Медведева А.М., Бирюкова О.А., Божков Д.В., Ильченко Я.И. Содержание валовых и подвижных форм фосфатов в черноземе обыкновенном при различных способах обработки // Сборник тезисов V Международной научной конференции «Эволюция и деградация почвенного покрова» (26-28 сентября, 2017г., Ставрополь). С.113-114.
4. Назаренко О.Г., Пашковская Т.Г., Продан В.И. и Чеботникова Е.А. Нормативы основных показателей плодородия почв земель сельскохозяйственного назначения Ростовской области. пос. Расвет: ГЦАС «Ростовский», 2011. 68 с.
5. Кирюшин В. И. Экологизация земледелия и технологическая политика. М.: Изд-во МСХА, 2000.473 с.

6. Терещенко В.В., Бiryukova O.A., Божков Д.В. Агрофизические свойства чернозема при различных способах обработки. LAP LAMBERT Academic Publishing, 2015. 69 с.

A.M. Medvedeva, O.A. Birukova
Southern Federal University, Academy of Biology and Biotechnology named after D.I. Ivanovsky, Rostov-on-Don, Russia
e-mail: medvedeva.estelior@yandex.ru

INFLUENCE OF NO-TILL TECHNOLOGY ON FERTILITY STATE OF ORDINARY CHERNOZEM

Abstract. The article shows the results of five-year research on the influence of no-till technology on the content of mineral nitrogen, mobile and bulk forms of phosphorus and potassium in ordinary chernozem when winter wheat is cultivated.

Keywords: *chernozem, no-till, plowing, mineral nitrogen, phosphorus, potassium.*

References

1. Valkov V.F., Kazeev K.Sh., Kolesnikov S.I. Soils of the South of Russia. Rostov-on-Don: Everest publishing house, 2008. 276 p.
2. Medvedeva A.M., Biryukova O.A., Bozhkov D.V. Fertility of ordinary chernozem under various tillage methods. LAP LAMBERT Academic Publishing, 2015. 65 p.
3. Medvedeva A.M., Biryukova O.A., Bozhkov D.V., Ilchenko Ya.I. The content of bulk and mobile forms of phosphates in ordinary chernozem at various ways of processing // The Collection of theses of the V International scientific conference "Evolution and Degradation of a Soil Cover" (on September 26-28, 2017, Stavropol) P. 113-114.
4. Nazarenko O.G., Pashkovskaya T. G., V.I. and Chebotnikov E.A. Standards of soil fertility key indicators of agricultural lands of the Rostov Oblast. settlement. Dawn: GTsAS "Rostov", 2011. 68 p.
5. Kiryushin V.I. Ecologization of agriculture and technological policy. M.: MSHA publishing house, 2000. 473 p.
6. Tereshchenko V.V., Biryukova O.A., Bozhkov of D.V. Agrophysical properties of chernozem under various tillage methods. LAP LAMBERT Academic Publishing, 2015. 69 p.

УДК 631.82 : 631.86 : 631.416.9 : 631.416.8 : 633.63

О.А. Минакова
ФГБНУ «ВНИИСС им. А.Л. Мазлумова»,
Воронежская обл., пос. Рамонь, Россия
e-mail: olalmin2@rambler.ru

ВЛИЯНИЕ ДЛИТЕЛЬНОГО ПРИМЕНЕНИЯ УДОБРЕНИЙ НА СОДЕРЖАНИЕ Hg, AS, SR-90 И CS-137 В АГРОЦЕНОЗЕ ЦЧР

Аннотация. Длительное применение удобрений способствовало снижению содержания Hg, Ra-226 и Sr-90 в черноземе выщелоченном при возделывании сахарной свеклы, но повышало мышьяка, не способствуя изменению содержания Cs-137; создавало отрицательный баланс в севообороте As, Cs-137 и Sr-90, а Hg – только при применении систем $N_{135}P_{135}K_{135} + 25$ т/га навоза в пару и $N_{190}P_{190}K_{190}$. Удобрения, в основном, повышали коэффициент использования из почвы изученных элементов.

Ключевые слова: *удобрения, почва, ртуть, мышьяк, цезий-137, стронций-90.*

В составе минеральных удобрений содержатся токсичные и радиоактивные элементы; они находятся в природном сырье (фосфоритах, апатитах, сильвините и др.) и не устраняются в процессе производства [2] Особенно высоко содержание таких элементов в фосфорных удобрениях, также их значительное количество содержится в навозе (как отходы жизнедеятельности животных) [3]. Удобрения, применяемые в севооборотах с сахарной свеклой в больших количествах (до 1,5 т минеральных удобрений, а также 20-50 т/га навоза КРС под сахарную свеклу или под предшественник [4]), способствует потенциальному накоплению токсичных и радиоактивных элементов [1]. Удобрения способствует изменению коэффициентов использования элементов из почвы (КИП) [6]. Наиболее детальные исследования поведения токсичных и радиоактивных элементов возможно проводить только в рамках стационарных опытов Географической сети опытов по применению удобрений [1]. Таким образом, определение уровня накопления токсичных и радиоактивных элементов в почве, коэффициенты их использования и баланс при длительном применении удобрений в зерносвекловичном севообороте ЦЧР является актуальным вопросом для изучения.

Исследования проводились в 2014-2017 гг. в лаборатории агрохимии ВНИИСС в стационарном опыте по изучению влияния применения удобрений на черноземе выщелоченном в условиях зоны неустойчивого увлажнения лесостепи ЦЧР (год закладки – 1936), представляющим собой девятипольный зернопаропропашной севооборот с 2 полями сахарной свеклы. В почве определяли: мышьяк (МУ по определению мышьяка, М., ЦИНАО, 1993); ртуть – МУ по определению тяжелых металлов в почве сельскохозяйственных угодий и продукции растениеводства (1992), Cs-137 (ГОСТ Р 54038-2010), Sr-90 (ГОСТ Р 54041-2010). Статистическая обработка данных проводилась с использованием пакета прикладных программ в составе Microsoft Excel 2007 .

Результатами исследований было установлено, что длительное применение удобрений способствовало снижению содержания подвижной Hg в слое 0-20 см на 4,94-13,7% (табл. 1) в вариантах N₁₉₀P₁₉₀K₁₉₀, N₁₂₀P₁₂₀K₁₂₀+50 т/га навоза, N₄₅P₄₅K₄₅ + 50 т/га навоза, N₉₀P₉₀K₉₀ + 25 т/га навоза, но некоторое увеличение (на 6,46%) было отмечено в варианте N₁₃₅P₁₃₅K₁₃₅ + 25 т/га навоза. Удобрения повышали содержание As на 8,45-25,3% в слое 0-20 см, более всего в вариантах N₁₃₅P₁₃₅K₁₃₅+ 25 т/га навоза, N₉₀P₉₀K₉₀ + 25 т/га навоза и N₁₂₀P₁₂₀K₁₂₀ + 50 т/га навоза, но не выше уровня предельно-допустимых концентраций (ПДК).

Таблица 1

Содержание токсичных и радиоактивных элементов в почве

Вариант	Глубина, см	As	Hg	Cs-137	Sr-90	Ra-226
		мг/кг почвы		Бк/кг		
Контроль	0-20	0,35	0,0263	29,5	8,23	23,7
N ₄₅ P ₄₅ K ₄₅ + 25 т/га навоза	0-20	0,33	0,0260	30,6	8,37	19,5
N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀ + 25 т/га навоза	0-20	0,40	0,0250	29,5	7,37	18,5
N ₁₃₅ P ₁₃₅ K ₁₃₅ + 25 т/га навоза	0-20	0,44	0,0280	30,6	7,57	17,5
N ₄₅ P ₄₅ K ₄₅ + 50 т/га навоза	0-20	0,38	0,0240	29,9	7,70	18,7
N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀ + 50 т/га навоза	0-20	0,40	0,0250	31,4	7,17	23,4
N ₁₉₀ P ₁₉₀ K ₁₉₀	0-20	0,39	0,0227	27,6	8,27	20,1
НСП ₀₅	0-20	0,025	0,0012	-	0,50	0,60
ПДК		2,0	2,1	3,7*10 ⁸	1,11*10 ⁸	-

Было отмечено снижение на 6,44-12,8% содержания Sr-90 относительно контроля при внесении N₉₀₋₁₃₅P₉₀₋₁₃₅K₉₀₋₁₃₅ + 25 т/га навоза и N₁₂₀P₁₂₀K₁₂₀ + 50 т/га навоза. Его концентрация в почве опытного участка была в 1,33-1,55*10⁷ раза

меньше, чем пороговое значение, свидетельствующее о неблагоприятной экологической обстановкой. Удобрения практически не влияли на содержание Cs-137 в почве. Достоверных изменений содержания элемента в поверхностном слое почвы выявлено не было, только тенденция к увеличению его концентрации на 6,44% в варианте $N_{120}P_{120}K_{120} + 50$ т/га навоза и к снижению на 6,44% в варианте $N_{190}P_{190}K_{190}$. Уровень загрязнения почвы опыта Cs-137 в $1,34-1,78 \cdot 10^7$ раза ниже, чем пороговое значение для зоны с неблагоприятной экологической ситуацией, то есть загрязнение им (также как Sr-90) вследствие применения удобрений, также как и фоновое (на контроле), отсутствует. При внесении $N_{135}P_{135}K_{135} + 25$ т/га навоза, $N_{90}P_{90}K_{90} + 25$ т/га навоза и $N_{45}P_{45}K_{45} + 50$ т/га навоза на 15,2-26,2% снижалось содержание Ra-226 в почве.

Таблица 2

Коэффициенты использования элементов из почвы (КИП),%

Вариант	Hg	As	C	S
Контроль - без удобрений				
$N_{45}P_{45}K_{45} + 25$ т/га навоза				
+25 т/га навоза				
+25 т/га навоза				
+50 т/га навоза				
+ 50 т/га навоза				

Коэффициент использования Hg в опыте был равен 0,119-0,193, As – 0,031-0,050, Cs-137 – 0,062-0,098, Sr-90 – 0,14-0,28 (табл. 2), наибольший КИП был отмечен для Sr-90, наименьший – As. Применение удобрений повышало КИП для всех изученных элементов, более всего, на 14,3-100% – Sr-90, несколько меньше – Hg, As и Cs-137, 18,5-62,2, 15,6-56,2 и 23,8-55,6% соответственно, что свидетельствует о меньшем концентрировании данных элементов в продукции. Дозами, способствующей максимальному использованию элементов из почвы были $N_{135}P_{135}K_{135} + 25$ т/га навоза и $N_{190}P_{190}K_{190}$, менее всего они использовались в системах $N_{45}P_{45}K_{45} + 50$ т/га навоза и $N_{45}P_{45}K_{45} + 25$ т/га навоза (кроме As).

Таблица 3.

Баланс токсичных и радиоактивных элементов в севообороте

Вариант	Hg	As	S	C
	г/га		кБк/га	
$N_{45}P_{45}K_{45} + 25$ т/га навоза				
+25 т/га навоза				
+25 т/га навоза				
+50 т/га навоза				
+ 50 т/га навоза				

Баланс ртути в севообороте был, в основном, положительный (+0,058-+0,472 г/га севооборотной площади) (табл. 3) в вариантах с 25-50 т/га навоза вследствие высокого её содержания в навозе. В вариантах $N_{135}P_{135}K_{135} + 25$ т/га навоза и Баланс As был отрицательный (-0,09-1,31 г/га), с увеличением доз удобрений отрицательность баланса увеличивалась, за исключением варианта $N_{190}P_{190}K_{190}$. Наиболее отрицательный баланс Sr-90 отмечен при $N_{190}P_{190}K_{190}$ (-109 кБк/га), слабоположительный – при внесении $N_{120}P_{120}K_{120} + 50$ т/га навоза (+13 кг/га), а баланс Cs-137 на этих вариантах -93 и -215 кБк/га соответственно. Применение возрастающих

доз минеральных удобрений на фоне 25 т/га навоза несколько снижало отрицательность баланса Sr-90, но увеличивало – Cs-137, а применение 50 т/га навоза создавало положительный баланс Sr-90 и способствовало уменьшению отрицательности баланса Cs-137.

Выводы

1. Определено, что длительно применяемые удобрения способствовали снижению в слое 0-20 см почвы содержания Hg, но увеличению – As без превышения уровня ПДК.
2. Выявлено снижение содержания в почве Ra-226 и Sr-90 (на 15,2-26,2% и 6,44-12,9% соответственно).
3. Применение минеральных удобрений и навоза 25 т/га создавало отрицательный баланс As, Cs-137 и Sr-90, применение навоза в дозе 50 т/га в сочетании с минеральными удобрениями создавало слабоположительный баланс Sr-90 и положительный – Cs-137.
4. Удобрения, в основном, повышали КИП изученных элементов, более всего – Cs-137, менее всего – Sr-90.
5. Лучшее экологическое состояние агроценоза складывалось при применении под сахарную свеклу N₄₅P₄₅K₄₅ на фоне 50 т/га навоза и N₉₀P₉₀K₉₀+25 т/га навоза в пару.

Литература

1. Белоус Н.М., Шаповалов В.Ф., Моисеенко Ф.В., Драганская М.Г. Влияние различных систем удобрения на накопление тяжелых металлов в сельскохозяйственной продукции // Вестник Брянской государственной сельскохозяйственной академии. 2006. № 2. С. 22-29.
2. Ладонин В.Ф. Влияние комплексного применения средств химизации на содержание тяжелых металлов в почве и в растениях // Химия в сельском хозяйстве. 1995. № 4. С. 32-35.
3. Кабата-Пендиас А., Пендиас Х.М. Тяжелые металлы в почве и в растениях М.: Высшая школа, 5 с.
4. Минакова О.А., Александрова Л.В. Система удобрения сахарной свеклы в зоне неустойчивого увлажнения ЦЧР // Сахарная свекла. 2018. № 5. С. 22.
5. Романенков В.А. Методические вопросы и координация исследований длительных полевых опытов Геосети / Тезисы докладов Междунар. науч-практ. конф., посвящ. 150-летию юбилею Д.Н. Прянишникова. М.: ВНИИА, 2015. С.128-133.
6. Черных Н.А., Овчаренко М.М. Тяжелые металлы и радионуклиды в биогеоценозах. М.: Агроконсалт, 2002. 196 с.

O.A. Minakova

The A.L. Mazlumov All-Russian Research

Institute of Sugar Beet and Sugar, Voronezh Oblast, Ramon, Russia

e-mail: olalmin2@rambler.ru

INFLUENCE OF LONG-TERM APPLICATION OF FERTILIZERS ON THE CONTENT OF HG, AS, SR-90, AND CS-137 IN AGROCENOSIS OF THE CENTRAL CHERNOZEM REGION

Abstract. Long-term application of fertilizers reduced the content of Hg, Ra-226, and Sr-90 in leached chernozem when sugar beet was cultivated. At the same time, it increased arsenic without changes in the content of Cs-137. It produced a negative balance in the crop rotation of As, Cs-137, and Sr-90. As for Hg, a negative balance was observed only when the systems of N₁₃₅P₁₃₅K₁₃₅ + 25 t/ha of manure in fallow and N₁₉₀P₁₉₀K₁₉₀

were applied. In general, fertilizers increased utilization coefficient of the studied elements from soil.

Keywords: fertilizers, soil, mercury, arsenic, caesium-137, strontium-90.

References

1. Belous N.M., Shapovalov V. F., Moiseyenko F.V., Dragansky M.G. Influence of various fertilizer systems on accumulation of heavy metals in agricultural products// Bulletin of Bryansk State Agricultural Academy. 2006. No.2. P. 22-29.
2. Ladonin V.F. Influence of combined application of chemicals on the content of heavy metals in soil and plants // *Khimiya v selskom khozyaystve*. 1995. No.4. P. 32-35.
3. Kabata-Pendias A, Pendias H.M. Heavy metals in soil and plants. Moscow: the Higher School, 1990. 435 p.
4. Minakov O.A, Aleksandrova L.V. Fertilization system for sugar beet in unstable watering area of the Central Chernozem Region // *Sakharnaya svekla*. 2018. No.5. P. 22.
5. Romanenkov V.A. Methodical issues and research coordination of long-term field experiments of the Geonetwork / Proceedings of the International scientific-practical conference devoted to 150th anniversary of D.N. Pryanishnikov. Moscow: VNIIA, 2015. P.128-133.
6. Chernykh N.A., Ovcharenko M.M. Heavy metals and radionuclides in biogeocenoses. Moscow: Agrokonsalt, 2002. 196 p.

УДК 631.84+231.1:631.427(470.53)

Н.М. Мудрых
ФГБОУ ВО Пермский ГАТУ, Пермь, Россия
E-mail: nata020880@hotmail.com

ИЗМЕНЕНИЕ БИОЛОГИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ ПОЧВ ПРИ ПРИМЕНЕНИИ УДОБРЕНИЙ

Аннотация. Каталазная активность агродерново-мелкоподзолистой тяжелосуглинистой почвы средняя. Установлена сильная корреляционная связь изучаемого показателя с гумусом, содержанием подвижного фосфора и средняя с обменной кислотностью и подвижным калием. Применяемые удобрения несколько увеличили активность микроорганизмов. Отмечена сильная обратная корреляционная зависимость между дозами азота и каталазной активностью.

Ключевые слова: агродерново-подзолистая почва, ферментативная активность, каталаза, дозы азота, корреляция

Биологическая активность на равне с агрохимическими и физическими свойствами является важным показателем плодородия почвы. Интенсивность и направленность ее напрямую зависит от микробиологических процессов протекающих в пахотном слое почвы, изменение которых определяется различными факторами и в том числе антропогенной нагрузкой [2, 5]. Биологическую активность определяют по численности и биомассе разных групп биоты почв, их продуктивностью, некоторым энергетическим данным, активностью основных процессов, связанных с круговоротом элементов, а также ферментативной активностью. Показатели ферментативной активности почв широко применяются для оценки почвенного плодородия, а также эффективности различных агроприемов [1, 3, 4]. Очень важное значение в изучении почвенной биодинамики имеет определение в почве таких ферментов как каталазы, дегидрогеназы, фенолоксидазы, пероксидазы, выполняющие определенную функцию в почвенной биодинамике [6-8].

Цель исследований – установить изменение биологической активности

почвы на внесение азотных удобрений.

Исследования проведены в полевом опыте с озимой рожью по следующей схеме: контроль, азот 30 и 60 кг/га. Почва опытного участка дерново-мелкоподзолистая тяжелосуглинистая, характеризующаяся слабокислой реакцией среды, повышенным содержанием подвижного фосфора и калия, низким содержанием минерального азота. Для изучения влияния доз азотных удобрений на каталазную активность почвы с каждой делянки опыта был проведен отбор почвенных образцов до внесения удобрений и в фазу кущения-выхода в трубку с глубины 0-20 см. Определение каталазы проводили в почвенных образцах, высушенных до воздушно-сухого состояния, газометрическим методом по Галстяну.

Содержание каталазы в почве до внесения азотных удобрений $6,7 \text{ O}_2 \text{ см}^3/\text{г}/\text{мин}$, что оценивается как средняя биологическая активность. Установлена сильная корреляционная связь изучаемого показателя с гумусом ($r = 0,6$) и содержанием подвижного фосфора ($r = 0,9$). С обменной кислотностью и подвижным калием отмечена средняя корреляционная зависимость ($r = 0,4$). Применение удобрений привело к некоторому увеличению активности микроорганизмов в почве (рисунок).

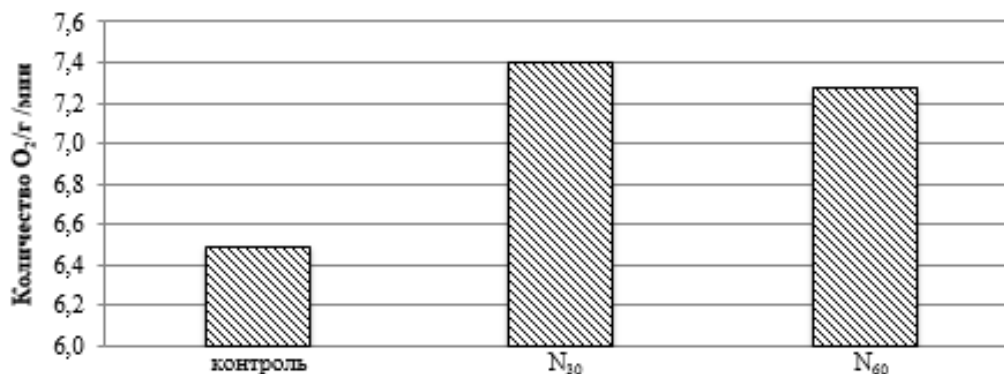


Рис. Влияние азотных удобрений на каталазную активность почвы

Внесение азота в дозе 30 кг/га увеличило этот показатель, по сравнению с исходной почвой, на 0,7, а в дозе 60 кг/га – на 0,6 $\text{O}_2 \text{ см}^3/\text{г}/\text{мин}$, однако, активность осталась на среднем уровне. Сравнивая дозы азота можно сказать, что каталазная активность почвы с увеличением дозы на 30 кг/га приводит угнетению микроорганизмов и как следствие к снижению данного показателя. Обнаружена сильная обратная корреляционная связь между вносимыми дозами азота и каталазной активностью в почве ($r = -0,8$).

Литература

1. Абдуллаева Р.З. Ферментативная активность как один из факторов биологического потенциала почвы // Вестник Донского государственного аграрного университета. 2018. № 2-1 (28). С. 65-71.
2. Ефремова Е.Н., Тютюма Н.В., Зенина Е.А. Влияние ресурсосберегающей обработки на биологическую активность и токсичность светло-каштановой почвы // Масличные культуры. Научно-технический бюллетень Всероссийского научно-исследовательского института масличных культур. 2018. № 4 (176). С. 107-111.

3. Иванов Д.А. Влияние компоста многоцелевого назначения на биологическую активность почв агроландшафта // Международный научно-исследовательский журнал. 2018. № 6-2 (72). С. 11-16.
4. Суханова И.М., Дегтярева И.А., Яппаров И.А., Газизов Р.Р. Биологическая активность почвы при использовании сапропеля и биогумуса // Агрохимический вестник. 2019. Т. 1. № 1. С. 25-28.
5. Шаповалова Н.Н., Менькина Е.А. Агрохимическое состояние и биологическая активность почвы в последствии длительного применения минеральных удобрений // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2018. № 5 (73). С. 43-46.
6. Kizilkaya R., Akca I., Ashkin T., Yilmaz R., Olekhov V.R., Samofalova I.A., Mudrykh N.M. Effect of soil contamination with azadirachtin on dehydrogenase and catalase activity of soil // Eurasian Journal of Soil Science. 2012. Т. 1. № 2. Pp. 98-103.
7. Kizilkaya R., Samofalova I., Mudrykh N., Mikailsoy F., Akça I., Sushkova S., Minkina T. Assessing the impact of azadirachtin application to soil on urease activity and its kinetic parameters // Turkish Journal of Agriculture and Forestry. 2015. Т. 39. № 6. Pp. 976-983.
8. Mudrykh N.M., Samofalova I.A. Biological activity of sod-podzolic soils on different kinds of farmland // В книге: Abstract book. 9 th International Soil Science Congress on "The Soul of Soil and Civilization" Soil Science of Turkey Cooperation with Federation of Eurasian Soil Science Societies. 2014. Pp. 713-716.

N.M. Mudrykh

Perm State Agro-Technological University, Perm, Russia

E-mail: nata020880@hotmail.com

CHANGE OF BIOLOGICAL ACTIVITY OF SOILS AT APPLICATION OF FERTILIZERS

Abstract. The catalase activity of the sod-podzolic heavy loamy soil is average. A strong correlation between the studied index and humus, the content of phosphorus and the average with acidity and potassium was established. Applied fertilizers slightly increased the activity of microorganisms. There was a strong inverse correlation between nitrogen doses and catalase activity was established.

Keywords: agrosod-podzolic soil, enzymatic activity, catalase activity, nitrogen doses, correlation

References

1. Abdullaeva R.Z. Enzymatic activity as one of factors of biological capacity of the soil // Vestnik Don State Agrarian University. 2018. № 2-1 (28). Pp. 65-71.
2. Efremova E.N., Tyutyuma N.V., Zenina E.A. Influence of resource saving treatment on biological activity and toxicity of light-brown soil // Oil Crops. 2018. № 4 (176). Pp. 107-111.
3. Ivanov D.A. Influence of multipurpose compost on biological activity of soils of cultivated land // International research journal. 2018. № 6-2 (72). Pp. 11-16.
4. Sukhanova I.M., Degtyareva I.A., Yapparov I.A., Gazizov R.R. Soil biological activity when using sapropel and biohumus // Agrochemical Herald. 2019. Vol. 1. № 1. Pp. 25-28.
5. Shapovalova N.N., Menkina Y.A. Agrochemical state and biological activity of soil conditioned by the effect of long-term application of mineral fertilizers // Izvestia Orenburg State Agrarian University. 2018. № 5 (73). Pp. 43-46.
6. Kizilkaya R., Akca I., Ashkin T., Yilmaz R., Olekhov V.R., Samofalova I.A., Mudrykh N.M. Effect of soil contamination with azadirachtin on dehydrogenase and catalase activity of soil // Eurasian Journal of Soil Science. 2012. Т. 1. № 2. Pp. 98-103.
7. Kizilkaya R., Samofalova I., Mudrykh N., Mikailsoy F., Akça I., Sushkova S., Minkina T. Assessing the impact of azadirachtin application to soil on urease activity and its kinetic parameters // Turkish Journal of Agriculture and Forestry. 2015. Т. 39. № 6. Pp. 976-983.
8. Mudrykh N.M., Samofalova I.A. Biological activity of sod-podzolic soils on different kinds of farmland // Abstract book. 9 th International Soil Science Congress on "The Soul of Soil and Civilization" Soil Science of Turkey Cooperation with Federation of Eurasian Soil Science Societies. 2014. Pp. 713-716.

Н.М. Мудрых¹, В.Р. Ямалтдинова², Д.Г. Шишков²

¹ФГБОУ ВО Пермский ГАТУ, Пермь, Россия

²ПФИЦ УрО РАН, г. Пермь, Россия

E-mail: nata020880@hotmail.com

ИЗМЕНЕНИЕ СОСТАВА ГУМУСА ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ ПОЧВЫ ПРИ ДЛИТЕЛЬНОМ ПРИМЕНЕНИИ УДОБРЕНИЙ

Аннотация. Качественный состав органического вещества дерново-мелкоподзолистой тяжелосуглинистой почве определяли в длительном стационарном опыте. В целом по опыту отмечено невысокое содержание легко-окисляемой фракции, что указывает на неустойчивый тип органического вещества. На варианте с применением навоза установлено некоторое увеличение указанной фракции.

Ключевые слова: агродерново-подзолистая почва, качественный состав органического вещества, навоз, минеральные удобрения

Одним из основных показателей качества почв является содержание органического вещества. Его количество определяется как естественными условиями формирования почв, так и изменением его в результате антропогенной нагрузки. Эффективным приемом увеличения гумуса в почвах является применение органических удобрений в дозах не ниже средних рекомендуемых. Развитие науки в настоящее время дает возможность устанавливать не только уровень общего количества органического вещества, но и его качественный состав. Знание последнего позволяет определить устойчивость органики в почве, а также корректировать проводимые мероприятия по повышению плодородия.

Цель исследований – установить изменение фракционного состава органического вещества в почве под действием удобрений.

Исследования проводили на агродерново-мелкоподзолистой тяжелосуглинистой в длительном стационарном полевом опыте, заложенном на базе опытного поля ПФИЦ УрО РАН с. Лобаново Пермского района. Схема опыта представлена на рисунке 1. Качество гумуса определяли в пахотном слое почвы по вариантам опыта методом хемодеструкционного фракционирования (ХДФ).

Применение удобрений привело к некоторому перераспределению фракций органического вещества в почве (рис. 1).

В исследуемых образцах почв на удобренных вариантах преобладает 11 фракция, в то время как в контрольном варианте – 10.

Метод ХДФ позволяет выделять 11 фракций органического вещества, которые по степени окисления разделяются на 3 части: легко-, средне- и трудно-окисляемые. Содержание легко-окисляемого органического материала в исследуемых почвах менее 40% и варьирует от 29,6 до 37%, что указывает на неустойчивый и несбалансированный тип органического вещества (рис. 2).

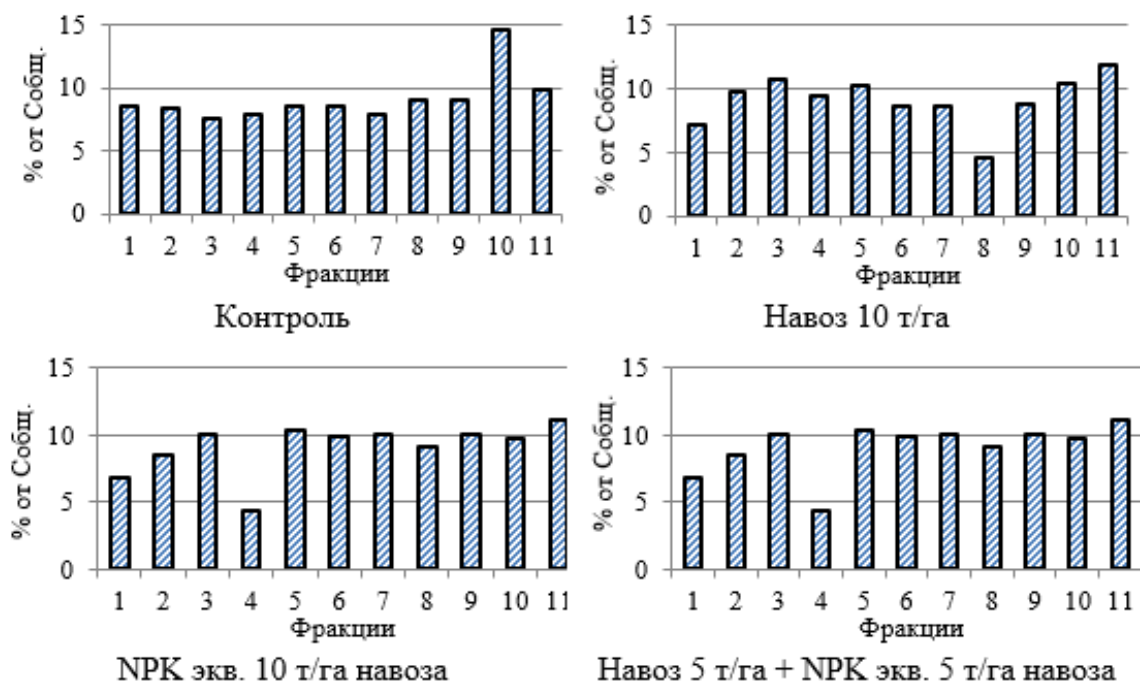
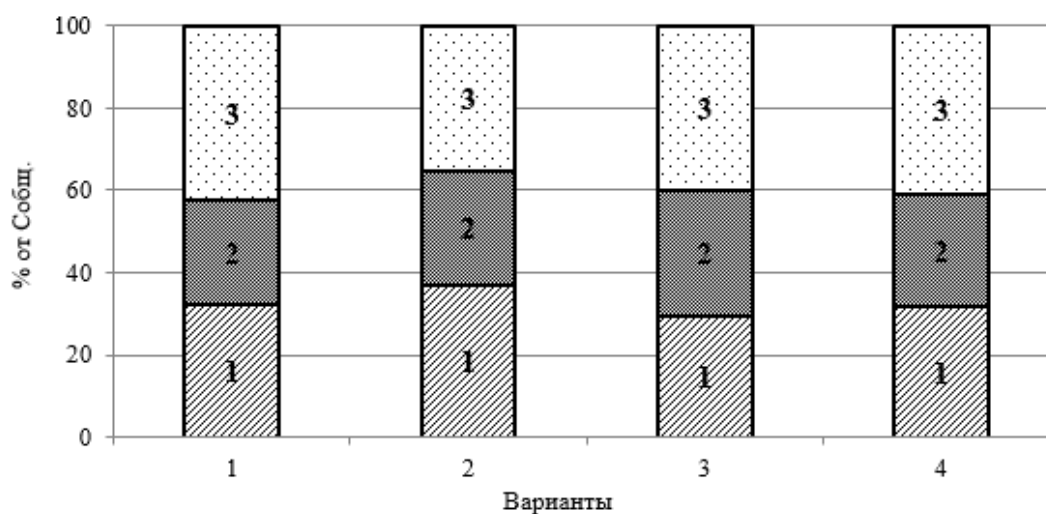


Рис 1. Дифференциальная форма содержания фракций органического вещества в почве, % от Собщ



Части POV: 1 – трудно-окисляемая, 2 – средне-окисляемая, 3 – легко-окисляемая, варианты: 1 – контроль, 2 – Навоз 10 т/га, 3 – NPK экв. 10 т/га навоза, 4 – Навоз 5 т/га + NPK экв. 5 т/га навоза

Рис 2. Качественный состав почвенного органического вещества

На фоне применения органических удобрений отмечается некоторое повышение легкоразлагаемой части органического вещества в почве в сравнении с контролем. Совместное применение органических и минеральных удобрений способствует незначительному повышению трудногидролизуемой части органического вещества. Дальнейшие исследования помогут более полно выявить тенденции влияния систем применения удобрений на качественный состав органического вещества пахотных почв.

N.M. Mudrykh¹, V.R. Yamaltdinova², D.G. Shishkov²

¹Perm GATU, Perm, Russia

²Perm FRC UB RAS, Perm, Russia

CHANGES IN THE HUMUS COMPOSITION OF SOD-PODZOLIC SOIL AT DURING LONG APPLICATION OF FERTILIZERS

Abstract. The qualitative composition of the organic matter of sod-podzolic heavy loamy soil was determined in a long-term stationary experiment. In general, the experiment showed a low content of easily oxidized fraction, which indicates an unstable type of organic matter. In the variant with the use of manure, a certain increase in the indicated fraction was established.

Keywords: agrosod-podzolic soil, qualitative composition of organic matter, manure, mineral fertilizers

УДК 633.16+631.82

В.Р. Олехов¹, И.С. Тетерлев²

¹ФГБОУ ВО Пермский ГАТУ, Пермь, Пермский край, Россия

²ООО «Терминал-Лысьва», Кунгур, Пермский край, Россия

e-mail: olekhovr@yandex.ru; igo5540@yandex.ru

УРОЖАЙНОСТЬ ЯРОВОГО ЯЧМЕНЯ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ МИНЕРАЛЬНОГО ПИТАНИЯ

Аннотация. Было отмечено существенное повышение урожайности ячменя при выращивании по пласту бобовых предшественников. Дополнительное фосфорно-калийное питание усиливало эффективность предшественников. Бессменное возделывание ячменя было эффективно только при внесении минерального азота.

Ключевые слова: ячмень, урожайность, минеральные удобрения, предшественники, клевер, люпин.

В настоящее время количество вносимых минеральных удобрений под зерновые культуры в Пермском крае составляет 25 кг/га, что значительно меньше рекомендуемых доз [3]. Во многом данная проблема спровоцирована ростом цен на минеральные удобрения. Внесение в почву недостаточного количества минеральных удобрений обуславливает низкую урожайность [6]. Так в по данным 2018 года средняя урожайность зерновых в Пермском крае составила 1,52 т/га [3]. При этом урожайность интенсивных сортов ячменя может достигать 6 т/га зерна и более при оптимальном минеральном питании [8].

Цель исследований: выявить наиболее эффективные сочетания минеральных удобрений и предшественников для повышения урожайности ячменя.

Исследования были проведены в 2012-2014 гг. на опытном поле ФГБНУ Пермского НИИСХ в Пермском крае. Изучаемая культура ячмень. Почва дерново-мелкоподзолистая окультуренная тяжелого гранулометрического состава. Схема опыта: фактор А – предшественник (1 – бессменный ячмень; 2 – клевер луговой 2 г.п.; 3 – узколистный люпин при возделывании на зерно); фактор В – минеральные удобрения (1 – без удобрений; 2 – N₆₀; 3 – P₃₀K₆₀; 4 – N₆₀P₃₀K₆₀). Повторность опыта

трехкратная. Размещение делянок в опыте методом расщепленных делянок. Учетная площадь опытной делянки – 46 м², общая – 75 м². В качестве удобрений использовали аммонийную селитру, простой суперфосфат и калий хлористый. В опыте использованы районированные сорта: ячмень – Родник Прикамья, клевер луговой – Лобановский, люпин узколиственный – Дикаф-14. Учет урожайности проводили методом прямого комбайнирования зерновым комбайном Сампо. Статистическую обработку данных проводили с использованием методики дисперсионного анализа в редакции Б.А. Доспехова [1].

На урожайность ячменя существенно повлияли как минеральные удобрения, так и предшественники (табл.).

Самую низкую урожайность 1,52 т/га показал вариант без удобрений в сочетании с бессменным возделыванием ячменя, что обусловлено недостатком элементов питания, в особенности азота. При этом, внесение под бессменный ячмень 60 кг/га минерального азота более чем в два раза повысило урожайность зерна, что говорит о высокой отзывчивости ячменя на усиление азотного питания.

Таблица

Урожайность ярового ячменя в зависимости от минеральных удобрений и предшественников в среднем за 2012-2014 гг., т/га

Минеральные удобрения (фактор В)	Предшественник (фактор А)			Среднее по фактору В
	бессменный ячмень	клевер луговой 2 г.п.	люпин узколиственный	
1. Без удобрений	1,52	3,65	2,54	2,57
2. N ₆₀	3,40	3,54	3,27	3,40
3. P ₃₀ K ₆₀	1,77	4,00	2,78	2,85
4. N ₆₀ P ₃₀ K ₆₀	3,51	3,56	3,15	3,41
Среднее по фактору А	2,55	3,69	2,94	3,06
НСР ₀₅ главных эффектов	для фактора А			0,35
	для фактора В			0,25
НСР ₀₅ частных различий	для фактора А			0,69
	для фактора В			0,44

Фосфорно-калийное удобрение при бессменном возделывании ячменя, практически не оказало положительного влияния при отсутствии азота. Совместное применение фосфора и калия с азотом напротив было крайне эффективно.

Наиболее значительное повышение урожайности ячменя было отмечено при выращивании ячменя по пласту клевера лугового второго года пользования. При этом различия между вариантами были менее заметны в сравнении с вариантами с другими предшественниками. Так внутри варианта различия в урожайности составили не более 11,5% при разных фонах минерального питания. Наиболее высокую урожайность достоверно показал вариант с фосфорно-калийным удобрением, которая оказалась максимальной в опыте 4 т/га. В данном случае эффективность обусловлена высокой азотфиксирующей способностью клевера лугового, который является одним из лидеров среди бобовых культур по аккумуляции биологического азота [4, 7].

Возделывание ячменя по предшественнику люпину узколистному на зерно также оказало существенное влияние на урожайность в сравнении с бессменной культурой ячменя. В данном варианте хорошо прослеживалось действие предше-

ственника. Так, в варианте без применения азотных удобрений, прибавка урожайности зерна к бессменному ячменю составила 1 т/га, как без удобрений, так и при фосфорно-калийном питании, что говорит о высокой интенсивности процесса симбиотической фиксации азота в клубеньках люпина [2, 5].

В заключении стоит отметить хорошую отзывчивость ячменя на азотное питание. Проведенный опыт показал высокую эффективность бобовых предшественников на дерново-подзолистой почве при выращивании ячменя. Было отмечено существенное повышение урожайности ячменя по пласту клевера лугового и люпина узколистого при выращивании на зерно. Было выявлено, что сочетание бобовых предшественников и фосфорно-калийных удобрений может быть эффективнее одностороннего азотного и полного минерального удобрения.

Литература

1. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М.: Агропромиздат, 1985. 351 с.
2. Яговенко Г.Л., Яговенко Л.Л. Оценка люпина как предшественника яровых колосовых культур // Земледелие. 2008. №7. С. 32-33.
3. Пермский край в цифрах. 2018: Краткий статистический сборник / Территориальный орган Федеральной службы государственной статистики по Пермскому краю. Пермь, 2018. 182 с.
4. Постников П.А., Попова В.В. Продуктивность клевера в полевых севооборотах // Пермский аграрный вестник. 2014. № 2. С. 29-34.
5. Васильчиков А.Г. Сравнительная оценка размеров симбиотической азотфиксации зернобобовых культур // Земледелие. 2014. № 14. С. 8-11.
6. Хачидзе А.С., Мамедов М.Г. Отзывчивость зерновых культур различных сортов на минеральные удобрения // Агрохимия. 2004. № 11. С. 27-33.
7. Холзаков В.М. Достоинства клевера лугового // Земледелие. 2001. № 5. С. 28. <https://knoema.ru/> [Электронный ресурс].

V.R. Olekhov¹, I.S. Teterlev²

¹FSBEI HE Perm SATU, Perm, Perm krai, Russia

²LLC «Terminal-Lysva» Kungur, Perm krai, Russia

e-mail: olekhovr@yandex.ru, igo5540@yandex.ru

YIELD OF SPRING BARLEY DEPENDING ON MINERAL NUTRITION

Abstract. A significant increase in barley yield when grown after legume forecrops was noted. Additional phosphorus-potassium nutrition increased the effectiveness of the preceding crops. Monoculture of barley was effective only with the mineral nitrogen application.

Keywords: *barley, yield, mineral fertilizers, forecrops, clover, lupine.*

References

1. Armor B.A. The methodology of field experience (with the basics of statistical processing of research results). M.: Agropromizdat, 1985.351 p.
2. Yagovenko G.L., Yagovenko L.L. Evaluation of lupine as a precursor to spring ears of crops // Agriculture. 2008. No. 7. P. 32-33.
3. Perm Territory in numbers. 2018: Brief statistical compilation / Federal State Statistics Service for the Perm Krai. Perm, 2018.182 p.
4. Postnikov P.A., Popova V.V. Clover productivity in field crop rotations // Perm Agrarian Bulletin. 2014. No. 2. P. 29-34.
5. Vasilchikov A.G. Comparative evaluation of the sizes of symbiotic nitrogen fixation of leguminous crops // Agriculture. 2014. No. 14. P. 8-11.
6. Khachidze A.S., Mamedov M.G. Responsiveness of various crops to mineral fertilizers // Agrochemistry. 2004. No. 11. P. 27-33.
7. Kholzakov V.M. Advantages of meadow clover // Agriculture. 2001. No. 5. P. 28. <https://knoema.ru/> [Electronic resource].

В.Н. Слюсарев¹, А.В. Осипов¹, А.П. Пинчук²

¹ФГБОУ ВО Кубанский ГАУ, Краснодар, Россия

²ФГБОУ ВО Кубанский ГТУ, Краснодар, Россия

АЛЬТЕРНАТИВНЫЕ АГРОТЕХНОЛОГИИ И КАТИОНООБМЕННАЯ СПОСОБНОСТЬ ЧЕРНОЗЕМОВ ВЫЩЕЛОЧЕННЫХ КУБАНИ

Аннотация. В центральной зоне Кубани в стационарном многофакторном полевом опыте изучено влияние интенсивной технологии выращивания сахарной свеклы на физико-химические свойства чернозема выщелоченного. Установлено увеличение показателей суммы обменных катионов и снижение почвенной кислотности.

Ключевые слова: чернозем выщелоченный, технологии выращивания, сахарная свекла, физико-химические свойства, урожайность, качество.

Введение. Изменения факторов и условий плодородия тесно связаны с превращениями, аккумуляцией, передачей энергии и веществ. Эти изменения могут быть как благоприятными для развития плодородия, так и отрицательными [3]. Целенаправленное изменение плодородия может быть ориентировано на создание оптимальных условий возделывания культурных растений. Получение максимальной продуктивности сельскохозяйственных культур связано с использованием интенсивных технологий, ослабляющих неблагоприятные погодные условия через регулирование почвенных режимов и свойств. В силу различных факторов и, особенно экономических, не все хозяйства могут себе позволить максимизацию почвенного плодородия. В связи с этим, становится актуальным вопрос применения агрономических технологий различной степени интенсификации, которые были бы доступными для хозяйств с различными формами собственности и финансовыми возможностями. Однако, использование альтернативных технологий неоднозначно влияет на свойства почвы, особенно, ее поглотительную способность. С величиной и составом почвенного поглощающего комплекса (ППК) связаны главные физико-химические свойства почвы: сумма обменных катионов, емкость катионного обмена (ЕКО), степень насыщенности основаниями, состав почвенного раствора.

Обменные катионы в черноземах выщелоченных представлены главным образом элементами I и II групп периодической системы. В кислых почвах значительную роль играют ионы H^+ и Al^{3+} . В обменной форме в почвах находятся и многие микроэлементы: ионы Zn^{2+} , Cu^{2+} , Mn^{2+} и др. Эти формы микроэлементов учитывают при оценке их доступности растениям, но на физические и физико-химические свойства почвы и почвенного раствора они практически не влияют [5,9].

Наиболее подробно катионный обмен изучен для катионов Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ и Na^+ . Открытое Г.С. Томпсоном и впервые изученное Дж. Уэем явление обмена катионов в почвах оказало исключительно большое влияние на развитие химии почв и генетического почвоведения [4,5].

Спровоцированные человеком деградационные процессы создают предпосылки для неблагоприятного воздействия на состояние почвенного поглощающего комплекса, представленным минеральными, органическими и органо-минеральными коллоидами.

Минеральные коллоиды связаны с гранулометрическим и минералогическим составом, которые изменяются во времени очень медленно. В чернозёме выщело-

ченном Кубани идёт медленный процесс иллитизации, когда монтмориллонит поглощает калий и трансформируется в иллит. Внося в почву хлористый калий, мы способствуем в какой-то мере усилению этого процесса. Нарушение баланса между монтмориллонитом и каолинитом в пользу последнего приводит к каолинитизации или «старению» почвы [7,8].

Органические и органо-минеральные коллоиды чернозёма преимущественно состоят из гумусовых кислот и их солей, в основном гуматов кальция, которые слабо растворимы и способствуют накоплению гумуса. Поэтому при потере поглощающим комплексом кальция снижается содержание гумуса. Внесение больших доз органических удобрений способствует увеличению количества гумуса, но низкого качества, с преобладанием фульвокислот, которые образуют растворимые соли – фульваты, легко минерализуются и даже вымываются осадками вместе с кальцием [7,8]. Кроме этого, потери кальция усиливают минеральные удобрения, содержащие одновалентные анионы (NH_4NO_3 , KCl). Нитраты и хлориды, вымываясь из почвы, выносят с собой эквивалентное количество кальция. Его место занимает водород, подкисление ещё больше уменьшает отрицательный заряд коллоидов, что приводит к уменьшению суммы обменных оснований. Следовательно, кальций и качественный гумус (богатый гуминовыми кислотами) обеспечивают высокую буферность почв, оптимальную реакцию, стабилизируют почвенно – поглощающий комплекс, агрегируют черноземы.

Таким образом, почвенно-поглощающий комплекс это своеобразный «стратегический центр управления» почвенной системой, что необходимо учитывать при разработке новейших технологий возделывания сельскохозяйственных культур.

Целью исследований было установить особенности влияния альтернативных по интенсификации агротехнологий на физико-химическую поглотительную способность чернозёмов выщелоченных при выращивании сахарной свеклы в системе агроэкологического мониторинга.

Объекты и методы исследования. Исследования проводились в стационарном многофакторном опыте на опытном поле Кубанского госагроуниверситета, расположенном в зоне неустойчивого увлажнения на выщелоченном слабогумусном сверхмощном легкоглинистом черноземе, в 11-польном зернотравяно-пропашном севообороте [1]. В 2018 году на 1 поле возделывалась сахарная свекла, гибрид «Евгения».

В связи с изучением четырех факторов в схеме опыта принята специальная индексация вариантов в четырех градациях: первая цифра – уровень условного плодородия почвы – А, вторая – норма удобрения – В, третья – система защиты растений – С. Основная часть наблюдений, учетов и анализов в наших исследованиях проводились на вариантах, условно названных: 000 – экстенсивная, 111 – беспестицидная, 222 – экологически допустимая, 333 – интенсивная [1].

При закладке стационарного опыта в начале 1-й (1992 г.), 2-й (2004 г.) и третьей (2016 г.) ротации севооборота путем последовательного внесения возрастающих доз навоза КРС и суперфосфата создали четыре модели уровней плодородия почвы (А): A_1 – 200 кг/га P_2O_5 и 200 т/га подстильного навоза; A_2 – дозы удобрений удваивались; A_3 – утраивались; A_0 – естественный фон плодородия.

Нормы удобрения (фактор В) определились на основе балансового метода с учетом планируемой урожайности, требуемого качества продукции, заданных темпов повышения плодородия, благоприятного состояния окружающей среды. Средняя норма удобрения (B_2) составлена на основе рекомендаций по применению удобрений в Северо-Кавказском экономическом регионе и соответствует уровню нынешнего применения удобрений в отдельных хозяйствах центральной зоны

Краснодарского края. Минимальная норма (B_1) в два раза меньше и высокая (B_3) – в два раза больше, чем средняя норма удобрений. Минеральные удобрения, используемые в опыте в 2018 г.: аммофос, аммонийная селитра, калий хлористый, мочевины, азофоска.

Третьим фактором (С), изучаемым в опыте, была система защиты растений от сорняков, вредителей и болезней. Она строилась с учетом экологического порога их вредоносности: C_0 – без применения средств защиты растений, C_1 – биологическая система защиты растений от болезней и вредителей, C_2 – химическая защита от сорняков, C_3 – химическая защита от болезней, вредителей и сорняков.

Исследования проводились на фоне трех способов обработки почвы (D): D_0 – без обработки, D_1 – безотвальная (почвозащитная), D_2 – рекомендуемая (применяемая в зоне) и D_3 – отвальная с периодическим глубоким рыхлением (до 70 см дважды за ротацию).

В 2018 году продолжено исследование физико-химических свойств чернозема выщелоченного в системе агроэкологического мониторинга: суммы обменных оснований (S), гидролитической (H_T) и активной (pH_{H_2O}) почвенной кислотности, емкости катионного обмена (ЕКО) и степени насыщенности основаниями (V).

Результаты и обсуждение. Различные по степени интенсификации технологии возделывания сельскохозяйственных культур оказали неоднозначное влияние на физико-химические свойства чернозёма выщелоченного.

Установлено существенное увеличение суммы обменных катионов только на варианте с применением интенсивной технологии (таблица 1). В пахотном и подпахотном слое увеличение этого показателя составило 2,56 – 3,10 мг-экв. на 100 г почвы или 7,3-9,0% относительно контрольного варианта (000). На других опытных вариантах (111,222) отмечена только тенденция к увеличению суммы обменных оснований. Большую роль в обменных реакциях отведена катиону водорода, который благодаря высокой активности к внедрению в почвенный поглощающий комплекс, может вытеснять катионы кальция. Этому способствуют и используемые в стационарном опыте минеральные удобрения, содержащие одновалентные катионы и анионы (NH_4NO_3 , KCl): они усиливают гидрофильные свойства гумусовых кислот (пептизацию) и их миграцию в ниже лежащие горизонты. Анионы NO_3^- , Cl^- , вымываясь из почвы, выносят с собой эквивалентное количество кальция.

Таблица 1.

**Действие технологий выращивания сахарной свеклы
на физико-химические свойства почвы**

Код варианта опыта	Слой, см	Сумма обменных оснований	Емкость катионного обмена	Гидро-литическая кислотность	Степень насыщенности основаниями, %	Активная кислотность (pH_{H_2O})
		мг – экв. на 100 г почвы				
000	0-30	35,07	38,73	3,66	90,6	6,87
	30-60	34,33	37,86	3,53	90,7	7,03
111	0-30	35,07	38,94	3,87	90,1	6,88
	30-60	34,23	38,10	3,87	89,8	6,91
222	0-30	35,97	38,82	2,85	92,7	6,95
	30-60	36,33	39,22	2,89	92,6	7,09
333	0-30	37,60	40,49	2,89	92,9	7,34
	30-60	37,43	40,37	2,94	92,7	6,90
НСР ₀₅	0-30	1,65	—	0,46	—	0,47
	30-60	2,09	—	1,08	—	0,35

Результаты определения гидролитической кислотности свидетельствуют о существенном снижении ее уровня на варианте с применением интенсивной технологии (000). В пахотном и подпахотном слое величина ее снизилась, соответственно, на 0,81 и 0,77 мг – экв. на 100 г. почвы, что составило 22 и 21% относительно варианта с применением экстенсивной технологии (000).

Количественные изменения гидролитической кислотности и суммы обменных оснований нашли свое отражение в показателях емкости обменных оснований и степени насыщенности ППК основаниями. Емкость обменных оснований значительно возросла на варианте с применением интенсивной технологии, что объясняется пополнением ППК, прежде всего, основными катионами и уменьшением содержания катионов водорода. В связи с этим, возросла и степень насыщенности основаниями.

Активная кислотность, как и гидролитическая, по мере интенсификации технологий имела тенденцию к снижению. На варианте с применением интенсивной технологии показатели pH_{H_2O} увеличивались на 0,45 единиц, что составило 6,6% относительно контроля. Следует отметить, что изменяемые параметры свойств почв, используемых в сельскохозяйственном производстве, подразделяются на фактические, которые характерны для преобладающей массы почв среднего уровня плодородия (при среднем уровне земледелия) и оптимальные (или эталонные), реально достигнутые в хозяйственных условиях при целенаправленном антропогенном воздействии на них. Показатели кислотности являются наиболее вариабельными параметрами состояния системы почва – раствор. Приобретая кислотность, чернозёмы выщелоченные снижают величину суммы обменных оснований, так как гуминовые и фульвокислоты, являясь отрицательно заряженными коллоидами, при подкислении понижают свой электрический потенциал и способность обменно поглощать и удерживать катионы [6,7].

Важную роль в создании агрономических технологий играет система обработки почвы, которая изменяя воздушный, водный и окислительно-восстановительный режимы почвы, влияет и на катионный обмен. В опыте применялась безотвальная (D_1), рекомендуемая отвальная в сельскохозяйственной зоне (D_2) и отвальная (D_3) с последствием глубокого рыхления основная обработка почвы (таблица 2).

Таблица 2

Действие систем основной обработки почвы при возделывании сахарной свеклы на физико-химические свойства чернозема выщелоченного

Код варианта опыта	Слой, см	Сумма обменных оснований	Емкость катионного обмена	Гидролитическая кислотность	Степень насыщенности основаниями, %	Активная кислотность (pH_{H_2O})
		мг – экв. на 100 г почвы				
D_1	0-30	35,45	38,86	3,41	91,2	6,83
	30-60	35,82	39,51	3,69	90,7	6,84
D_2	0-30	35,95	39,36	3,41	91,3	6,92
	30-60	35,05	38,25	3,20	91,6	6,94
D_3	0-30	36,38	39,51	3,13	92,1	7,05
	30-60	35,88	38,91	3,03	92,2	7,16
HCP_{05}	0-30	1,43	—	0,21	—	0,42
	30-60	1,81	—	0,91	—	0,30

Существенно снизилась величина гидролитической кислотности лишь на варианте с применением отвального с периодическим (два раза за ротацию) глубоким рыхлением почвы: в слое 0 – 30 см на 6,15%, а в слое 30 – 60 см – на 5,31%.

Результаты изучения действия технологий выращивания сахарной свеклы на ее урожайность показали эффективность только варианта с применением беспестицидной технологии (111). Прибавка урожая составила 11,7 ц/га или 4,2% относительно варианта с применением экстенсивной технологии (таблица 3).

Таблица 3

Урожайность корнеплодов сахарной свеклы в зависимости от технологий выращивания, %

Код фактора технологий (А)	Код фактора систем обработки почвы (D)			Среднее значение по фактору “А” (НСР ₀₅ = 6,56)
	D ₁	D ₂	D ₃	
000	272	286	285	281,0
111	292	296	290	292,7
222	274	280	281	278,3
333	281	287	285	284,3
Среднее значение по фактору “D” (НСР ₀₅ = 5,68)	279,7	287,3	285,3	

Анализ содержания сахара в корнеплодах сахарной свеклы, показал, что интенсификация технологий ее выращивания способствовала уменьшению этого показателя. На вариантах с применением беспестицидной (111), экологически допустимой (222) и интенсивной технологии (333) количество сахара уменьшилось, соответственно на 0,8; 1,3 и 1,2% или на 3,7; 5,9 и 5,5% относительно контрольного варианта (таблица 4).

Таблица 4

Содержание сахара в корнеплодах сахарной свеклы в зависимости от технологий выращивания, %

Код фактора технологий (А)	Код фактора систем обработки почвы (D)			Среднее значение по фактору “А” (НСР ₀₅ = 0,34)
	D ₁	D ₂	D ₃	
000	21,8	21,9	21,6	21,8
111	21,0	20,8	21,1	21,0
222	20,5	20,3	20,6	20,5
333	20,4	20,6	20,8	20,6
Среднее значение по фактору “D” (НСР ₀₅ = 0,30)	20,9	20,9	21,0	

Выводы. В погодно – климатических условиях 2018 года выявлено положительное влияние интенсивной технологии выращивания сахарной свеклы на физико – химические свойства пахотного и подпахотного слоя чернозема выщелоченного слабогумусного сверхмощного Кубани.

Установлено существенное увеличение суммы обменных оснований (на 7,3 – 9,0%) и снижение уровня гидролитической и активной кислотности, соответственно на 22-21,% и 6,6% относительно варианта с применением экстенсивной технологии. Эти тенденции подтверждаются также увеличением ёмкости катионного обмена и степени насыщенности основаниями по мере интенсификации технологий.

Системы основной обработки почвы (отвальные и безотвальные), используемые в технологиях выращивания сахарной свеклы, не оказали влияния на обменные процессы и состояние почвенного поглощающего комплекса.

Высокая интенсификация технологий выращивания сахарной свеклы не оказала существенного влияния на величину урожайности корнеклубней и содержания в них сахара.

Литература

1. Агроэкологический мониторинг в земледелии Краснодарского края. Краснодар, 1997. 236 с.
2. Завалин А.А., Дридигер В.К., Белобров В.П., Юдин С.Л. Азот в черноземах при традиционной технологии обработки и прямом посеве // Почвоведение. 2018. №12. С. 1506-1516.
3. Ковда В.А. Проблемы защиты почвенного покрова и биосферы планеты. Пушкино: ОНТИ НЦБИ АН СССР, 1989. 156 с.
4. Паников В.Д., Минеев В.Г. Почва, климат, удобрение и урожай. М.: Колос, 1977. 412 с.
5. Слюсарев В.Н., Онищенко Л.М., Осипов А.В. Современное состояние почв Северо-Западного Кавказа // Тр. Кубанского ГАУ. 2013. № 42. С. 99-103.
6. Томпсон Л.М., Троу Ф.Р. Почвы и их плодородие М.: Колос, 1982. 462с.
7. Трофимова Г.А., Коржов С.И., Гулевский В.А., Образцов В.Н. Оценка степени физической деградации и пригодности черноземов к минимализации основной обработки почвы. // Почвоведение. 2018. №9. С. 1125-1131.
8. Цховребов В.С. Агрогенная деградация чернозёмов Центрального Предкавказья. Ставрополь: Изд-во СтГАУ «Агрус», 2003. 224 с.
9. Юдина А.В. и др. От понятия элементарной почвенной частицы к гранулометрическому и микроагрегатному составу. // Почвоведение. 2018. №11. С. 1340-1362.

V.N. Slyusarev¹, A.V. Osipov¹, A.P. Pinchuk²

¹Kuban State Agrarian University, Krasnodar, Russia

²Kuban State Technological University, Krasnodar, Russia

ALTERNATIVE AGRICULTURAL TECHNOLOGIES AND CATION-EXCHANGE CAPACITY OF LEACHED CHERNOZEM OF THE KUBAN

Abstract. The influence of intensive technology of sugar beet cultivation on the physical and chemical properties of leached chernozem was studied in a stationary multifactor field experiment in the Central zone of the Kuban. An increase in the amount of exchange cations and a decrease in soil acidity were established.

Keywords: *leached chernozem, cultivation technologies, sugar beet, physical and chemical properties, yield capacity, quality.*

References

1. Agro-environmental monitoring in agriculture of Krasnodar Krai. Krasnodar, 1997. 236 p.
2. Zavalin A.A., Dridiger V.K., Belobrov V.P., Yudin S.L. Nitrogen in chernozem with traditional tillage technology and direct seeding // Soil science. 2018. №12. P. 1506-1516.
3. Kovda V.A. Protection problems of soil cover and biosphere of the planet. Pushchino: ONTI scbr, USSR, 1989. 156 p.
4. Pannikov V.D., Mineev V.G., Pannikov V.D. Soil, climate, fertilizer and crop. M.: Kolos, 1977. 412 p.
5. Slyusarev V.N., Onishchenko L.M., Osipov A.V. Current state of soils of the North-West Caucasus // Tr. Kuban state UNIVERSITY. 2013. № 42. P. 99-103.
6. Thompson L.M., Trow F.R. Soils and their fertility. Moscow: Kolos, 1982. 462 p.
7. Trofimova G.A., Korzhov S.I., Gulevsky V.A., Samples V.N. Assessment of physical degradation and suitability of chernozem to minimizing the basic soil tillage // Soil science. 2018. №9. P. 1125-1131.
8. Tskhovrebov V.S. Agrogenic degradation of chernozems of the Central Ciscaucasia. Stavropol: publishing House "Agрус", 2003. 224 p.
9. Yudina A.V. et al. From the concept of elementary soil particle to granulometric and microaggregate composition // Soil science. 2018. №11. P. 1340-1362.

А.Ю. Ташкинова, Е.С. Лобанова
ФГБОУ ВО Пермский ГАТУ, Пермь, Россия

АГРОФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПОЧВ НА ТЕРРИТОРИИ ЗЕМЕЛЬНЫХ УЧАСТКОВ ФГБОУ ВО ПЕРМСКИЙ ГАТУ

Аннотация. Проведена оценка агрофизических свойств в дерново-подзолистой, дерново-бурой и дерново-карбонатной почвах земельных участков ФГБОУ ВО Пермского ГАТУ. Плотность пахотных слоев изменяется от рыхлой до сильно уплотненной, общая пористость удовлетворительная и неудовлетворительная для пахотного слоя. По гранулометрическому составу данные почвы средние суглинки и глины.

Ключевые слова: плотность, пористость, гранулометрический и агрегатный состав, липкость, пластичность.

Агрофизические свойства почв являются важнейшими показателями ее плодородия. Они влияют на условия роста и развития растений, на сроки и качество обработки почв. Поэтому знание агрофизических характеристик почвы и умение их регулировать, необходимы для расширенного воспроизводства плодородия почв, повышения урожайности сельскохозяйственных культур [3, 4-7].

Цель исследования – оценить агрофизические свойства дерново-подзолистых, дерново-бурых и дерново-карбонатных почв земель ФГБОУ ВО Пермского ГАТУ.

Анализ агрофизических свойств почв проводился на кафедре почвоведения ФГБОУ ВО Пермский ГАТУ по общепринятым методикам [1].

Почвы земельных участков ФГБОУ ВО Пермского ГАТУ находятся в Пермском крае в Пермском районе, который характеризуется умеренно-континентальным климатом. Центральная часть территории выровнена, а северная и восточная глубоко изрезана овражно-балочной сетью, находится в зоне смешанных лесов. Материнскими породами являются элювий пермских глин, элювий известняков и мергелей, покровные нелессовидные глины и суглинки и другие, по площади на территории преобладают дерново-подзолистые почвы [2].

Плотность пахотного слоя дерново-бурой почвы оценивается как уплотненная, дерново-карбонатной – рыхлая, дерново-подзолистой – очень сильно уплотнена, вниз по профилю наблюдается увеличение плотности (табл. 1). Общая пористость удовлетворительная (Робщ 52-54%) и неудовлетворительная (44%). Это значит, что на дерново-карбонатных почвах создаются лучшие условия для развития сельскохозяйственных культур, пахотный слой дерново-бурых и дерново-подзолистых почв необходимо рыхлить.

Из таблицы 2 видно, что пахотные слои дерново-бурой и дерново-неглубоко-подзолистой почвы имеют среднесуглинистый гранулометрический состав, дерново-карбонатной выщелоченной почвы глинистый.

Отличаются изучаемые почвы по преобладающим фракциям. Как дерново-бурая, так и дерново-подзолистая почвы имеют наибольшее содержание песчаной фракции, но на втором месте илистая и пылеватая фракции, соответственно.

Таблица 1

**Общие физические свойства почв земельных участков
ФГБОУ ВО Пермского ГАТУ**

Горизонт и глубина образца, см	d_v , г/см ³	d , г/см	P общ.,%
Раз. № 302 Дерново-бурая среднесуглинистая на элювии пермских глин			
А пах (0-26)	1,2	2,5	52
АВ (26-40)	1,1	2,4	54
В ₁ (40-57)	1,2	2,5	52
В ₂ (57-76)	1,3	2,5	48
ВС (76-89)	1,3	2,5	48
С (89-100)	1,4	2,6	46
Раз. № 10 Дерново-карбонатная выщелоченная малогумусная глинистая на двучленных отложениях			
Апах (0-24)	1,1	2,4	54
АВ (24-34)	1,2	2,5	52
В ₁ (34-60)	1,2	2,4	50
В ₂ (60-76)	1,2	2,4	50
ВС (76-91)	1,3	2,4	45
С (>91)	1,4	2,7	48
Раз. № 5 Дерново-неглубокоподзолистая среднесуглинистая на покровных отложениях			
А _{пах} (0-23)	1,3	2,3	44
А ₂ (23-43)	1,3	2,4	46
А ₂ В ₁ (43-55)	1,4	2,5	44
В ₁ (55-69)	1,4	2,5	44
В ₂ (69-101)	1,4	2,6	46
ВС(101-109)	1,4	2,6	46
С(109-120)	1,4	2,6	46

Таблица 2

**Гранулометрический состав почв
земельных участков ФГБОУ ВО Пермского ГАТУ**

Горизонт, гл-бина, см	Размер частиц, мм; содержание, %						
	1-0,25	0,25-0,05	0,05-0,01	0,0-0,005	0,005-0,001	<0,001	<0,01
Раз. № 302 Дерново-бурая среднесуглинистая на элювии пермских глин							
Апах (0-26)	2,2	44,1	19,9	5,1	8,0	20,7	33,8
АВ (26-40)	2,6	28,6	23,8	6,8	8,4	29,8	45,0
В ₁ (40-57)	0,6	36,9	22,4	3,8	6,9	29,4	40,1
В ₂ (57-76)	2,9	26,2	28,3	4,9	6,8	27,8	39,5
ВС (76-89)	2,0	31,7	26,4	4,5	8,8	26,6	39,9
С (89-100)	2,3	37,4	20,0	6,0	7,5	26,8	40,3
Раз. № 10 Дерново-карбонатная выщелоченная малогумусная глинистая на двучленных отложениях							
Апах (0-24)	2,4	16,9	23,5	10,8	15,2	31,3	57,3
АВ (24-34)	1,4	20,2	17,2	8,6	21,2	31,5	61,3
В ₁ (34-60)	0,1	17,2	17,0	10,8	21,8	33,0	65,6
В ₂ (60-76)	0,3	13,9	19,0	9,1	24,0	33,7	66,8
ВС (76-91)	0,2	30,3	31,0	5,1	12,2	21,2	38,5
С (>91)	1,2	59,2	20,0	3,1	2,8	13,7	19,6
Раз. № 5 Дерново-неглубокоподзолистая среднесуглинистая на покровных отложениях							
А _{пах} (0-23)	9,4	36,6	20,1	14,3	14,8	8,1	37,2
А ₂ (23-43)	11,4	34,6	22,2	11,8	10,4	9,6	31,8
А ₂ В ₁ (43-55)	10,8	34,0	25,1	10,2	18,6	7,0	36,0
В ₁ (55-69)	3,4	33,9	27,5	8,0	20,0	7,1	35,1
В ₂ (69-101)	3,0	36,0	27,0	10,6	20,1	6,6	37,3
ВС(101-109)	1,2	34,7	26,9	10,0	21,2	7,1	37,3
С(109-120)	1,9	25,9	37,2	9,3	18,4	7,3	35,0

Дерново-карбонатная почва илесто-крупнопылевая по дополнительному названию. В почвообразующей породе дерново-карбонатной почвы уменьшается содержание ила и увеличивается песчаной фракции, что характерно для элювия известняков. В профиле дерново-подзолистой почвы наблюдается дифференциация физической глины по элювиально-иллювиальному типу, в элювиальном горизонте 31,8%, иллювиальном – 37,3%.

Наиболее агрономически ценные макроагрегаты размером 0,25 – 10 мм, их содержание в почвенных разрезах варьирует от 29 до 51%, за исключением дерново-карбонатной почвы, где содержание агрономически ценных агрегатов 87,6, а водопрочных 73,3%– отличное структурное состояние (табл. 3).

Таблица 3

Агрегатный состав почв земельных участков ФГБОУ ВО Пермского ГАТУ

Горизонт, глубина, см	Размеры агрегатов, мм; содержание, %										К, %	А, %
	>10	10-7	7-5	5-3	3-2	2-1	1-0,5	0,5-0,25	<0,25	0,25-10		
Раз. № 302 Дерново-бурая среднесуглинистая на элювии пермских глин												
Апах (0-26)	<u>68,5</u> -	<u>2,5</u> -	<u>1,0</u> -	<u>4,5</u> 0,6	<u>7,8</u> 1,3	<u>14,0</u> 4,5	<u>0,3</u> 9,4	<u>0,4</u> 34,3	<u>2,1</u> 49,9	<u>29,4</u> 50,1	0,4	63
Раз. № 10 Дерново-карбонатная выщелоченная малогумусная глинистая на двучленных отложениях												
Апах (0-24)	<u>12,2</u> -	<u>14,8</u> -	<u>13,1</u> -	<u>23,2</u> 15,1	<u>20,5</u> 13,1	<u>14,8</u> 22,0	<u>0,4</u> 10,3	<u>0,8</u> 12,8	<u>0,2</u> 26,7	<u>87,6</u> 73,3	7,1	43 8
Раз. № 5 Дерново-неглубокоподзолистая среднесуглинистая на покровных отложениях												
Апах (0-28)	<u>48,4</u> -	<u>22,1</u> -	<u>11,3</u> -	<u>13,4</u> 2,4	<u>3,2</u> 1,6	<u>1,5</u> 2,2	<u>0,1</u> 5,1	= 31,5	= 57,2	<u>51,6</u> 42,8	1,1	37

Таблица 4

Физико-механические свойства дерново-бурых и дерново-карбонатных почв

Горизонт, см	Верхний предел пластичности, %	Нижний предел пластичности, %	Пластичность, %	Липкость г/см ²
Раз. № 302 Дерново-бурая среднесуглинистая на элювии пермских глин				
Апах (0-26)	27,77	21,09	6,68	4,38
А ₁ В (26-40)	25,77	20,47	5,30	2,74
В ₁ (40-57)	34,13	24,18	9,95	2,71
В ₂ (57-76)	28,28	20,21	8,07	2,46
ВС (76-89)	26,85	20,13	6,72	1,64
С (89-100)	26,41	19,21	7,20	1,85
Раз. № 10 Дерново-карбонатная выщелоченная малогумусная глинистая на двучленных отложениях				
Апах (0-24)	36,10	29,07	7,03	3,17
А ₁ В (24-34)	36,13	27,83	8,30	4,40
В ₁ (34-60)	42,28	28,72	13,56	2,39
В ₂ (60-76)	36,80	26,39	8,08	1,59
ВС (76-91)	37,79	26,11	11,4	1,00
С (>91)	31,27	0	0	3,19
Раз. № 5 Дерново-неглубокоподзолистая среднесуглинистая на покровных отложениях				
А _{пах} (0-23)	22,30	16,96	5,34	8,86
А ₂ (23-43)	21,81	15,50	6,31	10,94
А ₂ В ₁ (43-55)	23,81	17,65	6,16	15,60
В ₁ (55-69)	22,82	18,79	4,03	12,11
В ₂ (69-101)	23,98	18,20	5,78	14,67
ВС(101-109)	24,26	19,10	5,16	14,58
С(109-120)	24,11	20,11	5,00	14,50

Также по данным таблицы можно сказать, что дерново-карбонатная почва имеет отличное агрегатное состояние, так как имеют коэффициент структурности $>1,5$, дерново-подзолистая почва оценивается как хорошая и дерново-бурая почва имеет неудовлетворительное состояние агрегатов. По критерию водопрочности почва 10 разреза оценивается как хорошая, 302 –удовлетворительная, 5 – неудовлетворительная.

При механической обработке почв учитываются также пластичность и липкость. В нашей работе получились следующие результаты по данным свойствам (Таблица 4).

Дерново-карбонатная глинистая почва более пластична в верхней и средней части профиля, так как в ней выше содержание физической глины, по сравнению другими изучаемыми почвами. В почвообразующей породе ее пластичность равна нулю, этому способствует высокое содержание песчаных частиц. Дерново-бурая и дерново-неглубокоподзолистая почвы слабопластичные. По липкости изучаемые почвы слабо липкие разрезы 302 и 10, сильно липкие разрез 5.

Таким образом, на территории земельных участков ФГБОУ ВО Пермского ГАТУ преобладают почвы среднесуглинистого гранулометрического состава, который является оптимальным для роста и развития сельскохозяйственных культур. Общие физические свойства и структурное состояние наиболее благоприятны в пахотном слое дерново-карбонатной выщелоченной почвы.

Литература

1. Вадюнина А.Ф., Корчагина З.А. Методы исследования физических свойств почв и грунтов. М.: Высш. шк., 1986. 416 с.
2. Гилев В.Ю. Физика почв. Пермь: Пермская государственная сельскохозяйственная академия (ПГСХА), 2013. 48 с.
3. Леднев А.В. Влияние периода зарастания на изменение агрофизических показателей различных типов почв, расположенных на аккумулятивном направлении вещественно-энергетического потока. // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2017. №2(57). С. 28-34.
4. Самофалова И.А., Каменских Н.А., Kizilkaya R., Ashkin T. Влияние приемов основной обработки в южно-таежной подзоне на гумусное состояние дерново-подзолистой почвы // Пермский аграрный вестник. 2015. № 9 (14). С. 55-64.
5. Самофалова И.А. Влияние способов основной обработки на структурно-агрегатный состав дерново-подзолистой почвы в Нечерноземной зоне // Земледелие. 2019. № 1. С. 24–28. DOI: 10.24411/0044-3913-2019-10107.
6. Скрябина О.А., Боталов И.С. Физические свойства генетически различных почв Юсьвинского района Пермского края // Пермский аграрный вестник. 2014. № 4. С 51-56..
7. Цховребов В.С. Влияние различных способов обработки на содержание элементов питания и физические свойства почв. Кубань: КубГАУ, №77 (03), 2011. 11 с.

A.Yu. Tashkinova, E.S. Lobanova
Perm State Agro-Technological University, Perm, Russia

AGROPHYSICAL PROPERTIES OF SOIL ON THE LAND PLOTS OF PERM STATE AGRO-TECHNOLOGICAL UNIVERSITY

Abstract. The agrophysical properties in sod-podzolic, sod-brown and sod-carbonate soils of the land plots of Perm State Agro-Technological University are estimated. Plow-layer density varies from loose to highly compact; the total porosity is satisfactory and unsatisfactory for the plow layer. According to the granulometric composition, these soils are middle loamy and loamy.

Keywords: density, porosity, granulometric and aggregate composition, stickiness, plasticity.

References

1. Vadyunina A.F., Korchagina Z.A. Research methods of physical properties of soils and grounds. M.: Higher. school, 1986. 416 p.
2. Gilev V.Yu. Soil physics. Perm: Perm State Agricultural Academy (PSAA), 2013. 48 p.
3. Lednev A.V. Influence of overgrowth period on change in agrophysical indicators of various soil types located on the accumulative direction of real-energetic flow// Agricultural science of the Euro-North-East. 2017. No2 (57). S. 28-34.
4. Samofalova I.A., Kamenskikh N.Yu., Kizilkaya R., Ashkin T. Influence of primary tillage practices in south-taiga subzone on organic matter state in Sod-Podzolic Soil // Perm Agrarian Journal. 2015. № 9 (14). Pp. 55-64.
5. Samofalova I.A. Influence of Tillage Methods on Structural and Aggregate Composition of Sod-Podzolic Soil in the Non-Chernozem Zone. Zemledelije. 2019. No. 1. Pp. 24–28 (in Russ.). DOI: 10.24411/0044-3913-2019-10107.
6. Scriabin O.A., Botalov I.S. Physical properties of genetically various soils of the Yusvinsky district of Perm Krai // Perm Agrarian Bulletin. 2014. No 4. С 51-56.
7. Tskhovrebov V.S. Influence of various tillage methods on the content of nutrients and physical properties of soils. Kuban: Kuban State Agrarian University, No. 77 (03), 2011. 11 p. УДК 631.471 (571.54)

А.К. Уланов, Л.В. Будажапов, А.С. Билтуев
ФГБНУ Бурятский НИИСХ, Улан-Удэ, Россия
e-mail: global@burniish.ru

ИЗМЕНЕНИЕ МОРФОЛОГИЧЕСКИХ И АГРОХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ КАШТАНОВОЙ ПОЧВЫ ПРИ РАЗЛИЧНОМ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ПАШНИ В СУХОЙ СТЕПИ БУРЯТИИ

Аннотация. При разном характере использования пашни основные морфологические изменения генетических горизонтов характерны для мощности гумусового слоя и уровня залегания карбонатов, наибольшие значения которых отмечаются под залежью. В почве бессменного пара карбонаты подтягиваются к поверхности. Улучшение агрохимических свойств почвы в результате 29-летнего использования почвы происходит в ряду: пар бессменный → зернопаровой севооборот → залежь.

Ключевые слова: каштановая почва, севооборот, залежь, пар бессменный, морфологический профиль, агрохимические свойства.

В настоящее время, согласно процессу-эволюционного подхода к изучению агропедогенеза [1, 4, 7], наиболее адекватным методом сравнительного анализа почв является сопоставление разных рядов трансформации антропогенных почв в культуре. Изучаемые ряды должны различаться по деградации, окультуриванию или по влиянию каких-либо других форм воздействия. При таком методе сравнения нет необходимости в знании параметров природного профиля почв. В связи с этим, наиболее целесообразно изучать изменение морфологических и агрохимических свойств почвы под воздействием антропогенных и природных факторов в длительных стационарных опытах, в которых на высоком агрономическом уровне соблюдаются все агротехнические приемы и требования.

Изменение морфологических и агрохимических свойств каштановой почвы определяли на полевом стационаре Бурятского НИИСХ в типичном 4-польном зернопаровом севообороте (пар чистый – пшеница – овес – овес на зеленую массу), бессменном пару и выводе в залежь. Опыт заложен в 1984 году. В течении 29 лет наблюдали

единую для каждого варианта технологию. В севообороте применяли комбинированную систему обработки почвы, когда плоскорезные обработки по полям прерывали отвальной вспашкой в пару на 20-22 см. Бесменный пар поддерживали в чистом состоянии 5-6 культивациями за сезон. При выводе в залежь агротехнические работы с 1984 года не проводили. Повторность опыта 4-кратная, площадь делянок – 1400 м². Для изучения морфогенетической характеристики вариантов опыта закладывали почвенные разрезы, описание которых проводили по классификации и диагностики почв СССР [5]. Отбор почвенных образцов осуществляли по генетическим горизонтам. Проведены следующие анализы: гумус – ГОСТ 26213-91, подвижные соединения фосфора и калия – ГОСТ 26204-91, рН – ГОСТ 26483-85, обменный кальций и магний – ГОСТ 26423-85. Данные обрабатывали по Дмитриеву [2].

В профиле почвы по вариантам опыта (МО-4) выделены горизонты: А_{пах} мощностью 15-20 см; А_{п/пах} – от 15-20 до 30 см; В1 – от 21-30 до 63 см; В2_к (карбонатный) – от 43-63 см до 105 см и ВС_к – от 81-105 до 124-130 см (таблица), что соответствовало статистическим параметрам морфологических свойств каштановых почв Забайкалья [6].

Таблица

Изменение агрохимических показателей по генетическим горизонтам морфологического профиля почвы

Вариант опыта	Горизонт	Мощность, см	рН _{вод}	Гумус, %	ммоль/100 г		мг/100 г (по Чирикову)	
					Са	Mg	P ₂ O ₅	K ₂ O
Севооборот	А _{пах}	0-20	7,0	1,59	9,1	3,6	24,9	11,5
	А _{п/пах}	20-27	7,2	1,31	8,7	3,4	22,3	10,2
	В1	27-46	7,0	0,92	8,1	4,0	18,0	7,8
	В2 _к	46-95	7,7	0,65	6,1	2,9	12,0	5,7
	ВС _к	95-130	7,9	0,39	5,1	2,4	10,3	5,1
Залежь	А _{пах}	0-18	7,1	2,13	12,1	4,0	27,4	12,6
	А _{п/пах}	18-30	7,2	1,65	10,9	3,7	26,8	10,9
	В1	30-63	7,4	1,16	10,1	4,3	23,9	8,7
	В2 _к	63-105	7,8	0,74	9,3	3,8	14,2	7,0
	ВС _к	105-130	8,2	0,41	7,9	2,0	10,5	5,4
Пар бесменный	А _{пах}	0-15	6,8	1,39	8,8	2,1	17,5	9,7
	А _{п/пах}	15-21	7,0	1,18	8,5	2,2	14,8	8,4
	В1	21-43	6,9	0,87	8,0	2,8	12,3	6,7
	В2 _к	43-81	7,9	0,50	4,5	2,3	9,1	5,0
	ВС _к	81-124	8,0	0,34	4,4	1,4	8,3	3,8

В вариантах с обработкой почвы А_{пах} ограничивался плужной подошвой, обусловленный глубиной обрабатываемого слоя согласно технологии опыта. В бесменном пару мощность А_{пах} составила 15 см, а в зернопаровом севообороте 20 см. Сравнение между собой мощности гумусового слоя показало, что наибольшая его толщина отмечена под залежью, где она составила 30 см. Наименьшая мощность гумусового слоя - 21 см выявлена в бесменном пару, при промежуточной его толщине в зернопаровом севообороте – 27 см.

Карбонатный горизонт в вариантах составил 38-49 см. Наиболее высокий уровень залегания карбонатного слоя отмечался под бесменным паром – 43 см, несколько опущен под севооборотом – 46 см и понижен на глубину – 63 см в залежи, что делает их схожими с каштановыми почвами Кулундинской степи, которое объяснялось учеными [9] большей испаряемостью влаги с поверхности, не занятой растительно-

стью и куда подтягивались карбонаты. В залежи корневая система растений интенсивно использовала имеющуюся влагу из слоя 0-63 см и сдерживала тем самым восходящую миграцию карбонатов. В отличие от каштановых почв Кулунды, где карбонаты более концентрированы под многолетними травами и пшеницей, чем в бессменном пару, в условиях Бурятии большая их концентрация отмечалась в варианте длительного пара.

Реакция среды в верхних горизонтах во всех вариантах близка к нейтральной ($pH_{\text{вод}} 6,8-7,2$), а в нижних при переходе в карбонатные горизонты – щелочная ($pH_{\text{вод}} 7,7-8,2$), что соответствовало особенностям каштановых почв Забайкалья [3, 6].

Основное содержание гумуса почвы в вариантах опыта отмечалось в верхних горизонтах при постепенном его уменьшении по почвенному профилю. За почти тридцатилетний период бессменного парования содержание гумуса в пахотном горизонте составило – 1,39%, в подпахотном 1,18%, что обусловлено усилением биологической минерализацией органического вещества в результате интенсивных обработок и постоянном дефиците свежего растительного материала. В зернопаровом севообороте содержание гумуса в $A_{\text{пах}}$ выше – 1,59%, в подпахотном – 1,31%. Это связано регулярным поступлением в почву корневых и стерневых остатков зерновых культур [8-11]. В залежи при постоянном количестве гумусообразователей содержание гумуса существенно выше относительно как бессменного пара, так и зернопарового севооборота по всему почвенному профилю.

Наибольшая сумма поглощенных оснований зафиксирована в почве залежи, где в A – составила 16,1 ммоль/100 г почвы, постепенно снижаясь по профилю до 9,9 ммоль/100 г почвы в BC_k . Под бессменным паром и севооборотом данная величина в $A_{\text{пах}}$ меньше на 47,7 и 26,8% и опускалась в BC_k до 5,8 и 7,5 ммоль/100 г почвы соответственно. В составе поглощенных оснований преобладал катион кальция, на долю которого приходилось по почвенному профилю в бессменном пару 66,2-80,7%, в севообороте – 66,9-71,7 и залежи – 70,1-75,2%.

Обеспеченность по почвенному профилю подвижным фосфором уменьшалась в залежи и севообороте от очень высокого в $A_{\text{пах}}$ до повышенного в горизонтах $B2_k$ и BC_k , а в бессменном пару соответственно от высокого до среднего. Содержание обменного калия по профилю почвы уменьшалось в залежи и севообороте от высокого в $A_{\text{пах}}$ до среднего в горизонтах $B2_k$ и BC_k . В бессменном пару обеспеченность K_2O падала от повышенного до низкого.

Между агрохимическими показателями вариантов опыта: содержанием гумуса, суммой поглощенных оснований, количеством подвижного фосфора и обменного калия существуют тесные достоверные ($t_{\text{ф}} > t_{\text{ст}}$) корреляционные связи ($0,83 \pm 0,15 \dots 0,98 \pm 0,05$).

Таким образом, под влиянием различного использования пашни в морфологическом профиле каштановой почвы основные изменения характерны для мощности гумусового горизонта и уровня залегания карбонатов. Наибольшие их значения отмечены под залежью. В почве бессменного пара карбонаты подтягиваются к поверхности, и карбонатный горизонт становится более концентрированным. Вывод пашни в залежь восстанавливает потенциальное плодородие почвы, тогда как бессменное парование ведет к ухудшению агрохимических свойств почвы. Тесные корреляционные связи между агрохимическими показателями вариантов опыта достоверно и адекватно объясняют произошедшие изменения в результате различного использования пахотной почвы.

Литература

1. Герасимова М.В., Строганова М.Н., Можарова Н.В., Прокофьева Т.В. Антропогенные почвы. Генезис, география, рекультивация. М.: Ойкумена, 2003. 270 с.

2. Дмитриев Е.А. Математическая статистика в почвоведении. М.: Книжный дом «Либроком», 2009. 328 с.
3. Ишигинов И.А. Агрономическая характеристика почв Бурятской АССР. Улан-Удэ: Бур.кн. изд-во, 1972. 210 с.
4. Караваева Н.А. Агрогенные почвы: условия среды, процессы, свойства // Почвоведение. 2005. № 12. С. 1518-1529.
5. Классификация и диагностика почв СССР. М.: Колос, 1977. 225 с.
6. Куликов А.И., Дугаров В.И., Корсунов В.М. Мерзлотные почвы: экология, теплоэнергетика и прогноз продуктивности. Улан-Удэ: БНЦ СО РАН, 1997. 312 с.
7. Муха В.Д. Естественно-антропогенная эволюция почв (общие закономерности зональные особенности). М.: КолосС, 2004. 271 с.
8. Самофалова И.А., Мудрых Н.М. Агроэкологическая оценка органического вещества в дерново-подзолистых почвах Пермского края / Монография. МСХ РФ, ФГБОУ ВПО Пермская ГСХА. Пермь: Изд-во ФГБОУ ВПО Пермская ГСХА, 2015. 164 с.
9. Семендяева В.В. Влияние сельскохозяйственного использования на свойства почв Западной Сибири. Новосибирск, 2011. 168 с.
10. Уланов А.К., Будажапов Л.В., Билтуев А.С. Изменение содержания и состава органического вещества каштановой почвы под влиянием длительного агрогенного воздействия в условиях Бурятии // Агрохимия. 2017. № 9. С. 90-96.
11. Чимитдоржиева Г.Д. Органическое вещество холодных почв. Улан-Удэ: БНЦ СО РАН, 2016. 388 с.

A.K. Ulanov, L.V. Budazhapov, A.S. Biltuev
Buryat Scientific and Research Institute of Agriculture, Ulan-Ude, Russia

CHANGES IN MORPHOLOGICAL AND AGROCHEMICAL PROPERTIES OF CHESTNUT SOIL WITH DIFFERENT USE OF TILLED FIELD IN THE DRY STEPPE OF BURYATIA

Abstract. With different use of tilled field, the main morphological changes in genetic horizons are typical for thickness of humus layer and level of carbonate occurrence; their highest values are indicated under the deposit. In the soil of permanent fallow, carbonates are pulled to the surface. As a result of 29-year use of soil, the improvement of soil agrochemical properties occurs in a set: permanent fallow → grain-fallow crop rotation → deposit.

Keywords: chestnut soil, crop rotation, deposit, permanent fallow, morphological profile, agrochemical properties.

References

1. Gerasimov M.V., Stroganova M.N., Mozharova N.V., Prokofeva T.V., Anthropogenic soils. Genesis, geography, recultivation. М.: oikumena, 2003.270 p.
2. Dmitriev E.A. Mathematical statistics in soil science. М.: book house "Librokom", 2009. 328 PP.
3. Eshanov I.A. Agronomic characteristics of soils of the Buryat ASSR. Ulan-Ude, 1972. 210 p.
4. Karavaeva N.A. Agrogenic soils: environmental conditions, processes, properties // soil science. 2005. No. 12. Pp. 1518-1529.
5. Classification and diagnostics of soils of the USSR. М., 1977.225 PP.
6. Kulikov A.I., Dugarov V.I., Korsunov V.M. Permafrost soils: ecology, heat power engineering and productivity forecast. Ulan-Ude, 1997.312 PP.
7. Mukha V.D. Natural and anthropogenic evolution of soils (General regularities zonal features). М., 2004. 271 p.
8. Samofalova I.A., Mudrykh N.M. Agroecological assessment of organic matter in sod-podzolic soils of the Perm Territory / Monograph. Ministry of Agriculture of the Russian Federation, Perm State Agricultural Academy. Perm: Publishing house of FSBEI HPE Perm State Agricultural Academy, 2015.164 p.
9. Semendyaeva V.V. Influence of agricultural use on soil properties of Western Siberia. Novosibirsk, 2011. 168 p.
10. Ulanov A.K., Budazhapov L.V., Biltuev A.S. Changes in the content and composition of chestnut soil organic matter under the long-term agrogenic effect in Buryatia // Agrochemistry. 2017. No. 9. Pp. 90-96.
11. Chimitdorzhieva G.D. Organic matter of cold soils. Ulan-Ude, 2016.388 PP.

В.П. Фещенко
ФГБУ «ЦАС «Новосибирский», Новосибирск, Россия
e-mail: agros17@mail.ru

СОДЕРЖАНИЕ КАДМИЯ В ПОЧВАХ РАЗНЫХ ПРИРОДНО-ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКИХ РАЙОНОВ НОВОСИБИРСКОЙ ОБЛАСТИ

Аннотация. Проведён анализ многолетних данных валового содержания кадмия на реперных участках локального мониторинга. Дана экологическая оценка уровней концентрации кадмия в почвах сельскохозяйственных угодий разных природно-геоморфологических районов Новосибирской области.

Ключевые слова: тяжёлые металлы, почва, природно-геоморфологические районы, содержание кадмия, загрязнение.

Постановка проблемы. Атмосферные выбросы промышленных предприятий, автотранспорта и другие техногенные факторы, оказывают существенное влияние на загрязнение окружающей среды тяжёлыми металлами. При сельскохозяйственном использовании земель увеличивается антропогенная нагрузка на почвы за счёт внесения минеральных и органических удобрений, применения пестицидов. Попадая в почву, значительная часть тяжёлых металлов закрепляется в ней [3]. Намечающаяся тенденция к концентрированию в организме человека, относительно кларка биосферы, цинка, кадмия и свинца вызывает особую обеспокоенность [2].

В соответствии с ГОСТ 17.4.1.02-83 кадмий относится к первому классу опасности, поэтому наряду с другими тяжёлыми металлами и токсичными элементами он включен в международные и отечественные списки загрязняющих веществ, подлежащих контролю [5]. В микродозах кадмий необходим человеку, как и многие другие микроэлементы, но при повышенных концентрациях он очень токсичен [1]. Загрязнение почв кадмием подавляет ферментативную активность и ингибирует микробиологическую деятельность. Токсичность кадмия для растений проявляется в задержке роста, повреждении корневой системы, хлорозе листьев.

Для диагностики состояния экосистем, разработки стратегии рационального, экологически безопасного ведения сельскохозяйственного производства был проведён экологический мониторинг на реперных участках, расположенных на территории различных природно-геоморфологических районов Новосибирской области.

Методы проведения эксперимента. Исследования проводили на базе Федерального государственного бюджетного учреждения «Центр агрохимической службы «Новосибирский» на почвах сельскохозяйственных угодий Новосибирской области в соответствии с методическими указаниями по проведению локального мониторинга на реперных участках [4]. Образцы почвы отбирали ежегодно (2002-2011 гг.) весной с глубины пахотного горизонта на реперных участках, расположенных в пяти природно-геоморфологических районах Новосибирской области. На территории Приобского плато расположены три реперных участка, в Кузнецкой котловине – один, на территории Колывань-Томской возвышенности, Предсалаирской

равнины и Барабинской низменности – по два. Для распределения участков по природно-геоморфологическим районам использована схема морфоструктур Новосибирской области В.А. Хмелёва и А.А. Танасиенко [9].

В смешанных пробах почвы определяли валовое содержание кадмия. Испытания проб проводили в аккредитованной испытательной лаборатории ФГБУ «ЦАС «Новосибирский». Использовали метод атомно-абсорбционной спектроскопии с пламенной атомизацией. Экстракцию тяжёлых металлов из почвы проводили 5М (молярной) азотной кислотой в соответствии с методическими указаниями ЦИНАО [5]. Содержание цинка в почвенных вытяжках измеряли на атомно-абсорбционном спектрометре КВАНТ-АФА и КВАНТ-2АТ. Достоверность результатов испытаний и измерений подтверждали в соответствии с методическими указаниями параллельными испытаниями и использованием стандартных образцов.

Статистическую обработку данных проводили методами дисперсионного, вариационного и корреляционного анализов с использованием пакета программ SNEDECOR [7]. Достоверность различий между вариантами оценивали по критериям Фишера (F) и Стьюдента (t).

Описание результатов. Валовое содержание кадмия в пахотном слое существенно различалось в зависимости от района исследования (таблица). Анализ различия факторных средних показал, что разница по содержанию кадмия в почвах разных природно-геоморфологических районах значима ($P < 0,05$).

Таблица

Валовое содержание кадмия в пахотном слое почв разных природно-геоморфологических районов (2002-2011 гг.), мг/кг

Годы исследования	Геоморфоструктуры				
	Приобское плато	Кузнецкая котловина	Колывань-Томская возвышенность	Предсалаирская равнина	Барабинская низменность
2002	0,15	0,16	0,11	0,23	0,17
2003	0,15	0,16	0,12	0,22	0,17
2004	0,11	0,16	0,09	0,19	0,15
2005	0,07	0,13	0,07	0,13	0,10
2006	0,13	0,27	0,13	0,28	0,16
2007	0,25	0,40	0,19	0,45	0,32
2008	0,37	0,50	0,27	0,54	0,41
2009	0,35	0,45	0,24	0,42	0,32
2010	0,31	0,42	0,18	0,28	0,26
2011	0,28	0,56	0,22	0,55	0,24
среднее за 10 лет	0,22±0,03	0,32±0,05	0,16±0,02	0,33±0,05	0,23±0,03

$F_{\text{выч.}} - 8,01; F_{\text{табл.}} - 2,12; \text{станд. ошибка} - 0,04; \text{НСР}_{05} - 0,19; P < 0,05$

Наименьшее валовое содержание кадмия установлено в почвах пахотного горизонта Колывань-Томской возвышенности – 0,16 мг/кг. В Приобском плато и Барабинской низменности практически одинаковый уровень данного металла – 0,22 и 0,23 мг/кг соответственно. Одинаковое количество кадмия в двух других природно-геоморфологических районах: Кузнецкой котловине и Предсалаирской равнине, но уже в более высоких концентрациях – 0,32 и 0,33 мг/кг соответственно.

По данным А.И. Сысо [8] особенности формирования почвообразующих пород и почв разных природно-геоморфологических районов отражаются на среднем содержании элементов в верхнем слое (0-20 см) основных типов почв, формирующихся на разных формах рельефа.

Результатами исследований пахотного слоя почв разных природно-геоморфологических районов за 2002-2011 гг. установлено, что выявленные уровни концентрации кадмия по санитарно-гигиеническим нормам не представляют опасности, так как значительно ниже ориентировочно-допустимых концентраций (рисунк).

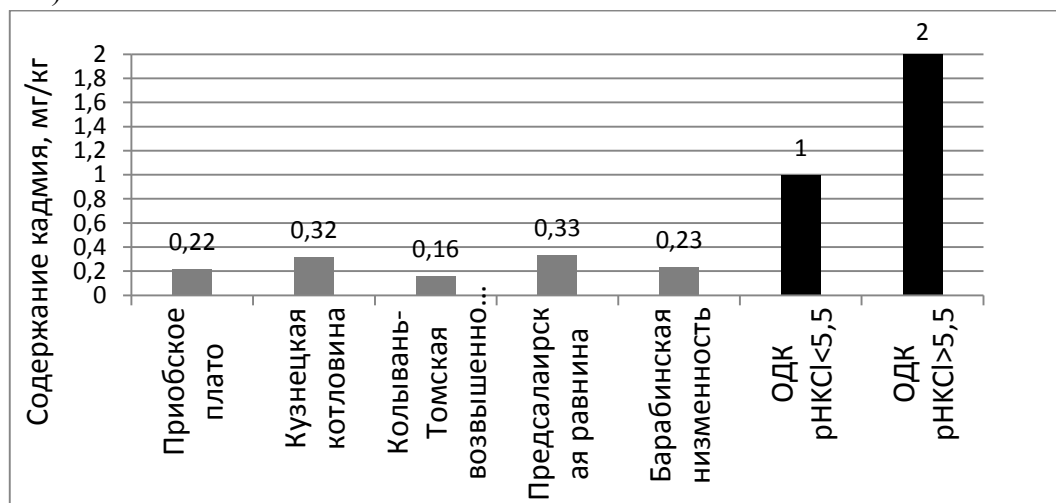


Рисунок. Среднее валовое содержание кадмия в пахотном слое почв разных геоморфоструктур (2002-2011 гг.), мг/кг

В суглинистых и глинистых почвах ОДК кадмия 1 мг/кг при $pH_{КСІ} < 5,5$; 2 мг/кг – при $pH_{КСІ} > 5,5$ [6].

Выводы. Исследованиями пахотного слоя почв за 2002-2011 гг. выявлены достоверные различия уровня концентрации кадмия в почвах разных природно-геоморфологических районов Новосибирской области. Наименьшим содержанием металла отличаются почвы Колывань-Томской возвышенности. По содержанию в почвах кадмия геоморфоструктуры располагаются следующим образом: Колывань-Томская возвышенность < Приобское плато < Барабинская низменность < Кузнецкая котловина < Предсалаирская равнина.

Мониторинг содержания кадмия в почвах Новосибирской области показал, что выявленные уровни концентрации не превышают их допустимых норм и не представляют опасности для окружающей среды и ведения экологически безопасного сельскохозяйственного производства.

Литература

1. Алексеев Ю.В. Тяжёлые металлы в агроландшафте [Текст] СПб.: Изд-во ПИЯФ РАН, 2008. 216 с.
2. Барановская Н.В. Закономерности накопления и распределения химических элементов в организмах природных и природно-антропогенных экосистем [Текст]: автореф. дис. ... д-ра биол. наук: 03.02.08. Томск, 2011. 47 с.
3. Ильин В.Б., Сысо А.И. Микроэлементы и тяжёлые металлы в почвах и растениях Новосибирской области [Текст]. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2001. 229 с.
4. Методические указания по проведению локального мониторинга на реперных участках. М.: ЦИНАО, 1991. 16 с.
5. Методические указания по определению тяжелых металлов в почвах сельхозугодий и продукции растениеводства [Текст]. 2-е изд. / Мин. сел.хоз-ва РФ. ЦИНАО. М., 1992. 61 с.

6. Ориентировочно-допустимые концентрации (ОДК) химических веществ в почве [Текст]: гигиенические нормативы / Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора. М., 2009. 10 с.
7. Сорокин, О.Д. Прикладная статистика на компьютере [Текст]. Новосибирск: ГУП РПО СО РАСХН, 2004. 162 с.
8. Сысо А.И. Закономерности распределения химических элементов в почвообразующих породах и почвах Западной Сибири [Текст] / отв. ред. И.М. Гаджиев. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2007. 277 с.
9. Хмельёв В.А., Танасиенко А.А. Земельные ресурсы Новосибирской области и пути их рационального использования [Текст]. Новосибирск: Изд-во СОРАН, 2009. 349 с.

V.P. Feshchenko

Center of Agrochemical Services «Novosibirsk», Novosibirsk, Russia

e-mail: agros17@mail.ru

CADMIUM CONTENT IN SOILS OF DIFFERENT NATURAL-GEOMORPHOLOGICAL DISTRICTS OF NOVOSIBIRSK OBLAST

Abstract. The analysis of multi-year data of the total cadmium content on the reference sites of local monitoring is carried out. The ecological assessment of cadmium concentration levels in soils of agricultural lands of different natural-geomorphological districts of Novosibirsk Oblast is given.

Keywords: heavy metals, soil, natural-geomorphological districts, cadmium content, pollution.

References

1. Alekseev Yu.V. Heavy metals in agrolandscape [Text]. SPb.: Publishing house of the Russian Academy of Sciences, 2008. 216 p.
2. Baranovskaya N.V. Regularities of accumulation and distribution of chemical elements in organisms of natural and anthropogenic ecosystems [Text]: abstract. dis. ... Dr. Biol. Sciences: 03.02.08. Tomsk, 2011. 47 p.
3. Ilyin V.B., Syso A.I. Microelements and heavy metals in soils and plants of Novosibirsk Oblast [Text]. Novosibirsk: publishing house SB RAS, 2001. 229 p.
4. Guidelines for local monitoring on reference sites. М.: TIN, 1991. 16 p.
5. Guidelines for the determination of heavy metals in soils of farm land and plant production [Text]. 2nd ed. / Min. sat. households of Russia. Of TIN. М., 1992. 61 p.
6. Approximate permissible concentrations (APC) of chemicals in soil [Text]: hygienic standards / Federal center for hygiene and epidemiology of Rosпотребнадзор. М., 2009. 10 p.
7. Sorokin O.D. Applied statistics on the computer [Text]. Novosibirsk: GUP RPO FROM Russian Academy of agricultural Sciences, 2004. 162 p.
8. Syso A.I. Regularities of distribution of chemical elements in soil-forming rocks and soils of Western Siberia [Text] / resp. edited by I. M. Gadzhiev. Novosibirsk: publishing house SB RAS, 2007. 277 p.
9. Khmelev V.A., Tanasienko A.A. Land resources of Novosibirsk Oblast and ways of their rational use [Text]. Novosibirsk: publishing house of SB RAS, 2009. 349 p.

УДК 631.51.021

Н.В. Фомина

ФГБОУ ВО Красноярский ГАУ, Красноярск, Россия

natvalf@mail.ru

ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИКИ МИКРОБНОГО ТОКСИКОЗА В АГРОЦЕНОЗАХ КРАСНОЯРСКОЙ ЛЕСОСТЕПИ

Аннотация. В работе представлены результаты экологического мониторинга уровня микробного токсикоза чернозема выщелоченного в посевах сельскохозяйственных культур. Установлен потенциально высокий уровень микробного токсикоза почвы в посевах пшеницы и ячменя, определяющий риск развития заболеваний данных культур.

Ключевые слова: чернозем, микробный токсикоз, уровень, оценка, состояние, агроценоз.

Введение. Изучение характера биологических процессов, протекающих в почве, обуславливает возможность получения результатов, необходимых для экологического анализа ее состояния и для дополнения данных по прогнозированию продуктивности агрофитоценоза [3]. Оценка уровня токсичности почвы является начальным этапом экологического анализа почвы. Комплексный подход к изучению ризосферной почвы разных сельскохозяйственных культур может быть реализован через освоение методов ее биоэкологической оценки, опираясь на экологотоксикологический анализ и изучение показателей биологической активности почвы [5].

Объекты и методы исследований. Объектом исследования являлся чернозем выщелоченный, отобранный на полях с посевами сельскохозяйственных культур: пшеницы, люцерны, ячменя, овса. Посевы находятся в хозяйстве ООО «Племзавод Таежный» Сухобузимского района Красноярского края (Красноярская лесостепь). Для сравнения изучались образцы чернозема выщелоченного парового поля. Почвенные пробы отбирали в середине июля с глубины 0-10 см согласно ГОСТам 17.4.3.01.– 83 и 17.4.4.02-84. Определение потенциального микробного токсикоза почвы проводили методом ИМС и использовали в качестве тест-объекта кресс-салат сорта «Кудрявый». По проценту всхожести выделяются три степени микробного токсикоза: низкая – всхожесть 76% и выше, средняя - от 50 до 75% и высокая – 49% и ниже [1-2; 4]. Исследования проводились в период с 2016 по 2018 гг. В течение трех лет исследований спектр применяемых гербицидов существенно не менялся. Обработка парового поля осуществлялась гербицидами «Торнадо 500» и «Магнум». Поля пшеницы и ячменя обрабатывались от однолетних злаковых сорняков протравителями «Пума Супер 100» и «Пума Супер 75» соответственно. Выращиваемые сельскохозяйственные культуры: яровая пшеница сорта «Новосибирская 18», яровой ячмень сорта «Биом», яровой овес сорта «Сиг», люцерна изменчивая сорта «Вега 87».

Результаты исследования и их обсуждение. Систематическое применение удобрений и пестицидов может изменять структуру микробных сообществ почвы, в частности, приводить к перераспределению различных групп микроорганизмов. В результате, доминирующее положение занимают токсигенные формы микроорганизмов, оказывающие отрицательное влияние на состояние посевов сельскохозяйственных культур и могут приводить даже к их полной гибели. Микробный токсикоз – это фитотоксичность почвы, обусловленная продуктами метаболизма копиотрофной или гидролитической микрофлоры [3].

В мониторинговых исследованиях чернозема в агроценозах исследуемого хозяйства, высокая степень микробного токсикоза установлена в вариантах почвы, отобранной в посевах ячменя в 2016 и 2017 гг., при этом показатели всхожести семян тест-культуры составили лишь 29 и 44% соответственно.

В посевах пшеницы в 2017 году также отмечался высокий уровень – всхожесть семян тест-культуры составила 46%. В этом же году в почве, отобранной под ячменем, также отмечалось снижение всхожести семян тест-культуры до 48% даже без индуцирования развития гидролитической группы микроорганизмов. В почве парового поля в 2016 году выявлен высокий уровень микробного токсикоза – лабораторная всхожесть семян тест-культуры установлена на уровне 24%; а в 2017 году в данном опытном варианте уровень снизился до среднего, следует отметить, что в 2018 году погодные условия не способствовали прогрессированию токсичности - и уровень снизился до низкого.

Таблица 1

Всхожесть семян тест-культуры(%)и оценка уровня микробного токсикоза чернозема выщелоченного

Вариант опыта (почва)	Без индукции крахмалом (контроль)			С индукцией крахмалом		
	2016 г	2017 г	2018 г	2016 г	2017 г	2018 г
Чистый пар	<u>*96±2,40</u> низкий	<u>76±1,76</u> низкий	<u>84±2,40</u> низкий	<u>24±2,90</u> высокий	<u>56±3,52</u> средний	<u>84±2,30</u> низкий
Пшеница	<u>88±2,30</u> низкий	<u>58±2,40</u> средний	<u>68±2,30</u> средний	<u>68±2,30</u> средний	<u>46±1,15</u> высокий	<u>64±1,76</u> средний
Ячмень	<u>48±1,15</u> высокий	<u>74±2,90</u> средний	<u>60±2,40</u> средний	<u>29±0,67</u> высокий	<u>44±4,05</u> высокий	<u>64±2,40</u> средний
Люцерна	<u>80±1,76</u> низкий	<u>80±1,76</u> низкий	<u>76±1,76</u> низкий	<u>100±1,15</u> отсутствует	<u>88±2,40</u> низкий	<u>76±3,71</u> низкий
Овес	<u>96±2,90</u> низкий	<u>68±3,46</u> средний	<u>68±1,15</u> средний	<u>96±2,40</u> низкий	<u>64±1,7</u> средний	<u>80±4,05</u> низкий

* числитель – всхожесть семян тест-культуры; знаменатель – оценка уровня микробиологической токсичности почвы.

Сопоставление этих значений с показателями всхожести семян тест-культуры, проращиваемой на водной вытяжке тест-культуры позволяют увидеть значительную долю микробного токсикоза в общей токсичности почвы в данных вариантах. Средняя степень токсичности обнаружена в почвенных образцах, отобранных под посевами пшеницы в 2016 году, в паровом поле и под посевами овса в 2017 году и под посевами пшеницы и ячменя в 2018 году. В образцах чернозема выщелоченного, отобранных под посевами люцерны, на протяжении трех лет исследований наблюдается низкая степень токсичности, так как люцерна является культурой с признаками аутоотолерантности, поэтому при медленных темпах разложения растительных остатков она проявляет устойчивость к продуктам их разложения и снижает аллелопатическую напряженность почвы, что подтверждают и полученные нами данные. Дополнительным стимулом для развития фитотоксичных форм микроорганизмов оказывает обработка полей гербицидами. Динамика уровня микробного токсикоза, определяемая в почве, отобранной в посевах овса показывает, что как с индукцией развития микрофлоры, так без нее (контроль) уровень колеблется от низкого до среднего, причем, средний уровень в большей степени отмечается в 2017 году.

Заключение. Экологический мониторинг чернозема выщелоченного, отобранного на полях с посевами сельскохозяйственных культур хозяйства ООО «Племзавод Таежный» Сухобузимского района Красноярского края, показал что образцы почвы характеризуются средним и низким уровнем микробного токсикоза, однако, а в отдельные годы уровень может увеличиваться до высокого, особенно, в посевах ячменя и пшеницы. В контрольном варианте (без индукции гидролитиков крахмалом) в образцах, отобранных под зерновыми культурами (пшеница, ячмень) уже определялся средний уровень микробного токсикоза, а в опытном варианте (с добавлением крахмала) такой же уровень определен и в почве парового поля. Хозяйству рекомендуется проводить постоянный контроль уровня почвенного микробного токсикоза в посевах сельскохозяйственных культур, особенно, пшеницы и ячменя.

Литература

- ГОСТ 12038-84. Семена сельскохозяйственных культур. Метод определения всхожести. Введ. с 1986 - 01 - 07. М.: Изд-во стандартов, 1985. 57 с.
- ГОСТ 17.4.3.01-2017. Охрана природы. Почвы. Общие требования к отбору проб. М., Стандартинформ. 15 с.

- 3 Гузев В.С. и др. Структура инициированного сообщества как интегральный метод оценки микробиологического состояния почвы // Микробиология. 1980. Т.49. №1. С. 143-140.
- 4 Мирчинк Т.Г. Почвенная микология/ Т.Г. Мирчинк. М.: МГУ, 1988. 204 с.
- 5 Фомина Н.В., Петиримова О.В. Экологическая безопасность и токсикологический анализ почвы под разными сельскохозяйственными культурами // Сб. трудов международной научно-практической конференции «Пища. Экология. Качество». Новосибирск, 2017. Т. 2. С.323-327.

N.V. Fomina
Krasnoyarsk GAU, Krasnoyarsk, Russia
natvalf@mail.ru

STUDY OF MICROBIAL TOXICOSIS DYNAMICS IN AGROCENOSSES OF KRASNOYARSK FOREST STEPPE

Abstract. The work presents the results of ecological monitoring of the level of microbial toxicosis of blackseed leached in crops. There is a potentially high level of microbial toxicosis in wheat and barley crops, which determines the risk of developing diseases of given crops.

Keywords: black, microbial toxicosis, level, assessment, general, agrocenosis.

References

1. GOST 12038-84. Crop seeds. Germination management method. Vved. From 1986 - 01 - 07. М.: Ministry of Standards, 1985. 57 p.
2. GOST 17.4.3.01-2017. Nature conservation. Soils. General requirements for samples. М., Standard Form. 15 p.
3. Guzev V.S. et al. Structure of the initiated community as an integral method of assessing the microbiological state of the soil // Microbiology. 1980. Т.49. No. 1. P. 143-140.
4. Mirchink T.G. Soil Mycology/T.G. Mirchink. М.: MSU, 1988. 204 p.
5. Fomina N.V., Petyrimova O.V. Environmental safety and toxic-logical analysis of soil under different agricultural crops//Sat. Works of the international scientific and practical conference "Food. Ecology. Quality". Novosibirsk, 2017. Т.2. P. 323-327.

УДК 631.4

С.В. Шульгина, Т.Н. Азаренок, Д.В. Матыченков
Институт почвоведения и агрохимии, Минск, Беларусь
e-mail: soil@tut.by

РАЗРАБОТКА НАУЧНО-МЕТОДИЧЕСКИХ ОСНОВ СОЗДАНИЯ ЭЛЕКТРОННОГО РЕЕСТРА ПОЧВ БЕЛАРУСИ

Аннотация: в статье представлены результаты поиска научно-методического подхода для создания специализированного экспертно-аналитического электронного Реестра почв Беларуси, приемов построения, содержания и формы, разработки структуры его каталогов.

Ключевые слова: почвы сельскохозяйственных земель, научно-методический подход, принципы структурирования, атрибутивные данные, информационные блоки.

Земли сельскохозяйственного назначения – важный стратегический ресурс и национальное богатство Беларуси. Общая площадь земель республики составляет 20760,0 тыс. га, в том числе 8460,1 тыс. га (40,8%) сельскохозяйственных, из них пахотных – 5712,3 тыс. га (27,5%) (по состоянию на 1.01.2019 [4]). Почвы сельскохозяйственных земель страны характеризуются высокой степенью изученности. Результаты проводимых в последние десятилетия разносторонних исследований состава, свойств, плодородия почвенных ресурсов, установления направленности их трансформации, разработка мероприятий по рациональному использованию компонентного состава

почвенного покрова легли в основу современных научных изданий: «Полевая диагностика почв Беларуси. Практическое пособие» (2011), «Пригодность почв Республики Беларусь для возделывания отдельных сельскохозяйственных культур: рекомендации» (2011), «**Примерный номенклатурный список почв Республики Беларусь**» (2013), «Почвы сельскохозяйственных земель Республики Беларусь» (2014), «Атлас почв сельскохозяйственных земель Республики Беларусь» (2017), «Кадастровая оценка сельскохозяйственных земель сельскохозяйственных организаций и крестьянских (фермерских) хозяйств: методика, технология, практика» (2017), «Осушенные торфяные и деградированные почвы в составе сельскохозяйственных земель Республики Беларусь: практическое пособие» (2018).

Информация об актуальных свойствах почв, вовлеченных в сельскохозяйственный оборот, уровне их плодородия, мерах по сохранению и повышению производительной способности, видах охранных мероприятий сегодня особенно востребована со стороны специалистов агропромышленного производства, то есть существует необходимость доступа к унифицированным агроэкологическим, нормативно-техническим, агропроизводственным показателям почв как информационному обеспечению рационального землепользования. Эта задача решается с помощью создания электронного Реестра почв Беларуси.

Необходимо отметить, что в нашей стране уже создан ряд реестров: Единый реестр административно-территориальных и территориальных единиц РБ (ГУП «Национальное кадастровое агентство»), Реестр цен на земельные участки государственного земельного кадастра (ГУП «Национальное кадастровое агентство»), Реестр земельных ресурсов РБ (Государственный комитет по имуществу РБ), Геопортал ЗИС РБ (УП «Проектный институт Белгипрозем»), формируется Геоинформационный ресурс данных дистанционного зондирования Земли на территорию РБ (РСХАУП «БелПСХАГИ»). Однако отсутствует информационный ресурс, в котором были бы отражены аналитические сведения агроэкологического и агрономического характера о почвах республики, что актуализирует исследования по созданию специализированного экспертно-аналитического электронного Реестра почв Беларуси с набором каталогов и справочников количественных и качественных современных параметров и агропроизводственных характеристиках компонентов почвенного покрова сельскохозяйственных земель, использование которого содействует проведению оценки и контроля за их состоянием, решению задач рационального землепользования в условиях повышения требований эффективного возделывания сельскохозяйственных культур, экономии материальных и временных ресурсов. Созданию реестра предшествует поиск научно-методического подхода для его построения, структурирования, формирования содержания каталогов. Способствуют изысканиям в данном направлении разработанные в Институте почвоведения и агрохимии методические указания: «Методика формирования почвенных баз данных Беларуси, их интерпретация и использование» (2008), «Методические указания по созданию Почвенной Информационной Системы Беларуси» (2011), Почвенная Информационная Система Беларуси (ПИСБ), отражающая современное состояние почвенного покрова на различных уровнях обобщения (от республики в целом до элементарного участка), отдельные специализированные базы данных: эталонных почв, высокоплодородных почв пахотных земель, а также Единый государственный реестр почвенных ресурсов России [1].

В качестве основных принципов структурирования электронного Реестра почв Беларуси приняты: охват всего разнообразия компонентного состава почвенного покрова республики; координатная привязка почвенных разрезов; комплексность данных, то есть использование разнокачественных показателей, включающих сведения об условиях почвообразования (климат, почвообразующие породы, рельеф, растительность, использование), информацию о морфологических, физико-химических

свойствах отдельных презентативных почвенных разрезов; разноуровневая структура обобщения информации о почвенном покрове [2]; целевое использование (прежде всего аграрный сектор экономики); совместимость белорусского почвенного реестра с зарубежными разработками, что обеспечивает возможность обмена опытом.

Наибольший интерес со стороны специалистов в области почвоведения, агрохимии, земледелия, экологии вызывает атрибутивная часть электронного ресурса в виде каталогов (предварительно блоков), отражающих инвентаризированную информацию о почвенном объекте и в целом отдельно обрабатываемом участке. Каталог включает перечень информационных блоков.

В основании всего построения находится почва как важнейший природный ресурс, идентификатором которой служит ее наименование. Номенклатура почв представлена форматом, включающим, кроме принятого в стране наименования [3], также и соответствующее название по международной системе классификации (табл. 1).

Таблица 1

Соотношение номенклатуры почв Беларуси Номенклатурного списка и Мировой реферативной базы почвенных ресурсов (WRB) (фрагмент)

Примерный номенклатурный список почв РБ, 2013	WRB
Отдел антропогенно-естественных почв	
Дерново-подзолистые	UmbricAlbeluvisols (Anthric)
– дерново-подзолистые (обычные) (037-043), дерново-подзолистые оглеенные внизу (048-051, 057)	Haplic, UmbricAlbeluvisols (Anthric)
– дерново-палево-подзолистые (027-030), дерново-палево-подзолистые контактно-оглеенные (036)	Umbric, CutanicAlbeluvisols (Anthric)
– дерново-палево-вторично-оподзоленные (со вторым гумусовым горизонтом) (035)	UmbricAlbeluvisols (Thaptohumic, Anthric)
– дерново-подзолистые контактно-оглеенные (осветленные) (053, 054)	UmbricAlbeluvisols (Ruptic, Anthric)
– дерново-палево-подзолистые остаточно-карбонатные (031-034), дерново-подзолистые остаточно-карбонатные (044-047), дерново-подзолистые остаточно-карбонатные контактно-оглеенные (055), дерново-подзолистые вторично насыщенные оглеенные внизу (052), дерново-подзолистые вторично насыщенные контактно-оглеенные (056)	Umbric, Albeluvisols (Anthric, Endocalcaric)

Информационные блоки содержат разностороннюю информацию и вмещают следующие поля:

- пространственно-географические сведения о почве;
- агроклиматические параметры местности с фиксированным объектом: агроклиматический район, средняя температура воздуха января/июля, °С, среднегодовая сумма осадков, мм, сумма активных температур воздуха выше 10°С, сумма осадков за период с устойчивой температурой выше 10°С, гидротермический коэффициент, биоклиматический потенциал местности, средние даты последних весенних/первых осенних заморозков (число, месяц);
- морфолого-генетическая характеристика профиля почвенной разновидно-сти (элементарного участка);
- гранулометрический состав почвообразующей породы;
- свойства торфа для торфяных горизонтов (степень разложения торфа, ботанический состав, зольность, содержание органического вещества);
- водно-физические показатели;
- вещественный состав почвы: количественное содержание основных групп глинистых минералов илистой фракции, валовое содержание химических элементов почвы);
- агрохимические свойства почвы (табл. 2);
- показатели группового и фракционного состава гумуса почвы;

- сведения об освоенности почвенного ареала: вид антропогенного воздействия, балл плодородия (исходный), пригодность под культуры.

Таблица 2

Агрохимические свойства почвенного горизонта

№ поля	Поле блока	Описание	Тип данных
1	pH_KCl	pH солевой	числовой
2	Common_humus	Содержание общего гумуса(%)	числовой
3	Common_nitro	Содержание общего азота	числовой
4	C_organic	Содержание органического углерода(%)	числовой
5	Hydrolytic_acidity	Гидролитическая кислотность (смоль(+) \cdot кг ⁻¹)	числовой
6	EC	Емкость поглощения (смоль(+) \cdot кг ⁻¹)	числовой
7	SEC	Емкость катионного обмена [ЕКО] (смоль(+) \cdot кг ⁻¹)	числовой
8	SBE	Сумма поглощенных оснований (смоль(+) \cdot кг ⁻¹)	числовой
9	BSD	Степень насыщенности основаниями(%)	числовой
10	P ₂ O ₅	Содержание подвижного фосфора [P ₂ O ₅](мг/кг)	числовой
11	K ₂ O	Содержание подвижного калия [K ₂ O](мг/кг)	числовой
12	B	Содержание бора (мг/кг)	числовой
13	Zn	Содержание цинка (мг/кг)	числовой
14	Cu	Содержание меди (мг/кг)	числовой

Кроме того, в атрибутивной составляющей системы найдет отражение инвентаризированная информация стандартов на определение свойств почв.

Таким образом, создание электронного почвенного информационного ресурса «Реестр почв Беларуси» находится в начале своего пути. В настоящий момент разработан научно-методический подход по его формированию, установлены унифицированные почвенные критерии, что в комплексе позволяет разработать структуру, форму, содержание каталогов системы.

Литература

1. Единый государственный реестр почвенных ресурсов России. Версия 1.0 / под ред. А.Л. Иванова, С.А. Шобы; отв. ред. В.С. Столбовой. М.: Почвенный институт им. В.В. Докучаева РАН. 2014. 768 с.
2. Методические указания по созданию Почвенной Информационной Системы Беларуси / Г.С. Цытрон, Д.В. Матыченков, О.В. Матыченкова, В.В. Северцов. Минск: Ин-т почвоведения и агрохимии, 2011. 68 с.
3. Примерный Номенклатурный список почв Республики Беларусь / Г.С. Цытрон, Л.И. Шибут, Т.Н. Азаренок, С.В. Дробыш // Государственный Комитет по Имуществу РБ, РУП «Институт почвоведения и агрохимии», РУП «Проектный институт Белгипрозем». Минск. 2013. 64 с.
4. Реестр земельных ресурсов Республики Беларусь (по состоянию на 1 января 2019 года) [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://gki.gov.by>. Дата доступа: 7.06.2019.

S.V. Shulgina, T.N. Azarenok, D.V. Matychenkov
Institute of Soil Science and Agrochemistry, Minsk, Belarus

DEVELOPMENT OF SCIENTIFIC AND METHODOLOGICAL BASES FOR ELECTRONIC SOIL REGISTER OF BELARUS

Abstract. The article presents the results on the search of scientific and methodological approach for specialized expert-analytic electronic soil register of Belarus as well as its construction methods, content and form, structure development of its catalogs.

Keywords: soils of agricultural lands, soil register, scientific and methodological approach, structuring principles, attribute data, information units.

References

1. State Register of Soil Resources of Russia. Version 1.0 / Ed. A.L. Ivanova, S.A. Shoby; rep. ed. V.C. Stolbovoy. M.: V.V. Dokuchaev Soil Institute RAS. 2014. 768 p.
2. Methodological guidelines on Soil Information System of Belarus / G.S. Tsytron, D.V. Matychenkov, O.V. Matychenkova, V.V. Severtsov. Minsk: Institute of Soil Science and Agrochemistry. 2011. 68 p.
3. Sample nomenclature list of soils of the Republic of Belarus / G.S. Tsytron, L.I. Shibut, T.N. Azarenok, S.V. Drobysch // State Committee on Property of the Republic of Belarus, Institute of Soil Science and Agrochemistry, Project Institute Belgiprozem. Minsk. 2013. 64 p.
4. Register of Land Resources of the Republic of Belarus (as of January 1, 2019) [Electronic resource]. <http://gki.gov.by> (access date: 06.07.2019).

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 504.53.06

Ю.Л. Байкин, А.А. Беличев, А.С. Гусев
ФГБОУ ВО Уральский ГАУ, Екатеринбург, Россия
e-mail: ubaikin@rambler.ru

ПУТИ ПОЛУЧЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКИ БЕЗОПАСНОЙ ПРОДУКЦИИ, НА ПОЧВАХ ЗАГРЯЗНЕННЫХ ТЯЖЕЛЫМИ МЕТАЛЛАМИ

Аннотация. В результате многолетних исследований почв Первоуральско-Ревдинского промузла, имеющих полиэлементное загрязнение тяжелыми металлами, предлагаются различные подходы к использованию и рекультивации (детоксикации) этих почв.

Ключевые слова: почвы, тяжелые металлы, загрязнение, рекультивация, детоксикация.

Особенности природных и антропогенных загрязнений почв ТМ, количества и формы их накоплений в почвах и растительности, условия их миграции и концентрации, известных приемов детоксикации почв; ландшафтно-геологические и техногенные особенности Первоуральско-Ревдинского района, условия и интенсивность загрязнения почв и растительности района ТМ; результаты проведенных лабораторных, лабораторно-вегетационных и вегетационно-полевых опытов явились той научно-практической основой, на которой базируются предлагаемые ниже подходы и варианты технологии экогеохимической рекультивации почв (ТЭРП)[1,8].

Разнообразие загрязнений почв и растительности по набору, содержаниям, соотношениям и формам нахождения ТМ, различия ландшафтных обстановок и разновидностей почв, в которых формируются и проявляются эти загрязнения; специфика растений и особенности сельскохозяйственного производства определяют сложность технологических приемов рекультивации почв и выращивания на них экологически безопасной сельхозпродукции[8].

Здесь уместно сравнить рекультивацию (детоксикацию) загрязненных почв с лечением больных. Успех лечения в значительной степени зависит от правильного и своевременного диагноза болезни. Но этого недостаточно. Необходимо, применяя те или иные лекарства, учитывать специфику больного, психофизиологические особенности его организма, адаптационные, иммунные и т.п. возможности. Известная поговорка гласит: "Хороший врач лечит не болезнь, а больного". Сказанное применимо и к загрязненным ТМ почвам, если рассматривать загрязнения как своеобразные "болезни" почв и растений. В их "лечении" можно выделить определенные этапы и сформулировать общие принципы оптимального подхода к решению проблемы.

1) На территории, подлежащей рекультивации, проводятся ландшафтно-агрогеохимические и биогеохимические исследования, устанавливаются ландшафтные особенности местности и разновидности почв, определяется (подтверждается) характер и степень загрязнения почв и растительности ТМ, формы нахождения загрязняющих ТМ, источники загрязнения и пути поступления загрязняющих веществ; полученные данные сравниваются с нормативной базой (ПДК, ОДК, ГН и т.п.) и устанавливается (подтверждается) степень экологической опасности загрязнений[2,4].

2) В зависимости от характера и интенсивности загрязнений выбирается оптимальный вариант технологии экогеохимической рекультивации почв (ТЭРП), обеспечивающий[3,5]:

- а) нормализацию рН почвенной среды (оптимально в пределах рНКС1 6.5-7.0);
- б) полноценное и сбалансированное питание выращиваемых растений, рост их урожайности;
- в) снижение уровня накопления ТМ в выращиваемых растениях до гигиенических нормативов (ГН) или ПДК;
- г) экономическую рентабельность практического применения.

3) Проводится полевая проверка выбранного варианта ТЭРП и на основе опытных данных вносятся необходимые коррективы[8].

Если примененный на загрязненных почвах вариант ТЭРП не обеспечивает требуемых результатов (в первую очередь, по уровням накопления ТМ в сельхозпродукции), возможны такие решения:

- доработка ТЭРП в направлении повышения рекультивационного эффекта;
- смена растительной сельхозпродукции;
- переход к иным способам ликвидации загрязнений, например, к снятию и замене загрязненного слоя на чистую привозную почву;
- обоснованная смена целевого назначения земель.

Во всех случаях практических действий должен оцениваться ожидаемый экономический эффект и на его основе - целесообразность применения того или иного варианта ТЭРП[1,8]. При прочих равных условиях можно предполагать, что практическая эффективность и экономическая целесообразность рекультивационных мероприятий будут определяться уровнями загрязнений ТМ почвы и растительности. В общем случае, чем выше уровни этих загрязнений, тем меньше эффективность и больше затраты на рекультивационные мероприятия. С этих позиций загрязненные почвы можно условно разделить на три категории.

1) Сильно загрязненные, как правило, не подлежащие экогеохимической рекультивации для целей сельхозпроизводства ввиду ее практической неэффективности и экономической нецелесообразности. К сильно загрязненным относятся почвы участков, примыкающих к источникам техногенного загрязнения (промпредприятиям, рудным дворам и т.п.) или расположенных в непосредственной близости от них. В случае воздействия кислотных дождей почвы подобных участков сильно выщелочены и деградированы, имеют кислую среду ($\text{pH} < 5-4$), обогащены подвижными формами ТМ.

Уровни содержания ТМ в сильно загрязненных почвах превышают ПДК в десятки и более раз, уровни содержания ТМ в растительности, выращенной на таких почвах, превышают гигиенические нормативы (ГН) в 3-5 раз и более. При применении разработанных вариантов ТЭРП содержания ТМ снижаются (на 30% и более), но по отдельным элементам превышают уровни ГН. Наименее загрязненными ТМ являются подземные репродуктивные части растений (корнеплоды, клубни)[6].

При действующих источниках загрязнения площади развития сильно загрязненных почв выводятся из сельскохозяйственного производства. При ликвидации (прекращении действия) источников загрязнения почвы могут постепенно "очищаться" от ТМ за счет естественных процессов; для ускорения этих процессов могут быть в опытным порядке применены разные варианты ТЭРП с обязательным контролем их эффективности по содержаниям ТМ в выращиваемых культурах. Такие загрязненные почвы целесообразно отводить под толерантную к загрязнениям растительность с целью озеленения территории и связанного с этим рекреационного эффекта, либо выращивать на них корнеплодные и клубнеплодные сельскохозяйственные культуры (после рекультивации почв).

2) Загрязненные, подлежащие экогеохимической рекультивации в случаях сельскохозяйственного использования земель. Уровни содержания ТМ в загрязненных почвах превышают ПДК в несколько (до 10) раз. Уровни содержания ТМ в растительности обычно превышают ГН в 1.5-2 раза, но по отдельным элементам до 3-5 раз.

Рекультивация загрязненных почв при действующих источниках загрязнения осложнена непрерывным поступлением из атмосферы загрязняющих ТМ и других вредных веществ (кислотных осадков и т.п.). Поэтому применение разработанных вариантов ТЭРП на загрязненных почвах в этих случаях возможно только при выращивании сельскохозяйственных культур с подземными товарными частями растений (корнеплоды, клубни) или растений, слабо накапливающих ТМ в своих наземных товарных частях (зерновые). В этих случаях разработанные варианты ТЭРП должны обязательно пройти опытную производственную проверку [3-6].

При ликвидации источников загрязнения рекультивация таких почв достаточно эффективна и целесообразна. Для этих целей могут быть применены разработанные варианты ТЭРП, прошедшие стадию опытной производственной проверки.

Примером загрязненных почв могут быть участки, приуроченные к землям с/х кооператива "Первоуральский" на незначительном (до 3-5 км) удалении от заводов СУМЗ и "Хромпик".

3) Слабо загрязненные, нуждающиеся в экогеохимической рекультивации в отдельных случаях, когда содержания ТМ в почвах незначительно превышают ПДК, а в сельскохозяйственных культурах – ГН по отдельным химическим элементам.

Примером слабо загрязненных почв может служить большинство сельхозугодий с/х кооператива "Первоуральский", удаленных от источников загрязнений более чем на 3-5 км.

Экогеохимическая рекультивация слабо загрязненных почв, как правило, эффективна и целесообразна. Тем не менее, разработанные варианты ТЭРП также должны пройти опытную производственную проверку.

Для повышения рекультивационного эффекта в части выращивания сельскохозяйственной продукции, содержащей ТМ в количествах, не превышающих ГН, дополнительно к применению разработанных вариантов ТЭРП рекомендуется [1, 7, 8]: 1) осуществлять глубокую вспашку земли в процессе рекультивационных мероприятий; 2) рекультивацию почв проводить под зябь или черный пар; 3) практиковать дробное внесение рекультивирующих смесей (органических и минеральных удобрений, кислоты, извести, солей железа, диатомита) в жидком виде или аэрозольно; 4) отдавать предпочтение активированному кальцием природным рекультивантам (диатомиту, на песчаных почвах - бентониту), не переизмельчая их

(оптимальный размер 5-10 мм); для щелочных почв, загрязненных хромом, проводить слабое кислотообразование в смеси с восстановителями (FeSO_4) до pH не ниже 5; при последующей нейтрализации почв известью целесообразно вносить также измельченный сидерит (FeCO_3) и доломит ($\text{CaMg}[\text{CO}_3]_2$); при возможности применять вермикомпост (биогуомус) в смеси с торфом в соотношении 1:10; обязательно контролировать pH рекультивированных почв, которая должна быть около 7.0; 5) выращивать сельскохозяйственные культуры, в наименьшей степени накапливающих ТМ в своих товарных частях (при действующих техногенных загрязнителях преимущество отдается подземным товарным частям растений).

Литература

1. Байкенова Ю.Г., Байкин Ю.Л. Эффективность технологий экогеохимической рекультивации почв (ТЭРП), загрязненных тяжелыми металлами (ТМ) // Аграрный вестник Урала. 2015. №4 (134). С.10-14.
2. Байкин Ю.Л., Байкенова Ю.Г. Экогеохимическая рекультивация почв, загрязненных тяжелыми металлами // Труды международной научно-практической конференции «Рациональное использование природных и биологических ресурсов в сельском хозяйстве» / УрГАУ. Екатеринбург, 2014. С.33-36.
3. Байкин Ю.Л., Гусев А.С. Сравнительная оценка приемов рекультивации на агрохимические показатели техногеннозагрязненных почв и содержание некоторых тяжелых металлов в почвах // Труды научно-практической конференции «Современные проблемы оптимизации минерального питания растений». Н. Новгород, 1998. С.13-16.
4. Байкин Ю.Л., Гусев А.С. Сравнительная оценка приемов рекультивации почв, загрязненных тяжелыми металлами // Почвы - национальное достояние России: материалы IV съезда Докучаевского общества почвоведов. Суздаль, 2004. С. 541-542.
5. Байкин Ю.Л. Оценка буферности и эффективность приемов рекультивации загрязненных тяжелыми металлами почв // Труды Международной конференции «Роль почв в сохранении устойчивости ландшафтов и ресурсосберегающее земледелие». Пенза, 2005. С. 155-159.
6. Вострокнутов Г.А., Иванов Н.А., Махонина Г.И. Проблема рекультивации почв, загрязненных тяжелыми металлами // Труды конференции «Экологические проблемы земледелия Среднего Урала» / УрГСХА. Екатеринбург, 1995. С. 3-25.
7. Кизилов О.А., Байкин Ю.Л., Овчинников П.Ю. Применение минеральных сорбентов при загрязнении почв тяжелыми металлами // Вестник биотехнологии. 2017. №1 (11). С. 16.
8. Способ выращивания сельскохозяйственных культур на почвах, загрязненных тяжелыми металлами: патентное изобретение RU 2189712 17.01.2001. / Байкин Ю.Л., Кесарева О.Г., Гусев А.С., Байкенова Ю.Г., Котомцев В.В., Сысоев А.В., Бураев М.Э., Луцкая Л.П., Устич Е.П., Липухин Е.А., Аминов С.Н., Кирсанов Ю.А., Шиляев А.И., Ильичева О.В.

Yu.L. Baikin, A.A. Belichev, A.S. Gusev
Ural State Agrarian University, Yekaterinburg, Russia
e-mail: ubaikin@rambler.ru

WAYS TO PRODUCE ENVIRONMENTALLY SAFE PRODUCTS ON SOIL CONTAMINATED WITH HEAVY METALS

Abstract. As a result of multi-year research on soils of the Pervouralsk-Revda industrial complex which have multi-element contamination with heavy metals, various approaches are proposed to soil use and reclamation (detoxification).

Key words: soil, heavy metals, pollution, reclamation, detoxification.

References

1. Baikenova Yu.G., Baikin Yu.L. Efficiency of technologies of ecogeochemical soil reclamation (TESR) contaminated with heavy metals (HM) // Agrarian Bulletin of the Urals. 2015. No4 (134). P. 10-14.
2. Baikin Yu.L., Baikenova Yu.G. Ecogeochemical reclamation of soils contaminated with heavy metals // Proceedings of the international scientific-practical conference "The rational use of natural and biological resources in agriculture" / UrGAU. Yekaterinburg, 2014. P. 33-36.
3. Baikin Yu.L., Gusev A.S. Comparative assessment of reclamation methods for agrochemical indicators of technogenic-contaminated soils and the content of some heavy metals in soils // Transactions of the

Scientific and Practical Conference "Modern Problems of Optimizing the Mineral Nutrition of Plants". N. Novgorod, 1998. P. 13-16.

4. Baikin Yu.L., Gusev A.S. Comparative assessment of reclamation methods for soils contaminated with heavy metals // Soils – the national treasure of Russia: materials of the IV Congress of the Dokuchaev Society of Soil Scientists. Suzdal, 2004. P. 541-542.

5. Baikin Yu.L. Evaluation of buffering and efficiency of reclamation methods for soils contaminated with heavy metals // Proceedings of the International Conference "The Role of Soils in Preserving the Stability of Landscapes and Resource-Saving Agriculture". Penza, 2005. P. 155-159.

6. Vostroknutov G.A., Ivanov N.A., Makhonina G.I. The problem of reclamation of soils contaminated with heavy metals // Proceedings of the conference "Environmental Problems of Agriculture in the Middle Urals" / Ural State Agricultural Academy. Yekaterinburg, 1995. P. 3-25.

7. Kizilov O.A., Baikin Yu.L., Ovchinnikov P.Yu. Use of mineral sorbents on soil contaminated with heavy metals // Bulletin of Biotechnology. 2017. No1 (11). P. 16.

8. Method of crop cultivation on soils contaminated with heavy metals: patent for invention RUS 2189712 01/17/2001. / Baikin Yu.L., Kesareva O.G., Gusev A.S., Baykenova Yu.G., Kotomtsev V.V., Sysoev A.V., Buraev M.E., Lutskaya L.P., Ustich E.P., Lipukhin E.A., Aminov S.N., Kirsanov Yu.A., Shilyaev A.I., Plyicheva O.V.

УДК 631.41

Т.В. Бауэр, Т.М. Минкина, М.В. Бурачевская, С.С. Манджиева
Южный федеральный университет, Ростов-на-Дону, Россия
e-mail: bauertatyana@mail.ru

ЭКОЛОГО-ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПОЧВ ОКРЕСТНОСТЕЙ Г. НОВОЧЕРКАССКА (В ЗОНЕ ВЛИЯНИЯ ПАО «ОГК-2» «НОВОЧЕРКАССКАЯ ГРЭС»)

Аннотация. Выполнены эколого-геохимические исследования почв в 20-км зоне мониторинга Новочеркасской НчГРЭС. Рассчитаны коэффициенты техногенной концентрации элементов (K_c) и суммарный показатель загрязнения почв (Z_c). По величинам Z_c исследуемые почвы отнесены к допустимой и умеренно опасной категории загрязнения.

Ключевые слова: почва, тяжелые металлы, техногенное загрязнение, эколого-геохимическая оценка, импактная зона.

Почвы являются одним из наиболее информативных показателей техногенного загрязнения ландшафтов, расположенных в пределах промышленных центров. Основная часть загрязняющих веществ поступает в почвы за счет атмосферных выпадений и их распределение в почвах можно рассматривать как долговременный индикатор степени экологического состояния территории. Изучение содержания и миграции тяжелых металлов (ТМ) занимает одно из основных мест в эколого-геохимических исследованиях, так как ряд их соединений имеют токсичный, мутагенный и канцерогенный эффект для живых организмов.

Город Новочеркасск является одним из промышленных центров юга России. В настоящее время крупнейшее предприятие энергетического комплекса ПАО «ОГК-2» «Новочеркасская ГРЭС» (НчГРЭС) – является основным источником отрицательного воздействия на окружающую среду в регионе. При вводе в эксплуатацию санитарно-защитная зона не соблюдена, роза ветров не учтена, и 99% аэрозольных выбросов ГРЭС приходятся на г. Новочеркасск и более 50% - на Ростовскую область.

Цель работы состояла в эколого-геохимической оценке почв, расположенных на территории импактной зоны Новочеркасской ГРЭС.

Объектом исследования являются почвы площадок мониторинга, заложенных в 2000г. на разном удалении от НчГРЭС (1–20 км). Площадки приурочены к точкам единовременного отбора проб воздуха, который производился при разработке проекта по организации и обустройству санитарно-защитной зоны северного промышленного узла г. Новочеркаска. При отборе почвенных образцов выбиралась микроплощадка размером не меньше чем 50 × 50 см, на которой методом конверта производился отбор проб буром с поверхностного слоя на глубину до 20 см. Общее количество площадок мониторинга – 25.

Во всех образцах в трехкратной повторности проанализированы основные физико-химические показатели: рН потенциометрическим методом; содержание органического вещества титриметрическим методом [3]; емкость катионного обмена (ЕКО) – по методу М.Ш. Шаймухаметова [8]; содержание карбонатов комплексонометрическим методом по С.А. Кудрину; гранулометрический состав почвы методом пипетки с пиррофосфатной подготовкой пробы [1]. Валовое содержание ТМ в почвах определяли рентгенфлуоресцентным методом с использованием спектроскана «МАКС-GV». Проведено сравнение валового содержания ТМ в почвах с фоновыми значениями, кларками и ПДК (ОДК). В качестве кларков выбраны значения, предложенные А.П. Виноградовым [2], исключение составляет Cr, для которого кларк взят по Боуену [9] (табл. 1). Для оценки Mn и Pb использованы ПДК [4], Ni, Cu, ZnCd - ОДК [5], а для Sn нормативы, принятые в Канаде [10], поскольку в России для данных показателей не утверждены нормативные значения. Статистический анализ физико-химических свойств почв и содержания ТМ в почвах выполнен в пакете Statistica 10.

Таблица 1.

Среднее содержание (Кларк), ПДК (ОДК) и фоновое содержание химических элементов в почвах [11], мг/кг

Mn	Cr	Ni	Cu	Zn	Pb	Cd
Кларк						
800	70	40	20	50	10	0,5
ПДК(ОДК)						
1500	64	80	132	220	32	2,0
Фоновое содержание						
514	71	24	20	40	15	0,3

Для эколого-геохимической оценки состояния почв рассчитаны следующие показатели:

- коэффициент концентрации (K_c), 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;
- суммарный показатель загрязнения, зависящий от набора и количества поллютантов [6]: $Z_c = \sum K_c - (n-1)$, где K_c – коэффициенты техногенной концентрации больше 1, n – число учитываемых химических элементов с $K_c > 1$.

Оценка территории по опасности загрязнения, согласно СанПИН 2.1.7.1287-03 [7], предусматривает выделение четырёх уровней значений Z_c : допустимый уровень ($Z_c < 16$), умеренно опасный уровень ($Z_c = 16-32$), опасный уровень ($Z_c = 32-128$), чрезвычайно опасный уровень ($Z_c > 128$).

Большая часть территории в зоне влияния НчГРЭС занята черноземом обыкновенным различного гранулометрического состава, помимо этого в исследуемой зоне в пойме р. Тузлов присутствуют лугово-черноземная легкоглинистая и тяжелосуглинистая почвы и аллювиальная супесчаная и песчаные почвы. Данные типы почв су-

щественно различаются по физико-химическим свойствам (табл. 2). Содержание илистых частиц (<0,001 мм) в поверхностном горизонте почв значительно варьирует (V=51%) от 2,1 до 37,0%, в среднем составляя 21,8%. Содержание физической глины (<0,01 мм) колеблется в пределах 7,5-68,2%. Наибольшее содержание физической глины и ила имеет лугово-черноземная легкоглинистая почва, развитая на аллювиальных отложениях (площадка № 3), наименьшее – аллювиальная песчаная почва (площадка № 2).

Среднее значение Сорг в 0-20 см слое изучаемых почв составляет 1,9%, достигая максимума (3,5%) в лугово-черноземной тяжелосуглинистой почве. Значения рН почв площадок мониторинга близки и незначительно колеблются (V=5%) от 6,2 до 8,0, т.е. имеют нейтральную и слабощелочную реакцию. Содержание карбонатов –0,1-1,0%.

Таблица 2

Статистические параметры физико-химических свойств почв территории НЧГРЭС (n=75)

Параметр	Среднее	Стандартная ошибка среднего	Медиана	Минимум	Максимум	Стандартное квадратичное отклонение	Коэффициент вариации
рН _{водн}	7,5	0,1	7,6	6,2	8,0	0,4	5
Физ. глина (<0,01 мм),%	44,0	4,0	53,4	7,5	68,2	17,5	40
Ил (<0,001 мм),%	21,8	2,5	26,5	2,1	37,0	11,0	51
Сорг, %	1,9	0,2	2,0	0,9	3,5	0,7	36
CaCO ₃ , %	0,6	0,1	0,7	0,1	1,0	0,2	37
ЕКО, смоль(+)/кг	32,6	2,0	35,0	15,0	46,0	8,6	26

В поверхностном горизонте (0-20 см) почв исследуемой территории отмечается значительное варьирование содержания химических элементов (табл. 3), причем для таких элементов, как Cd и Pb коэффициент вариации $V > 33\%$, что свидетельствует об их неоднородности. Содержание Mn составляет от 574 до 1033 мг/кг, в среднем 834 мг/кг, Cr – 69-148 мг/кг (в среднем 108 мг/кг), Ni – 37-88 мг/кг (в среднем 58 мг/кг), Cu – 29-80 мг/кг (в среднем 52 мг/кг), Zn – 70-192 мг/кг (в среднем 103 мг/кг), Pb – 16-72 мг/кг (в среднем 38 мг/кг), Cd – 0,2-1,4 мг/кг (в среднем 0,6 мг/кг). В целом, среднее валовое содержание ТМ в почвах можно представить в виде последовательно убывающего ряда: Mn>Cr>Zn>Ni>Cu>Pb>Cd.

Таблица 3

Статистические параметры распределения тяжелых металлов в почвах территории НЧГРЭС (n=75)

Элемент	Среднее	Стандартная ошибка среднего	Медиана	Минимум	Максимум	Стандартное квадратичное отклонение	Коэффициент вариации
Mn	834,2	27,9	849,0	574,2	1033,0	139,6	16,7
Cr	108,4	4,3	106,0	69,0	148,0	21,3	19,6
Ni	57,6	2,7	56,4	36,8	88,0	13,5	23,4
Cu	52,5	2,4	50,0	29,0	80,0	12,0	22,8
Zn	102,8	5,6	98,0	70,0	192,0	27,9	27,2
Pb	37,6	2,9	35,0	16,0	72,0	14,4	38,3
Cd	0,6	0,1	0,5	0,2	1,4	0,3	52,8

Следует отметить, что среднее содержание Сг в верхнем горизонте почв превышает кларк и ПДК для элемента примерно в 1,5 раза. Возможно, что данный факт указывает также и на специфику лессовидных суглинков, являющихся почвообразующими породами почв исследуемой территории. Таким образом, Сг является загрязнителем почвенного покрова территории НчГРЭС, но загрязнение им обусловлено главным образом литогенным обогащением, хотя частично не исключено и антропогенное загрязнение почв хромом аэротехногенным путём. Содержание свинца, меди и цинка в почвах НчГРЭС превышает кларковые значения для Pb в 3,8 раза, Cu в 2,6 раза, Zn в 2,1 раза. В отдельных наиболее загрязненных площадках мониторинга эти превышения достигают следующих значений: Pb – в 7,2 раза, Cu – в 4,0 раза и Zn – в 3,8 раза.

Расчет коэффициента техногенной концентрации (Kс) позволил определить последовательность техногенного накопления металлов в почвах исследуемой территории.

В почвах исследуемой территории максимальные значения Kс характерны для Zn (192,0 мг/кг), Pb (72,0 мг/кг) и Cd (1,4 мг/кг) и составляют 4,8. Следует отметить, что полностью отсутствуют площадки с содержанием ТМ, превышающих фоновое содержание в 5-10 раз и более (табл. 4). Основное количество площадок содержат металлы (от 48 до 88%) в интервале превышения фона в 1,5-3 раза. Количество проб с содержанием Сг в интервале превышения фона менее чем в 1,5 раза составляет 40%, Mn и Cd – 32%; в 3–5 раза - Cu (32%), Pb (28%), Cd и Zn (20%) и Ni (12%).

Таблица 4

Коэффициент техногенной концентрации (Kс) тяжёлых металлов в почвах территории НчГРЭС (n=75)

Металл	Количество площадок с различными уровнями загрязнения					Med*	Min	Max
	<1,5	1,5–3	3–5	5–10	>10			
Mn	32 (8)	68 (17)	-	-	-	1,7	1,1	2,0
Cr	40 (10)	60 (15)	-	-	-	1,5	1,0	2,1
Ni	-	88 (22)	12 (3)	-	-	2,3	1,5	3,7
Cu	-	68 (17)	32 (8)	-	-	2,5	1,5	4
Zn	-	80 (20)	20 (5)	-	-	2,5	1,8	4,8
Pb	-	72 (18)	28 (7)	-	-	2,3	1,1	4,8
Cd	32 (8)	48 (12)	20 (5)	-	-	1,7	0,7	4,8

* Med, Min и Max – медиана, минимальное и максимальные значения; **% от выборки; *** значения в круглых скобках указывают на количество площадок (n)

По результатам выполненных исследований значения суммарного показателя загрязнения (Zс) почв территории НчГРЭС варьирует от 5,1 до 19,1 (медиана – 8,3). Согласно принятой шкале уровней химического загрязнения почв и грунтов ТМ по суммарному показателю загрязнения Zс (СанПиН 2.1.7.1287-03, 2003), почв большинства площадок мониторинга (92% от общего количества) имеют допустимую категорию загрязнения с возможным использованием под любые культуры (Zс < 16) и всего в почвах двух площадок отмечается умеренно опасный уровень техногенного загрязнения почв (Zс = 16-32).

Таким образом, изучено влияние выбросов промышленного предприятия энергетического комплекса на содержание тяжелых металлов в почвахимпактной зоны. Дана оценка степени загрязнения почв тяжелыми металлами с использованием геохимических показателей – коэффициента техногенной концентрации Кс и суммарного показателя загрязнения Zc. Приоритетными загрязняющими веществами почв исследуемой территории являются Cu, Zn и Pb. В соответствии с показателем Zcпочвыбольшинства площадок мониторинга имеют допустимую категорию загрязнения.

Исследование выполнено при финансовой поддержке Российского научного фонда в рамках научного проекта № 19-74-00085.

Литература

1. Вадюнина А.Ф., Корчагина З.А. Методы исследования физических свойств почв и грунтов. Москва: Агропромиздат. 1986. 416 с.
2. Виноградов А.П. Геохимия редких и рассеянных химических элементов в почвах. Москва: АН ССР. 1957. 237 с.
3. Воробьева Л.А. Теория и практика химического анализа почв. Москва: ГЕОС. 2006. 400 с.
4. ГН 2.1.7.2041-06 Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в почве. Москва: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора. 2006. 15 с.
5. ГН 2.1.7.2511-09 Ориентировочно допустимые концентрации химических веществ в почве. Москва: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора. 2009. 10 с.
6. Сагд Ю.С., Ревич Б.А., Янин Е.П. Геохимия окружающей среды. Москва: Недра. 1990. 335 с.
7. Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы СанПиН 2.1.7.1287-03 «Санитарно-эпидемиологические требования к качеству почвы». Москва: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора. 2005. 19 с.
8. Шаймухаметов М.Ш. К методике определения поглощенных Са и Mg в черноземных почвах // Почвоведение. 1993. № 12. С. 105-111.
9. Bowen H.J.M. Environmental chemistry of elements. New York: Acad. Press. 1979. 333p.
10. Canadian soil quality guidelines for the protection of environmental and human health // Canadian environmental quality guidelines. Winnipeg: Canadian Council of Ministers of the Environment. 1999. 10p.
11. Minkina T.M., Nevidomskaya D.G., Pol'shina T.N., Fedorov Yu.A., Mandzhieva S.S., Chaplygin V.A., Bauer T.V., Burachevskaya M.V. Heavy metals in the soil-plant system of the Don River estuarine region and the Taganrog Bay coast // Journal of Soils and Sediments. 2017. V. 17. P. 1474-1491.

T.V. Bauer, T.M. Minkina, M.V. Burachevskaya, S.S. Mandzhieva
Southern Federal University, Rostov-on-Don, Russia

ENVIRONMENTAL AND GEOCHEMICAL INVESTIGATIONS OF SOILS JOINT TO NOVOCHERKASSK (IN THE IMPACT ZONE OF THE «OGK-2» NOVOCHERKASSK STATE DISTRICT POWER STATION)

Abstract. Ecological and geochemical studies of soils were carried out in the 20-km monitoring zone of the NovoCherkassk State District Power Station. The factors of technogenic elements concentration (Ks) and the total indicator of soil pollution (Zc) were calculated. According to the Zc values, the studied soils are assigned to the permissible and moderately hazardous pollution category.

Keywords: soil, heavy metals, technogenic pollution, ecological-geochemical assessment, impact zone.

References

1. Vadyunina A.F., Korchagina Z.A. Research methods of physical properties of soils and grounds. Moscow: Agropromizdat. 1986. 416 p.
2. Vinogradov A.P. Geochemistry of rare and trace elements in soils. Moscow: AN SSSR. 1957. 237 p.
3. Vorobeval L.A. Theory and practice of chemical analysis of soils. Moscow: GEOS. 2006. 400 p.
4. GN 2.1.7.2041-06 Maximum permissible concentration of chemical matters in soil. Moscow: Federal center of Hygiene and Epidemiology of Rospotrebnadzor. 2006. 15 p.
5. GN 2.1.7.2511-09 Approximate permissible concentration of chemical matters in soil. Moscow: Federal center of Hygiene and Epidemiology of Rospotrebnadzor. 2009. 10 p.

6. Saet Yu.E., Revich B.A., Yanin E.P. Environmental Geochemistry. Moscow: Nedra. 1990. 335 p.
7. SanPiN 2.1.7.1287-03 Sanitary-epidemiological requirements to soil quality. Moscow: Federal center of Hygiene and Epidemiology of Rospotrebnadzor. 2005. 19 p.
8. Shaimukhmetov M.Sh. On determination technique of absorbed Ca and Mg in chernozem soils // Eurasian Soil Science. 1993. V. 12. P. 105-111.
9. Bowen H.J.M. Environmental chemistry of elements. New York: Acad. Press. 1979. 333 p.
10. Canadian soil quality guidelines for the protection of environmental and human health // Canadian environmental quality guidelines. Winnipeg: Canadian Council of Ministers of the Environment. 1999. 10 p.
11. Minkina T.M., Nevidomskaya D.G., Polshina T.N., Fedorov Yu.A., Mandzhiyeva S.S., Chaplygin V.A., Bauer T.V., Burachevskaya M.V. Heavy metals in the soil-plant system of the Don River estuarine region and the Taganrog Bay coast // Journal of Soils and Sediments. 2017. V. 17. P. 1474-1491.

УДК 631.42

А.В. Боброва, Е.В. Пименова, . . .
ФГБОУ ВО Пермский ГАТУ, Пермь, Россия
e-mail: pet508nas@mail.ru

ПОЧВЫ НА ТЕРРИТОРИИ ООПТ ЧЕРНЯЕВСКИЙ ЛЕС Г. ПЕРМИ

Аннотация. В работе представлены результаты химического анализа почвенного покрова юго-восточной части ООПТ Черняевский лес. Проведены исследования основных химических показателей почвы, а также определено содержание ионов металлов Pb, Cd, Cu, Zn.

Ключевые слова: почвы, тяжелые металлы, Черняевский лес, Пермь

Черняевский лес – охраняемый природный ландшафт местного значения, расположенный на территории Индустриального и Дзержинского районов г. Перми. Промышленный комплекс районов представлен предприятиями, которые характеризуется такими отраслями, как химия и нефтехимия, машиностроение, электроэнергетика, полиграфия, производство строительных конструкций. Со всех сторон Черняевский лес окружен автомагистралями [2].

Для оценки состояния почвенного покрова в 2018 г. были отобраны пробы почвы в юго-восточной части леса. Для лучшего ориентирования были выбраны 9 точек на удалении вглубь леса на 20, 90, 180 м от ул. Шоссе Космонавтов вблизи остановочных пунктов и перекрестков (перекресток ул. Подлесной и ул. Шоссе Космонавтов; остановка «9 Мая»; остановка «Больничный городок»).

Для исследования состояния почвенного покрова был произведен химический анализ почвы по нескольким показателям (таблица 1). Биохимические исследования и расчеты выполнялись согласно утвержденным методикам [4, 5, 6].

Результаты измерения рН водной вытяжки показывают, что почвы на точках 2-3 обладают сильнокислой реакцией среды. Показатели кислотности почв на точках 1, 4-8 соответствуют кислой реакции. Слабокислая реакция почвы отмечена на точке 9. Такие показатели характерны для дерново-подзолистых почв. Актуальная кислотность, измеряемая с помощью рН водной вытяжки, зависит от концентрации свободных ионов водорода в почвенном растворе. Их источником являются органические кислоты, образующиеся при разложении растительных остатков, и угольная кислота, появляющаяся в почве при растворении CO₂ в воде. Таким образом, актуальная кислотность создается при недостатке в почве нейтрализующих веществ.

Обменная кислотность определяется с помощью измерения рН солевой вытяжки. Результаты определения рН солевой вытяжки характеризуют исследуемую почву как сильнокислую (на точках 1-8). Почва на точке 9 имеет реакцию среды, близкую к нейтральной.

Таблица 1

Результаты химического анализа почвы

Точка	pH солевой вытяжки	pH водной вытяжки	C _{орг} , %	P ₂ O ₅ , мг/кг	Hг, мг- экв/100г	S, мг- экв/100г	ЕКО, мг- экв/100г	V, %
1	3,96	4,68	2,24	44,08	10,10	15,60	25,70	60,70
2	3,78	4,47	2,46	67,63	9,84	12,40	22,24	55,76
3	3,76	4,39	2,69	103,26	12,20	14,40	26,60	54,14
4	3,74	4,58	2,03	124,19	9,23	11,50	20,73	55,48
5	3,85	4,70	2,70	46,90	11,20	14,70	25,90	56,76
6	4,19	4,51	2,09	43,28	7,28	13,40	20,68	64,80
7	4,32	4,74	1,48	48,51	8,11	19,20	27,31	70,30
8	4,41	5,07	1,47	68,04	6,53	17,30	23,83	72,60
9	5,82	6,40	3,18	98,23	2,57	20,90	23,47	89,05

Кислая реакция среды вредна для растений, она угнетает их и не позволяет нормально расти и развиваться. Влияние кислотности оказывает не только прямое воздействие, но и косвенное. Основные элементы питания (азот, фосфор, калий) становятся недоступными для растений. Кроме того, подобные почвы характеризуются накоплением вредных для растений веществ, в т.ч. и тяжелых металлов. Кислые почвы весной долго не просыхают, а летом очень быстро пересыхают и формируют корку.

Реакция почвенного раствора зависит также от степени насыщенности почвы основаниями. Сумма поглощенных оснований показывает общее содержание катионов оснований в почвенном поглощающем комплексе (ППК). Исследуемые точки характеризуются средней (точки 2-6), повышенной (точки 1, 7, 8) и высокой (точка 9) суммой поглощенных оснований. Увеличение емкости катионного обмена может свидетельствовать об увеличении адсорбции загрязняющих веществ в почве. Согласно полученным данным, величина показателя степени насыщенности почв основаниями характерна для дерново-подзолистых почв. В ППК насыщенных оснований почв находятся только катионы Ca²⁺, Mg²⁺, Na⁺ (черноземы, каштановые почвы, сероземы). Ненасыщенные основаниями почвы (подзолистые, дерново-подзолистые, серые лесные, болотные) наряду с катионами Ca²⁺ и Mg²⁺ содержат катионы H⁺ и Al³⁺, как в случае с образцами, которые были взяты для проведения анализа.

Таблица 2

Содержание меди и цинка в валовой и подвижной форме в почве

Точка	Удаление от ул. Шоссе Космонавтов, м	Cu			Zn		
		Валовая, мг/кг	Подвижная		Валовая, мг/кг	Подвижная	
			мг/кг	% *		мг/кг	% *
1	20	7,9	0,50	6,33	31,4	1,95	6,21
2	90	11,9	0,63	5,29	33,1	3,83	11,57
3	180	12,8	0,60	4,69	32,6	4,28	13,13
4	20	10,0	0,64	6,40	27,2	2,29	8,42
5	90	8,5	0,52	6,12	30,1	2,40	7,97
6	180	7,2	0,44	6,11	28,6	2,08	7,27
7	20	5,9	0,37	6,27	24,0	2,02	8,42
8	90	9,8	0,37	3,78	23,7	2,50	10,55
9	180	14,2	0,37	2,61	39,9	3,17	7,94
Фоновое содержание для почв Пермского края		50			70		
ПДК для песчаных и супесчаных почв		33			55		
ПДК для суглинистых и глинистых, pH KCl<5,5		66			110		
ПДК (буфер с pH 4,8)			3			23	

*от валового

Эффективное плодородие почв в отношении фосфатов определяется запасом подвижных форм фосфора, степень доступности которых зависит от физико-химических свойств почв, сезонной динамики водного, воздушного и теплового режимов, биологической активности почв. Согласно группировке почв по содержанию подвижного фосфора [3] низкое содержание P_2O_5 в почвах отмечено на точках 1, 5-7; почва в точках 2, 8, 9 характеризуются средним содержанием; повышенное содержание P_2O_5 наблюдается в почвах в точках 3, 4.

Согласно системе показателей гумусного состояния почв [1] содержание углерода в пересчете на гумус характеризуется как низкое (точки 1, 4, 6-8) и среднее (точки 2, 3, 5, 8). Самый высокий показатель (3,18%) наблюдается на точке 9. Таким образом, тип почвы соответствует дерново-подзолистым легкосуглинистым почвам.

Результаты определения содержания ионов металлов Pb, Cd, Cu, Zn представлены в таблицах 2 и 3.

Таблица 3

Содержание свинца и кадмия в валовой и подвижной форме в почве

Точка	Удаление от ул. Шоссе Космонавтов, м	Pb			Cd		
		Валовое, мг/кг	Подвижная		Валовое, мг/кг	Подвижная	
			мг/кг	% *		мг/кг	% *
1	20	8,8	2,80	31,82	0,11	0,05	45,45
2	90	15,0	4,29	28,60	0,14	0,03	21,43
3	180	17,6	5,44	30,91	0,13	0,03	23,08
4	20	11,1	3,33	30,00	0,10	0,07	70,00
5	90	10,5	2,48	23,62	0,09	0,06	66,67
6	180	7,2	1,36	18,89	0,09	0,02	22,22
7	20	5,3	1,22	23,02	0,08	0,02	25,00
8	90	7,2	1,54	21,39	0,09	0,04	44,44
9	180	10,2	0,90	8,82	0,2	0,02	10,00
Фоновое содержание для почв Пермского края		22			0		
ПДК для песчаных и супесчаных почв		32			0,5		
ПДК для суглинистых и глинистых, рН КСl<5,5		65			1,0		
ПДК (буфер с рН 4,8)			6			–	

На всех точках содержание Cu, Zn не превышает ПДК. Точка 9 характеризуется повышенным содержанием Cu, Zn, несмотря на удаленность от автодороги. Можно предположить влияние дополнительных источников загрязнения.

Отрицательные экологические последствия загрязнения почв связаны с подвижными соединениями металлов. Часть высокотоксичных элементов может переходить в труднодоступные для растений соединения, другие элементы могут мигрировать в почвенной толще, представляя потенциальную опасность для биоты. Подвижность элементов зависит от кислотно-основных и окислительно-восстановительных условий в почвах. Накопление подвижных, особо опасных для организмов соединений элементов зависит от водного и воздушного режимов почв: наименьшая аккумуляция их наблюдается в водопроницаемых почвах промывного режима, увеличивается она в почвах с непромывным режимом и максимальна в почвах с выпотным режимом. В кислых почвах такие тяжелые металлы, как Cd и Hg, образуют легкоподвижные формы. Напротив, Pb, As, Se образуют малоподвижные соединения, способные накапливаться в гумусовых и илловиальных горизонтах и негативно влиять на состояние почвенной биоты. На всех точках содержание Pb, Cd не превышает ПДК.

Литература

1. Гришина Л.А., Орлов Д.С. Система показателей гумусного состояния почв. М.: Наука, 1978. С. 42-47.
2. Двинских С.А. Экология лесопарковой зоны города / С.А. Двинских, Н.Г. Максимович, К.И. Малеев, О.В. Ларченко. СПб: Наука, 2011. 154 с.
3. Методические указания по проведению комплексного агрохимического обследования почв сельскохозяйственных угодий. М.: Центр научно-технической информации, пропаганды и рекламы, 1994. 96 с.
4. Мудрых Н.М., Алёшин М.А. Пособие к лабораторным занятиям по агрохимии. Пермь: Изд-во ФГБОУ ВПО Пермская ГСХА, 2011. 51 с.
5. Пименова Е.В., Леснов А.Е. Химические методы в агроэкологическом мониторинге почвы. Пермь: Изд-во ФГОУ ВПО Пермская ГСХА, 2008. 145 с.
6. Практикум по агрохимии: Учеб. пособие. М.: Изд-во МГУ, 2001. 689 с.

A.V. Bobrova, E.V. Pimenova, T.A. Boyko
FSBEI HE Perm GATU, Perm, Russia
e-mail: pet508nas@mail.ru

SOILS ON THE TERRITORY OF SPECIALLY PROTECTED NATURAL AREAS CHERNYAEVSKY FOREST, PERM

Abstract. The paper presents the results of a chemical analysis of the soil cover of the south-eastern part of the protected areas Chernyaevsky forest. Studies of the basic chemical parameters of the soil were carried out, and the content of metal ions Pb, Cd, Cu, Zn was determined.

Key words: soil, heavy metals, Chernyaevsky forest, Perm

References

1. Grishina L.A., Orlov D.S. The system of indicators of the humus state of soils. M.: Nauka, 1978. P. 42-47.
2. Dvinskikh S.A. Ecology of the forest-park zone of the city / S.A. Dvinsky, N.G. Maksimovich, K.I. Maleev, O.V. Larchenko. St. Petersburg: Nauka, 2011. 154 p.
3. Guidelines for a comprehensive agrochemical survey of soils of agricultural land. M.: Center for scientific and technical information, propaganda and advertising, 1994. 96 p.
4. The Wise N.M., Alyoshin M.A. A manual for laboratory studies in agrochemistry. Perm: Publishing house of FSBEI HPE Perm State Agricultural Academy, 2011. 51 p.
5. Pimenova E.V., Lesnov A.E. Chemical methods in agroecological monitoring of the soil. Perm: Publishing House FSEI HPE Perm State Agricultural Academy, 2008. 145 p.
6. Workshop on agrochemistry. M.: Publishing House of Moscow State University, 2001. 689 p.

УДК 502.1

Л.Б. Каренгина, Ю.Л. Байкин, А.А. Беличев, А.С. Гусев
ФГБОУ ВО Уральский ГАУ, Екатеринбург, Россия
e-mail: ubaikin@rambler.ru, aabel@list.ru

ФТОРИДНОЕ ЗАГРЯЗНЕНИЕ ПОЧВ В ОКРЕСТНОСТИ КРИОЛИ- ТОВОГО ЗАВОДА И ЕГО ВЛИЯНИЕ НА РАСТЕНИЯ

Аннотация. Отмечена прямая зависимость между pH_{сол.}, суммой обменных оснований, содержанием гумуса в почве и количеством в ней водорастворимого фтора. В растениях фториды снижали размеры и фертильность пыльцы. Угнетение растений снижалось на фоне повышенного минерального питания.

Ключевые слова: загрязнение, фтор, почвы, реакция растений.

Загрязнение почв соединениями фтора, хотя и связано как с природными, так и антропогенными источниками, но обычно носит локальный характер. Очевидно, что это одна из причин недостаточной изученности влияния фтора на почву и растения.

Характер изменения содержания фтора в почве изучали в пахотных почвах, расположенных в окрестности Полевского криолитового завода (Свердловская область).

Почвенные образцы для агрохимического анализа почвы отобраны с глубины пахотного слоя. Почти во всех образцах (табл. 1) содержание водорастворимого фтора превышает ПДК, равное 3 мг/кг, что свидетельствует о значительном загрязнении пахотных земель фтором.

Таблица 1

Содержание водорастворимого фтора в пахотном слое почвы в зависимости от удаленности от источника загрязнения (среднее за 2 года)

	Направление от источника эмиссии	Расстояние от источника эмиссии, км	Содержание фтора, мг/кг
1	Северо-восточное	3	4,1
2	Северо-восточное	5	10,0
3	Северо-восточное	10	5,7
4	Восточное	7	7,0
5	Восточное	9	4,1
6	Южное	5	4,3
7	Южное	7	4,5
8	Южное	10	4,0
9	Южное	20	2,6

В нашем исследовании максимальные содержания водорастворимого фтора в пахотном слое почвы отмечено в восточном направлении (преобладающем по розе ветров) на расстоянии 7 км и в северо-восточном направлении на расстоянии 5 км. В южном направлении почвы менее загрязнены, содержание фтора на расстоянии до 10 км составляет 4,0 - 4,5 мг/кг.

Основная масса фторидов, попадая в почву, переходит в нерастворимое или труднорастворимое состояние и только небольшое количество остается в подвижном состоянии. Размер и интенсивность этой трансформации зависит от многих факторов, но, прежде всего, от химического состава почвы.

Агрохимический анализ почвенных образцов, отобранных в зоне фторидного загрязнения, показал, что существует корреляционная зависимость между содержанием водорастворимого фтора и химическими показателями почвы (табл.2).

Таким образом, наши данные подтверждают выводы о положительной корреляции между содержанием фтора и органического вещества, содержанием фтора и кислотностью, высказанные рядом авторов [1,2].

Анализ растений на содержание фтора в зоне техногенного загрязнения показал, что даже в радиусе до 20 км от источника загрязнений накопление фтора может быть выше 5 мг/кг сухого вещества (табл.3).

Таблица 2

Агрохимические показатели почвы и активный фтор

Фтор, мг/кг	Гумус,%	pH _{сол.}	ммоль/100г почвы		мг/кг почвы		
			Hг	S	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
2,0	4,8	4,9	9,0	23,1	200	67	195
2,5	3,4	4,6	7,0	17,7	150	94	178
4,5	3,4	5,1	9,2	12,2	180	59	87
5,0	5,1	4,8	8,9	26,0	210	67	178
5,0	3,4	5,3	4,6	34,1	205	54	160
5,5	2,7	6,0	1,8	29,9	124	98	224
6,0	4,7	5,3	6,3	24,4	184	45	178
8,0	6,4	6,4	2,0	41,7	210	170	249
8,5	4,3	4,7	9,1	17,2	180	37	128
(Коэффициент корреляции, r)	0,33	0,39	-0,39	0,37	0,16	0,09	-0,08

Прим. Hг – гидролитическая кислотность; S – сумма обменных оснований

Как видно из данных, приведенных в таблице, содержание водорастворимого фтора в растениях зависит не только от расстояния до очага загрязнения, но и культуры. Так, на равных расстояниях от завода подсолнечник накапливал в листьях больше фтора по сравнению с морковью и турнепсом; на его листовых пластинках визуальными были видны некротические повреждения [3].

Таблица 3

Содержание фтора в биомассе растений в зоне техногенного загрязнения

Удаленность от источника загрязнения по розе ветров, км	Культура	Содержание фтора, мг/кг сухого вещества
3	Однолетние травы	17
5	Капуста	5
5	Картофель	6
7	Морковь	8
7	Подсолнечник	11
9	Турнепс	6
10	Подсолнечник	14
20	Озимая рожь	5
25	Ячмень	4

Для уточнения действия фтора на биомассу растений и показатели состояния их пыльцы была проведена серия опытов с ячменем, который подвергали аэрозольному загрязнению фтористым водородом. В опытах вносили аммиачную селитру, двойной суперфосфат, хлористый калий из расчета по 100 мг действующего вещества азота, фосфора и калия на 1 кг почвы.

Усиленное минеральное питание способствует активному сопротивлению растений угнетению, вызванному фторидным загрязнением. Минеральные удобрения существенно повышают урожай независимо от степени загрязнения фторидами (табл.4).

В варианте без удобрений, напротив, урожай снижался тем интенсивнее, чем выше была концентрация фтора в аэрозоле. При этом увеличивается доля соломы в общей биомассе.

Таблица 4

Влияние удобрений на биомассу ячменя при обработке растений фтористым водородом в фазу кущения (г/сосуд сухого вещества, среднее за 2 года)

Фон питания	Концентрация HF, %	Общая биомасса	Зерно	Отношение зерно: солома
Без удобрений	0	3,5	1,8	1:0,96
	0,05	2,8	1,4	1:0,98
	0,1	2,3	1,0	1:1,26
	0,5	2,2	0,8	1:1,28
NPK	0	6,3	3,4	1:0,85
	0,05	6,2	3,4	1:0,79
	0,1	6,3	3,2	1:0,95
	0,5	4,1	2,9	1:0,92

Размеры пыльцы и её фертильность могут служить критерием адаптивности растений к окружающим условиям и могут изменяться под влиянием экстремальных факторов.

При определении степени фертильности пыльцы, т.е. способности спермиев производить оплодотворение, важно определить размеры пыльцевых зерен (крупные, нормальные мелкие), так как жизнеспособность их неодинакова.

Действие фторидного загрязнения на качество пыльцы ячменя демонстрируют данные таблицы 5.

Таблица 5

Влияние фторидного загрязнения на качество пыльцы

Удобрение	Защитный фон	Концентрация HF, %	Размер пыльцы, мкм	Фертильность, %
Без удобрений	0	0	2,20	95
		0,05	1,80	35
		0,1	1,60	30
		0,5	1,15	21
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	0	0	2,50	95
		0,05	1,66	45
		0,1	1,65	40
		0,5	1,20	25

С увеличением концентрации фтора снижались размеры и фертильность пыльцы. При этом повышенный фон минерального питания снижал токсическое действие фтора на растения ячменя.

Выводы

1. Отмечено значительное загрязнение почв фтором на расстоянии до 10 километров от криолитового завода даже против направления господствующего ветра.
2. Наблюдается прямая корреляционная зависимость между количеством водорастворимого фтора и рН_{сол.}, суммой обменных оснований, а также содержанием гумуса.
3. Содержание водорастворимого фтора в растениях зависело не только от расстояния до очага загрязнения, но и от сельскохозяйственной культуры.
4. С увеличением концентрации фтора снижались размеры и фертильность пыльцы.
5. Усиленное минеральное питание способствует активному сопротивлению растений угнетению, вызванному фторидным загрязнением.

Литература

1. Моршина Т.Н., Фанаскава Т.П. Изменение свойств почв под влиянием фтора // Почвоведение. 1985. №2. С.21-26.
2. Полонский В.И., Полонская Д.Е. Фторидное загрязнение почвы и фиторемедитация // Сельскохозяйственная биология. 2013. №1. С.3-14.
3. Селевцев В.Ф., Каренгина Л.Б. Влияние фтора на плодородие почвы и продуктивность растений // Тезисы докл. 12-й конф. почвоведов, агрохимиков, земледельцев Ср. Поволжья и Урала. Ч.2. Казань. 1991. С.170-173.

L.B. Karengina, Yu.L. Baikin, A.A. Belichev, A.S. Gusev
Urals State Agrarian University, Yekaterinburg, Russia

**FLUORIDE POLLUTION OF SOILS IN THE VICINITY OF CRYOLITE
PLANT AND ITS IMPACT ON PLANTS**

Abstract. A direct correlation between pH_{KCl}, the sum of exchange cations, humus content in soil and the amount of water-soluble fluorine in soil was identified. Fluorides reduced pollen size and fertility in plants. Plants' inhibition decreased due to increase in mineral nutrition.

Keywords: pollution, fluoride, soils, plants response.

References

1. Morshina T.N., Phanaskava T.P. Changing of soil properties under fluorine impact // Soil science. 1985. No 2. P. 21 - 26.
2. Polonskii V.I., Polonskaya D.E. Fluoride soil pollution and phytoremediation// Agricultural biology. 2013. No 1. P. 3-14.
3. Selevtsev V.F., Karengina L.B. The effect of fluoride on soil fertility and productivity of plants. Part 2. Kazan. 1991. P. 170-173.

М.А. Кондратьева
ФГБОУ ВО «Пермский ГАТУ», Пермь, Россия
e-mail: pochva@pgsha.ru

ПОЧВООБРАЗОВАНИЕ НА УГОЛЬНЫХ ОТВАЛАХ КИЗЕЛОВСКОГО БАССЕЙНА

Аннотация. Основные почвообразовательные процессы, развивающиеся на поверхности отвалов Кизеловского угольного бассейна, – подстилкообразование и грубогумусово-аккумулятивный процесс. Почвы отвалов диагностированы как эмбриоземы инициальные, органо-аккумулятивные и грубогумусово-аккумулятивные.
Ключевые слова: эмбриоземы, угольные отвалы, техногенные ландшафты, процессы почвообразования.

Изучение процессов посттехногенного восстановления ландшафтов является актуальной проблемой районов разработки месторождений. Эксплуатация Кизеловского угольного бассейна на территории Пермского края велась с 1797 по 1997 годы. За время его эксплуатации общая площадь техногенных ландшафтов, утративших природные характеристики под влиянием угледобычи, составила 456 га [3]. Нарушенные ландшафты на сегодняшний день предоставлены процессам естественного самовосстановления. Образующиеся на поверхности отвалов молодые примитивные почвы определяются в научной литературе как эмбриоземы [4]. Развитие эмбриоземов включает в себя процессы: гумусонакопление или торфонакопление, выщелачивание карбонатов и вынос легкорастворимых солей, структурную переорганизацию твердой фазы, выветривание первичных минералов [1]. Начальным стадиям почвообразования соответствуют процессы преобразования минерального субстрата, включающие дезинтеграцию каменных обломков и перераспределение фракций мелкозема. В дальнейшем ведущая роль в формировании профиля переходит к процессам накопления и трансформации органического вещества [1, 7]. Скорость формирования гумусовых горизонтов зависит от биоклиматических и литологических условий [1, 2, 7].

Цель исследования – изучить почвообразовательные процессы, состав и свойства молодых техногенных почв, формирующихся на угольных отвалах Кизеловского бассейна.

Исследования проводились на территории городского округа Губаха, расположенного в подзоне южной тайги на западном склоне Среднего Урала. Коренной тип растительности – темнохвойные елово-пихтовые и пихтово-еловые леса [5]. Значительную часть территории занимают вторичные березняки и смешанные леса. Почвенно-геоботанические исследования проводились в течение 2014-2019 гг. на отвалах шахт «1 Мая», «Крупская» и «Центральная» (№15). Площади отвалов 5-7 га, слагающие их породы состоят преимущественно из обломков кварцитов, кварцевых песчаников с включениями каменного угля. Присутствие угля определяет степень фитотоксичности отложений, обусловленную высоким содержанием серы 6-8% [3].

Время прекращения отсыпки пород определялось временем закрытия шахт: 1972 год была закрыта шахта «1 Мая», 1993 год – «Крупская», 1996 год – «Центральная». Таким образом, отвалы образуют соответствующий хронологический ряд. Современные площади зарастания поверхности растительностью, выявленные

по материалам дистанционного зондирования, увеличивается от 36 – 42% на отвалах шахт «Центральная» и «Крупская» до 86% - на отвале «1 Мая» [9]. Растительные группировки представлены мхами и лишайниками, разнотравно-злаковыми ассоциациями и одновидовыми сообществами березы.

В общей сложности в районе исследования был заложен 21 разрез. В отобранных почвенных образцах общепринятыми методами определены физико-химические свойства, содержание гумуса по методу Тюрина, групповой состав гумуса по методу Кононовой-Бельчиковой. Оптические свойства почв изучались на спектрофотометре PD-303. Определение гранулометрического состава проведено пипет-методом и включало обработку образца 4% раствором пиррофосфата натрия.

Изученные почвы представлены 3 типами эмбриоземов: инициальными, органо-аккумулятивными и грубогумусово-аккумулятивными.

Эмбриоземы инициальные занимают значительные площади и формируются на открытой поверхности отвалов. Их профиль представляет собой чередование слоев слегка дезинтегрированной, как правило, углесодержащей породы. Содержание мелкозема не превышает 11% от массы субстрата (табл. 1).

Таблица 1

Гранулометрический состав эмбриоземов

Горизонт; глубина, см	Содержание фракций размером (мм), % от массы мелкозема						
	1-0,25	0,25-0,05	0,05-0,01	0,01-0,005	0,005-0,001	<0,001	<0,01
Разрез 318 - Эмбриозем инициальный							
R ₁ (0-5)	42,5	27,7	11,9	4,6	7,1	6,2	18,0
R ₂ (5-10)	37,7	21,0	13,3	1,5	12,5	14,0	27,9
R ₃ (10-15)	38,5	17,1	10,8	14,3	10,6	8,7	33,6
Разрез 416 - Эмбриозем органо-аккумулятивный							
W (2-5)	20,9	36,5	14,1	9,1	4,6	14,8	28,5
R ₁ (5-10)	24,4	31,2	16,6	8,2	6,4	13,2	27,9
R ₂ (10-15)	21,4	45,2	10,1	6,4	11,4	5,4	23,3
Разрез 417 - Эмбриозем грубогумусированный							
AO (2-5)	40,2	39,7	6,6	7,4	1,4	4,7	13,5
R ₁ (5-10)	36,3	42,0	6,8	5,0	4,7	5,2	15,0
R ₂ (10-15)	33,5	49,0	6,0	4,2	2,6	4,7	11,5

Таблица 2

Физико-химические свойства эмбриоземов отвала шахты «Крупская»

Глубина взятия образца	pH _{H2O}	pH _{KCl}	Нг	S	ЕКО	Q, %	Сорг., %
Разрез 10 (7) – Эмбриозем инициальный							
R 1 (0-10)	2,31	2,18	9,41	3,5	12,91	73	2,18
R 2 (10-20)	2,30	2,16	9,84	3,75	13,59	72	2,16
Разрез 416 – Эмбриозем органо-аккумулятивный							
W (2-5)	3,43	2,83	11,16	4,50	15,66	71	2,10
R (5-10)	3,21	2,76	11,16	2,50	13,66	82	2,03
R (10-15)	3,15	2,63	11,16	1,50	12,66	88	1,67
R (25-30)	3,04	2,51	11,16	1,25	12,41	90	2,06
Разрез 133 – Эмбриозем грубогумусовый							
AO (5-10)	4,24	3,56	1,09	28,00	29,09	4	5,96
AO (10-15)	4,23	3,51	9,63	12,25	21,88	44	6,18
R(15-20)	3,45	2,81	26,03	10,75	36,78	71	5,10

В составе мелкозема преобладает песок, что указывает на преобладание процессов физического выветривания над биохимическим. Содержание ила 4-15%, гранулометрический состав мелкозема песчаный либо легкосуглинистый.

Поглощающий комплекс эмбриоземов инициальных имеет преимущественно литогенное происхождение и представлен минеральными и углистыми частицами. Емкость катионного обмена сильно варьирует в пределах 7-34 мг-экв./100 г почвы. Поглощающий комплекс не насыщен основаниями— степень ненасыщенности Q70-80% (табл. 2). Реакция среды сильноокислая с pH_{KCl} 2,0-3,0, что обусловлено окислением сульфидсодержащих пород.

Эмбриоземы органо-аккумулятивные распространены на отвалах шахт «Крупская» и «1 Мая», формируются под березовым редколесьем со слабо развитым напочвенным покровом из мхов. Ведущим процессом является подстилкообразование. На контакте с породой отмечается некоторое снижение плотности до значений 1,25 г/см³. Их профиль имеет вид O-(W)-R: лесная подстилка из листовного опада имеет мощность до 2 см, в нижней части подстилки возможно нахождение маломощного (около 2 см) гумусового горизонта W, за ним сразу идет слабо дезинтегрированная порода.

Эмбриоземы грубогумусово-аккумулятивные развиваются под плотным травянистым покровом и имеют ограниченное распространение. Подобный тип эмбриоземов был выявлен на отвале шахты «Крупская». Строение профиля O-AO-R. Грубогумусовые горизонты имеют мощность до 10 см. Содержание $C_{орг}$ 5-6%, концентрация гуминовых кислот достигает 1,28-1,34%. Молодые гуминовые кислоты слабо конденсированы, показатель экстинкции $E_{465}^{0,001\%}$ для гор. AO составляет 0,05-0,06 [5], что соответствует значениям показателя для дерново-подзолистых и бурых лесных почв [6].

Значения pH_{KCl} в органогенных горизонтах повышаются до 3,5-3,8 единиц и более. Поглощающий комплекс эмбриоземов грубогумусовых состоит из детрита, гумусовых веществ и продуктов органо-минеральных взаимодействий. Емкость катионного обмена возрастает до 29-47 мг-экв./100 г. В составе обменных катионов в гор. AO возрастает доля оснований при ненасыщенности Q 2-4%.

Таким образом, основными почвенными процессами в эмбриоземах являются подстилкообразование и грубогумусово-аккумулятивный процесс. Морфологически в профиле эмбриоземов выражены лишь горизонты O и AO. Общая мощность дезинтегрированной толщи не превышает 20-25 см. Наиболее распространенными подтипами эмбриоземов являются инициальные и органо-аккумулятивные, ограниченное распространение имеют эмбриоземы грубогумусово-аккумулятивные.

Для сравнения, в Кузбассе на отвалах вскрышных пород через 20-25 лет эмбриоземы имеют хорошо выраженный гумусово-аккумулятивный горизонт мощностью 1-2 см с содержанием гумуса 3-4% [1]. Слабое развитие почвообразовательных процессов на отвалах Кизеловского бассейна связано как биоклиматическими условиями региона, так и с бескарбонатностью пород, бедностью их минералогического состава и фитотоксичностью пород отвалов.

Литература

1. Андроханов В.А., Куляпина Е.Д., Курачев В.М. Почвы техногенных ландшафтов: генезис и эволюция. Новосибирск, 2004. 151 с.
2. Брагина П.С., Цибарт А.С., Завадская М.П., Шарапова А.В. Почвы на отвалах вскрышных пород в лесостепной и горно-таежной зонах Кузбасса // Почвоведение. 2014. № 7. С. 978-889.
3. Ворончихина Е.А. Рекультивация нарушенных ландшафтов: теория, технологии, региональные аспекты: монография. Пермь, 2010. 163 с.
4. Гаджиев И.М., Курачев В.М. Генетические и экологические аспекты исследования и классификации почв техногенных ландшафтов // Экология и рекультивация техногенных ландшафтов. Новосибирск: Наука: Сиб. отд-ие, 1992. 305 с.
5. Каракулева А.А., Кондратьева М.А. Свойства эмбриоземов угольных отвалов Кизеловского бассейна // Антропогенная трансформация природной среды. Вып.4. 2018. С. 156-159.
6. Овеснов С.А. Конспект флоры Пермской области. Пермь: Изд-во ПГУ, 1997. 252 с.

7. Орлов Д.С. Химия почв. М.: Изд-во МГУ, 1985. 376 с.
8. Соколов Д.Л. Сингенетичность формирования растительного покрова и окислительно-восстановительных систем в почвах техногенных ландшафтов // Современные проблемы почвоведения и природопользования в Сибири. Материалы Всероссийской молодежной научной конференции. Томск, 25-27 июля 2012 г. Томск: Томский ГУ, 2012. С. 284-290.
9. Чашин А.Н., Кондратьева М.А. Использование данных дистанционного зондирования для оценки темпов самозарастания угольных отвалов Кизеловского бассейна // Географический вестник. 2019. №2. С. 135-147.

М.А. Kondrateva

Perm State Agro-Technological University, Perm, Russia

e-mail: pochva@pgsha.ru

SOIL FORMATION ON COAL-MINE TAILINGS OF THE KIZELOVSKY BASIN

Abstract. The main soil-forming processes developing on tailing surface of the Kizelovsky coal basin are leaf-litter formation and the row-humus-accumulative process. The tailing soils are diagnosed as initial, organic-accumulative, and row-humus-accumulative embryozems.

Keywords: *embryozems, coal-mine tailings, technogenic landscapes, soil formation processes.*

References

1. Androkhanov V.A. Kulyapina E.D. and Kurachev V.M. Soils of technogenic landscapes: genesis and evolution. Novosibirsk: Publishing House of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, 2010. 151 p.
 2. Bragina P.S., Tsibart A.S., Zavadskaya M.P., Sharapova A.V. Soils on overburden tailings in the forest-steppe and mountain taiga zones of the Kuzbass // Eurasian Soil Science. 2014. Т. 47. № 7. P. 723-733.
 3. Voronchikhina E.A. Reclamation of disturbed landscapes: theory, technology, regional aspects: monograph. Perm: Perm State University, 2010. 163 p.
 4. Gadzhiev I.M., Kurachev V.M. Genetic and environmental aspects of research and classification of soils of technogenic landscapes // Ecology and reclamation of technogenic landscapes. Novosibirsk: Science. Sib. department, 1992. 305 p.
 5. Karakuleva A.A., Kondratieva M.A. Properties of embryozems of coal-mine tailings of the Kizelovsky basin // Anthropogenic transformation of the natural environment. Issue 4. 2018. P. 156-159.
 6. Ovesnov S.A. Abstract of the flora of Perm Oblast. Perm: Publishing House of Perm State University, 1997.
 7. Orlov D.S. Soil chemistry. M.: Publishing house of Moscow State University, 1985. 376 p.
 8. Sokolov D.L. Syngenetics of the formation of vegetation cover and redox systems in soils of technogenic landscapes // Modern problems of soil science and nature management in Siberia. Materials of the All-Russian Youth Scientific Conference. Tomsk: Tomsk State University, 2012. P. 284-290.
 9. Chashchin A.N., Kondrateva M.A. Using remote sensing data to assess the self-overgrowing rates of coal-mine tailing of the Kizelovsky basin // Geographical messenger. 2019. № 2. P. 135-147.
- УДК 581.5, 582.29, 504.3.054

А.С. Константинова

ФГБОУ ВО Удмуртский государственный университет, Ижевск, Россия

e-mail: konanc@rambler.ru

СОДЕРЖАНИЕ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ТАЛЛО- МАХ *XANTHORIAPARIETINA* L. В УСЛОВИЯХ Г. ИЖЕВСКА

Аннотация. Исследовано содержание тяжелых металлов (Cu, Zn, Ni, Mn, Fe) в талломах эпифитного лишайника *Xanthoriaparietina* L., растущего на тополях в условиях города Ижевска. Показано, что в городской среде лишайники накапливают существенное количество тяжелых металлов. Данный вид является устойчивым к загрязнению окружающей среды тяжелыми металлами.

Ключевые слова: тяжелые металлы, лишеноиндикация, *Xanthoriaparietina L.*, городская среда, Ижевск

В последние десятилетия в связи с прогрессирующей урбанизацией усиливается загрязнение окружающей среды тяжелыми металлами в масштабах, которые не свойственны природе. В силу этого возрастание их содержания в окружающей среде становится серьезной экологической проблемой современности.

Для города Ижевска, одного из крупнейших индустриальных центров Предуралья, эта проблема весьма актуальна. Город образовался в 1760 году как железодобывательный завод, он и по сей день является крупным индустриальным центром, известным в стране и мире своей оборонной, машиностроительной и металлургической промышленностью.

Для определения степени загрязнения атмосферного воздуха в городах одним из методов диагностики является биоиндикация, в частности, метод лишеноиндикации. Преимуществом данных растений является: широкая распространенность, достаточно продолжительный жизненный цикл, высокая аккумулирующая способность к металлам из воздуха и атмосферных осадков, доступность для изучения в течение всего года.

Целью работы являлось изучение особенностей накопления тяжелых металлов в талломах эпифитного лишайника *Xanthoriaparietina L.* в условиях г. Ижевска. Выбор данного вида в качестве объекта связан с широкой распространенностью в городской среде.

Район исследования включал территорию радиусом 1,5 км от завода ОАО «Ижсталь», в пределах которой выделено несколько функциональных зон: промышленная зона (в радиусе 500-800 м от предприятия), селитебная зона с жилой застройкой (в радиусе 1-1,5 км на юго-запад, юг и юго-восток от предприятия) и транспортная зона (вдоль ул. Маяковского, на расстоянии 500-1000 м южнее завода). В качестве фоновой территории выбрана д. Большая Игра Красногорского района.

Сбор материала проводился маршрутным методом по мере встречаемости на пути следования растения форофита (*Populus* sp.) и синузий лишайника *X. Parietina L.* на нем, на высоте от 1,2 до 1,7 м. За период исследования 2010-2011 гг. собрано 190 проб слоевищ лишайника. При сборе учитывался возраст лишайника (талломы диаметром меньше 5 мм не учитывались), высота и возраст дерева (зрелые деревья высотой более 10 м). После предварительной сушки материала проводилось озоление растительных проб, с последующим экстрагированием металлов 20% раствором соляной кислоты. Определение тяжелых металлов в вытяжке (Cu, Zn, Ni, Mn, Fe) проводилось на пламенном атомно-абсорбционном спектрофотометре. Статистическая обработка результатов проводилась при помощи программного пакета Statistica 6.0. О степени превышения уровня содержания химических элементов в талломах *X. Parietina L.*, произрастающих в городе, над таковым в фоновых условиях судили по величине коэффициента концентрации (Кс).

Анализ содержания тяжелых металлов в талломах лишайника *X. Parietina L.* показал, что на исследуемой городской территории наблюдается значительное превышение фоновых показателей (таблица).

По сравнению с фоновыми значениями содержание тяжелых металлов в талломах лишайников на территории города Ижевска достоверно выше: для меди коэффициент накопления составил 3,3-7,1; для цинка – 1,2-2,2; для никеля – 2,3-7,0; для марганца – 2,4-4,7; для железа – 4,7-7,6. Значительное количество железа в выбросах завода «Ижсталь» связано в первую очередь с использованием вторичного сырья (металлолома) для выплавки стали. Никель и медь добавляют в сталь

для увеличения прочности, износостойкости, коррозионной стойкости, повышения тепло- и электропроводности, улучшения магнитных и каталитических свойств. Марганец применяется в качестве раскислителя для приготовления твердых и прочных сплавов (для выплавки 1 т стали требуется 8-9 кг этого металла).

Таблица

Содержание тяжелых металлов в талломах лишайника *Xanthoriaparietina* L.

Место отбора проб	Концентрация металла, мг/кг сух.массы				
	Cu	Zn	Ni	Mn	Fe
Промышленная зона	72,1±7,1	89,5±19,5	66,8±12,3	3399,4±752,4	12676,0±3250,0
Селитебная зона малоэтажной застройки	33,7±6,8	67,6±11,3	29,9±3,7	1729,2±256,1	7862,0±1500,2
Транспортная зона(вдоль ул. Маяковского)	57,3±9,1	120,5±24,5	91,2±16,8	3162,6±566,2	9376,5±2852,4
Фоновый участок	10,1±0,5	55,5±5,7	13,1±0,9	719,2±51,3	1665,4±171,9

Согласно табл. 1 обращает внимание факт более высокого накопления цинка и никеля вдоль автодороги по ул. Маяковского, что вероятнее всего связано с совокупным влиянием выбросов автотранспорта и выбросов электромартиновского цеха №21, активно работающего до 2009 года, и специализирующегося на выплавке цветных металлов. Известно, что основная масса выбросов от автомобилей оседает на расстоянии до 10 м от дороги. А при истирании ходовой части автомобиля в окружающую среду поступает пыль, содержащая тонкодисперсные частицы резины в которой присутствуют примеси никеля, цинка, кадмия [4].

Сравнивая накопление исследуемых металлов в талломах эпифитного лишайника *X. parietina* L., растущего на незагрязненной территории, со средними значениями по наземным высшим растениям [3] заметна существенная разница по марганцу, железу и никелю. На меньшую концентрацию металлов в тканях сосудистых растений по сравнению с лишайниками обращают внимание многие авторы. Более высокое содержание данных элементов в талломах лишайника может быть связано с видоспецифичностью. В связи с этим лишайники как аккумулятивные биоиндикаторы перспективны для использования в экоаналитическом контроле качества среды обитания [2].

По данным корреляционного анализа установлены прямые зависимости между содержанием в талломе *X. parietina* L. Cu-Ni ($r_s=0,47$, $p<0,01$), Cu-Mn ($r_s=0,44$, $p<0,01$), Fe-Mn ($r_s=0,42$, $p<0,01$). Аналогичные зависимости выявлены в работе Е.А. Азарченковой [1], указывающей на их «сопряженное нахождение» в талломе лишайников.

Таким образом, высокие концентрации исследуемых металлов в талломах лишайника *X. parietina* L., растущего на тополях в условиях г. Ижевска, свидетельствуют о значительной аккумулирующей способности данного вида. Содержание всех исследуемых металлов в слоевищах лишайников в условиях города существенно превышает фоновые значения, что свидетельствует о полиметаллическом характере загрязнения атмосферного воздуха в г. Ижевске. По результатам исследования эпифитный лишайник *X. parietina* L. можно рекомендовать как достаточно устойчивый вид к загрязнению окружающей среды тяжелыми металлами.

Литература

1. Азарченкова Е.А. Фоновый мониторинг сред обитания методом лишеноиндикации (на примере ООПТ Неруссо-Деснянского Полесья) // Вестник Брянского государственного университета. 2012. №4-1. С. 27-32

2. Анищенко Л.Н., Сафранкова Е.А. Накопительные возможности лишайников малых городов Брянской области (южное Нечерноземье России) по отношению к тяжелым металлам // Вестник Удмуртского университета. Серия Биология. Науки о Земле. 2014. Вып. 3. С. 7-13.
3. Ильин В. Б. Элементный химический состав растений. Новосибирск: Наука, 1985. 129 с.
4. Луканин В.Н., Трофименко Ю.В. Промышленно – транспортная экология: учеб.для ВУЗов. М.: Высш. шк., 2001. 273 с.

A.S. Konstantinova
Udmurt State University, Izhevsk, Russia

CONTENT OF HEAVY METALS IN THALLI OF *XANTHORIA PARIETINA* L. IN THE CONDITIONS OF IZHEVSK

Abstract. Content of heavy metals (Cu, Zn, Ni, Mn, Fe) is studied in thalli of the epiphytic lichen *Xanthoria parietina* L. that grows on the poplars in Izhevsk. It is shown that lichens accumulate a significant amount of heavy metals in the urban environment. This species is resistant to environmental pollution with heavy metals.

Keywords: heavy metals, lichen indication, Xanthoria parietina L., urban environment, Izhevsk.

References

1. Azarchenkova E.A. Baseline monitoring of the habitats, method of lichen indication (the case of Nerusso-Desnenskoe Polese protected areas), in Bulletin of the Bryansk State University. 2012. No. 4-1. P. 27-32.
2. Anishchenko L.N., Safrankova E.A. Accumulative capabilities of lichens in small towns of Bryansk Oblast (the southern non-chernozem belt of Russia) in relation to heavy metals, in Bulletin of Udmurt University. Series Biology. Earth Sciences. 2014. Iss. 3. P. 7-13.
3. Ilin V. B. Elemental chemical composition of plants. Novosibirsk: Nauka. 1985. 129 p.
4. Lukanin V.N., Trofimenko Yu.V. Industrial and transport ecology: studies for universities. Moscow: OJSC "Vysshaya Shkola Publishers", 2001. 273 p.

УДК 631.4

Е.М. Лаптева¹, Ю.А. Виноградова¹, Е.Ю. Кряжева²,
В.А. Ковалева¹, Е.М. Перминова¹

¹ИБ ФИЦ Коми НЦ УрО РАН, Сыктывкар, Россия

²ФГБОУ ВО «УГТУ», Ухта, Россия

e-mail: lapteva@ib.komisc.ru

ФОРМИРОВАНИЕ МИКРОБНЫХ КОМПЛЕКСОВ В ПОЧВАХ ПРОМЫШЛЕННЫХ ГОРОДОВ ЕВРОПЕЙСКОГО СЕВЕРО-ВОСТОКА

Аннотация. Исследованы микробные комплексы почв г. Сыктывкара – одного из наиболее крупных городов Республики Коми. Установлены закономерности накопления в почвах различных функциональных зон города приоритетных поллютантов – тяжелых металлов, бенз(а)пирена, нефтепродуктов. Выявлены особенности формирования в них микробной биомассы и комплекса культивируемых микроорганизмов.

Ключевые слова: городские почвы, микроорганизмы, микробная биомасса, микроорганизмы

Развитие городской инфраструктуры, строительство промышленных предприятий обуславливают существенное возрастание антропогенной нагрузки на почвы урбандолиндов. Техногенное воздействие на компоненты окружающей среды способствует развитию негативных процессов, ухудшающих качество

почвы и снижающих их буферную способность [1]. Нарушения в функционировании почв определяют появление в пределах городской черты зон с критической экологической ситуацией [2], ухудшающих нормальное функционирование почвенной биоты [3].

Цель данной работы заключалась в оценке состава и структуры микробных сообществ в почвах промышленных городов Европейского Северо-Востока (на примере г. Сыктывкара).

Исследования проводили в пределах города Сыктывкара – административного центра Республики Коми (РК). Для изучения химических свойств и особенностей структуры почвенных микробных сообществ в летний период 2013 года были отобраны образцы из верхних (0-10 см) горизонтов почв в различных зонах города – рекреационной (РЗ), селитебной (СЗ), транспортной (ТЗ). Количественный химический анализ почв выполняли в экоаналитической лаборатории “Экоаналит” и ЦКП «Хроматография» ИБ ФИЦ Коми НЦ УрО РАН. Численность бактерий, спор грибов и длину мицелия с последующим расчетом микробной биомассы определяли методом люминесцентной микроскопии, качественный и количественный состав микромицетов учитывали методом посева почвенной вытяжки на среду Гетчинсона и подкисленную среду Чапека (рН=4.5) [4]. Таксономическую принадлежность микроскопических грибов идентифицировали с использованием определителей, интерактивных «ключей» и информационного сайта интернет-ресурсов (<http://www.indexfungorum.org>). Для характеристики микромицетных комплексов использовали индексы Шеннона (H), Жаккара (Kj), коэффициент сходства Серенсена-Чекановского (Ks), показатели частоты встречаемости [5].

В отличие от других городов республики (таких например, как Воркута, Ухта, Сосногорск), Сыктывкар характеризуется незначительной техногенной нагрузкой, в связи с отсутствием здесь предприятий горно-, нефте-, газодобывающей и/или перерабатывающей промышленности. Основными источниками загрязнения среды в Сыктывкаре являются предприятия деревообработки и автотранспорт. Аэротехногенное загрязнение урболандшафтов Сыктывкара от стационарных объектов в сравнении с другими городами РК по твердым веществам меньше в 20, по диоксиду серы – в 20-30, по углеводородам – в 1000-2000 раз [6]. Почвы Сыктывкара отличаются нейтральной реакцией среды (среднее значение рН солевых вытяжек 6,9 единиц рН), с разбросом от кислых (рН 5,04 единиц) до слабощелочных (рН 7,7 единиц) значений. Верхние горизонты урбаноземов загрязнены бенз[а]пиреном и нефтепродуктами, однако содержание в них большинства тяжелых металлов не превышает ОДК(ПДК). В целом для почв Сыктывкара характерен низкий региональный уровень содержания меди, никеля, кобальта, ртути. В тоже время содержание таких металлов как цинк, мышьяк, свинец, кадмий имеет более широкий разброс с переходом в ряде мест отбора в категорию повышенного и высокого содержания. В частности, для подвижных форм цинка отмечено превышение ПДК в 1,2-11,7 раз, меди – в 1,2 раза, валового содержания мышьяка – в 1,1-1,9 раза, свинца – 8,9 раз.

Микробиологические исследования показали, что численность прокариот в урбаноземах Сыктывкара варьирует в пределах от 0,07 до 0,77 млрд кл./г а.с.п., спор грибов – от 6,7 до 38,6 млн кл./г а.с.п. По длине мицелия грибов разброс в зависимости от точки отбора оказался более значителен – от близких к нулю значений до 553,6 м/г а.с.п. Это может быть обусловлено микромозаичным строением почв, очаговым распределением в них поллютантов, нарушением структуры почвы в урболандшафтах [7, 8].

В структуре микробной биомассы урбаноземов Сыктывкара преобладают микроскопические грибы (мицелий и споры). Максимальные значения длины грибного мицелия в почвах ТЗ города обеспечили высокие значения здесь грибной биомассы (590 мкг/г), по сравнению с почвами РЗ и СЗ, где она в 1,5 и 3,8 раза ниже. Основной вклад в структуру грибной биомассы в почвах РЗ и СЗ составляют споры грибов (66-74%), в почвах ТЗ до 63% приходится на долю мицелия. Следует отметить, что в условиях отсутствия влияния аэротехногенного загрязнения в зональных подзолистых почвах РК, содержание биомассы мицелия и спор грибов на несколько порядков выше [9].

Микологический анализ комплекса культивируемых микромицетов позволил выделить из почв г Сыктывкара и идентифицировать 48 видов микроскопических грибов из 9 родов, включая один «вид» стерильной формы мицелия. Подавляющее число видов (40 из 5 родов) относится к группе анаморфных (несовершенных) грибов. Отдел *Zygomycota* представлен 8 видами из 3 родов, из них наиболее широко распространены *Umbelopsis ramanniana* и *Mucor circinelloides*. По сравнению с зональными подзолистыми почвами [9], для комплекса микромицетов, функционирующих в урбаноземах Сыктывкара, характерно отсутствие доминантов. Основу микоценозов составляют, как правило, случайные (23) и редкие (20) виды. Виды родов *Mucor*, *Umbelopsis*, *Trichoderma*, играющие доминирующую роль в зональных подзолистых почвах, в урбаноземах переходят в разряд редких и случайных видов. Наиболее устойчивы к антропогенным нагрузкам и, соответственно, часто встречаются и в зональных почвах, и в урбаноземах виды *Penicillium camemberti*, *P. canescens*, *P. thomii*. К категории часто встречающихся в почвах г. Сыктывкара относится также *Trichoderma aureoviride*.

В ряду почв от рекреационной к селитебной и транспортной зонам г. Сыктывкара отмечено возрастание численности микромицетов, их видового разнообразия и количества условно-патогенных видов (Табл.).

Таблица

**Показатели структуры комплекса микромицетов
в урбаноземах г. Сыктывкар**

Показатели	Функциональные зоны г. Сыктывкар		
	рекреационная	селитебная	транспортная
Численность микроскопических грибов, учитываемых на плотных питательных средах, тыс. КОЕ/г а.с.п.	110±66	114±25	206±136
Минимальное количество спор грибов, тыс. КОЕ/г а.с.п.	63	64	73
Максимальное количество спор грибов, тыс. КОЕ/г а.с.п.	207	143	425
Количество выделенных видов микромицетов	20	31	38
Суммарная плотность редких и случайных видов, %	60	84	86
Суммарная плотность условно-патогенных видов, %	10	19	24
Индекс видового разнообразия Шеннона (H)	1.36-2.01	0.86-2.02	0.45-2.24
Индекс доминирования Симпсона (D)	0.07	0.05	0.11
Индекс доминирования (вероятность межвидовых встреч) Симпсона (1-D)	0,93	0,95	0,88
"Индекс полидоминантности" (1/D) Вильямса (S)	14.39	18.54	8.71
Индекс выравненности Пиелу (E)	0.84-0.91	0.62-0.96	0.32-0.87

Аналогичная закономерность характерна для почв многих городов [7, 10]. В условиях города под влиянием изменения строения и свойств почв в процессе функционирования урболандшафтов и нарастания техногенной нагрузки (поступления токсикантов) наблюдается снижение видового разнообразия микромицетного комплекса урбаноземов по сравнению с естественными почвами до 66%. По видовому составу почвенные микоценозы урболандшафтов далеки от зональных подзолистых почв (коэффициент K_s равен 8,5%).

Таким образом, в условиях городской среды под действием аэротехногенных выбросов происходит ингибирование развития «естественного» грибного компонента (мицелия грибов) почв. Воздействие загрязняющих веществ, при отсутствии достаточного количества зеленых насаждений в урболандшафтах, приводит к увеличению токсигенных видов микромицетов в почвах транспортной зоны города (до 24% от общего количества видов), что может способствовать увеличению их агрессивности (активной выработки токсинов) и формированию вторичных токсикозов городских почв.

Исследования выполнены в рамках государственного задания ИБ ФИЦ Коми НЦ УрО РАН.

Литература

1. Герасимова М.И., Строганова М.Н., Можарова Н.В., Прокофьева Т.В. Антропогенные почвы: генезис, география, рекультивация. Смоленск: Ойкумена, 2003. 268 с.
2. Лысак Л.В. Бактериальные сообщества городских почв // Автореферат дис... докт. биол. наук. М., 2010. 47 с.
3. Кузнецова М.В., Масленникова И.Л., Лаптева А.К., Шерстобитова Н.П. Микробиологические особенности почвенного покрова жилой зоны города Перми // Известия Самарского НЦ РАН. Т.18, №2(3). 2016. С. 723-729.
4. Методы почвенной микробиологии и биохимии. М.: Изд-во МГУ, 1991. 304 с.
5. Кураков А.В. Методы выделения и характеристика комплексов микроскопических грибов наземных экосистем. М.: МАКС Пресс, 2001. 92 с.
6. Государственный доклад «О состоянии окружающей среды Республики Коми в 2017 году» / Министерство природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Коми, ГБУ РК «ТФИ РК». Сыктывкар. 2018. 199 с.
7. Свистова И.Д., Щербаков А.П., Корецкая И.И., Талалайко Н.Н. Накопление токсичных видов микроскопических грибов в городских почвах // Гигиена и санитария. 2003. № 5. С. 22-25.
8. Шумилова Л.П., Куимова Н.Г., Терехова В.А., Александрова А.В. Разнообразие и структура комплексов микроскопических грибов в почвах города Благовещенска // Микология и фитопатология. 2014. Т. 48. № 4. С. 240–246.
9. Хабибуллина Ф.М., Кузнецова Е.Г., Васенева И.З. Микромицеты подзолистых и болотно-подзолистых почв в подзоне средней тайги на северо-востоке европейской части России // Почвоведение. 2014. № 10. С. 1228–1234.
10. Куимова Н.Г., Шумилова Л.П., Павлова Л.М. Оценка экологического состояния почв г. Благовещенска // Вестник РУДН, серия «Экология и безопасность жизнедеятельности». 2008. № 3. 38-47.

Е.М. Lapteva¹, Yu.A. Vinogradova¹, E.Yu. Kryazhea², V.A. Kovaleva¹,
Е.М. Perminova¹

¹IB FRC Komi SC UB RAS, Syktyvkar, Russia

²Ukhta State Technical University, Ukhta, Russia

e-mail: lapteva@ib.komisc.ru

FORMATION OF MICROBIAL COMPLEXES IN THE SOILS OF INDUSTRIAL CITIES OF THE EUROPEAN NORTH-EAST OF RUSSIA

Abstract. Soil microbial complexes of Syktyvkar, one of the largest cities of the Komi Republic, were studied. The regularities of accumulation of priority pollutants (heavy metals, benz (a) pyrene, and petroleum products) in the soils of various functional zones

of the city are established. The features of the formation of microbial biomass and a complex of cultured micromycetes in them were revealed.

Keywords: urban soils, microorganisms, microbial biomass, micromycetes.

References

1. Gerasimova M.I., Stroganova M.N., Mozharova N.V., Prokophyeva T.V. Anthropogenic soils: genesis, geography and recultivation. Smolensk, 2003. 268 p.
2. Lysak L.V. Bacterial communities of urban soils // thesis of diss... doct. of biology. M., 2010. 47 p.
3. M.V. Kuznetsova, Masslennikova I.L., Lapteva A.K., Sherstobitova N.P., Shishkin M.A. Microbiological features of the soil cover in the residential zone of perm sity // Izvestia of Samara Scientific Center of the RAS. Vol.18, №2(3). 2016. P. 723-729.
4. Methods of soil microbiology and biochemistry. M.: MGU, 1991. 304 p.
5. Kurakov A.V. Methods of allocation and characteristics of complexes of microscopic fungi of the terrestrial ecosystems. M.: MAKS Press, 2001. 92 p.
6. State report «On the state of the environment of the Komi Republic in 2017»/ Ministry of Natural Resources and Environmental Protection of the Komi Republic, GBU RK“ TFI RK ”. Syktyvkar. 2018. 199 p.
7. Svistova I.D., Scherbakov A.P., Koretskaya I.I., Talalayko N.N. Accumulation of toxic species of microscopic fungi in urban soils // Hygiene and sanitation. 2003. № 5. P. 22-25.
8. Shumilova L.P., Kuimova N.G., Terekhova V.A., Aleksandrova A.V. The diversity and structure of microscopic fungi complexes in the soils of the city of Blagoveshchensk // Mycology and Phytopathology. 2014. T. 48. № 4. P. 240–246.
9. Khabibullina F.M., Kuznetsova E.G., Vaseneva I.Z. Micromycetes in podzolic and bog podzolic soils in the middle taiga subzone of northeastern European Russia // Eurasian Soil Science. 2014. Vol. 47. No. 10. P. 1027–1032.
10. Kuimova N.G., Shumilova L.P., Pavlova L.M. Assessment of soil ecological state in Blagoveschensk city // Vestnik RUDN, series “Ecology and safety of life”. 2008. № 3. P. 38-47.

UDC 631.4

T. Minkina, V. Rajput, V. Chaplygin, V. Lysenko, I. Sazonov,
A. Barbashev, S. Sushkova, D. Bren, A. Yakovlenko
Southern Federal University, Rostov-on-Don, Russia
e-mail: tminkina@mail.ru

ROLE OF BIOCHAR AND DIATOMITE ON PHOTOSYNTHETIC ACTIVITY OF BARLEY IN CD-POLLUTED SOIL

Abstract. Cadmium is a toxic heavy metal that causes direct harm to plants as well as humans in several forms. Chlorophyll fluorescence has great potential as a tool to monitor the interaction between soil pollutant and plants. The experiment was conducted to observe photosynthetic activities of barley and the role of soil amendments in Cd-polluted soil. Biochar is a widely used soil amendment in the remediation of soils polluted by heavy metal due to its sorption properties. Recently, diatomite is also proved effective adsorbent for soil pollutant. The results showed that Cd toxicity decreased maximal quantum yield of photosystem II (Fv/Fm) by 11.28% compared to the control (uncontaminated soil) whereas less decrease was found in biochar (3.6%) and diatomite (1.7%) applied treatments. Biochar and diatomite amendments to polluted soil reduced the Cd toxicity and enhanced barley growth.

Keywords: Chlorophyll fluorescence, heavy metals, photosystem II, physiology, soil.

Introduction. Cadmium is one of the most toxic heavy metals (HMs) causing problems for plant growth, and easily absorbed by roots and transported to the above-ground tissues [1, 2]. The application of sewage sludge, industrial and city wastes, and

the fertilizers containing Cd, increase the content of Cd in the agricultural soils. The effects of Cd on photosynthetic activities are a subject of intensive investigations, and chlorophyll fluorescence estimation could be an accurate tool to the precise determination of the physiological state of plants. The maximal quantum yield of photosystem II (PSII) (Fv/Fm) is one of the most important parameters of chlorophyll fluorescence estimation. The quantum yield of PSII is an indication of dissociation of light-harvesting pigment systems of PSII. The disturbance in quantum yield of PSII could indicate a decline in the photosynthetic efficiency which may affect electron transport, thylakoid number per granum, transpiration rate and stomatal conductance [3, 4]. Chlorophyll fluorescence has great potential as a tool to monitor the interaction between soil pollutant and plants [5-7].

Several organic and inorganic soil amendments are applied to contaminated soil for improving its physical, chemical, and biological characteristics. The biochar is widely used as a soil amendment; however, the diatomite is also attracting scientific attention and proved to be a very promising and effective adsorbent in HMs-contaminated soils [8].

To reveal the effects of Cd stress and role of biochar and diatomite on the chlorophyll fluorescence of barley, the experiment was conducted on Cd polluted soil.

Materials and Methods. The upper (0- to 20-cm) layer of Haplic Chernozem was used for the model experiment. Soil was sampled from a reserved virgin plot in the Persianovskaya steppe in the Rostov region (south of the European part of Russia). The soil had the following properties (g kg^{-1}): C_{org} 0.37; CaCO_3 0.04; physical clay 6.36; clay 2.81; $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$ 7.6; exchangeable bases (cmolc kg^{-1}): Ca^{2+} 31.0, Mg^{2+} 6.0, Na^+ 0.06. Soil samples were analyzed by the commonly used Standard method for the Russian Federation (Vorob'eva, 2006).

The sampled soils were sieved by 2 mm size of sieve. The 2 kg well mixed soils were filled in plastic pots with a closed drainage system for model experiment. The experimental design included the control (original uncontaminated soil) and treatments with the addition of Cd 10 mg kg^{-1} in triplicate. Soil incubated at room temperature in normal mode of lighting for one month. After one month of incubation, biochar (2.5%) and diatomite (2.5%) were applied. Then, the 15 seeds were sown per pot at 2 cm depth.

Plants were dark-adapted in the laboratory room with dark curtains and no artificial light source for 20 min before chlorophyll fluorescence measurements. During the measurement, the room temperature was the same as the growth environment of plants. The maximal quantum yield of PSII was measured using pulse amplitude modulated (PAM) fluorometer (Diving PAM, Waltz, Germany). Photosynthetic photon flux density (PPFD) of red measuring light was $0.15 \text{ mmol photons m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ and PPFD of white saturating flash was $1800 \text{ mmol photons m}^{-2} \text{ s}^{-1}$. Fifteen readings were recorded by selecting fresh leaves and all the leaves were measured under the same condition.

Results and discussion. The results showed that Cd suppressed maximal quantum yields of PSII of barley, while, the addition of biochar and diatomite improved the photosynthetic performance than the Cd stressed barley. The maximal quantum yields of PSII decreased by 11.28% in barley grown in Cd-polluted soil with compared to control whereas; this decrease was less in biochar (3.6%) and diatomite (1.67%) applied treatments (Figure 1). Biochar and diatomite amendments in polluted soil alleviate the soil Cd toxicity.

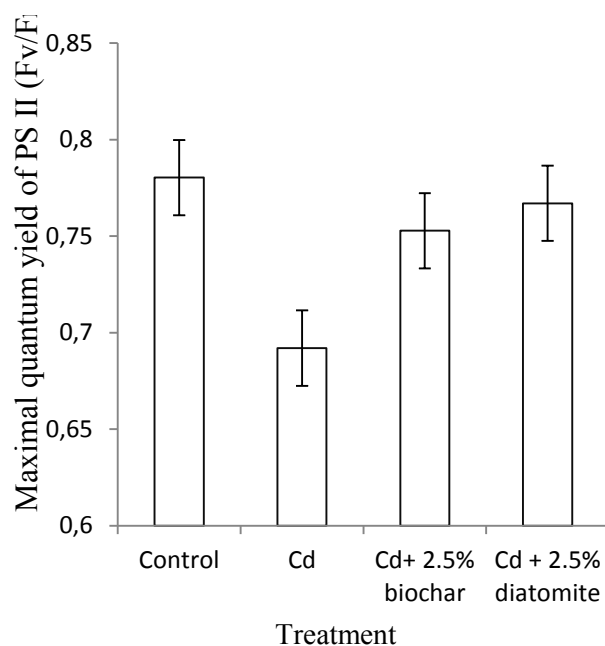


Figure 1. Assessment of maximal quantum yield of photosystem II (Fv/Fm) of photosynthetic performance of barley in Cd polluted with amendments

The reduction in barley growth and biomass could be a reason for the inhibition of photosynthesis [9, 10]. The decline in photosynthesis efficiency also affects electron transport, transpiration rate and stomatal conductance [3, 4, 6]. The application of 2.5% pine wood biochar alleviated Cd toxicity for barley grown in highly multi-metals polluted soil [11]. The improvement in barley growth may be due to increases in water retention by application of the biochar and diatomite [12, 13]. Another study showed that the application of 5% rice straw biochar decreased the bioavailability of Cd, and improved microbial counts and soil enzyme activities [14]. The studies indicate the application of diatomite improve the growth and photosynthetic pigments, helping plants to overcome from various biotic and abiotic stresses, especially metal-stress [8, 13, 15].

Conclusion. Chlorophyll fluorescence has proven to be a non-destructive, quick, and accurate tool to the precise determination of the physiological state of barley grown in Cd-polluted soil. The results indicated biochar and diatomite application to Cd-polluted soil improved the photosynthetic activities of barley. Thus, this work suggests biochar, as well as diatomite, have the potential to be used as a useful amendment to alleviate plant stress and remediate Cd-contaminated soil.

Acknowledgement: This research was supported by the Grant of President of Russian Federation, projects no. MK-2818.2019.5 and MK-2973.2019.4, Grant of the President to support Leading scientific schools No. NSH-3464.2018.11, RFBR (No. 19-29-05265MK).

References

1. Prasad MNV: Cadmium toxicity and tolerance in vascular plants. *Environmental and Experimental Botany* 1995, 35(4). P. 525-545.
2. Sanità di Toppi L, Gabbriellini R: Response to cadmium in higher plants. *Environmental and Experimental Botany* 1999, 41(2):105-130.
3. Da Costa MVJ, Sharma PK: Effect of copper oxide nanoparticles on growth, morphology, photosynthesis, and antioxidant response in *Oryza sativa*. *Photosynthetica* 2015, 54(1):110-119.
4. Perreault F, Samadani M, Dewez D: Effect of soluble copper released from copper oxide nanoparticles solubilisation on growth and photosynthetic processes of *Lemna gibba* L. *Nanotoxicology* 2014, 8(4):374-382.

5. Moustakas M, Malea P, Haritonidou K, Sperdouli I: Copper bioaccumulation, photosystem II functioning, and oxidative stress in the seagrass *Cymodocea nodosa* exposed to copper oxide nanoparticles. *Environ Sci Pollut Res Int* 2017, 24(19):16007-16018.
6. Rajput V, Minkina T, Fedorenko A, Sushkova S, Mandzhieva S, Lysenko V, Duplii N, Fedorenko G, Dvadnenko K, Ghazaryan K: Toxicity of copper oxide nanoparticles on spring barley (*Hordeum sativum distichum*). *Science of The Total Environment* 2018, 645:1103-1113.
7. Lysenko VS, Varduny TV, Kosenko PO, Kosenko YV, Chugueva OI, Semin LV, Gorlachev IA, Tarasov EK, Guskova OS: Video registration as a method for studying kinetic parameters of chlorophyll fluorescence in *Ficus benjamina* leaves. *Russian Journal of Plant Physiology* 2014, 61(3):419-425.
8. Zhao Y, Tian G, Duan X, Liang X, Meng J, Liang J: Environmental Applications of Diatomite Minerals in Removing Heavy Metals from Water. *Industrial & Engineering Chemistry Research* 2019, 58(27):11638-11652.
9. Shanmugaraj BM, Malla A, Ramalingam S: Chapter 1 - Cadmium Stress and Toxicity in Plants: An Overview. In: *Cadmium Toxicity and Tolerance in Plants*. Edited by Hasanuzzaman M, Prasad MNV, Fujita M: Academic Press; 2019: 1-17.
10. Dong J, Wu F-B, Zhang G-P: Effect of cadmium on growth and photosynthesis of tomato seedlings. *Journal of Zhejiang University Science B* 2005, 6(10):974-980.
11. Gorovtsov A, Rajput V, Tatiana M, Saglara M, Svetlana S, Igor K, Grigoryeva TV, Vasily C, Iraida A, Vladislav Z *et al*: The role of biochar-microbe interaction in alleviating heavy metal toxicity in *Hordeum vulgare* L. grown in highly polluted soils. *Applied Geochemistry* 2019, 104:93-101.
12. Günel E, Erdem H, Çelik İ: Effects of three different biochars amendment on water retention of silty loam and loamy soils. *Agricultural Water Management* 2018, 208:232-244.
13. Abdalla M: Beneficial effects of diatomite on the growth, the biochemical contents and polymorphic DNA in *Lupinus albus* plants grown under water stress. *Agriculture and Biology Journal of North America* 2011, 2:207-220.
14. Li L, Jia Z, Ma H, Bao W, Li X, Tan H, Xu F, Xu H, Li Y: The effect of two different biochars on remediation of Cd-contaminated soil and Cd uptake by *Lolium perenne*. *Environmental Geochemistry and Health* 2019.
15. Bello OS, Adegoke KA, Oyewole RO: Insights into the Adsorption of Heavy Metals from Wastewater using Diatomaceous Earth. *Separation Science and Technology* 2014, 49(12):1787-1806.

Т. Минкина, В. Раяпут, В. Чаплыгин, В. Лысенко, И. Сазонов, А. Барбашев,
 С. Шушкова, Д. Брен, А. Яковленко
 Южный федеральный университет, Россия
 e-mail: tminkina@mail.ru

РОЛЬ БИОХАРА И ДИАТОМИТА В ФОТОСИНТЕТИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ ЯЧМЕНЯ В ЗАГРЯЗНЕННЫХ КАДМИЕМ ПОЧВАХ

Аннотация: Кадмий является токсичным тяжелым металлом, который наносит прямой вред растениям и людям в нескольких формах. Флуоресценция хлорофилла имеет большой потенциал в качестве инструмента для мониторинга взаимодействия загрязнителя почвы и растений. Эксперимент проводился с целью наблюдения за фотосинтетической активностью ячменя и роли препаратов на почве загрязненной Cd. Биочар является широко используемым препаратом при восстановлении почв, загрязненных тяжелыми металлами из-за его сорбционных свойств. В последнее время диатомит также оказался эффективным адсорбентом для загрязнения почвы. Результаты показали, что токсичность Cd снижала максимальный квантовый выход фотосистемы II (F_v / F_m) на 11,28% по сравнению с контролем (незагрязненная почва), в то время как меньшее снижение было обнаружено при обработке биочаром (3,6%) и диатомитом (1,7%). Препараты на биочар и диатомит в загрязненной почве позволили снизить токсичность Cd и ускорить рост ячменя.

Ключевые слова: Флуоресценция хлорофилла, Тяжелые металлы, Фотосистема II, Физиология, Почва.

Т.М. Минкина, Д.Г. Невидомская, Ю.С. Подковырина, М.В. Бурачевская,
Т.В. Бауэр, В.А. Чаплыгин, С.С. Манджиева
Южный федеральный университет, Ростов-на-Дону, Россия
e-mail: tminkina@mail.ru

АНАЛИЗ МОЛЕКУЛЯРНО-СТРУКТУРНОГО СОСТОЯНИЯ МЕДИ В ЗАГРЯЗНЕННОМ ЧЕРНОЗЕМЕ ОБЫКНОВЕННОМ ПРИ ПОСТУПЛЕНИИ МЕТАЛЛА В ФОРМЕ ЛЕГКО- И ТРУДНОРАСТВОРИМЫХ СОЕДИНЕНИЙ

Аннотация. Проведен анализ молекулярно-структурного состояния меди в загрязненном черноземе обыкновенном при поступлении металла в форме оксида и нитрата. Исследования проводились методом ближней тонкой структуры края рентгеновского поглощения – XANES. Установлена более полная трансформации $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$ в черноземе обыкновенном по сравнению с CuO в течение годичной инкубации металла в почве.

Ключевые слова: медь, чернозем обыкновенный, загрязнение, легко- и труднорастворимые соединения, XANES.

Рентгеновская спектроскопия поглощения является в настоящее время одним из наиболее перспективных методов неразрушающей диагностики локальной атомной и электронной структур материалов без дальнего порядка в расположении атомов. Развитие методов прямого изучения локальной структуры и механизмов закрепления металла в активных твердофазных компонентах почвы стало возможно благодаря использованию анализа тонкой структуры спектра рентгеновского поглощения на базе синхротронного излучения [3]. Важность получения данной информации состоит в том, что до сих пор обсуждаются на уровне гипотез механизмы трансформации металлов в почве при поступлении их в форме различных соединений [4].

Цель работы состояла в изучении пространственно-структурных особенностей меди в черноземе обыкновенном при поступлении металла в форме легко- и труднорастворимых соединений.

Для реализации поставленной цели был проведен специальный эксперимент, в котором чернозем обыкновенный карбонатный был загрязнен высокими дозами $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$ (2000 мг/кг) и CuO (2000 мг/кг и 10000 мг/кг), внесенных отдельно. Инкубация почвы с соединениями Cu проводилась в течение года. Анализ молекулярно-структурный состояния меди в почве проводилось методом ближней тонкой структуры края рентгеновского поглощения проводились на спектрометре Rigaku R-XAS Lorrer. При измерении спектров рентгеновского поглощения использовался Ge (440) монохроматор, обеспечивающий энергетическое разрешение 0.4 эВ для К-края Cu . Энергетическая калибровка осуществлялась на медной фольге. Спектры XANES К-края меди были сняты в энергетическом диапазоне от 8930 эВ до 9250 эВ [2].

Теоретическое моделирование спектров К-края поглощения меди в CuO и $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$ было проведено методом конечных разностей и методом полного многократного рассеяния, которые реализуются в программных комплексах FDMNES

2010 и Feff, соответственно [1]. Расчет потенциала проводился с учетом и без muffin-tin приближения. Согласие экспериментальных и теоретических спектров было достигнуто в расчетах, проведенных в полном потенциале (без учета muffin-tin эффектов).

Сравнительный анализ спектров чистого соединения CuO со спектрами почвенных образцов показал, что вне зависимости от дозы загрязнения и вида загрязнения (CuO и Cu(NO₃)₂), состояние меди не изменяется (Рисунок 1). Экспериментальные XANES спектры имеют сходный вид с пиком в серединной части края спектра (~ 8985-8990 эВ).

Эффективность расщепления исходного спектра оценивается по двум критериям. Суммарное содержание металла в модели должно приближаться к 100%, а «остаток», обусловленный ошибкой модели, должен стремиться к 0. Как видно из рисунка, почвенный спектр занимает промежуточное положение между спектрами модельного и экспериментального образцов исследуемых соединений металлов. Амплитуда и частота волны экспериментальных спектров воспроизведены в виде нитрата Cu, в случае загрязнения почв данной солью металла, или в виде оксида Cu, в случае загрязнения им почвы. Согласие модельного и экспериментального спектров высокое.

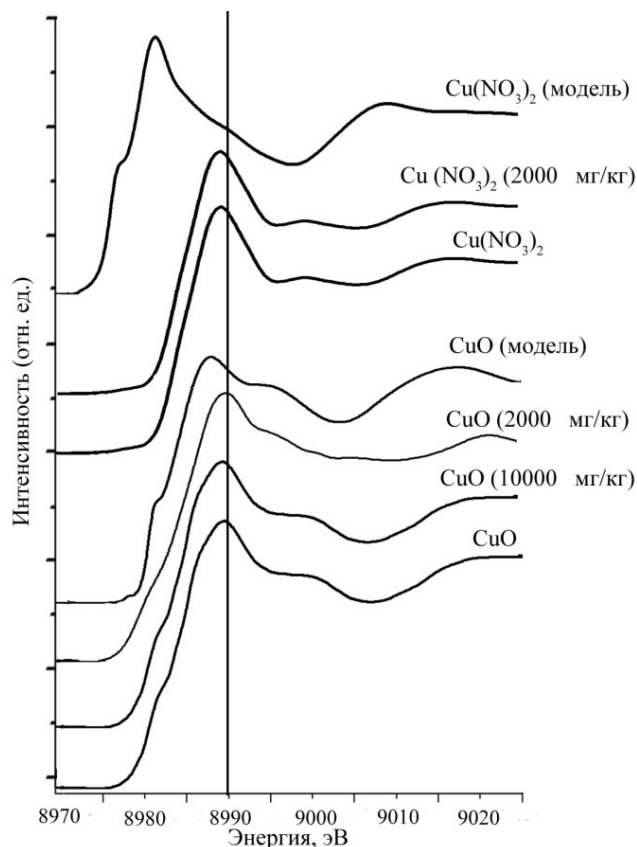


Рисунок 1. Экспериментальные и модельные спектры и рентгеновского поглощения XANES для чистых Cu содержащих соединений и загрязненных ими почвенных образцов

Сходный характер в величине интенсивности предкраевого пика в спектрах почвенных образцов, насыщенных CuO и Cu(NO₃)₂ указывает, что поглощенная медь имеет ярко выраженную асимметрию первой атомной оболочки, такую же,

как в спектрах чистых соединений меди. Форма, размер и особенности в краевой и вблизи краевой областей спектров почвенных образцов, насыщенных CuO и Cu(NO₃)₂, имеют четкие различия, что, в первую очередь, зависит от локальной атомной структуры окружающей центральный атом меди. Во-вторых, позволяет предположить, что сорбированные комплексы Cu XANES спектров CuO и Cu(NO₃)₂ образуют различные фазы локальной атомной структуры.

Для оценки вклада содержания меди проведена аппроксимация экспериментальных спектров с применением анализа принципиальных компонент (Рисунок 2), реализованным в программном комплексе FitIt [1]. Используя данный метод возможно уточнение структуры одной из смешанных компонент и определение процентного содержания компонент для всех экспериментальных спектров. Анализ основных компонент позволил разложить серию экспериментальных почвенных спектров на суперпозиции нескольких экспериментальных спектров «чистых» эталонных компонент и определить число данных чистых спектров, смешанных в серии экспериментов и их концентрации.

За эталоны приняты спектры чистых соединений нитрата и оксида меди. Исходя из полученных данных процент содержания оксида и нитрата меди в почвенных спектрах достигает более 70% относительно эталонных спектров, где их содержание составляет 100% (Таблица).

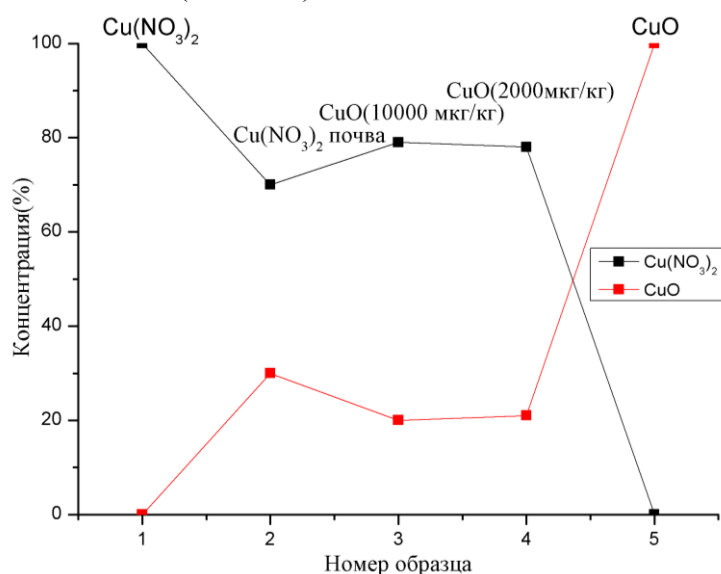


Рисунок 2. Аппроксимация экспериментальных спектров нитрата и оксида Cu относительно чистых медьсодержащих спектров

Таблица

Результаты анализа принципиальных компонент по аппроксимации экспериментальных спектров нитрата и оксида меди

Компонент	Cu(NO ₃) ₂	CuO
Cu(NO ₃) ₂	100%	0
Cu(NO ₃) ₂ почва	70%	30%
CuO (10000 мкг/кг)	79%	20%
CuO(2000 мкг/кг)	78%	21%
CuO	0	100%

Данный анализ показал, что при сопоставлении экспериментальных почвенных спектров нитратов меди с аппроксимированным модельным наблюдается хорошая воспроизводимость данных спектров, что указывает на большой вклад меди

из нитратов, ассоциированных в составе почвенных компонентов с образованием Cu-содержащих фаз. Исходя из аналогичного соотношения спектров оксидов можно предположить незначительное участие меди в образовании содержащих ее почвенных фаз.

Таким образом, хорошее соответствие между модельными спектрами и экспериментальными XANES спектрами показывает, что теоретическое моделирование центров поглощения, участвующих в образовании связей, можно успешно использовать для изучения пространственной структуры. Принимая во внимание, что вид спектров почвенных образцов, насыщенных CuO, имеют большую сходимость со спектрами чистого соединения по сравнению со спектрами Cu(NO₃)₂, а также учитывая различия в произведении растворимости данных соединений, очевидно, что поступление металла в почву в форме легкорастворимого соединения будет способствовать более полной трансформации ионов меди с образованием разнообразных соединений.

Исследование выполнено при финансовой поддержке Российского научного фонда № 19-74-00085.

Литература

1. Смоленцев Г.Ю., Солдатов А.В. Рентгеновская спектроскопия – анализ наноразмерной структуры вещества. Ростов-на-Дону: Мини-Тайп. 2006. 88 с.
2. Bianconi A. XANES spectroscopy. In X-ray absorption: principles, applications and techniques of EXAFS, SEXAFS and XANES / Edited by R. Prins and D.C. Koningsberger New York: John Wiley & Sons. 1988. 573 p.
3. Gräfe M., Donner E., Collins R.N., Lombi E. Speciation of metal(loid)s in environmental samples by X-ray absorption spectroscopy: A critical review // *Analytica Chimica Acta*. 2014. V. 822. P. 1-22.
4. Minkina T.M., Bauer T.V., Batukaev A.A. et al. Transformation of technogenic Cu and Zn compounds in chernozem // *Environmental Engineering and Management Journal*. 2015. V. 14. No. 2. P. 481-486.

T.M. Minkina, D.G. Nevidomskaya, Yu.S. Podkovyrina, M.V. Burachevskaya,
T.V. Bauer, V.A. Chaplygin, S.S. Mandzhieva
Southern Federal University, Rostov-on-Don, Russia

ANALYSIS OF THE MOLECULAR-STRUCTURAL STATE OF COPPER IN ORDINARY CHERNOZEM CONTAMINATED WITH EASILY AND HARDLY SOLUBLE METAL COMPOUNDS

Abstract. The molecular structural state of copper in ordinary chernozem contaminated with oxide and nitrate metal form was analyzed. The studies were carried out by the method of near fine structure of the x-ray absorption edge – XANES. More complete transformation of Cu(NO₃)₂ in ordinary chernozem was established in comparison with CuO during the annual incubation of metal in soil.

Keywords: copper, ordinary chernozem, contamination, easily and hardly soluble compounds, XANES.

The study was supported by the Russian Science Foundation No. 19-74-00085

References

1. Smolentsev G.Yu., Soldatov A.V. X-ray spectroscopy – analysis of the nanoscale structure of a substance. Rostov-on-Don: Mini-Type, 2006, 88 p.
2. Bianconi A. XANES spectroscopy. In X-ray absorption: principles, applications and techniques of EXAFS, SEXAFS and XANES / Edited by R. Prins and D.C. Koningsberger New York: John Wiley & Sons. 1988. 573 p.
3. Gräfe M., Donner E., Collins R.N., Lombi E. Speciation of metal(loid)s in environmental samples by X-ray absorption spectroscopy: A critical review // *Analytica Chimica Acta*. 2014. V. 822. P. 1-22.
4. Minkina T.M., Bauer T.V., Batukaev A.A. et al. Transformation of technogenic Cu and Zn compounds in chernozem // *Environmental Engineering and Management Journal*. 2015. V. 14. No. 2. P. 481-486.

УДК 631.4

Т.М. Минкина, Д.Г. Невидомская, В.А. Чаплыгин, С.С. Манджиева,
Ю.А. Литвинов
Южный федеральный университет, Ростов-на-Дону, Россия
e-mail: tminkina@mail.ru

ОСОБЕННОСТИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В РАСТИТЕЛЬНОСТИ РАЙОНА ПРОМЫШЛЕННЫХ ОТСТОЙНИКОВ СТОЧНЫХ ВОД

Аннотация. На примере импактной зоны промышленных отстойников сточных вод и шламонакопителей (г. Каменска-Шахтинского Ростовской области) показано влияние долгосрочного химического загрязнения высокими уровнями тяжелых металлов на дикорастущие растения в техногенных мезофильных сукцессиях.

Ключевые слова: тяжелые металлы, импактная зона, растительность, загрязнение.

Для растений высокий уровень загрязнения среды обитания является стрессовым фактором, вызывающим интегральный ответ, направленный на выживание биосистем за счет формирования защитных механизмов [4, 7]. Растения, обитающие в условиях длительного воздействия химического загрязнения, не имея возможности «уйти» от влияния стресса, фактически вынуждены приспосабливаться к нему, мобилизуя свои внутренние защитные ресурсы. Целью исследования было изучить и выявить особенности накопления некоторых тяжелых металлов (ТМ) растениями – эдификаторами техногенных мезофильных сообществ.

Каменский район расположен в пределах Среднедонской подпровинции Понтической провинции Евразийской степной области [2]. До начала работы промышленных предприятий г. Каменска-Шахтинского на месте хранилищ промстоков были пойменные луга и живописные озера. Однако техногенные трансформации, обусловленные деятельностью промышленных предприятий и химических заводов, образующих кластер промзоны г. Каменска-Шахтинского, способствовали тому, что в пойме реки Северского Донца доминирующей стала техногенная мезофильная сукцессия района озера Атаманское. Данное озеро с начала 60-х годов использовалось в качестве резервуара для промстоков сброс которых осуществлялся до середины 90-х годов XX века [6]. Растительность данного района представлена монодоминантными тростниковыми группировками, состоящими из тростника южного (*Phragmites australis* Cav.) и растений кондоминантов, среди которых встречаются: коровяк обыкновенный (*Verbascum thapsus* L.), полынь австрийская (*Artemisia austriaca*), тысячелистник благородный (*Achillea nobilis*), цикорий обыкновенный (*Cichorium intybus*), пижма обыкновенная (*Tanacetum vulgare*).

Почвы района исследования представляют собой техногенно-трансформированные отложения, которые согласно классификации и диагностики почв России [5] относятся к хемоземам.

Стандартные укусы растений проводили в естественных местообитаниях. С каждой площадки мониторинга формировали среднюю пробу из растений, принадлежащих к одному виду. Объединенная проба растений состояла из 8-10 точечных проб. Пробоподготовку растительного материала осуществляли методом сухого

озоления [3] с последующей кислотной экстракцией ТМ из зола 20% HCl. Определение металлов в растениях проводилось на атомно-адсорбционном спектрофотометре. Полученные показатели сравнивались с максимально допустимыми уровнями ТМ, принятыми для кормовых трав [1].

По величине абсолютного содержания в растениях исследуемой территории ТМ располагаются в следующем порядке: $Zn > Mn > Pb > Cu \geq Cr > Ni > Cd$. Во всех растительных образцах площадок мониторинга, прилегающих к озеру Атаманскому, установлены превышения МДУ для Zn и Cr. На некоторых площадках превышения МДУ также диагностируется для Pb, Cd и Ni. Особенно высокие концентрации Zn отмечаются на площадках мониторинга, которые приурочены к «очагам загрязнения» протомстоков.

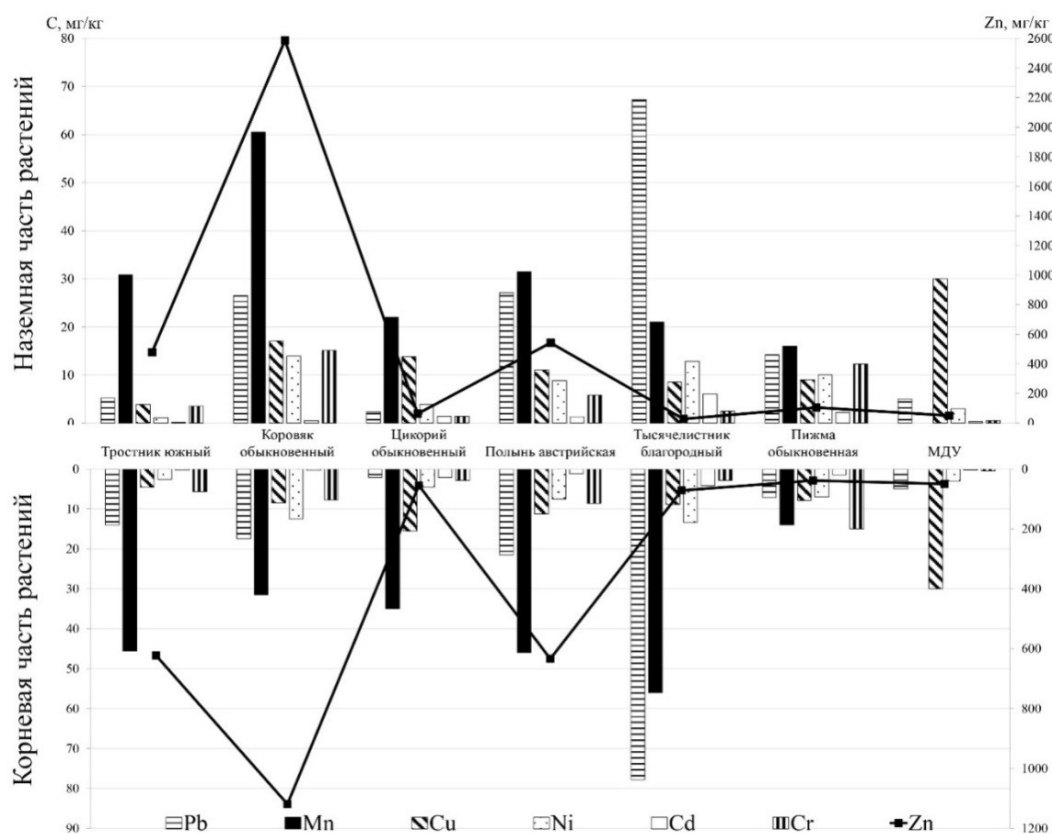


Рисунок. Среднее содержание Pb, Zn, Cu, Ni, Cd, Cr и Mn в надземной и корневой частях разных видов растений, произрастающих на площадках мониторинга района озера Атаманского промзоны г. Каменска-Шахтинского Ростовской области, мг/кг

Биогеохимическая ситуация, складывающаяся в импактной зоне района озера Атаманского, показывает, что в данных естественных условиях растительные сообщества адаптировались к избыточным концентрациям металлов в почвах. Следует отметить, что изменения в составе луговых ассоциаций не могут быть объяснены только прямым действием веществ-загрязнителей на чувствительные растения. Здесь вступают в силу законы межвидовой конкуренции за факторы роста и жизненное пространство. В структуре сообществ повышается значение видов растений с большей экологической амплитудой: тростник южный (семейства Мятли-

ковые), коровяк обыкновенный (семейства Норичниковые), на позиции кондоминантов выходят виды, менее приспособленные к новым, худшим условиям обитания. Это растения из семейства сложноцветных (Астровые) – полынь австрийская, тысячелистник благородный; цикорий обыкновенный, пижма обыкновенная и пр.

Различия в содержании Zn в растениях коровяка обыкновенного, произрастающих на фоновых незагрязненных и загрязненных почвах, составляют для корневой части растений до 66 раз, а для надземной части до 200 раз.

Не вызывает сомнений, что основной фактор загрязнения растений – это долгосрочная аккумуляция ТМ в почве. Показано, что основными аккумуляторами доминирующего поллютанта – Zn выступают растения тростника и коровяка в силу их морфолого-анатомического и физиологического строения. Выявленные превышения МДУ по абсолютным значениям составили для коровяка: Zn до 96 раз, Pb до 12 раз, Ni до 48 раз, Cr до 37 раз, Cd до 4 раз. Причем, аккумуляция ТМ у растений коровяка, преимущественно, отмечается в надземной части (Рисунок). В растениях тростника выявлены превышения по Zn до 22 раза, Pb до 5 раз, Cr до 18 раз, наибольшие содержания металлов депонируются в подземной части, поскольку широко разветвленные в почве корневища тростниковых зарослей, известны своей высокой аккумулирующей активностью [10]. На рисунке представлены средние содержания Pb, Zn, Cu, Ni, Cd, Cr и Mn в надземной и корневой частях исследуемых видов дикорастущих растений.

Особенности аккумуляции ТМ растениями можно представить рядами накопления металлов согласно среднему абсолютному содержанию в частях растений разных видов:

Надземная часть:

Коровяк обыкновенный: $Zn > Mn > Pb > Cu \geq Cr > Ni > Cd$;

Тростник южный: $Zn > Mn > Pb > Cu \geq Cr > Ni > Cd$;

Полынь горькая: $Zn > Mn > Pb > Cu \geq Ni > Cr \geq Cd$;

Тысячелистник благородный: $Pb > Zn > Mn > Cu \geq Ni > Cr \geq Cd$;

Пижма обыкновенная: $Zn > Mn > Pb > Cr \geq Ni > Cu \geq Cd$;

Цикорий обыкновенный: $Zn > Mn > Cr > Ni \geq Pb > Cu \geq Cd$;

Корневая часть:

Коровяк обыкновенный: $Zn > Mn > Pb > Ni \geq Cu > Cr > Cd$;

Тростник южный: $Zn > Mn > Pb > Cr \geq Cu > Ni > Cd$;

Полынь горькая: $Zn > Mn > Pb > Cu \geq Cr > Ni \geq Cd$;

Тысячелистник благородный: $Pb > Zn > Mn > Ni \geq Cu > Cd \geq Cr$;

Пижма обыкновенная: $Zn > Cr > Mn > Cu \geq Pb > Cr \geq Cd$;

Цикорий обыкновенный: $Zn > Mn > Cu > Ni \geq Cr > Pb \geq Cd$.

На основании приведенных рядов установлено, что основную роль в накоплении ТМ разными видами растений при очень высоком уровне загрязнения почв играет техногенный фактор.

Анализ данных позволил установить, что видами-аккумуляторами Zn являются коровяк и тростник [8, 9]. Выявлено, что коровяк из рассматриваемых растений накапливает в своей надземной массе наибольшее количество Mn, Pb и Ni, а тысячелистник – Pb.

Таким образом, по величине абсолютного содержания в растениях ТМ располагаются в следующем порядке: $Zn > Mn > Pb > Cu \geq Cr > Ni > Cd$. Во всех растительных образцах площадок мониторинга, прилегающих к озеру Атаманскому, установлены превышения МДУ для Zn и Cr. Определены виды-аккумуляторы Zn –

тостник и коровяк, превышение МДУ по Zn, которых составляет 22 и 96 раз, соответственно.

Исследование выполнено при финансовой поддержке гранта Президента РФ № МК-2818.2019.5, РФФИ 19-29-05265mk и 18-55-05023 Арм_а.

Литература

1. Временный максимально-допустимый уровень (МДУ) содержания некоторых химических элементов и госсипола в кормах для сельскохозяйственных животных и кормовых добавках 123-4/281-8-87 / Государственный агропромышленный комитет СССР; Главное управление ветеринарии. Москва. 1987.
2. Горбачев Б.Н. Растительность и естественные кормовые угодья Ростовской области. Ростов-на-Дону: Ростиздат. 1974. 152 с.
3. ГОСТ 26657-85. Корма, комбикорма, комбикормовое сырье. Методы определения содержания фосфора.
4. Ильин В.Б. Тяжелые металлы в системе почва-растение. Новосибирск: Наука. 1991. 151 с.
5. Классификация и диагностика почв России / Л.Л. Шишов, В.Д. Тонконогов, И.И. Лебедева, М.И. Герасимова. Смоленск: Ойкумена. 2004. 342 с.
6. Экологические проблемы города Каменска-Шахтинского / В.В. Приваленко, В.Т. Мазуренко, В.И. Панасков и др. Ростов-на-Дону: Цветная печать. 2000. 152 с.
7. Kabata-Pendias A., Pendias, H. Trace elements in soils and plants. London: CRC Press, 2001.
8. Minkina T., Fedorenko G., Nevidomskaya D. et al. Morphological and anatomical changes of *Phragmites australis* Cav. due to the uptake and accumulation of heavy metals from polluted soils // Science of the Total Environment. 2018. V. 636. P. 392-401.
9. Samecka-Cymerman A., Kempers A.J. Concentrations of heavy metals and plant nutrients in water, sediments and aquatic macrophytes of anthropogenic lakes (former open cut brown coal mines) differing in stage of acidification. // Science of the Total Environment. 2001. V. 281. P. 87-98.
10. Vymazal J., Brezinová T. Accumulation of heavy metals in aboveground biomass of *Phragmites australis* in horizontal flow constructed wetlands for wastewater treatment: A review // Chemical Engineering Journal. 2016. V. 290. P. 232-242.

T.M. Minkina, D.G. Nevidomskaya, V.A. Chaplygin,
S.S. Mandzieva, Yu.A. Litvinov
Southern Federal University, Rostov-on-Don, Russia

PECULIARITIES OF HEAVY METAL DISTRIBUTION IN VEGETATION AROUND THE ZONE OF INDUSTRIAL WASTEWATER STORAGE TANKS

Abstract. The influence of long-term chemical pollution with the high level of heavy metals on wild plants in technogenic mesophilic successions is shown by the example of impact zone of industrial wastewater storage tanks.

Keywords: heavy metals, impact zone, plants, contamination.

The study was supported by a grant from the President of the Russian Federation No. MK-2818.2019.5, RFBR 19-29-05265mk and 18-55-05023 Arm_а.

References

1. Methodological guidelines for assessing the hazard of soil contamination with chemical substances. Moscow. 1987.
2. Gorbachev B.N. Vegetation and natural forage grasslands of the Rostov Oblast. Rostov-on-Don: Rostizdat. 1974. 152 p.
3. GOST (State Standard) 26657-85: Fodder, Mixed Fodder, and Mixed Fodder Raw Materials. Methods for Determination of Phosphorus. Moscow: Izd. Standartov. 1986.
4. Il'in V.B. Heavy metals in the soil-plant system. Novosibirsk: Nauka. 1991. 151 p.
5. Classification and Diagnostics of Russian Soils / L.L. Shishov, V.D. Tonkonogov, I.I. Lebedeva et al. Smolensk: Oikumena. 2004. 342 p.
6. Ecological problems of the city of Kamensk-Shakhtinskii / V.V. Privalenko, V.T. Mazurenko, V.I. Panaskov et al. Rostov-on-Don: Tsvetnayapechat'. 2000. 152 p.
7. Kabata-Pendias A., Pendias, H. Trace elements in soils and plants. London: CRC Press, 2001.

8. Minkina T., Fedorenko G., Nevidomskaya D. et al. Morphological and anatomical changes of *Phragmites australis* Cav. due to the uptake and accumulation of heavy metals from polluted soils // Science of the Total Environment. 2018. V. 636. P. 392-401.
9. Samecka-Cymerman A., Kempers A.J. Concentrations of heavy metals and plant nutrients in water, sediments and aquatic macrophytes of anthropogenic lakes (former open cut brown coal mines) differing in stage of acidification. // Science of the Total Environment. 2001. V. 281. P. 87-98.
10. Vymazal J., Brezinová T. Accumulation of heavy metals in aboveground biomass of *Phragmites australis* in horizontal flow constructed wetlands for wastewater treatment: A review // Chemical Engineering Journal. 2016. V. 290. P. 232-242.

УДК 504.75

Н.В. Митракова, Н.В. Москвина
ФГБОУ ВО «Пермский государственный национальный исследовательский университет», Пермь, Россия
e-mail: mitrakovanatalya@mail.ru

СВОЙСТВА ПОЧВ И ТЕХНОГЕННЫХ ПОВЕРХНОСТНЫХ ОБРАЗОВАНИЙ В ЖИЛЫХ РАЙОНАХ ГОРОДА ПЕРМИ

Аннотация. Были изучены свойства почв и техногенных поверхностных образований жилых районов г. Перми. Поверхностные слои урбостатоземов и квазиземов жилых районов Перми характеризовались высокой изменчивостью в содержании органического углерода и поглотительной способности, нейтрально-слабощелочной реакцией среды, слабой карбонатностью мелкозема.

Ключевые слова: почва, техногенное поверхностное образование, почвенные свойства, урбостратозем, квазизем.

Введение. Почвенный покров городских ландшафтов имеет сложный мозаичный рисунок, включающий трансформированные и деградированные почвы и техногенные поверхностные образования (ТПО), которые значительно отличаются от природных почв и часто характеризуются более низкой биологической активностью и высоким уровнем токсичности [1, 2, 3].

На формирование городских почв влияют некоторые специфические факторы, такие как использование карбонатного гравия в строительных и дорожных работах, использование противогололедных солей на дорогах, внос низинного торфа на поверхность органоминеральных и минеральных слоев; сравнительно небольшая продолжительность городского почвообразования (несколько десятилетий). Неблагоприятные свойства почв (уплотнение, щелочность и т. д.) и накопление загрязняющих веществ (тяжелые металлы, соли, нефть и т. д.) могут приводить к токсичности и низкой биологической активности почв города [1, 5]. Изучение свойств почв является важной задачей в мониторинге состояния городских территорий.

Целью данного исследования является изучение свойств поверхностных слоев почв и техногенных поверхностных образований в жилых районах г. Перми.

Объектами исследования являются урбостратоземы и квазиземы жилых районов г. Перми.

Методы проведения эксперимента. В образцах почв и ТПО были определены: содержание органического углерода по Тюрину; pH водное и солевое – потенциометрическим методом; гидролитическая кислотность определялась методом Каппена; поглощающая способность рассчитывалась путем сложения суммы оснований и гидролитической кислотности; поглощающая способность в карбонатных пробах – по методу Мелиха.

Описание результатов. Почвенные свойства жилых районов г. Перми. Городская почва – это синолитогенная почва, так как почвообразование происходит одновременно с накоплением минерального и органического материала на поверхности; в результате формируется профиль различной толщины и степени наслоения. Основным диагностическим горизонтом городских почв является горизонт урбик. Городские почвы с горизонтом урбик классифицируются как типы урбостратоземов [4]. Урбостратоземы преобладали в почвенном покрове жилых районов города Перми. Урбостратоземы не богаты органическим веществом, имеют слабощелочной рН и среднюю емкость катионного обмена (табл. 1). На урбостратоземах торфяно-эутрофированных в среднем количество органического вещества в 2 раза выше, рН близок к нейтральному, а поглощающая способность заметно повышена. В урбостратоземе, как правило, присутствовало небольшое количество карбонатов.

Квазиземы – техногенные поверхностные образования, образованные за счет отсыпки низинного торфа толщиной около 10 см на поверхность минерального грунта. В квазиземах «свежий» органогенный слой характеризуется структурой и свойствами торфа. Со временем этот слой обогащается минеральным веществом, торф гумифицируется, образуя квазизем компостно-гумусовый.

Таблица 1

Свойства горизонта урбик (0-15 см) в урбостратоземах жилых районов г. Перми

Свойства	Количество проб	Среднее	Минимум	Максимум	Стандартное отклонение	Ошибка среднего
Урбостратозем						
Органическое вещество, %	41	2,20	0,65	4,70	0,95	0,15
рНвод	41	7,82	6,74	8,66	0,38	0,06
рНсол	41	7,04	4,16	7,63	0,63	0,10
ЕКО (мг-экв/100 г)	41	23,71	10,20	46,00	8,98	1,40
СО ₂ карбонатов, %	41	0,45	0,00	1,42	0,47	0,10
Урбостратозем торфяно-эутрофированный						
Органическое вещество, %	22	5,81	3,10	11,30	2,24	0,48
рНвод	22	7,48	6,97	8,07	0,33	0,07
рНсол	22	6,97	6,32	7,77	0,32	0,07
ЕКО (мг-экв/100 г)	22	38,60	15,60	50,30	8,66	1,85
СО ₂ карбонатов, %	22	0,50	0,00	1,42	0,47	0,10

Квазиземы, особенно торфяные, содержат много органического углерода, они часто характеризуются кислотностью и высокой катионообменной способностью (табл. 2).

Таблица 2

Свойства поверхностных слоев квазиземов (0-10 см)

Свойства	Количество проб	Среднее	Минимум	Максимум
Квазизем торфяной				
Органическое вещество, %	7	18,90	14,44	27,30
рНвод	7	6,24	4,64	7,74
рНсол	7	5,48	4,03	6,86
ЕКО (мг-экв/100 г)	7	76,21	46,70	88,50
Квазизем компостно-гумусовый				
Органическое вещество, %	7	6,23	3,57	12,52
рНвод	7	7,30	6,28	7,83
рНсол	7	6,71	5,54	7,35
ЕКО (мг-экв/100 г)	7	33,59	14,95	56,20
СО ₂ карбонатов, %	7	1,44	0,00	3,12

Выводы. Основными компонентами почвенного покрова жилых районов города Перми являются урбостратоземы; формирование урбостратоземов торфяно-эутрофированных, квазиземов торфяных и компостно-гумусовых обусловлено отсыпкой низинного торфа на газоны и клумбы, придворовые территории.

Поверхностные слои урбостратоземов и квазиземов жилых районов г. Перми характеризовались высокой изменчивостью в содержании органического углерода и поглотительной способности. В верхних почвенных слоях, как правило, преобладала нейтрально-щелочная среда ($pH_{\text{вод}} = 6,7-8,3$); слабая щелочность обусловлена присутствием карбонатных включений. Благодаря отсыпке низинного торфа в «свежих» органогенных слоях сохранялась кислая среда; а также существенно возросло количество органического углерода (до 10,3–27,3%) и емкость поглощения (до 56–81 мг-экв/100 г).

Литература

1. Добровольский Г.В. Почва, город, экология. М.: Фонд "За экономическую грамотность", 1997. 320 с.
2. Бардина Т.В., Чугунова М.В., Бардина В.И. Изучение экотоксичности урбаноземов методами биотестирования // Живые и биокосные системы, 2013. Вып. 5. URL: <http://www.jbks.ru/archive/issue-5/article-8.pdf> (дата обращения: 13.09.2019).
3. Эволюция почв и почвенного покрова. Теория и разнообразие природной эволюции и антропогенных трансформаций почв / Отв. ред. В.Н. Кудярова, И.В. Иванов. М.: ГЕОС, 2015. 925 с.
4. Прокофьева Т.В., Герасимова М.И., Безуглова О.С., Бахматова К.А., Гольева А.А., Горбов С.Н., Жарикова Е.А., Матинян Н.Н., Наквасина Е.Н., Сивцева Н.Е. Введение почв и почвоподобных образований городских территорий в классификацию почв России // Почвоведение. 2014. № 10. С. 1155–1164
5. Pickett, S. T. A., Cadenasso, M. L. (2009): Altered resources, disturbance, and heterogeneity: A framework for comparing urban and non-urban soils. *Urban Ecosystems* 12: 23-44. DOI 10.1007/s11252-008-0047-x.

N.V. Mitrakova, N.V. Moskvina
Perm State University, Perm, Russia
e-mail: mitrakovanatalya@mail.ru

PROPERTIES OF SOILS AND TECHNOGENIC SURFACE FORMATIONS IN THE RESIDENTIAL AREAS OF PERM

Abstract. The properties of soils and technogenic surface formations of residential areas in Perm were studied. The surface layers of *urbostratozems* and *quasi-soils* in Perm's residential areas were characterized by high variability in the content of organic carbon and cation exchange capacity, neutral-slightly alkaline reaction of the soil medium and low in carbonate.

Keywords: soil, technogenic surface formation, properties of soils, urbostratozem, quasi-soil.

References

1. Dobrovolskiy, G.V. Pochva, Gorod, Ekologiya [Soil, city, environment]. Fond "Za Ekonomicheskuyu Gramotnost". Moscow, 1997. 320 p.
2. Bardina, T. V., Chugunova, M. V., Bardina, V. I. (2013): Study of the urban soils ecotoxicity using biotesting methods. *Zhivyye i biokosnyye sistemy*, 5. Available at: <http://www.jbks.ru/archive/issue-5/article-8.pdf> (accessed 13.09.2019).
3. Prokofeva T.V., Gerasimova M.I., Bezuglova O.S., Gorbov S.N., Bakhmatova K.A., Matinyan N.N., Gol'eva A.A., Zharikova E.A., Nakvasina E.N., Sivtseva N.E. Inclusion of soils and soil-like bodies of urban territories into the Russian soil classification system // *Eurasian Soil Science*. 2014. № 47(10). P. 959-967.
4. Evolution of soils and soil cover. Theory, diversity of natural evolution and anthropogenic transformations of soils. / In: Ivanov I.V., Kudiyarov V.N. (eds.) *GEOS*, Moscow, 2015. 925 p.

5. Pickett S.T.A., Cadenasso M.L. (2009): Altered resources, disturbance, and heterogeneity: A framework for comparing urban and non-urban soils. – Urban Ecosystems 12: 23-44. DOI 10.1007/s11252-008-0047-x.

УДК 631.45+504.75

Н.В. Москвина, А.З. Фаткуллина
ФГБОУ ВО Пермский государственный национальный исследовательский университет, Пермь, Россия
e-mail: nvmoskvina@mail.ru

ОЦЕНКА УСТОЙЧИВОСТИ ТПО К ЗАГРЯЗНЕНИЮ СВИНЦОМ И КАДМИЕМ НА НАЧАЛЬНЫХ СТАДИЯХ ГОРОДСКОГО ПОЧВООБРАЗОВАНИЯ

Аннотация. В Индустриальном районе г. Перми исследованы техногенные почвоподобные образования (ТПО) легкого гранулометрического состава, сформированные на месте строительства торгового центра. С целью оценки устойчивости ТПО к загрязнению ТМ применили метод фитотестирования как интегральный метод оценки токсичности почв. Внесение кадмия в концентрации до 1 ОДК не оказало фитотоксического действия на тест-культуру. Свинец оказался более токсичным для растений, ростовые показатели кресс-салата уменьшаются с увеличением концентрации свинца в почве. ТПО обладают низким естественным плодородием.

Ключевые слова: техногенные почвоподобные образования, фитотестирование, тест-контроль, тяжелые металлы.

Введение. Городское почвообразование имеет ряд специфических особенностей. Многоэтажные жилые районы возникают на месте бывших деревень, частной одноэтажной застройки, отсыпанных с целью изменения рельефа площадках, на месте бывших лесов и полей. В процессе строительства исходные почвы преобразуются на большую глубину: они перемешиваются, нарушается последовательность генетических горизонтов, вносятся разнообразныe строительные материалы – песок, щебень, привезенные грунты, торф. Часто основой для будущих городских почв становятся почвогрунты или ТПО – техногенные почвоподобные образования, состоящие из природного и/или специфического новообразованного субстрата [9].

Кроме того, в условиях города в почву поступает большой поток загрязнителей техногенной природы, в том числе ТМ. В почвах Пермского края накапливаются Cd, Pb, Zn, Cu, Cr и другие ТМ, что обусловлено развитием добывающих отраслей, металлургии, химического производства и развитой транспортной сетью [2, 3, 7]. Одними из самых опасных токсикантов являются As, Pb, Cd, Hg, Zn [8].

До определенного предела почвы способны противостоять техногенному воздействию, сохраняя нормальное функционирование. Буферность почв зависит от кислотно-основных свойств, гранулометрического состава, содержания органического вещества. Почвы легкого состава обладают низкими буферными свойствами [4].

Городские почвы являются важнейшим компонентом урбоэкосистем. Необходима оценка их устойчивости к загрязнению токсикантами техногенного происхождения с целью оптимизации условий окружающей среды.

Целью наших исследований была оценка устойчивости почвогрунтов легкого состава к загрязнению свинцом и кадмием.

Объекты и методы. Городские почвы и ТПО, как правило, наследуют химический и гранулометрический состав почвообразующих пород и природных почв, на которых они сформированы. Основными почвообразующими породами под жилыми многоэтажными районами г. Перми являются элювиально-делювиальные суглинки и глины и пески древнеаллювиальных террас.

Почвы нескольких жилых районов имеют преимущественно легкий механический состав: микрорайоны Балатово, Парковый на левом берегу р. Кама, на правобережье Закамск и др. Застройка этих районов осуществлялась преимущественно на месте сосновых боров. Сохранившиеся участки леса относятся к категории ООПТ и представлены ООПТ «Черняевский лес» на левом берегу р. Кама и ООПТ «Закамский бор», «Верхнекурьянский» и «Сосновый бор» на правобережье [1]. Эти территории сформировались на древнеаллювиальных отложениях надпойменных террас, слабо дифференцированные почвы имеют легкий гранулометрический состав и представлены псаммоземами и серогумусовыми почвами [6].

Объектом наших исследований были ТПО, сформированные в зоне строительства ТЦ «Леруа Мерлен» и ТРК «Планета». Масштабные строительные работы на этой территории ведутся с 2016 года. Участок застройки примыкает вплотную к территории ООПТ «Черняевский лес».

Исходные почвы на территории застройки были преобразованы на большую глубину (4-5 м), перемешаны, затем поверхность выравнивалась с помощью бульдозеров. На месте будущей дорожной сети на поверхность почвогрунтов укладывали слой щебня.

Свойства ТПО изучали в 5 разрезах. Отбор проб проводился в июне 2019 года на строительных площадках.

В пробах определяли: рН вод. – потенциометрическим методом; содержание органического углерода – по методу Тюрина; содержание карбонатов – по Молодцову, Игнатовой.

Для оценки устойчивости ТПО к свинцу и кадмию был заложен лабораторный опыт по выращиванию кресс-салата на почве, предварительно загрязненной металлами. Использованы смешанные пробы поверхностных горизонтов ТПО из 5 почвенных разрезов. Дозы загрязнения были рассчитаны относительно их ориентировочно допустимых концентраций (ОДК), которые составляют 0,5 мг/кг для кадмия и 32,0 мг/кг для свинца в песчаных и супесчаных почвах [10].

Как показали О.З. Еремченко с соавторами [4], природные почвы легкого состава имеют низкую буферную емкость. При их загрязнении свинцом и кадмием фитотоксический эффект проявился при относительно небольшой концентрации Pb и Cd – от 0,01 ОДК и выше.

Исходя из этих данных, в почвенные пробы были внесены сульфат свинца и ацетат кадмия из расчета Pb и Cd 0.01; 0.1; 0.25; 0.5; 0.75; 1.0 ОДК.

Оценка токсичности и биологической активности почв проводилась согласно патенту по реакции кресс-салата [5]. В качестве тест-контроля использовали растения, выращенные на вермикулите и на незагрязненном смешанном образце ТПО. Замеры высоты и массы 10-дневных проростков кресс-салата проводились в 30-кратной повторности.

Результаты и обсуждение. ТПО в районе застройки по Классификации почв России [9] преимущественно относятся к группе натурфабрикатов, т.е. поверхностных образований, лишенных гумусированного слоя и состоящих из минерального, органического и органо-минерального материала природного происхож-

дения. Часть застраиваемой территории представлена ТПО из группы артификабрикатов – на специально подготовленных площадках из нарушенных почв залегают нетоксичные материалы (например, щебень для устройства дорожной сети).

ТПО отличались нейтральной реакцией среды, очень низким содержанием гумуса. Содержание карбонатов варьировало в пределах 1,9-2,6% (табл. 1).

Таблица

Свойства ТПО

рН вод., диапазон	рН вод., среднее ±ошибка	Гумус,%, диапазон	Гумус,%, среднее ±ошибка	Содержание карбонатов,%, диапазон	Содержание карбонатов,%, среднее ±ошибка
6,27-7,28	6,66±0,2	0,15-0,28	0,24±0,05	1,86-2,56	2,11±0,17

Фитотестирование показало, что внесение кадмия в концентрациях от 0,01 до 1 ОДК не вызвало достоверного уменьшения ростовых показателей кресс-салата по сравнению с контролем (в качестве контроля использовали смешанный образец почвы, не загрязненный ТМ) (рис. 1). На всех образцах почвы, загрязненных свинцом, отмечено достоверное уменьшение высоты кресс-салата по сравнению с контролем (рис. 2).

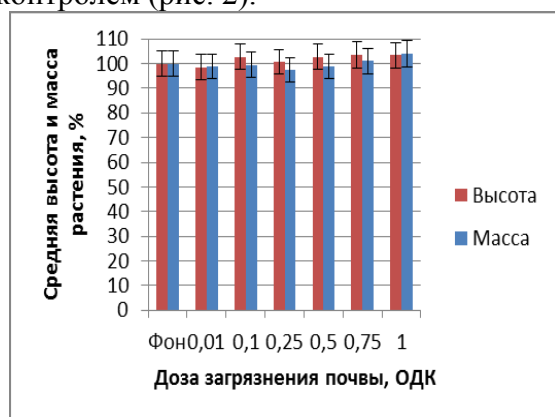


Рисунок 1. Относительная высота и масса кресс-салата после внесения в почву кадмия

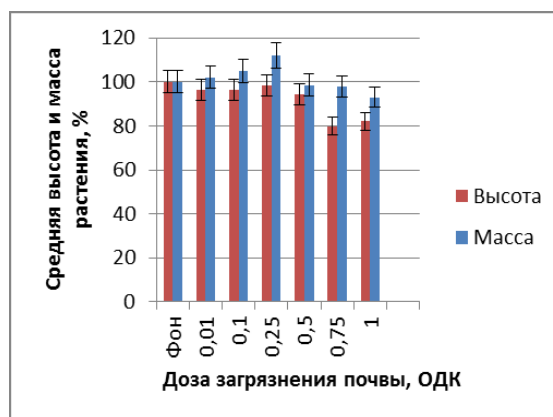


Рисунок 2. Относительная высота и масса кресс-салата после внесения в почву свинца

Концентрации свинца из расчета 0,75 и 1 ОДК оказали наиболее сильный фитотоксический эффект, отмечено снижение высоты растений на 20% по сравнению с контролем. В вариантах загрязнения свинцом концентрации до 0,25 ОДК не оказывали фитотоксического действия на массу растений кресс-салата. Достоверное снижение массы растений (при уровне значимости нулевой гипотезы $p < 0,05$) проявилось при загрязнении почвы свинцом из расчета 0,5 – 1 ОДК.

Согласно патенту О.З. Еремченко и Н.В. Митраковой [5], при снижении показателей развития кресс-салата на тестируемой почве на 10-30% по сравнению с вермикулитом состояние почвы или почвогрунта следует считать удовлетворительным; при снижении на 30-50% - неудовлетворительным; а при уровне снижения показателей более 50% считать экологически опасным.

Экспериментальные исследования показали, что ТПО легкого состава в целом обладают низкими показателями плодородия: средняя высота растений на незагрязненных пробах была ниже на 20%, а масса – почти на 40% по сравнению с растениями, выращенными на вермикулите с раствором Кнопа как на эталоне плодородной почвы. Показатели массы растений оказались более уязвимыми к внесению свинца и кадмия в почвы. Масса растений, выращенных на загрязненных почвах, снизилась более чем на 30% относительно контроля (вермикулита) (рис. 3, 4).

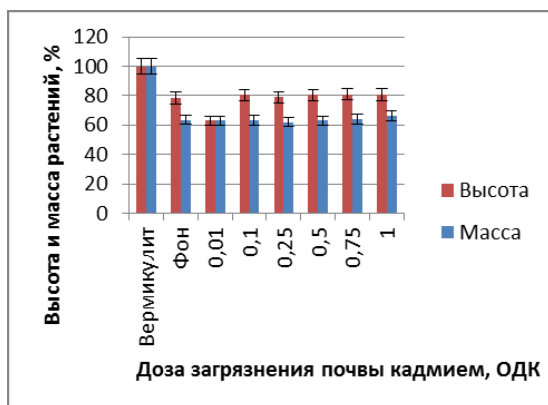


Рисунок 3. Относительная высота растений после загрязнения почвы кадмием

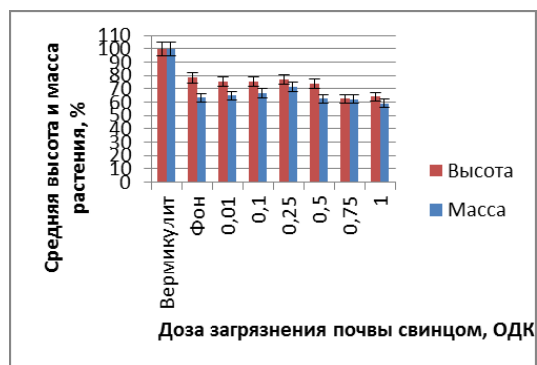


Рисунок 4. Относительная масса растений после загрязнения почвы свинцом

Исследование серогумусовых песчаных почв ООПТ «Черняевский лес» показало их слабую устойчивость к загрязнению свинцом и кадмием. Уже при концентрации Pb и Cd из расчета 0,01 ОДК почвы переходили в неудовлетворительное экологическое состояние, приобретали умеренную токсичность. При внесении тяжелых металлов из расчета 0,25 ОДК Cd и 0,1 ОДК Pb почвы становились экологически опасными и сильно токсичными [4]. Авторы отметили высокую подвижность металлов в кислой среде.

Наши исследования показали, что при сдвиге реакции среды в щелочную сторону и появлении карбонатов в почве буферные возможности почвы увеличиваются. В целом, учитывая изменение показателей высоты и массы растений после внесения в почву Pb и Cd, можно считать состояние почвы удовлетворительным. Почва приобретает умеренную токсичность при внесении Pb из расчета 0,75 и 1 ОДК.

Литература

1. Бузмаков С.А. и др. Особо охраняемые природные территории г. Перми. Пермь, 2011. 204 с.
2. Васильев А.А., Чащин А.Н. Тяжелые металлы в почвах города Чусового: оценка и диагностика загрязнения. Пермь, 2011. 197 с.
3. Ворончихина Е.А., Запоров А.Ю. Экологические аспекты загрязнения среды тяжелыми металлами // Вопросы физической географии и геоэкологии Урала: межвуз. сб. науч. тр. Пермь, 1998. С. 139–147.
4. Еремченко О.З., Артамонова В.С., Бортникова С.Б., Бельшева Н.Е. Оценка экологического риска в связи с накоплением тяжелых металлов в почвах городских лесов // Вестник Пермского университета. 2018. Сер. Биология. Вып. 1. С. 70-80.
5. Еремченко О.З., Митракова Н.В. Способ оценки биологической активности и токсичности почв и техногенных почвогрунтов: пат. Рос. Федерации № 2620555. 2017.
6. Еремченко О.З., Митракова Н.В., Липин И.Н. Морфогенетические свойства песчаных почв камских террас // Теоретические и прикладные аспекты лесного почвоведения. Петрозаводск, 2017. С. 56-58.
7. Еремченко О.З., Москвина Н.В. Свойства почв и техногенных поверхностных образований в районах многоэтажной застройки г. Пермь // Почвоведение. 2005. №7. С. 782-789.
8. Квеситадзе Г.И. и др. Метаболизм антропогенных токсикантов в высших растениях. М.: Наука, 2005. 199 с.
9. Классификация почв России [Электронный ресурс] <http://soils.narod.ru/> (дата обращения: 12.09.2019).
10. Ориентировочно допустимые концентрации (ОДК) химических веществ в почве [Электронный ресурс] URL: https://ohranatruda.ru/ot_biblio/normativ/data_normativ/46/46590/ (дата обращения: 05.06.2019).

N.V. Moskvina, A.Z. Fatkullina
Perm State National Research University, Perm, Russia
e-mail: nvoskvina@mail.ru

ASSESSMENT OF THE TSF RESISTANCE TO LEAD AND CADMIUM POLLUTION AT INITIAL STAGES OF URBAN SOIL FORMATION

Abstract. In one of the districts of Perm, technogenic soil-like formations (TSF) of light particle size distribution formed at the construction site of a shopping center were investigated. In order to assess the resistance of TSF to the pollution with heavy metals, the method of phytotesting was used as an integral method for soil toxicity assessment. Application of cadmium in a concentration of up to 1 RAC did not have a phytotoxic effect on the test crop. Lead turned out to be more toxic for plants; growth parameters of water-cress decrease with an increase in lead concentration in soil. TSFs possess a low natural fertility.

Keywords: technogenic soil-like formations, phytotesting, test control, heavy metals.

References

1. Buzmakov S.A. et al. Specially protected natural territories of Perm. Perm, 2011. 204 p.
2. Vasiliev A.A., Chashchin A.N. Heavy metals in soils of Chusovoy town: estimation and contamination diagnostics. Perm, 2011. 197 p.
3. Voronchikhina E.A., Zaporov A.Yu. Ecological aspects of environmental pollution with heavy metals // Questions of physical geography and geoecology of the Urals: interuniversity. 1998. P. 139–147.
4. Eremchenko O.Z., Artamonova V.S., Bortnikova S.B., Belysheva N.E. The estimation of ecological risk in connection with the accumulation of heavy metals in soils of urban forests // Bulletin of Perm University. 2018. Ser. Biology. Vol. 1, Pp. 70-80.
5. Eremchenko O.Z., Mitrakova N.V. A method for assessing the biological activity and toxicity of soils and technogenic soils: US Pat. Of Russian Federation No. 2620555. 2017.
6. Eremchenko O.Z., Mitrakova N.V., Lipin I.N. Morphogenetic properties of sandy soils of Kama terraces // Theoretical and applied aspects of forest soil science. Petrozavodsk, 2017. P. 56-58.
7. Eremchenko O.Z., Moskvina N.V. Characteristics of soils and technogenic surface formations in the districts of multistorey apartment houses in Perm // Soil Science. 2005. No. 7. P. 782-789.
8. Kvesitadze G.I. et al. The metabolism of anthropogenic toxicants in higher plants. M.: Nauka, 2005. 199 p.
9. Russian Soil Classification [Electronic resource] <http://soils.narod.ru/> (accessed: 09/12/2019).
10. Approximate permissible concentrations (APCs) of chemicals in soil [Electronic resource] URL: https://ohranatruda.ru/ot_biblio/normativ/data_normativ/46/46590/ (accessed: 05.06.2019).

УДК 631.4

О.И. Подурец
НФИ ФГБОУ ВО КемГУ, Новокузнецк, Россия
e-mail: Glebova-Podurets@mail.ru

СПЕЦИФИКА ДИНАМИКИ ЭРОЗИОННЫХ ПРОЦЕССОВ В ЧЕРНОЗЕМНЫХ ПОЧВАХ И ТЕХНОЗЕМАХ СЕЛИТЕБНОЙ ТЕРРИТОРИИ ГОРОДА НОВОКУЗНЕЦКА

Аннотация. С ростом производительных сил и индустриализацией города происходит рост селитебной территории. В процесс вовлекаются естественные природные почвы, которые в процессе урбанизации значительно изменяются, либо трансформируются в урбаноземы и техноземы. В условиях естественной среды в данных почвах развиваются почвообразовательные процессы, в том числе и эрозионные, широкому распространению которых способствует рельеф и наличие склоновых земель на территории г.Новокузнецка. Процессам эрозии подвержены не только почвы естественных природных ландшафтов, но и техноземы.

Ключевые слова: почвы, чернозем, технозем, процессы, свойства.

Город Новокузнецк представляет крупную городскую агломерацию с более полумиллионным населением и с более 1200 промышленными предприятиями, из которых крупнейшими являются металлургические заводы (ЗСМК, НКАЗ и КЗФ). В ходе строительства города и расширения границ происходило перераспределение земельных ресурсов по категориям их целевого назначения под объекты жилищно-бытовой инфраструктуры, и как следствие, происходила трансформация естественных ландшафтов с заменой природных биогеоценозов с зональными почвами на специфические почвенные структуры – урбаноземы, эмбриоземы и техноземы [2,4].

Объектом исследования являются техноземы, возрастом 60-65 лет, сформированные на трансформированном ландшафте одного из районов города Новокузнецка (Кузнецкая крепостная гора). Развитие почвообразовательных процессов данных почвенных структур происходило в условия естественной среды. Почвы характеризуются набором специфических морфологических и физико-химических свойств, для оценки которых использовались инструментальные и методы почвенно-морфологического профилирования [6].

Город Новокузнецк расположен в южной части Кузнецкой котловины, в зоне расчлененной северной лесостепи и лесостепи предгорий (в соответствии с почвенно-географическим районированием Кемеровской области), в пределах южного геоморфологического района, который характеризуется густым эрозионным расчленением, создаваемым сетью балок и речных долин, разделенных полого-склонными широкими валами. Расположение в предгорной зоне и значительное расчленение речной и балочной сетью создают условия хорошего дренажа. Определяющим ландшафтом является березовая лесостепь. Травостой в лесах и березовых колках развит мощно, достигая высоты в среднем 50-60см. Наиболее часто распространены злаково-разнотравные сообщества. Пахотный фонд представлен серыми лесными почвами, выщелоченными и оподзоленными черноземами. Под лесными массивами местами сформированы дерново-подзолистые почвы, по понижениям – луговые, лугово-черноземные и лугово-болотные почвы [1, 2, 7].

Климат резко континентальный. Зима продолжительная, средняя температура января от -17°C до -20°C . Лето короткое и теплое. Средняя температура июля $+17^{\circ}\text{C}$, $+20^{\circ}\text{C}$. Количество осадков 300-500мм в год [1].

Существенное влияние на климат города оказывает пространственная ориентировка основных геоморфологических элементов: с запада возвышаются Старцевы горы; с севера подступают Станцовые горы; в междуречье рек Кондомы и Томи – Караульные сопки; в южной части – Соколиные горы. Высота гряд варьирует от 100 до 450 метров. Кузнецкая крепостная гора (другое название Вознесенская) является одной из возвышенностей Станцовых гор, наивысшая точка составляет 352 м [4,5].

Почвообразующие породы представлены карбонатными, светло-бурыми и буровато-желтыми лессовидными иловато-пылеватыми тяжелыми суглинками или пылевато-иловатыми легкими глинами. Лессовидные породы распространены повсеместно и одевают сплошным покровом все водораздельные пространства и верхние надпойменные террасы речных долин. В пределах Кузнецкой крепостной горы имеют мощность до 10-12 м [4,7].

В процессе строительства города в 50-х годах в течение нескольких лет с южной части горы почти вся масса лессовидных суглинков была снята. Плодородная часть почвы использовалась для озеленения скверов и парков, а суглинки были перенесены для отсыпки низкой поймы в левобережную часть города.

На «скальпированной» территории под влиянием действия естественных факторов среды и развития почвообразовательных процессов сформировались новые специфические почвенные образования. В силу малой профильной дифференциации, как и в эмбриоземах, развитие почвообразовательных процессов в техноземах возможно лишь оценить по особенностям формирования профиля, находящегося в зависимости от поступающей органики [3-5]. Техноземы формируются преимущественно под древесно-кустарниковыми растительными группировками, с разряженным травянистым покровом. Профиль техноземов имеет четко выраженную органогенную и литогенную части. В органогенной части выделен гумусово-аккумулятивный горизонт, густо переплетенный корнями растений, схожий по морфологии с гумусным горизонтом зонального чернозема, но имеющим свою характерную специфичность. В профиле выделяется четко диагностируемый органогенный горизонт в виде подстилки, сформированной преимущественно из травянистого и местами листового опада, различной мощности (3-8см) и гумусово-аккумулятивный горизонт. У техноземов, сформированных на выровненной части «скальпированной» территории, мощность гумусово-аккумулятивного горизонта составляет 8-10см, у техноземов наклонных участков, за тот же период времени, сформирован гумусный горизонт мощностью не более 3-5 см. Подстилка на данных участках не сохраняется ежегодно, в период обильного снеготаяния и ливневых осадков смывается в микропонижения и небольшие овраги [4].

Зональным типом почв сохранившихся естественных ландшафтов Кузнецкой крепостной горы является чернозем выщелоченный, который в течение длительной истории развития ландшафта формировался на лессовидных иловато-пылеватых суглинках под пологом травянистой растительности лугово-разнотравных степей и луговых формаций лесостепей. В данный момент на естественных ландшафтах горы распространены разнотравные луговые формации, а также большая площадь не используемой в хозяйственной деятельности территории, в настоящее время представлена залежью.

Черноземные почвы территории на выровненных обширных водоразделах характеризуется мощностью гумусного горизонта (А) более 40 см, а с учетом переходного горизонта (АВ) более 60см, с мелкозернисто-комковатым типом почвенной структуры.

Чернозем выщелоченный характеризуется глубоким проникновением гумуса по профилю. В горизонтах А (0-52 см) и АВ (52-72 см) содержание гумуса составляет от 13,8% до 11,5%, с постепенным снижением его количества в иллювиальном горизонте В (72-115 см) до 3% и переходном к материнским горным породам ВС (115-150 см) до 0,3%.

Практически все слабонаклонные участки крепостной горы использовались под пашню. Исторические справки свидетельствуют об освоении данной территории с конца 17 века. Длительное использование почв в пашне привело к изменению важных агрономических свойств почвы: разрушению макроструктуры пахотного горизонта, увеличению плотности почвы, снижению водопроницаемости и к

устойчивости почв к процессам водной эрозии и дефляции.

Развитию эрозии почв способствует и уклон поверхности. Хотя почвы водораздельных территорий с уклоном до 3-5⁰ морфологически отличаются не значительно от незродированных, но при оценке содержания гумуса данный показатель всегда был ниже на 0,2-0,5% у черноземов расположенных на верхней части склона и до 1-3% - на средней части склона. Основная причина - вынос мелкозема поверхностным стоком талыми водами. Это можно объяснить тем, что на водоразделе и в верхней части склонов снега накапливается больше, чем в средней части, поступающие сверху талые воды размывают уже подготовленный к смыву оттаявший, обычно перенасыщенный влагой слой почвы, глубже которого располагается водонепроницаемый экран [7].

Если на верхней и средней части склона эрозионные процессы выражены не значительно, то в нижней части склона почвы подвержены эрозионному смыву.

На границе с карьерной выемкой, которая образовалась в результате снятия суглинков, происходит интенсивное разрушение почв. Процесс трансформационной деградации обусловлен эрозионно-дефляционным разрушением почв. В зимний период почвы подвержены значительному промерзанию в силу незначительного накопления снежного покрова на данном участке ландшафта по сравнению с водораздельной и верхней частью склонов, а в летний период - иссушению и потере влаги. Значительный поверхностный сток, образуемый при таянии снега и в период ливневых осадков, приводит не только к смыву поверхностного горизонта и изменению морфологических параметров (мощность гумусного горизонта у данных черноземов составляет 10-20 см), но и изменяет все физико-химические параметры, связанные с отчуждением твердой фазы. Кроме того, происходит отрыв и вынос почвенного материала в участки «скальпированной» территории. В результате образуются техноземы с характерным слоистым почвенным профилем и наличием погребенных гумусных горизонтов.

В данное время в связи с высоким антропогенным прессингом почвенный покров испытывает серьезное изменение и трансформацию, а в ряде административных районов в результате интенсивного вмешательства человека полностью уничтожен. На трансформированных ландшафтах в условиях естественных среды развиваются почвообразовательные процессы, которые приводят к постепенному преобразованию изначального грунта и формированию специфических почвенных структур. Техноземы характеризуются малофильностью, имеют некоторые черты сходства с зональными типами, но диагностировать направленность начального этапа почвообразования достаточно сложно в силу налагающихся эрозионно-дефляционных процессов.

Литература

1. Кемеровская область. Природа и население. Коллективная монография под редакцией В.П. Удодова. Новокузнецк, 2012. Часть 1. 117 с.
2. Подурец О.И. Динамика структуры земельных ресурсов Кемеровской области: анализ, проблемы, перспективы // Отражение био-, гео-, антропосферных взаимодействий в почвах и почвенном покрове. Томск: Издательский Дом Томского государственного университета, 2015. С. 238-241.
3. Подурец О.И. Связь динамики запасов растительного вещества с фазами посттехногенного почвообразования // Вестник ТГУ. Биология - Томск, 2011. Выпуск 346 (№169). С. 169-173.
4. Подурец О.И. Экологические особенности техноземов Кузнецкой крепостной горы // Почвы в биосфере. Новосибирск. 2018. С. 338-340.
5. Подурец О.И., Кульбашенко В.В. Специфика развития морфологического профиля техноземов Кузнецкой крепостной горы города Новокузнецка // Новая наука: Современное состояние и пути развития.

Стерлитамак: АМИ, 2017. № 4. С. 18-22.

6. Федорец Н.Г., Медведева М.В. Методика исследования почв урбанизированных территорий. Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 2009. 84 с.

7. Хмелев В.А., Танасиенко А.А. Почвенные ресурсы Кемеровской области и основы их рационального использования. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2013. 477 с.

O.I. Podurets

Kemerovo State University, Novokuznetsk, Russia

e-mail: Glebova-Podurets@mail.ru

DYNAMICS PRINCIPLE OF EROSION PROCESSES IN CHERNOZEM AND TECHNOZEM SOILS OF RESIDENTIAL TERRITORY OF NOVOKUZNETSK

Abstract. Residential territory grows with an increase in productive forces and industrialization of the city. Natural soils are involved in the process; they change significantly or transform into urban soils and technozems during the urbanization process. Under the conditions of natural environment, soil-forming processes including erosion develop in these soils. The widespread distribution of such processes is promoted by the relief and the presence of sloping lands on the territory of Novokuznetsk. Erosion processes affect not only soils of natural landscapes but also technozems.

Keywords: soil, chernozem, technozem, processes, properties.

References

1. Kemerovo Oblast. Nature and population. Collective monograph edited by V.P. Udodova. Novokuznetsk, 2012. Part 1. 117 p.

2. Podurets O.I. Dynamics of land resources structure of Kemerovo Oblast: analysis, problems, prospects // Reflection of bio-, geo-, anthropospheric interactions in soils and soil cover. Tomsk: Publishing House of Tomsk State University, 2015. P. 238-241.

3. Podurets O.I. The relationship of dynamics of plant matter stocks with the phases of post-technological soil formation // Vestnik TSU. Biology. Tomsk, 2011. Issue 346 (No. 169). P. 169-173.

4. Podurets O.I. Ecological features of technozems of the Kuznetsk fortress // Soils in the biosphere. Novosibirsk 2018. P. 338-340.

5. Podurets O.I., Kulbashenko V.V. Development specific character of technozem morphological profile of the Kuznetsk fortress of Novokuznetsk // New science: Current status and development paths. Sterlita-mak: АМИ, 2017. No. 4. P. 18-22.

6. Fedorets N.G., Medvedeva M.V. Methods of soil research in urban areas. Petrozavodsk: Karelian Scientific Center of the Russian Academy of Sciences, 2009. 84 p.

7. Khmelev V.A., Tanasienko A.A. Soil resources of Kemerovo Oblast and the basics of their rational use. Novosibirsk: Publishing House of the SB RAS, 2013. 447 p.

УДК 631.412

Я.А. Попилешко, С.Н. Сушкова, Е.М. Антоненко,

Т.М. Минкина, Т.В. Бауэр, А.В. Барахов

Южный федеральный университет, Ростов-на-Дону, Россия

e-mail: jana.bysin@yandex.ru

СОРБЦИОННЫЙ МЕТОД ОЧИСТКИ ПОЧВЫ ОТ БЕНЗ(А)ПИРЕНА С ПОМОЩЬЮ ДРЕВЕСНОГО АКТИВИРОВАННОГО УГЛЯ

Аннотация. В условиях модельного эксперимента изучено влияние активированного угля на адсорбцию бенз(а)пирена черноземом обыкновенным. Полученные изотермы адсорбции бенз(а)пирена почвой хорошо описываются уравнением Ленгмюра. Выявлено, что добавление к почве активированного угля приводит к

увеличению сорбционной способности почвы, при этом процесс адсорбции описывается уравнением Фрейндлиха. В целом, пористый активированный уголь очень эффективен в адсорбции бенз(а)пирена почвами.

Ключевые слова: поглощение, изотермаадсорбции, активированный уголь, почва, бенз(а)пирен, сорбционный метод.

Среди органических соединений, содержание которых в объектах окружающей среды требует постоянного контроля, особое место занимают полициклические ароматические углеводороды (ПАУ). Вследствие высокой токсичности, мутагенной и канцерогенной активности 16 представителей этого класса соединений относятся к группе приоритетных загрязняющих веществ окружающей среды. Бенз(а)пирен является одним из главных реперных соединений, характеризующих загрязнение почв ПАУ и подлежит обязательному контролю во всех природных средах [1].

Активированные угли обладают высокой сорбционной способностью по отношению к основным классам загрязняющих веществ, в том числе бенз(а)пирена [2, 3]. Неоднородная масса, состоящая из кристаллитов графита и аморфного углерода, определяет пористую структуру активированных углей, а также их адсорбционные и физико-механические свойства.

Цель работы – изучить влияние активированного угля на адсорбцию бенз(а)пирена черноземом обыкновенным.

Объектами исследования являлись: почва – чернозем обыкновенный карбонатный тяжелосуглинистый (целина), в который вносился березовый активированный уголь марки Вектон (БАУ-А).

Для исследования был приготовлен раствор бенз(а)пирена из ГСО 7515-98 (200 мкг/см³). Выполнялось разбавление бенз(а)пирена ацетонитрилом до концентрации 100 нг/мл. В круглодонные колбы на 250 мл вносили 1 грамм почвы и 1 грамм почвы с добавлением активированного угля (2,5% от общей массы). Затем к исследуемым образцам приливали растворы бенз(а)пирена в концентрациях 20 нг/мл, 60 нг/мл, 100 нг/мл, 140 нг/мл. Суспензии экстрагировали гексаном. Гексановый экстракт промывали дистиллированной водой до нейтрального pH (по реакции лакмуса), переносили в темную, плотно закрывающуюся посуду и обезвоживали добавлением 5 г безводного Na₂SO₄. Через 8 ч. выдерживания при +5°C обезвоженный экстракт декантировали в сухую круглодонную колбу и выпаривали досуха на роторном испарителе при температуре бани 40°C. Сухой остаток растворяли в 1 мл ацетонитрила [1].

Количественное определение бенз(а)пирена производили методом высокоэффективной жидкостной хроматографии на жидкостном хроматографе (Agilent 1260 Germany 2014) с флуориметрическим детектированием. Концентрацию поглощенного бенз(а)пирена рассчитывали по разности между концентрациями поллютанта в исходном и равновесном растворе. Повторность опыта трехкратная.

Статистическую обработку результатов и расчет коэффициентов детерминации производили в программе SigmaPlot 12.5.

Изотерма адсорбции бенз(а)пирена черноземом обыкновенным имеет вид выпуклой кривой и, следовательно, описывается уравнением Ленгмюра (рис. 1А):

$$C_{ad} = C_{\infty} K_L C_p / (1 + K_L C_p),$$

где C_{ad} – количество поглощенного бенз(а)пирена, C_{∞} – величина максимальной адсорбции, нг·г⁻¹; K_L – константа Ленгмюра, C_p – концентрация бенз(а)пирена в равновесном растворе, нг·мл⁻¹.

На начальном участке изотерма адсорбции бенз(а)пирена имеет зону линейности. С увеличением вносимой концентрации происходит очень быстрое нарастание количества поглощенного поллютанта. При концентрации бенз(а)пирена в растворе более 10 нг/мл кривая выходит на зону насыщения (рис. 1А). Участок изотермы в области малых равновесных концентраций характеризует высокое сродство почвы к бенз(а)пирену и переходит в более плавную кривую в области больших концентраций. Количество поглощенного бенз(а)пирена растет с увеличением степени загрязнения почвы, но прочность его удержания почвой снижается в результате уменьшения свободных адсорбционных мест. Максимальная сорбционная способность почвы составляет $16,2 \pm 1,6$ нг/г, константа адсорбционного равновесия - $0,44 \pm 0,17$ нг/г.

Изотерма бенз(а)пирена черноземом обыкновенным с добавлением активированного угля представлена на рисунке 1Б. Как видно, изотерма имеет другую форму, отличную от изотермы поглощения бенз(а)пирена почвой, и описывается уравнением Фрейндлиха:

$$C_{ad} = K * C_p^{1/n},$$

где K – константа Френдлиха, C_p – концентрация бенз(а)пирена в равновесном растворе, нг·мл⁻¹, $1/n$ – эмпирическая постоянная.

С повышением вносимой концентрации бенз(а)пирена происходит увеличение поглощаемого количества поллютанта и, следовательно, кривая не выходит на зону насыщения (рис. 1Б).

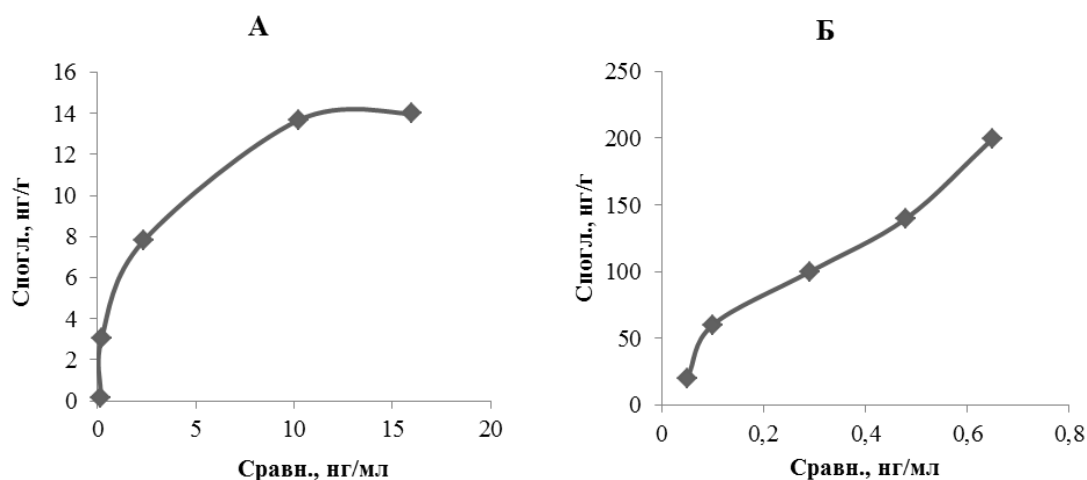


Рис.1 Изотермы адсорбции бенз(а)пирена черноземом обыкновенным (А) и черноземом обыкновенным с добавлением активированного угля (Б)

При добавлении к почве активированного угля отмечается увеличение константы K почти в 2 раза ($0,77 \pm 0,1$ нг/г) по сравнению с почвой без сорбента.

Таким образом, проведенные адсорбционные эксперименты свидетельствуют о возможности и целесообразности использования активированного угля для ремедиации почв, загрязненных полициклическими ароматическими углеводородами.

Исследования выполнены при финансовой поддержке российского научного фонда № 19-74-10046.

Литература

1. Сушкова С.Н., Минкина Т.М., Манджиева С.С., Тюрина И.Г., Васильева Г.К., Kizilkaya R. Мониторинг содержания бенз(а)пирена в почвах под влиянием многолетнего техногенного загрязнения // Почвоведение. 2017. № 1. С. 1-12.
2. Oleszczuk P., Godlewska P., Reible D.D., Kraska P. Bioaccessibility of polycyclic aromatic hydrocarbons in activated carbon or biochar amended vegetated (*Salix viminalis*) soil // Environmental Pollution. 2017. V. 227. P. 406-413.
3. Samuelsson G.S., Hedman J.E., Elmquist Krusa M., Gunnarsson J.S., Cornelissen G., Capping in situ with activated carbon in Trondheim harbor (Norway) reduces bioaccumulation of PCBs and PAHs in marine sediment fauna // Marine Environmental Research. 2015. V. 109. P. 103-112.

Ya.A. Popileshko, S.N. Sushkova, E.M. Antonenko, T.M. Minkina, T.V. Bauer, A.V. Barakhov
Southern Federal University, Rostov-on-Don, Russia

SORPTION METHOD OF SOIL REFINING FROM BENZO[A]PYRENE WITH ACTIVATED CARBON

Abstract. The effect of activated carbon on the benzo[a]pyrene adsorption of ordinary chernozem is studied under the conditions of model experiment. The obtained benzo[a]pyrene adsorption isotherms of soil are well described by the Langmuir equation. It is revealed that the addition of activated carbon to soil leads to an increase in soil sorption capacity, and the adsorption process is described by the Freundlich equation. In general, porous activated carbon is very effective for benzo[a]pyrene adsorption of soil.

Keywords: adsorption, adsorption isotherm, activated carbon, soil, benzo[a]pyrene, sorption method.

References

1. Sushkova S.N., Minkina T.M., Mandzhieva S.S., Tyurina I.G., Vasileva G.K., Kizilkaya R. Dynamics of benzo[a]pyrene accumulation in soils under the influence of multi-year technogenic pollution // Pochvovedenie. 2017. No. 1. P. 105-116.
2. Oleszczuk P., Godlewska P., Reible D.D., Kraska P. Bioaccessibility of polycyclic aromatic hydrocarbons in activated carbon or biochar amended vegetated (*Salix viminalis*) soil // Environmental Pollution. 2017. V. 227. P. 406-413.
3. Samuelsson G.S., Hedman J.E., Elmquist Krusa M., Gunnarsson J.S., Cornelissen G., Capping in situ with activated carbon in Trondheim harbor (Norway) reduces bioaccumulation of PCBs and PAHs in marine sediment fauna // Marine Environmental Research. 2015. V. 109. P. 103-112.

УДК 631.4;631.879.42

И.С. Прохоров
ООО «ЗЕЛЕНАЯ МИЛЯ»
e-mail: ilya@green-mile.pro

ПРАКТИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ПРОИЗВОДСТВА ИСКУССТВЕННЫХ ПОЧВЕННЫХ СУБСТРАТОВ ДЛЯ РЕКУЛЬТИВАЦИИ И БЛАГОУСТРОЙСТВА

Аннотация. Представлена ситуация с проведением озеленительных работ в городе Москве с использованием искусственных почвогрунтов, производимых в промышленных масштабах с использованием городских строительных и органических отходов. Озвучены проблемные вопросы производства и контроля качества.

Ключевые слова: почвогрунт, торф, песок, котлованный грунт, утилизация, производство, почвенный субстрат, рекультивация, озеленение и благоустройство.

Объемы строительных работ в городе Москве за последние 5-7 лет после мирового финансового кризиса 2008-2010 гг. заметно возросли и они обусловлены двумя главными векторами – это улучшение дорожно-транспортной инфраструктуры города (запуск Московского центрального кольца, новых веток и станций метрополитена, строительство многочисленных многоуровневых автомобильных развязок, планирующийся запуск Московских центральных диаметров и пр.), а также развитие программы реновации жилого фонда и новое жилищное строительство на присоединенных к городу территориях. В процессе проведения указанных строительных работ в 2007-2008 гг. ежегодно высвобождалось порядка 15 млн. м³ котлованных грунтов [1, 2], по мнению экспертов [3] в настоящее время эта цифра вдвое больше. При этом по данным инженерно-экологических изысканий, предшествующих началу строительных работ [4], от 10 до 20% котлованных грунтов не только соответствуют IV и V классам опасности отходов, но и по своим физико-химическим свойствам потенциально подлежат переработке (механической, биологической и пр.) [5-8].

Параллельно с развитием транспортной инфраструктуры и жилищным строительством в городе активно приводят в порядок озелененные территории. Зеленые насаждения территорий общего пользования согласно утвержденным нормативам подлежат капитальному ремонту 1 раз в 10-15 лет, зачастую необходимым является рекультивация территорий после вывода сторонних пользователей с территорий, которым придан статус особой охраны регионального и федерального (Национальный парк «Лосиный остров») значения. В связи с этим встает вопрос завоза искусственных почвенных субстратов для создания новых газонов всех типов, посадки деревьев и кустарников, а также ежегодного создания цветников. Особым объектом стал ландшафтный природный парк «Зарядье» на месте бывшей гостиницы «Россия», раскинувшийся неподалеку от Московского Кремля. Здесь для воссоздания различных природных зон нашей страны были высажены специфические характерные только этим зонам растения, для этого также были подобраны и специальные почвенные смеси со своими уникальными параметрами (рН, содержание органического вещества и питательных элементов).

В 2004-2010 гг. Правительством Москвы проведена большая законодательная работа, определяющая основные положения о производстве, использовании и контроле качества искусственных почвогрунтов. Так впервые в Российской Федерации принят Закон города Москвы «О городских почвах», утверждены постановления Правительства Москвы «Об утверждении Правил создания, содержания и охраны зеленых насаждений в городе Москве», «О повышении качества почвогрунтов в городе Москве». Данными документами предусмотрено создание полной цепочки переработки как высвобождающихся котлованных грунтов, так и органических отходов города (опавшая листва, древесно-порубочные остатки, отходы овощехранилищ, осадки станций водоподготовки и пр.).

На основании этих документов российская компания «ЗЕЛЕНАЯ МИЛЯ» в 2016 г. организовала сеть производственных участков как на территории городских промышленных зон, так и в Московской области. Основными компонентами при производстве почвогрунтов являются: высвобождающиеся при строительстве котлованные грунты различной природы (покровные суглинки, флювиогляциальные пески, аллювиальные суглинки), верховые, переходные и низинные торфа из месторождений прилегающих к Москве областей, компостируемые древесно-порубочные остатки. Использование современного дробильного, просеивающего и сме-

шивающего оборудования позволяет получать конечный продукт, представляющий собой хорошо оструктуренный сбалансированный по содержанию питательных веществ субстрат, который используется подрядными озеленительными организациями в качестве верхнего плодородного слоя при ремонте и создании газонов, посадке деревьев и кустарников, организации цветников. Производственные мощности компании «ЗЕЛЕНАЯ МИЛЯ» позволяют производить до 250 тыс. м³ в год, при этом состав производимых почвогрунтов может варьироваться в зависимости от требований заказчиков.

Начиная с 2009 г., в целях более тщательного контроля качества используемых в Москве строительных материалов стоимость растительной земли, как она определена в Московских территориальных сметных нормативах, исключена из сметных расчетов на строительно-монтажные работы и размещение государственного заказа на поставку почвогрунтов осуществляется отдельно. При этом основной сложностью остается несовершенство федерального законодательства о госзакупках, которое позволяет определять в качестве победителя торгов организации, предложившие просто более низкую цену поставки, которая зачастую влечет за собой ухудшение качества поставляемого товара.

Необходимо отметить, что ответственность за перемещение, хранение и использование почв и почвогрунтов предусмотрена как вышеупомянутыми постановлениями Правительства Москвы, так и Кодексом города Москвы об административных правонарушениях, и Кодексом Российской Федерации об административных правонарушениях.

Касательно проблемных вопросов при производстве искусственных почвенных субстратов остаются нерешенными проблемы аналитических исследований контроля качества почвогрунтов. Так высокое содержание торфа в готовом продукте, зачастую при исследовании последнего показывает и высокое содержание нефтепродуктов, хотя их ПДК на федеральном уровне не установлено, но имеются региональные нормативы. При определении органического вещества из искусственной смеси наоборот необходимо извлечь все органические составляющие (корневища, растительные волокна), которые и добавляются в виде торфа. При этом содержание органического вещества в готовом продукте не соответствует установленным требованиям. Зачастую котлованные грунты в силу своего генезиса имеют повышенное содержание подвижного фосфора, что влияет на его содержание в готовом почвогрунте. Проведенные в 2008-2010 гг. по заказу Департамента природопользования и охраны окружающей среды города Москвы научно-исследовательские работы (факультет почвоведения МГУ им. М.В. Ломоносова) однозначно определили, что негативное воздействие на экосистемы наблюдается при содержании подвижного фосфора в почвогрунтах при благоустройстве и озеленении начиная с 800 мг/кг, однако норматив для использования искусственных субстратов установлен на отметке 400 мг/кг и его пересмотра не предвидеться.

Крайне важным аспектом производства озеленительных работ также является устойчивость искусственных почвогрунтов к антропогенным изменениям во времени и пространстве. Именно использование многокомпонентных почвенных

смесей в отличие от чистого торфа или еще хуже «чернозема» позволяет содержать озелененные территории в надлежащем состоянии в течение утвержденных капитальных межремонтных сроков.

Литература

1. Башкин В.Н., Завалин А.А., Жеребцова Г.П., Ивановский К.В., Карпова Д.В., Семенцов А.Ю., Прохоров И.С. и др. (всего 15 человек). Программа первоочередных мероприятий по оздоровлению городских почв (отчет по НИР). М.: Департамент природопользования и охраны окружающей среды города Москвы, 2004. 198 с.
2. Прохоров И.С. Оценка воздействия городской инфраструктуры и строительства на почвы. М.: ООО «Сам Полиграфист», 2015. 120 с.
3. Прохоров И.С. Мониторинг состояния почв города Москвы и предложения по их рекультивации // Почвоведение и агрохимия (Беларусь, ББК 40.4+40.3(Бел)), январь-июнь 2015, № 1 (54). С. 61-68.
4. Щербakov А.Ю., Карев С.Ю., Абрамцев В.С., Прохоров И.С., Шаповалов Д.А., Скибарко А.П. Вопросы подготовки и контроля качества искусственно созданных грунтов для озеленения Московских газонов // Экологические системы и приборы, 2012, № 10. С. 28-33.
5. Прохоров И.С., Василенко Е.С., Семенцов А.Ю. Микробиологические процессы при создании искусственных почвогрунтов // Агрохимический вестник, 2006, № 5. С. 20-24.
6. Домашнев Д.Б., Прохоров И.С., Семенцов А.Ю. Промышленное производство почвогрунтов группой компаний «ПИКСА» / Материалы XI Международной научно-практической конференции «Проблемы озеленения крупных городов». М.: Прима-пресс Экспо, 2008. С. 182-184.
7. Прохоров И.С., Карев С.Ю. Особенности производства почвогрунтов для озеленения и благоустройства города Москвы // Агрохимический вестник, 2012, № 3. С. 21-25.
8. Карев С.Ю., Прохоров И.С., Типцов А.А. Способ получения техногенного почвогрунта и техногенный почвогрунт. Патент RU 2 497 784 от 01 июня 2012 г.

I.S. Prokhorov

«GREEN MILE», Moscow, Russia

e-mail: ilya@green-mile.pro

PRACTICAL ASPECTS OF ARTIFICIAL SOIL SUBSTRATES PRODUCTION FOR RECULTIVATION AND URBAN REFORESTATION (BEAUTIFY)

Abstract. Urban reforestation (beautify) of Moscow with an application of artificial soil-grounds produced on an industrial scale using urban building and organic waste is presented. The issues of production and quality control are stated.

Keywords: soil-ground, peat, sand, parent rock, utilization, production, soil substrate, recultivation, urban reforestation and beautify.

References

1. Bashkin V.N., Zavalin A.A., Zherebtsova G.P., Ivanovskiy K.V., Karpova D.V., Sementsov A.Yu., Prokhorov I.S. et al. The program of primary measures for rehabilitation of urban soil (scientific report). – M.: Department for Nature Use and Environment Protection of Moscow City, 2004. 198 p.
2. Prokhorov I.S. EIA of urban infrastructure and construction on soil. M.: «Sam Poligrafist» LLC, 2015. 120 p.
3. Prokhorov I.S. Monitoring of Moscow City urban soils condition and suggestions for recultivation // Soil science and Agrochemistry (Belarus, ВБК 40.4+40.3(Бел)), January-June 2015, № 1 (54). P. 61-68.
4. Shcherbakov A.Yu., Karev S.Yu., Abramtsev V.S., Prokhorov I.S., Shapovalov D.A., Skibarko A.P. Problems of production and quality control of artificial soilgrounds for reforestation of Moscow lawns // Ecological systems and devices, 2012, № 10. P. 28-33.
5. Prokhorov I.S., Vasilenko E.S., Sementsov A.Yu. Microbiological processes at production of artificial soilgrounds // Agrochemical Herald, 2006, № 5. P. 20-24.
6. Domashnev D.B., Prokhorov I.S., Sementsov A.Yu. Industrial production of soilgrounds by «PIKSA» company / Proceedings of XI International scientific-practice conference «Problems of Large Cities Reforestation». M.: Prima-press Expo, 2008. P. 182-184.
7. Prokhorov I.S., Karev S.Yu. Particularities of soilgrounds production for reforestation of Moscow City // Agrochemical Herald, 2012, № 3. P. 21-25.
8. Karev S.Yu., Prokhorov I.S., Tiptsov A.A. Method of obtaining of technogenic soilground and technogenic soilground. Patent RU 2 497 784, 01 of June 2012.

С.Н. Сушкова, Т.С. Дудникова, Е.М. Антоненко,
А.И. Барбашев, И.П. Лобзенко, Т.М. Минкина
Южный федеральный университет, Ростов-на-Дону, Россия
e-mail: snsushkova@sfnedu.ru

ОЦЕНКА СТЕПЕНИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПОЧВ ТЕРРИТОРИИ ХИМИЧЕСКОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПОЛИЦИКЛИЧЕСКИМИ АРОМАТИЧЕСКИМИ УГЛЕВОДОРОДАМИ

Аннотация. Проведено исследования почв бывшего шламонакопителя на предмет суммарного содержания в них полиаренов. Выявлен неравномерный характер суммарного распределения ПАУ в почвах исследуемой территории. Установлены превышения ПДК бенз(а)пирена, характеризующие почвы исследуемой территории, как сильнозагрязненные.

Ключевые слова: ПАУ, полиарены, бенз(а)пирен, шламонакопитель, промышленные отходы, техногенно образованные почвы

Полициклические ароматические углеводороды (ПАУ) – группа высокомолекулярных соединений, которым в своей структуре присуще наличие 2-х и более сконденсированных бензольных колец. Труднорастворимы в воде, имеют высокую температуру плавления. Источниками антропогенных ПАУ в окружающей среде являются: нефте- и угледобывающая промышленность, автотранспорт, энергопроизводство на угле или газу, а также химическая и металлургическая промышленность [5,6]. Агентством по охране окружающей среды США 16 представителей данного класса соединений внесены в список приоритетных поллютантов [8]. В России, для почвы среди ПАУ нормированию подлежит только БаП и его ПДК составляет 20 нг/г для почвы [1].

Целью исследования являлось оценить уровень суммарного содержания ПАУ, а также определить степень загрязнения в почвах бывшего шламосборника.

Объектом исследования стали техногенно образованные почвы озера Атаманского. Озеро находится в Ростовской области неподалеку от границы с Украиной и является старицей р. Северский Донец. С 1948 г. в озеро сбрасывались сточные воды с предприятия ныне известного, как «Каменскхимволокно». В 1988 г. сброс отходов предприятия прекратился. С понижением уровня воды в р. Северский Донец озеро пересохло. И, уже на протяжении более чем 20 лет по площади озера активно идут процессы почвообразования, что даёт нам возможность говорить об объекте исследования, как об техногенно образованных почвах [4]. Свойства почв исследуемой территории весьма разнообразны. ГМС варьирует от песчаного до легкой глины; содержание гумуса от 1,8 до 9,7; рН: 3,4-7,7. Вблизи бывшего шламосборника располагаются несколько населенных пунктов, в том числе г. Каменск-Шахтинский с населением более 90 000 человек. Что создает угрозу для жизни и здоровья граждан, живущих неподалеку.

Скорость деструкции ПАУ в почве зависит от различных факторов: рН, ГМС, содержание гумуса. Нашей научной группой были проведены исследования в результате которых было выявлено, что до 90% БаП разрушаются в течении 2-х лет и скорость деструкции тем выше, чем выше содержание БаП в почве (опыты проводились на черноземе обыкновенном) [7].

Объект исследования. Мониторинговые площадки заложены по всей площади бывшего шламосборника в количестве 22-х штук. Отбор проб был произведен методом конверта в июне месяце 2018 г. на глубину 0-20 см. Экстракцию ПАУ из почвенных образцов проводили методом омыления. Количественно определяли ПАУ в экстракте методами высоко эффективной жидкостной хроматографии [2]. Повторность трехкратная. В данном исследовании суммарное содержание ПАУ складывалось из отдельных ПАУ таких как: нафталин, бифенил, антрацен, фенантрен, флуорен, бенз(а)антрацен, пирен, флуорантен, БаП, бенз(к)флуорантен, бенз(б)флуорантен, дибенз(а,һ)антрацен, бенз(ɡ,һ,і)перилен.

Результаты. Суммарное содержание ПАУ в почвах исследуемой территории варьирует в широких пределах: от 207,9 нг/г в почвах площадки №8 до 3536,7 нг/г в почвах площадки № 19 (Рис. 1).

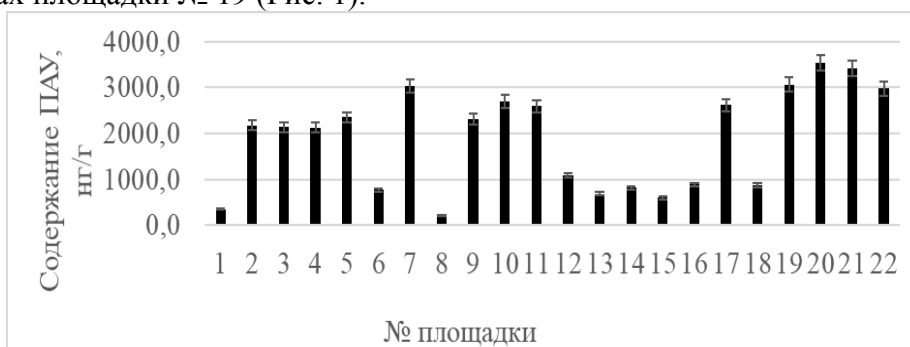


Рисунок 1 Суммарное содержание ПАУ в почвах бывшего шламонакопителя

Следует отметить, что суммарное содержание ПАУ в исследуемой почве не зависит от свойств самой почвы и адекватный эталон сравнения подобрать проблематично. Дело в том, что для Ростовской области фоновым суммарным содержанием ПАУ в почвах принято брать суммарное содержание ПАУ в почве ООПТ «Персиановская степь» - это примерно 300 нг/г, в зоне постоянного техногенного воздействия (в районе НчГРЭС) суммарное содержание в наиболее загрязненной почве доходит до 3500 нг/г [9], однако, во-первых, и в первом и во втором случае речь идет о черноземах, а во-вторых в районе НчГРЭС нагрузка на почву постоянная, а в данном исследовании рассматривается объект, который не подвержен техногенному воздействию уже более 30 лет. Содержание БаП превышено в почвах всех мониторинговых, за исключением почвы площадки № 8. Максимальное превышение ПДК БаП зафиксировано в почвах площадки № 2, где содержание БаП в почве превышено в 8,7 раз (Рис. 2).



Рисунок 2. Уровни ПДК БаП в почвах бывшего шламонакопителя

Согласно СанПиН 2.1.7.1287-03 [3] почва бывшего шламонакопителя характеризуется, как сильнозагрязнённая (Таблица 1).

Оценка степени загрязнения почвы бывшего шламонакопителя

Содержание в почве	Категория загрязнения почвы		
	1 класс	2 класс	3 класс
Класс опасности вещества	1 класс	2 класс	3 класс
> 5 ПДК	Очень сильная		Сильная
От 2 до 5 ПДК	Очень сильная	Сильная	Средняя
От 1 до 2 ПДК	Слабая		

Таким образом, выявлено, что суммарное содержание ПАУ в почвенном покрове бывшего шламонакопителя не равномерно и варьирует в широких пределах. Несмотря на то, что, в течение уже более 30 лет, территория озера Атаманского не используется, как шламоборник, исследование показало высокий уровень суммарного содержания ПАУ в исследованных почвах, что может свидетельствовать о замедлении биохимических и химических процессов, способствующих деструкции ПАУ. Содержание БаП в исследуемых почвах, как главного маркера загрязнения почв ПАУ, свидетельствует о том, что почвы данной территории можно отнести к сильнозагрязненным.

Исследования выполнены при финансовой поддержке российского научного фонда (РНФ) № 19-74-10046.

Литература

1. ГН 2.1.7.2041-06. Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в почве. М. 2009. 22 с.
2. ПНД Ф 16.1:2.2:2.3:3.62-09 Количественный химический анализ почв //Методика выполнения измерений массовых долей полициклических ароматических углеводородов в почвах, донных отложениях, осадках сточных вод и отходах производства и потребления методом высокоэффективной жидкостной хроматографии. М. 2009. 22 с.
3. СанПиН 2.1.7.1287-03 Санитарно-эпидемиологические требования к качеству почвы" (с изменениями на 25 апреля 2007 года). М. 2007. 34 с.
4. Чаплыгин В.А., Манджиева С.С., Невидомская Д.Г., Литвинов Ю.А., Минкина Т.М., Черникова Н.П. Содержание тяжелых металлов в тростнике обыкновенном (*Phragmites australis*) техногенно загрязненного района поймы Северского Донца // Биогеохимия химических элементов и соединений в природных средах: материалы III Международной школы-семинара молодых исследователей. 2018. С. 307-311.
5. Цибарт А.С, Геннадиев А.Н. (2013). Полициклические ароматические углеводороды в почвах: источники, поведение, индикационное значение (обзор) // Почвоведение. 2013. С. 788-788.
6. Lamichhane S., Krishna K.B., Sarukkalige R. Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) removal by sorption: a review // Chemosphere. 2016. № 148. С. 336-353.
7. Minkina T., Sushkova S., Yadav B.K., Rajput V., Mandzhieva S., Nazarenko, O. Accumulation and transformation of benzo[a]pyrene in Haplic Chernozem under artificial contamination.// Environmental geochemistry and health. 2019. С. 1-10.
8. Office of the Federal Registration (OFR) Appendix A: priority pollutants. Fed Reg. 1982;47:52309. URL: <https://www.epa.gov/sites/production/files/2015-09/documents/priority-pollutant-list-epa.pdf>.
9. Sushkova S.N., Minkina T.M., Mandzhieva S.S., Vasilyeva G.K., Borisenko N.I., Turina I.G., Kızılkaya R. New alternative method of benzo[a]pyrene extraction from soils and its approbation in soil under technogenic pressure // Journal of soils and sediments. 2016. №16. С. 1323-1329.

S.N. Sushkova, T.S. Dudnikova, E.M. Antonenko,
A.I. Barbashev, I.P. Lobzenko, T.M. Minkina
Southern Federal University, Rostov-on- Don, Russia

**ESTIMATION OF THE SOIL POLLUTION DEGREE IN THE TERRITORY
OF CHEMICAL POLLUTION
BY POLYCYCLIC AROMATIC HYDROCARBONS**

Abstract. Soils of the former sludge collector were investigated for the total content of polyarenes in them. The uneven nature of the total distribution of PAHs in the soils of the

study area was revealed. The excess of the MPC of benzo(a)pyrene was established, characterizing the soils of the study area as highly contaminated.

Keywords: PAHs, polyarenes, benzo(a)pyrene, sludge collector, industrial waste, technogenic soils.

References

1. GN 2.1.7.2041-06. Maximum allowable concentration (MPC) of chemicals in the soil. M. 2009. 22 p.
2. PND F 16.1: 2.2: 2.3: 3.62-09 Quantitative chemical analysis of soils // Method for measuring mass fractions of polycyclic aromatic hydrocarbons in soils, bottom sediments, sewage sludges and production and consumption wastes by high performance liquid chromatography. M. 2009. 22 p.
3. SanPiN 2.1.7.1287-03 Sanitary and epidemiological requirements for soil quality "(as amended on April 25, 2007). M. 2007. 34 p.
4. Chaplygin V.A., Mandzhieva S.S., Nevidomskaya D.G., Litvinov Yu.A., Minkina T.M., Chernikova N.P. The content of heavy metals in common reed (*Phragmites australis*) of the technogenic contaminated area of the Seversky Donets floodplain // Biogeochemistry of chemical elements and compounds in natural environments: materials of the III International School-Seminar for Young Researchers. 2018. P. 307-311.
5. Tsibart A.S., Gennadiev A.N. (2013). Polycyclic aromatic hydrocarbons in soils: sources, behavior, indicative value (review) // Soil Science. 2013 S. 788-788. Lamichhane S., Krishna K.B., 6. Sarukkalgige R. Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) removal by sorption: a review // Chemosphere. 2016. № 148. P. 336-353.
7. Minkina T., Sushkova S., Yadav B.K., Rajput V., Mandzhieva S., Nazarenko, O. Accumulation and transformation of benzo[a]pyrene in Haplic Chernozem under artificial contamination. // Environmental geochemistry and health. 2019. P. 1-10.
8. Office of the Federal Registration (OFR) Appendix A: priority pollutants. Fed Reg. 1982;47:52309. URL: <https://www.epa.gov/sites/production/files/2015-09/documents/priority-pollutant-list-epa.pdf>.
9. Sushkova S.N., Minkina T.M., Mandzhieva S.S., Vasilyeva G.K., Borisenko N.I., Turina I.G., Kızılkaya R. New alternative method of benzo[a]pyrene extraction from soils and its approbation in soil under technogenic pressure // Journal of soils and sediments. 2016. №16. P. 1323-1329.

UDC 550.4

O.B. Rogova³, P.S. Fedotov^{1,2}, R.Kh. Dzhaneloda^{1,2}, V.K. Karandyshev^{1,4}

¹National University of Science and Technology "MISIS", Moscow, Russia;

²V.I. Vernadsky Institute of Geochemistry and Analytical Chemistry, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia;

³V.V. Dokuchaev Soil Science Institute, Moscow, Russia;

⁴The Institute of Microelectronics Technology and High-Purity Materials, Russian Academy of Sciences, Chernogolovka, Russia.

Email: olga_rogova@inbox.ru

FORMS OF RARE EARTH METALS IN PERM SOILS

Abstract. The distribution of REEs between environmentally relevant (bioaccessible) fractions has been studied by the example of background, aerielly and hydrogenically contaminated soil samples using dynamic extraction in a rotating coiled column. In all samples, extractable REEs are almost completely bound to amorphous metal oxide-organic.

Keywords: soil, rare earth elements, fractionation, dynamic extraction, metal-organic complexes

Rare earth elements (REEs) present a cohesive group that includes lanthanides as well as Y and Sc. In soils, REEs originate mainly from the parent material and the use of organic and inorganic fertilizers. For example, Australian phosphate fertilizers contain an average of 45.2 µg/g La and 61.0 µg/g Ce. The median value of La concentration in European soils was reported to be 14.3 and 13.6 µg/g with maximum values of 109.3 and 229.6 µg/g in agricultural and grazing land soils, respectively. Apart from the agriculture,

REEs are also increasingly used in high-tech industry and healthcare technologies. The release of REEs into soils and waters and their transfer into plants may have negative impacts on human health and the environment.

Lanthanum toxicity may vary due to changing the environmental conditions. For example, it was demonstrated that deleterious effects of the combined La^{3+} and acid rain pollution on soybean (*Glycine max*) were stronger than those of single La^{3+} or acid rain pollution. Lanthanum toxicity to five different species of soil invertebrates in relation to availability in soil has been also assessed. It is suggested that La may affect soil ecosystems at concentrations slightly above natural background levels (6.6–50 mg La/kg dry soil) in non-polluted soils.

A few attempts have been made to estimate the transfer of REEs from natural soil to plant systems in the basis of the correlation between the total concentrations of REEs in soils and their contents in plant roots. It has been found that for soils from non-polluted natural sites with different geological environments (limestone, granite, and carbonatite), the uptake of REEs by plants is not primarily controlled by the plant itself, but depends on the concentration and speciation of REE in the soil and adsorbed soil water pool. Plants growing on moist grassland contained higher concentrations of REEs as compared to other soils. The content of organic matter and low pH may enhance the phyto-uptake of REEs. REEs uptake by plant roots is considered to be linked with those of Fe, and roots absorb preferentially light REE (La, Ce, Pr, Nd, Pm, Sm, Eu).

For the fractionation of REEs in soils, sequential extraction procedures (SEP) initially developed for the fractionation of heavy metals have been mainly applied. Most studies adopt one of two extensively used SEP, namely, the four-step SEP proposed by Tessier et al. (1979) or the three-step BCR procedure developed in the framework of the Standards, Measurements, and Testing Programme of the European Commission. For example, the BCR procedure has been used to study the fractionation of REEs in the different horizons of two soil profiles (Eutric Fluvisols) at the Wupper River, Germany. Small differences in the total REEs concentrations between the horizons were observed, probably, due to flooding and the linked homogenization processes. REEs were found to dominate in the residual fraction (73.5%), followed by reducible (19.6%), oxidisable (6.6%), and exchangeable (0.4%) fraction. In general, for a large set of soil samples from different regions of Germany, the residual fraction is relatively high. In soils, where water fluctuations are important, the redox potential may be regarded as a key factor controlling the mobilization of REEs also via related changes of pH.

The aim of the present work is to apply the dynamic extraction in RCC to study on the fractionation and mobility of REEs in background floodplain (alluvial) soil as well in soddy-podzolic and floodplain soils aeri-ally and hydrogenically contaminated by heavy metals. Environmentally relevant (bioaccessible) fractions, namely, exchangeable, specifically sorbed, bound to Mn oxides, and bound to metal-organic complexes are separated and analyzed.

All the samples were 5 sub-samples of surface layer (0-10 cm) collected in the city of Perm' (Russia). The selected soils are characterized by different contents of major components governing the behaviour of micro elements as well as by different levels of anthropogenic impact. Sample 1, alluvial (floodplain) soil taken in the floodplain area of the river Kama opposite to the city of Perm', was chosen as a sample with background levels of trace elements. Sample 2, soddy-podzolic soil was taken in a small park area at

the distance of 0.5 km from an engine building plant. According to the analysis of the snow cover Sample 2 was chosen as a soil subjected to the aerial contamination. Sample 3, alluvial anthropogenic transformed soil, was collected in the floodplain of the river Danilikha. Highly elevated concentrations of Zn, Cu, Cd, Pb, and Ni found in the silt of river Danilikha confirms the hydrogenic contamination of this soil. In all the cases, upper horizons of soils (0–10 cm) were under investigation. The anthropogenic contamination of Samples 2 and 3 has been reported earlier.

It has been found that the total contents of REEs in alluvial soils (samples 1 and 3) are 2-3 fold higher, than in the soddy-podzolic soil (sample 2). At the same time the contents of REEs in the floodplain of the river Kama (sample 1) is 1.5 fold higher, than in the floodplain of the river Danilikha (sample 3). This may be attributed not only to the difference in the contents of organic carbon in soils but as well as to the accumulation of REEs by Fe-Mn-organic concretions which are abundant in alluvial soils as a result of redox processes. This assumption is proven by the Ce/La ratio, which reflects the role of redox processes and accumulation of organic matter in the formation and development of soil. The value of C_{Ce}/C_{La} equal to 2.7 is maximal for sample 1 (floodplain soil on the river Kama), which also contains the maximal quantities of organic matter and manganese. For samples 2 and 3, C_{Ce}/C_{La} is equal to 2.1 and 2.0, correspondingly, which is apparently due to lower contents of organic matter as compared to sample 1. Hence, the accumulation of REEs in the floodplain soil of the river Danilikha can be mainly governed by the formation of Fe-Mn ortsteins, whereas in the soddy-podzolic soil, the accumulation of REEs might be related to the accumulation of organic matter.

The dynamic fractionation of REEs and other trace elements was performed according to the SEP proposed and tested in our previous works. It should be stressed that we focus on environmentally relevant (bioaccessible) fractions. Other fractions such as elements bound to Al/Fe oxides and refractory organic compounds can be considered as poorly mobilizable/accessible and hence have not been separated. We prefer to use the term “bioaccessibility” in our research since bioavailability can be measured only by biological methods (*in vivo*). In contrary, bioaccessibility can be assessed by *in vitro* biomimetic methods such as chemical extraction and fractionation. There are slight differences in the definitions given for bioavailability and bioaccessibility; however, they reflect similar characteristic features of bioavailability as actual availability and bioaccessibility as potential availability.

The extractograms of REEs for studied soil samples show sharp high peaks of all REEs appear at step IV (pyrophosphate extraction) for all samples. In general, the sharper the peak of element on the extractogram, the faster the kinetics of mobilisation of the corresponding fraction and the recovery. Hence, organic complexes of REEs (e.g. humates and fulvates) are kinetically labile. In the background floodplain soil (sample 1), an insignificant portion of REEs are bound to Mn oxides (step III). For the anthropogenic transformed floodplain soil (sample 3) only La is partially recovered in this fraction. For the aerially contaminated soddy-podzolic soil (sample 2), exchangeable and acid soluble fraction are observed as well, nevertheless, the association of REEs with organic complexes is apparently predominant.

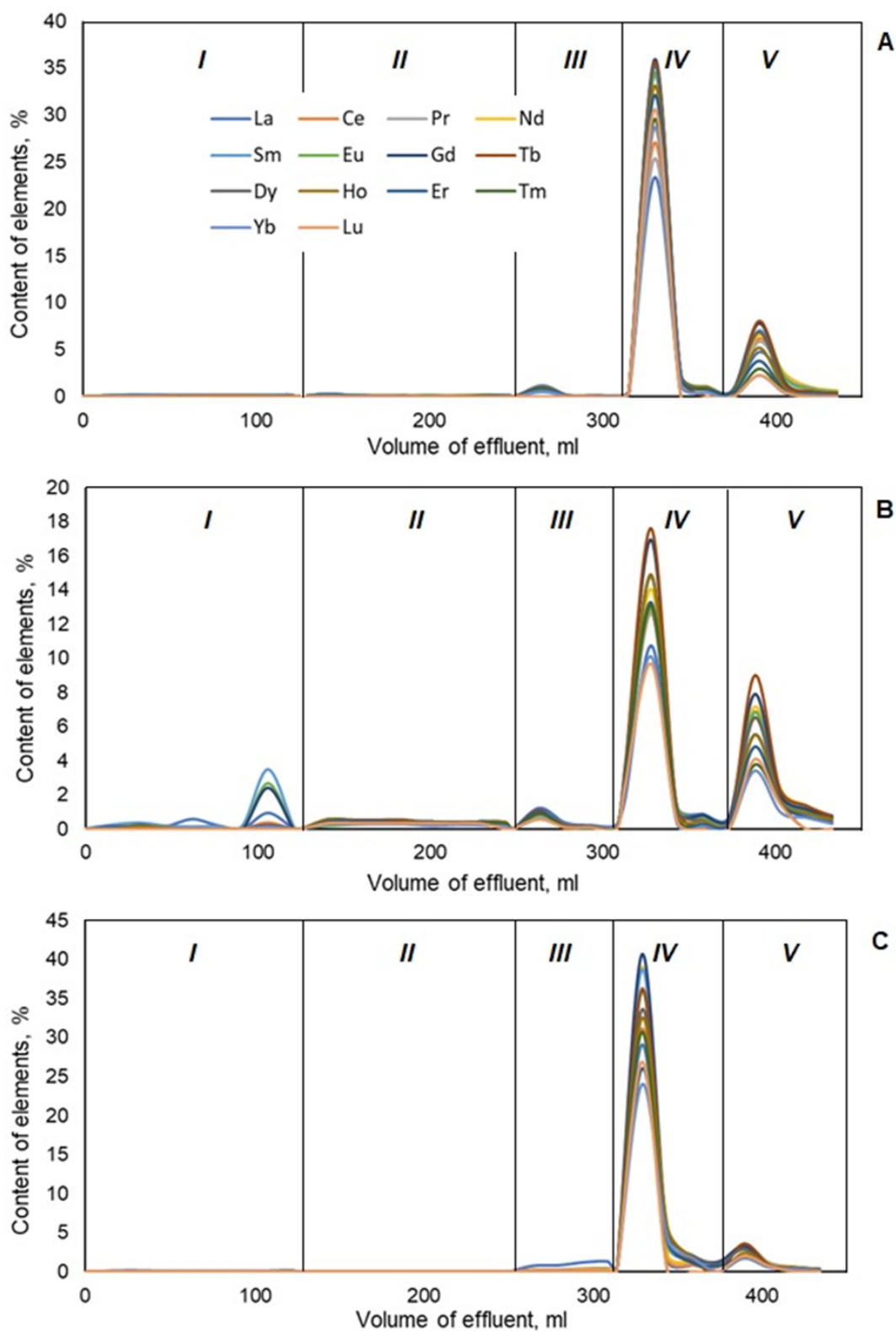


Figure 1. Extractograms of rare earth elements for studied soil samples (A – sample 1, B – sample 2, C – sample 3). Eluent composition: I – 0.05 M $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$; II - 0.43 M CH_3COOH ; III – 0.1 M $\text{NH}_2\text{OH}\cdot\text{HCl}$ (non acidified); IV – 0.1 M $\text{K}_4\text{P}_2\text{O}_7$ (pH 11); V - 0.1 M $(\text{NH}_4)_2\text{C}_2\text{O}_4$ (pH 3).

The distribution of REEs between four extractable fractions is quite unexpected; however, the distribution patterns look similar for all studied samples regardless of the

soil characteristics and contamination. In all cases REEs are predominantly associated with organic complexes. For floodplain soils (samples 1 and 3) up to 40-45% of the total contents of REEs are found in the pyrophosphate extractable fraction. The contents of organic carbon (13 and 7.8% for samples 1 and 3, correspondingly) and contamination obviously do not affect the distribution of REEs. Other extractable fractions may be taken into consideration only in the case of La. For the soddy-podzolic soil (sample 2, $C_{org} = 4.7\%$), the distribution of REEs is somewhat different. The contents of REEs in the pyrophosphate extractable fraction are about 20%. Exchangeable, acid soluble, and easily reducible fractions also may be taken into consideration; their sum being up to 8%. Nevertheless, the main trend is the same, namely, extractable REEs are predominantly associated with organic complexes (e.g. humates and fulvates) recovered by pyrophosphate.

At the first glance, there might be a contradiction between the findings made and the reported results on the fractionation of REEs. According to the fractionation using the three-step BCR protocol, REEs were found to dominate in the residual fraction (73.5%), followed by reducible (19.6%), oxidizable (6.6%), and exchangeable (0.4%) fraction. However, there are two distinguishing features in the present and cited works, namely, batchwise and dynamic extraction conditions and quite different SEPs. Hence, the results are hardly comparable. It looks more beneficial to refer to the SEP recently proposed for the fractionation of REEs. This SEP includes four steps: 0.05 M calcium nitrate (easily soluble and ion exchange fraction), 0.1 M citric acid (fraction mobilized by complexation and carbonate bound), 0.05 M hydroxylamine hydrochloride (pH 2) (reducible fraction), 1.4 M nitric acid (acid soluble fraction). According to the data obtained for a soil profile, the upper horizon may contain up to 30% of the fraction extractable by citric acid. In turn, this fraction may contain REEs recovered from organic complexes due to the competitive binding with citrate, which is a strong complexing reagent. In future it might be beneficial to apply the SEP proposed by Mittermüller et al (2016) to the dynamic fractionation of REEs in soils.

In general, the finding made in the present work, namely, the predominant association of REEs and metal oxide-organic complexes in soils, is of great importance since it may indicate the high bioaccessibility of REEs related, in particular, to the digestion of humates and fulvates by rhizosphere microorganisms and subsequent release of REEs.

To the best of our knowledge, the predominant association of REEs and metal oxide-organic complexes in soils regardless the sample type and contamination is reported for the first time. This finding may offer a novel insight into the fate and behavior of REEs in soil-plant systems. The results should be extended to a variety of soil samples of different origin. Besides, it may be beneficial to apply another SEP under dynamic conditions and to compare the data obtained.

For the risk assessment, it would be extremely important to study processes of adaptation of REEs entering the soil with various carriers such as phosphorus fertilizers, coal and phosphate dust, industrial wastes, etc. There are a lot of related questions. How can REEs fix in soils when entering with easily soluble salts or fertilizers? How does the fractionation and mobility of REEs change at their migration within the soil profile? What is the role of various soil components (for example, organometallic concretions) in the accumulation of REEs in soils? The response to all these questions can be given with the use of the proposed continuous-flow fractionation system, which allows one to improve the selectivity of the separation of the investigated groups of compounds.

The equipment was purchased and maintained with the support of the Ministry of Education and Science of the Russian Federation (Program of Increasing Competitiveness of NUST "MISiS", projects No K1-2014-026, No K2-2017-088).

О.Б.Рогова³, П.С. Федотов^{1,2}, Р.Х. Дженлода^{1,2}, В.К. Карандашев^{1,4}

¹ Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС»;

² Институт геохимии и аналитической химии имени В. И. Вернадского РАН;

³ ФГБНУ Почвенный ин-т им. В.В.Докучаева;

⁴ ФГБУН Институт проблем технологии микроэлектроники и особо чистых материалов РАН

Email: olga_rogova@inbox.ru

ФОРМЫ СОЕДИНЕНИЙ РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ В ПОЧВАХ ПЕРМИ

Распределение РЗЭ между экологически значимыми (биодоступными) фракциями было изучено на примере образцов фоновых, аэралью и гидрогенно-загрязненных почв с использованием метода динамического фракционирования во вращающейся спиральной колонне. Во всех образцах экстрагируемые РЗЭ практически полностью связаны с металло-органическими соединениями.

Ключевые слова: почва, редкоземельные элементы, фракционирование, динамическое извлечение, металлоорганические комплексы.

УДК 631.41

С.Н. Сушкова, В.А. Чаплыгин, Т.В. Бауэр, Т.М. Минкина, А.Г. Федоренко

Южный федеральный университет, Ростов-на-Дону, Россия

e-mail: terra_rossa@mail.ru

ФОНОВОЕ СОДЕРЖАНИЕ И СОСТАВ СОЕДИНЕНИЙ МЕДИ В ЧЕРНОЗЕМЕ ОБЫКНОВЕННОМ РОСТОВСКОЙ ОБЛАСТИ

Аннотация. Установлено, что Си в черноземе обыкновенном аккумулируется преимущественно в составе глинистых минералов, что обуславливает ее низкую подвижность в почве. Непрочно связанные соединения элемента в основном представлены специфически сорбированными формами. Фракционный состав Си показал ее тесную связь с органическим веществом почвы.

Ключевые слова: медь, чернозем, почвенные компоненты, состав соединений, подвижность.

Ростовская область играет колоссальную роль в обеспечении продовольственной безопасности России. Здесь расположены и занимают наибольшую территорию самые плодородные почвы мира – черноземы. Их принято считать почвами оптимального микроэлементного состава, своего рода эталонами. Однако из-за высокой карбонатности в природных условиях отмечается недостаток многих микроэлементов, в частности меди [10]. Содержание элементов и их подвижность в почве определяют условия питания растений.

Из большого спектра поллютантов медь заслуживает особого внимания. Она относится к группе приоритетных загрязняющих веществ окружающей среды и является элементом 2-го класса опасности. Повышенные концентрации меди в почвах сельскохозяйственных угодий могут образовываться в зонах воздействия промышленных предприятий. В тоже время при низких концентрациях медь играет важную роль в обменных процессах и жизненно необходима для организмов в качестве микроэлемента. Однако при высоких концентрациях она обладает высокой

токсичностью, мутагенным и канцерогенным действиями на живые организмы, способна к биоаккумуляции [7].

Определение состава соединений меди в почвах с учетом ее региональных особенностей необходимо для прогнозирования и оценки обеспеченности данным элементом растений, разработки систем применения удобрений с целью оптимизации питания растений, экологического мониторинга.

Целью данной работы является изучение содержания и состава соединений Си в черноземе обыкновенном естественных ландшафтов Ростовской области.

Для проведения исследований отбирался верхний слой (0-20 см) почвы целинного участка, представленный черноземом обыкновенным тяжелосуглинистым на лессовидных суглинках учебно-опытного хозяйства «Донское» ДонГАУ (Ростовская обл., Октябрьский р-н). Исследуемая почва характеризуется следующими физическими и химическими свойствами: Сорг – 3,7%; рН – 7,3; ЕКО – 37,1 смоль (экв)/кг; обменные катионы (смоль (экв)/кг): Ca^{2+} – 31,0, Mg^{2+} – 4,5; $CaCO_3$ – 0,1%; физическая глина – 53,1%, ил – 32,4%.

Физико-химический анализ состава почвы проводили общепринятыми методами: рН водной вытяжки – потенциометрическим в суспензиях при соотношении почва : вода = 1 : 2,5; содержание органического вещества титриметрическим методом (бихроматное окисление по И.В. Тюрину) [4]; емкость катионного обмена (ЕКО) и обменные катионы Ca^{2+} и Mg^{2+} – по методу Шаймухаметова [8]; содержание карбонатов комплексонометрическим методом по С.А. Кудрину; гранулометрический состав почвы методом пипетки с пирофосфатной подготовкой пробы [2]. Валовое содержание Си в почве определяли рентгенфлуоресцентным методом с использованием спектроскана «МАКС-GV».

Подвижные формы Си были определены тремя параллельными вытяжками, характеризующие непрочно связанные (НС) соединения ТМ в почве [11]: 1 н. ацетатно-аммонийный буфер (ААБ) с рН 4,8, извлекающий обменные формы ТМ; 1% ЭДТА в ААБ с рН 4,8, извлекающий обменные и комплексные формы и 1 н. НСI, извлекающий кислоторастворимые формы. По разнице между содержанием металла в вытяжке смешанного реагента и ААБ определялось количество комплексных соединений. Количество специфически сорбированных соединений находили по разнице между содержанием металла в вытяжке НСI и ААБ. Содержание Си в составе прочносвязанных (ПС) соединений находили по разности между общим содержанием металла в почве и содержанием НС соединений.

Для выявления роли почвенных компонентов в связывании элемента был использован широко распространенный метод Тессье [14]. Данный метод обеспечивает выделение пяти фракций соединений ТМ: обменной ($1M MgCl_2$), связанной с карбонатами ($1M CH_3COONa$), связанной с (гидр)оксидами Fe и Mn ($0,04M NH_2OH \cdot HCl$ в 25% CH_3COOH), связанной с органическим веществом ($0,02M HNO_3 + 30\% H_2O_2$, рН 2, затем $3,2M CH_3COONH_4$ в 20% HNO_3) и остаточной фракции ($HF + HClO_4$, затем $HNO_{3конц.}$). Содержание металлов в почвенных вытяжках определено методом атомно-абсорбционной спектроскопии (ААС).

Все анализы выполнены в трехкратной аналитической повторности и статистически обработаны.

Общее содержание Си в верхнем (0-20 см) слое исследуемой почвы составляет 45 мг/кг, что превышает кларк элемента для почв по А.П. Виноградову [3] более чем в 2 раза (20 мг/кг). Это свидетельствует об относительном обогащении исследуемой почвы Си. Главной особенностью является низкая подвижность Си в исследуемой почве (табл. 1), благодаря присутствию высокодисперсных карбонатов и общей высокой буферности черноземов по отношению к металлам [6]. На долю

непрочно связанных соединений Cu приходится всего 7% от общего содержания металла в почве. В черноземе, по сравнению с другими почвами, существует гораздо больше возможностей для прочного закрепления металлов, чему способствует тяжелый гранулометрический состав, относительно высокая емкость катионного обмена, большее количество гумуса и соединений железа, а также присутствие глинистых минералов монтмориллонитовой группы [5].

Установлена следующая закономерность в распределении Cu в составе НС соединений, мг/кг: специфически сорбированные > комплексные > обменные (табл. 1).

Таблица 1

Подвижные формы Cu в черноземе обыкновенном Ростовской области

Обменные соединения	Комплексные соединения	Специфически сорбированные соединения	Непрочно связанные соединения
мг/кг			
0,3±0,01	0,5±0,1	2,2±0,3	3,0±0,6
% от общего содержания			
1	1	5	7

Количество обменных соединений Cu в исследуемой почве очень низкое и составляет всего 0,3 мг/кг, что не превышает 1% от общего содержания (табл.1). Растения в таких условиях могут испытывать недостаточную обеспеченность этим элементом, что может повлиять на их рост и развитие. Непрочно связанные соединения Cu в основном представлены специфически сорбированными формами (5% от общего содержания), что объясняется присутствием карбонатов, их высокодисперсной мицелярной формой в виде «карбонатной плесени» и слабощелочной реакцией среды [1].

Специфически сорбированные формы представлены в основном (табл.2) соединениями металла с Fe-Mn оксидами (11% от общего содержания). Значительная часть Cu (24%) связана с органическим веществом почвы (табл. 2), чему способствует, помимо электрохимических особенностей самого металла, высокое содержание в черноземе гумуса, в составе которого преобладают гуминовые кислоты ($S_{ГК}:S_{ФК}=1,9$) [12]. Вероятно, что с наиболее высокомолекулярными гуминовыми кислотами Cu формирует прочносвязанные соединения, в то время как фульвокислоты наиболее склонны к ионообменной сорбции катионов металла. Органическое вещество является важным регулятором подвижности химических элементов в почвах [9]. Поэтому чернозем может прочно связать большее количество металла, чем другие почвы [5].

Таблица 2

Фракционный состав Cu в черноземе обыкновенном Ростовской области

Обменная фракция	Фракция, связанная с карбонатами	Фракция, связанная с Fe-Mn оксидами	Фракция, связанная с органическим веществом	Остаточная фракция	Общее содержание
$\frac{0,4}{1}$	$\frac{1,2}{3}$	$\frac{5,0}{11}$	$\frac{11,1}{24}$	$\frac{27,3}{61}$	45,0

Примечание. Над чертой – мг/кг, под чертой – % от общего содержания

Главной особенностью фракционного состава соединений Cu в исследуемой почве является значительное преобладание остаточной фракции (61% от общего содержания), характеризующей связь металла с силикатами (табл. 2). Методом тонкой структуры спектра рентгеновского поглощения (EXAFS) установлено, что поглощенные почвой катионы Cu^{2+} могут замещать часть ионов Al^{3+} в октаэдрических позициях глинистых минералов [13]. Возможна также адсорбция

Cu в форме димера (Cu-Cu) силикатными и/или алюминиевыми группами, имеющими неполную координацию или дефекты структуры: длину связей, появление двойных связей [6].

Таким образом, низкая подвижность в сочетании с высокой долей специфически сорбированных на карбонатах соединений Cu среди подвижных форм является региональной особенностью черноземов обыкновенных. Анализ фракционного состава показал, что наибольшее количество изученного элемента в черноземе обыкновенном аккумулируется в составе глинистых минералов. Также активное участие в поглощении Zn принимает органическое вещество почвы.

Исследования выполнены при финансовой поддержке российского научного фонда (РНФ) № 19-74-10046.

Литература

1. Агафонов Е.В. Тяжелые металлы в черноземах Ростовской области // Тяжелые металлы и радионуклиды в агроэкосистемах: Сб. науч. статей. Новочеркасск, 1994. С. 22–26.
2. Вадонина А.Ф., Корчагина З.А. Методы исследования физических свойств почв и грунтов. Москва: Агропромиздат. 1986. 416 с.
3. Виноградов А.П. Геохимия редких и рассеянных химических элементов в почвах. Москва: АН СССР. 1957. 237 с.
4. Воробьева Л.А. Теория и практика химического анализа почв. Москва: ГЕОС. 2006. 400 с.
5. Ладонин Д.В., Карпунин М.М. Фракционный состав соединений никеля, меди, цинка и свинца в почвах, загрязненных оксидами и растворимыми солями металлов // Почвоведение. 2011. № 8. С. 953-965.
6. Минкина Т.М., Солдатов А.В., Невидомская Д.Г., Мотузова Г.В., Подковырина Ю.С., Манджиева С.С. Новые подходы в изучении соединений тяжелых металлов в почвах с применением рентгеноспектрального анализа и экстракционного фракционирования // Геохимия. 2016. № 2. С. 212-219.
7. Панин М.С., Сиромля Т.И. Адсорбция меди почвами Семипалатинского Прииртышья // Почвоведение. 2005. № 4. С. 416-426.
8. Шаймухаметов М.Ш. К методике определения поглощенных Ca и Mg в черноземных почвах // Почвоведение. 1993. № 12. С. 105-111.
9. Lu A., Zhang S., Shan X. Time effect on the fractionation of heavy metals in soils // Geoderma. 2005. V. 125. P. 225-234.
10. Mandzhieva S.S., Goncharova L.Yu., Batukaev A.A., Minkina T.M., Bauer T.V., Shertnev A.K., Chaplygin V.A., Sushkova S.N., Poluektov E.V., Burachevskaya M.V., Kozlova M.N. Current State of Haplic Chernozems in Specially Protected Natural Areas of the Steppe Zone // OnLine Journal of Biological Sciences. 2017. V. 17. Is. 4. P. 363-371.
11. Minkina T.M., Mandzhieva S.S., Burachevskaya M.V., Bauer T.V., Sushkova S.N. Method of determining loosely bound compounds of heavy metals in the soil // Methods X. 2018. V. 5. P. 217-226.
12. Minkina T.M., Pinskiy D.L., Zamulina I.V., Nevidomskaya D.G., Gülser C.; Mandzhieva S.S., Bauer T.V., Morozov I.V., Sushkova S.N., Kizilkaya R. Chemical contamination in upper horizon of Haplic Chernozem as a transformation factor of its physicochemical properties // Journal of Soils and Sediments. 2018. V. 18. Is. 6. P. 2418-2430.
13. Strawn D.G., Palmer N.E., Furnare L.J., Goodel C., Amonette J.E., Kukkadaru R.K. Copper sorption mechanism on smectites // Clays and Minerals. 2004. V. 52. N. 3. P. 321-333.
14. Tessier A., Campbell P.G.C., Bisson M. Sequential extraction procedure for the speciation of particulate trace metals // Analytical chemistry. 1979. V. 51. N. 7. P. 844-850.

S.N. Sushkova, V.A. Chaplygin, T.V. Bauer, T.M. Minkina, A.G. Fedorenko
Southern Federal University, Rostov-on-Don, Russia
e-mail: terra_rossa@mail.ru

BACKGROUND CONTENT AND COMPOSITION OF COPPER COMPOUNDS IN ORDINARY CHERNOZEM OF ROSTOV OBLAST

Abstract. It is established that Cu in ordinary chernozem mainly accumulates in clay minerals, which leads to its low mobility in soil. Loosely bonded compounds of the element are mainly represented by specifically sorbed forms. Fractional composition of Cu shows its close relationship with the organic matter of soil.

Keywords: copper, chernozem, soil components, composition compounds, mobility.

References

1. Agafonov E.V., 1994. Heavy metals in chernozems of Rostov Oblast. In Heavy Metals and Radionuclides in Agroecosystems. Moscow, pp. 22–26 [in Russian].
2. Vadyunina A.F., Korzhagina Z.A. Methods of study of physical properties of soils and grounds. Moscow: Agropromizdat. 1986. 416 p.
3. Vinogradov A.P. Geochemistry of rare and trace elements in soils. Moscow: AN SSSR. 1957. 237 p.
4. Vorobeva L.A. Theory and practice of chemical analysis of soils. Moscow: GEOS. 2006. 400 p.
5. Ladonin D.V., Karpukhin M.M. Fractional composition of nickel, copper, zinc, and lead compounds in soils polluted with oxides and soluble metal salts. *Pochvovedenie*. 2011. N. 8. P. 874–885.
6. Minkina T.M., Soldatov A.V., Nevidomskaya D.G., Motuzova G.V., Podkovyrina Y.S., Mandzhieva S.S. New approaches to studying heavy metals in soils by X-ray absorption spectroscopy (XANES) and extractive fractionation (2016) *Geochemistry International*, 54 (2), pp. 197-204. DOI: 10.1134/S001670291512006X.
7. Panin M.S., Siromlya T.I., Copper adsorption of soils of the Irtysh River area, Semipalatinsk Oblast. *Eurasian Soil Science* 2005. N 38. P. 364–373.
8. Shaimukhametov M.Sh. On determination technique of absorbed Ca and Mg in chernozem soils // *Eurasian Soil Science*. 1993. V. 12. P. 105-111.
9. Lu A., Zhang S., Shan X. Time effect on the fractionation of heavy metals in soils // *Geoderma*. 2005. V. 125. P. 225-234.
10. Mandzhieva S.S., Goncharova L.Yu., Batukaev A.A., Minkina T.M., Bauer T.V., Shertnev A.K., Chaplygin V.A., Sushkova S.N., Poluektov E.V., Burachevskaya M.V., Kozlova M.N. Current State of Haplic Chernozems in Specially Protected Natural Areas of the Steppe Zone // *OnLine Journal of Biological Sciences*. 2017. V. 17. Is. 4. P. 363-371.
11. Minkina T.M., Mandzhieva S.S., Burachevskaya M.V., Bauer T.V., Sushkova S.N. Method of determining loosely bound compounds of heavy metals in the soil // *MethodsX*. 2018. V. 5. P. 217-226.
12. Minkina T.M., Pinskiy D.L., Zamulina I.V., Nevidomskaya D.G., Gülser C.; Mandzhieva S.S., Bauer T.V., Morozov I.V., Sushkova S.N., Kizilkaya R. Chemical contamination in upper horizon of Haplic Chernozem as a transformation factor of its physicochemical properties // *Journal of Soils and Sediments*. 2018. V. 18. Is. 6. P. 2418-2430.
13. Strawn D.G., Palmer N.E., Furnare L.J., Goodel C., Amonette J.E., Kukkadaru R.K. Copper sorption mechanism on smectites // *Clays and Minerals*. 2004. V. 52. N. 3. P. 321-333.
14. Tessier A., Campbell P.G.C., Bisson M. Sequential extraction procedure for the speciation of particulate trace metals // *Analytical chemistry*. 1979. V. 51. N. 7. P. 844-850.

УДК 631.4

Р.Ф. Хасанова^{1,2}, Я.Т. Суюндуков^{1,2},
И.Н. Семенова^{1,2}, М.Б. Суюндукова^{1,2}, Ю.С. Рафикова¹

¹Государственное автономное научное учреждение «Институт стратегических исследований Республики Башкортостан», Сибайский филиал, Сибай, Россия;

²Сибайский институт (филиал) ФГБОУ ВО «Башкирский государственный университет», Сибай, Россия

e-mail: rezeda78@mail.ru, yalil_s@mail.ru

ОСОБЕННОСТИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ УРБОПОЧВ ГОРНОРУДНОГО РЕГИОНА БАШКОРТОСТАНА

Аннотация. В статье представлены результаты исследования загрязнения почв г. Сибай, промышленного центра Башкирского Зауралья, тяжелыми металлами, обусловленного техногенным воздействием, накладываемым на естественный геохимический фон. Основными поллютантами городских почв являются медь, цинк и кадмий. Почвы промзон и селитебной зоны г. Сибай отнесены к умеренно опасной категории загрязнения. Выполненные биогеохимические исследования показали, что древесные растения *Betula pendula* Roth, *Populus balsamifera* L. и *Ulmus pumila*

L., произрастающие на территории урбанизированных поселений Башкирского Зауралья, испытывают сильное техногенное воздействие. Почвы под древесными растениями характеризовались высокими концентрациями Cu и Zn, в некоторых случаях – Co, Pb, Mn. Между накопленными тяжелыми металлами в древесных растениях и их содержанием в почве выявлена положительная корреляция. В условиях полиметаллического загрязнения надземные органы *Betula pendula* Roth и *Populus balsamifera* L. способны накапливать значительное количество тяжелых металлов в листьях, в тоже время для *Ulmus pumila* L. выявлено преимущественное накопление изученных элементов в коре.

Апробирована методика биоиндикации загрязнения окружающей среды с использованием в качестве тест-объектов растения одуванчика лекарственного *Taraxacum officinale* Wigg.

Ключевые слова: тяжёлые металлы; поллютанты; предельно допустимая концентрация; региональный геохимический фон; горнорудная промышленность; город Сибай; Республика Башкортостан.

Изучение химического загрязнения урбанизированных территорий является актуальной тематикой. В городах и промышленных центрах компоненты окружающей среды испытывают наиболее высокую техногенную нагрузку. Это связано с деятельностью различных промышленных предприятий, а также с концентрацией автотранспорта [1]. В условиях горнорудного региона в число наиболее опасных экотоксикантов техногенного загрязнения относятся тяжелые металлы (ТМ), которые мигрируют и аккумулируются в почве.

Территория Башкирского Зауралья характеризуется высокой мозаичностью содержания ТМ в почвах. Это связано с тремя основными причинами: формирование на территории трех геохимических провинций которые различаются по составу; перемещение субстратов содержащие различные химические элементы результате естественных процессов эрозии и распространение экотоксикантов в процессе деятельности объектов горнорудной промышленности (добыча открытым способом, деятельность обогатительных комбинатов, транспортировка сырья, хвостохранилища, отвалы и т.д.) [5].

Исследования проводились на территории города Сибай, расположенный на Красноуральско-Сибай-Гайская меднорудной провинции. Градообразующими предприятиями и основными источниками загрязнения территорий города являются Сибайский филиал Учалинского горно-обогатительного комбината, в состав которого входят Сибайский и Камаганский карьеры по добыче руды, Сибайская обогатительная фабрика (СОФ) с хвостохранилищами, и Зауральская ТЭЦ - крупная газопоршневая электростанция [4].

Для определения уровня загрязнения почвенного покрова города Сибай ТМ были отобраны образцы почв из слоя 0-10 см. Содержание химических элементов определяли методом атомной абсорбционной спектроскопии согласно общепринятым методикам. Отбор, хранение и транспортировка проб почв, взятых для анализа на ТМ, осуществлялись в соответствии с ГОСТ 17.4.4.02-84.

Для оценки содержания ТМ в урбопочвах использовались значения предельно допустимых концентраций (ПДК) элементов. Экологическое состояние почв оценивали по биогеохимическим коэффициентам: K_c - коэффициент концентрации и Z_c - суммарный показатель загрязнения [3]. При значении $K_c < 1,5$ загрязнение почв отсутствует; при $1,5 < K_c < 3,0$ - слабо загрязнены; при $3,0 < K_c < 10,0$ - сильно загрязнены; при $K_c > 10,0$ - очень сильно загрязнены. По суммарному загрязнению Z_c критические значения таковы: при $Z_c < 16$ загрязнение считается допустимым; при $16 < Z_c < 32$ - умеренно опасным; при $32 < Z_c < 128$ - высоко опасным; при $Z_c > 128$ - чрезвычайно опасным [2].

Изучение состояния почвенного покрова город Сибай показало, что на данной территории преобладают урбанозёмы (до 60-70% территории). Наименьший удельный вес (около 15% территории) составляют почвы с минимальным техногенным воздействием в рекреационной зоне, представленные черноземом обыкновенным. Для исследования почвы были отобраны в промышленных, рекреационных и селитебных зонах города, а также в коллективных садах, расположенных в пригороде. Почвенный покров промышленных зон имеет в основном насыпной характер (техногенные поверхностные образования), хотя на периферических частях промышленной зоны сохранились химически трансформированные естественные почвы различной степени нарушенности.

Эколого-геохимическое исследования показали, что почвы промышленной зоны г. Сибай характеризуются повышенным уровнем подвижных форм ТМ. Очень сильная степень загрязнения выявлена по содержанию меди ($K_c > 10,0$), сильная ($5,0 < K_c < 10,0$) - по содержанию цинка, слабая ($1,5 < K_c < 3,0$) – по содержанию никеля, кадмия и марганца.

Почвы селитебных зон города по содержанию ТМ сильно различаются: очень высокие показатели выявлены в юго-западной и восточной частях, что, видимо, обусловлено спецификой розы ветров с преобладанием западного ветра со стороны действующих карьеров и отвалов (Сибайский и Камаганский карьер), а также обогатительной фабрики и Зауральской ТЭЦ. Юго-западная и восточная часть зоны очень сильно загрязнены медью, цинком, никелем, марганцем и кадмием, в меньшей степени – свинцом и кобальтом. В северной и центральной частях зоны также выявлены высокие концентрации меди, цинка никеля и кадмия.

На основе коэффициентов концентрации был рассчитан суммарный показатель загрязнения (Z_c), широко используемый в качестве интегрального показателя, отражающего общий вклад экотоксикантов в загрязнение почвенного покрова. Согласно этому показателю почвенный покров промышленной зоны города Сибай, а также северной и центральной селитебных зон имеет умеренно опасную степень загрязнения ($Z_c = 18,4$ и $19,4$, соответственно), в то же время почвы юго-западной и восточной селитебных зон оцениваются как высоко опасные ($Z_c = 35,4$).

Изучено содержание ТМ в почвах под древесными насаждениями, а также в листьях и коре березы повислой *Betula pendula* Roth, тополя бальзамического *Populus balsamifera* L. и вяза приземистого *Ulmus pumila* L., произрастающих в различных функциональных зонах. Почвы под древесными растениями характеризовались высокими концентрациями Cu и Zn, иногда – Co, Pb, Mn. Почвы, расположенные под кроной деревьев в меньшей степени загрязнены ТМ по сравнению с открытыми площадками. Пониженное содержание ряда металлов (железа, кадмия, кобальта и подвижных форм никеля) в почвах под кроной деревьев подтверждает их барьерную роль, защищающих почву от аэрогенного поступления токсикантов. Древесные растения, произрастающие на территории города, испытывают сильное техногенное воздействие. В условиях полиметаллического загрязнения надземные органы *Betula pendula* Roth и *Populus balsamifera* L. способны накапливать значительное количество фитотоксикантов в листьях, в то же время для *Ulmus pumila* L. выявлено преимущественное накопление изученных элементов в коре.

Проведена оценка напряженности экологической обстановки территории по величине загрязнения и степени нарушенности компонентов ландшафтов, определенной биоиндикационным методом с использованием в качестве тест-объектов одуванчика лекарственного *Taraxacum officinale* Wigg. Показано, что этот вид обладает высокой металлоаккумулирующей способностью. Содержание ТМ в различных органах одуванчика произрастающих в г. Сибай превышают допустимые уровни для кормовых трав по цинку, свинцу и марганцу. Медь и марганец больше

содержится в корне, свинец и цинк накапливается в листьях и соцветии. Одуванчик является слабым накопителем цинка во всех органах одинаково (КБН >2.0). При высоком загрязнении корни растений накапливают свинец, медь, цинк и марганец. Применение биоиндикационного метода подтвердило, что наиболее комфортные зоны урбанизированных территорий также подвержены загрязнению тяжелыми металлами.

Таким образом, наиболее загрязненные почвы находятся в старых районах города, расположенных непосредственно возле промышленных предприятий. Категория загрязнения таких почв определяется опасной и умеренно опасной. Относительно чистыми являются почвы рекреационных зон и селитебных территорий отдаленных от источников загрязнения более чем на 10 км. Основными поллютантами почв города являются Cu, Zn и Cd.

Изученные древесные растения успешно выполняют свои санитарно-защитные функции и их можно рекомендовать в качестве аккумуляторов ТМ при озеленении городских территорий. Изучение содержания тяжелых металлов (свинец, марганец, медь и цинк) в органах *Taraxacum officinale* Wigg. позволило заключить, что для оценки загрязнения почв территорий этими металлами можно использовать как листовую, так и корневую массу одуванчика лекарственного, а также и растение целиком.

Публикация подготовлена в рамках поддержанного РФФИ и Правительством Республики Башкортостан научного проекта 19-413-020003 р. а.

Литература

1. Каплина С.П., Каманина И.З., Судницын И.И. Тяжелые металлы в почвах городов Дубна и Дмитров // Агрехимия. 2012. № 10. С. 60 - 65.
2. Пилюгина М.В. Попова Л.Ф., Корельская Т.А. Экологический биогеохимический мониторинг: критерии, нормативы, коэффициенты: методические рекомендации. Архангельск: Изд-во ПГУ, 2007. 48 с.
3. Саэт Ю.Е., Ревич Б.А., Янин Е.П. Геохимия окружающей среды. М.: Недра, 1990. 335с.
4. Суюндуков Я.Т., Семенова И.Н., Зулкарнаев А.Б. Физическая и химическая деградация почв города Сибай в зоне влияния предприятий горнорудной промышленности (Южный Урал) // Экология урбанизированных территорий. 2013. №1. С. 50-54.
5. Усманов И.Ю., Семенова И.Н., Щербаков А.В., Суюндуков Я.Т. Эндемичные экологические ниши Южного (Башкирского) Зауралья: многомерность и флуктуирующие режимы// Вестник БГАУ, 2014. С. 16-22.

R.F. Khasanova^{1,2}, Ya.T. Suyundukov^{1,2},
I.N. Semenova^{1,2}, M.B. Suyundukova^{1,2}, Yu.S. Rafikova¹

¹Institute for Strategic Studies of the Republic of Bashkortostan,
Sibay Branch, Sibay, Russia

²Sibay Institute, Branch of the Bashkir State University, Sibay, Russia
e-mail: rezeda78@mail.ru, yalil_s@mail.ru

PECULIARITIES OF URBOSOIL POLLUTION IN THE MINING REGION OF BASHKORTOSTAN

Abstract. The article presents the research results of soil pollution with heavy metals in the city of Sibay, the industrial center of the Bashkir Zauralye, caused by anthropogenic impact on the natural geochemical background. The main pollutants of urban soils are copper, zinc, and cadmium. The soils of industrial zone and residential zone of Sibay are classified as moderately hazardous category of pollution.

Biogeochemical studies show that woody plants *Betula pendula* Roth, *Populus balsamifera* L. and *Ulmus pumila* L. grown on the territory of urbanized settlements of the Bashkir Zauralye are affected by a strong anthropogenic impact. The soil under woody plants has high concentrations of Cu and Zn, in some cases Co, Pb, Mn. A positive correlation is

found between the accumulated heavy metals in woody plants and their content in soil. In the conditions of polymetallic pollution, the aboveground organs of *Betula pendula* Roth and *Populus balsamifera* L. are capable of accumulating a significant amount of heavy metals in leaves. At the same time, it is revealed that *Ulmus pumila* L. predominantly accumulates the studied elements in its bark. The method of bioindication of environmental pollution is tested with common dandelion *Taraxacum officinale* Wigg as a test object.

Keywords: heavy metals, pollutants, maximum concentration limit, regional geochemical background, Sibay, mining industry, the Republic of Bashkortostan.

The publication was prepared in the framework of a research project supported by the Russian Foundation for Basic Research and the Government of the Republic of Bashkortostan 19-413-020003 p_a.

References

1. Kaplina S.P., Kamanina I.Z., Sudnitsyn I.I. Heavy metals in soils of the cities of Dubna and Dmitrov // Agrochemistry. 2012. 10. P. 60-65.
2. Pilyugina M.V., Popova L.F., Korelskaya T.A. Ecological biogeochemical monitoring: criteria, standards, coefficients: guidelines. Arkhangelsk: PGU Publishing House, 2007. 48 p.
3. Saet Yu.E., Revich B.A., Yanin E.P. Geochemistry of environment. M.: Nedra, 1990. 335 p.
4. Suyundukov Ya.T., Semenova I.N., Zulkarnaev A.B. Physical and chemical degradation of soil in the city of Sibay in the zone of mining enterprises impact (Southern Urals) // Ecology of urbanized territories. 2013. 1. P. 50-54.
5. Usmanov I.Yu., Semenova I.N., Shcherbakov A.V., Suyundukov Ya.T. Endemic ecological niches of the Southern (Bashkir) Zauralye: multidimensionality and fluctuating modes // Vestnik BSAU, 2014. P. 16-22.

УДК 631.4

Н.П. Черникова, В.А. Чаплыгин, Т.М. Минкина,

С.С. Манджиева, С.Н. Сушкова

Южный федеральный университет, Ростов-на-Дону, Россия

e-mail: nat.tchernikova2013@yandex.ru

ВЛИЯНИЕ НА РАЗВИТИЕ И ПРОДУКТИВНОСТЬ *HORDEUM SATIVUM* *DISTICUM* ПРИ ПОСТУПЛЕНИИ В ПОЧВУ CuO РАЗНОЙ СТЕПЕНИ ДИСПЕРСНОСТИ

Аннотация. Влияние поступление высоких доз Cu в макродисперсной форме и в (нано)форме негативно отразилось на развитии и продуктивности ярового ячменя. Большой токсический эффект оказало внесение CuO в (нано)форме, что связано с высокой аккумуляцией металла в корнях и надземной части ярового ячменя.

Ключевые слова: Аккумуляция, макродисперсная, нанодисперсная форма, токсичность, морфометрия, наночастицы

Введение. На сегодняшний день нанотехнология – одна из самых быстрорастущих и наиболее перспективных технологий. В окружающей среде наночастицы (1 - 100 нм) могут оставаться длительное время, также могут поглощаться и перемещаться между организмами различного трофического уровня, подвергаясь биодеградации и биоаккумуляции по пищевой цепи [3,4].

Наноматериалы, как правило, легче вступают в химические превращения, чем более крупные соединения того же состава, поэтому они способны образовывать комплексные соединения с неизвестными ранее свойствами [2]. В отличие от большого количества исследований по изучению токсического действия на почву, растения и микробиоту тяжелых металлов в макродисперсной форме, исследование токсичности наноформы металлов является малоизученным. Вопросы безопасно-

сти применения наночастиц металлов, их экологическое воздействие на окружающую среду особенно важны для наноматериалов на основе меди, потому что существует их широкомасштабное использование в производстве биоцидов в сельском хозяйстве [5]. Накопление наночастиц CuO в почве и грунтовых водах может потенциально привести к их накоплению в растениях.

Целью работы являлось изучения токсичности Cu разной дисперсности частиц на яровой ячмень двурядный (*Hordeumsativumdistichum*) сорта Ратник.

Материалы и методы. Для достижения поставленных целей был заложен модельный опыт. Исследуемая почва (слой 0-20 см) отобрана на территории Персиановской заповедной степи учхоза «Донское» Ростовской области, Октябрьского района, характеризующаяся как чернозем обыкновенный карбонатный мощный среднегумусный тяжелосуглинистый на лессовидных суглинках. Опыт проводился в пластиковых сосудах с дренажной системой, каждый из которых был заполнен 2 кг почвы. Схема опыта включала незагрязненную почву (контроль) и варианты с загрязнением почвы CuO в макродисперсной и нанодисперсной формах в дозах 300 и 2000 мг/кг. Применение таких доз металла позволяет выявить механизмы его трансформации в почве и связанный с этим токсический эффект на растения.

Для насыщения почвы Cu использовали эталонные соединения CuO в макродисперсной форме (размер частиц – 3-5 мкм, ЧДА, CuO, двухвалентная окись меди, ГОСТ 16539-79) и CuO в наноформе (размер частиц – менее 30-50 нм, производитель AlfaAesar), семена ярового ячменя высевали спустя 8 месяцев после внесения оксида меди. Вегетативный рост растений проходил при естественном освещении, в почве поддерживали наименьшую полевую влагоемкость. Опыт заложен в трехкратной повторности.

По завершению вегетационного периода проводили морфометрические измерения растений.

Результаты исследований. Установлено, что доза 300 мг/кг Cu в макродисперсной или ультра(нано)дисперсной формах не повлияла достоверно на высоту растений, длину стеблей, длину листа (таблица 1). Длина колоса ячменя и масса тысячи зерен при данном уровне загрязнения почвы Cu варьировала несущественно относительно контроля. Однако, отмечается существенное снижение (на 13%) длины корней при внесении Cu в форме нанooksида.

Внесение 2000 мг/кг Cu обусловило достоверное снижение высоты растений, длины стеблей, длины колоса, массы 1000 зерен и длины корней ячменя по всем исследуемым формам внесения (таблица 1). В макродисперсной форме по сравнению с контролем происходит уменьшение: длины корней – на 21%, высоты растений – на 17%, длины стеблей – на 17%, длины листа – на 11%, длины колоса без остей - на 10%. При поступлении в почву 2000 мг/кг нанooksида Cu данные изменения составили 39%, 11%, 7%, 24%, 33%.

Наибольшее воздействие при загрязнении CuO как в макро-, так и в наноформе, установлено для корневой части растений ячменя.

В макродисперсной форме отмечено увеличение продуктивности ярового ячменя при внесении в почву 300 мг/кг Cu на 15% и уменьшение продуктивности на 19% при внесении 2000 мг/кг Cu. В ультра(нано)форме снижение массы 1000 зерен происходило закономерно по мере увеличения дозы с 300 до 2000 мг/кг внесенного металла: от 8% до 27% (таблица).

Морфобиометрические показатели ярового ячменя двурядного (*Hordeumsativumdistichum*) в фазу полной зрелости при внесении в почву различных доз оксида и нанооксида Cu

Варианты	Длина корней, см	Высота растений, см	Высота стеблей, см	Длина листа, см	Высота колоса без остей, см	Масса 1000 зерен, г	Урожайность/м ²
Контроль	36,8±1,8	84,3±4,2	68,2±3,9	22,8±1,6	5,1±0,5	24,1±1,7	196,4± 10,9
300 мг/кг CuO	33,9±2,2	80,3±3,7	67,8±4,1	22,5±1,5	5,5±0,7	27,8±1,9	157,1± 5,8
2000 мг/кг CuO	34,1±2,8	69,7±2,1	56,2±2,6	20,4±1,3	5,6±0,4	19,5±1,4	109,9± 9,8
300 мг/кг нано-CuO	32,0±2,3	86,9±4,3	68,7±3,8	21,0±1,5	4,9±0,4	22,1±2,0	127,6± 8,5
2000 мг/кг нано-CuO	27,4±2,1	75,2±4,1	63,8±2,7	17,3±1,4	3,4±0,3	17,6±1,8	88,3± 6,4

Урожайность ярового ячменя на контроле в среднем составила 196,4 г/м² (15,5ц/га). Снижение урожайности ячменя относительно контрольного варианта при внесении 300 и 2000 мг/кг CuO в макродисперсной форме составила 20% и 44% и в ультра(нано)дисперсной форме - 35% и 55% в соответствии с вносимыми дозами.

Заключение. Влияние поступление высоких доз Cu в макродисперсной форме и в (нано)форме негативно отразилось на развитии и продуктивности ярового ячменя. Большой токсический эффект оказало внесение CuO в (нано)форме, что свидетельствует о большем экологическом риске при загрязнении почв наночастицами ТМ по сравнению с их поступлением в макродисперстной форме.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта Президента № МК-2973.2019.4, Минобрнауки № 5.948.2017/ПЧ, РФФИ № 19-29-05265 мк.

Литература

1. Богословская, О.А. Токсичность биологически активных нанопорошков металлов [Текст] / О.А. Богословская, Н.Н. Глушенко, И.П. Ольховская и др. // Всероссийская научно-практическая конференция, посвященная памяти профессора Ю.М. Кубицкого «Современные проблемы Сикокриминалистических, судебно-химических и химико-токсикологических экспертных исследований». Москва, 2007. С. 197-200.
2. Некрасова Г.Ф. Действие ионов Cu(II) и наночастиц оксидов Cu [Текст] / Г.Ф. Некрасова, О.С. Ушакова, А.Е. Ермаков и др. // Экология. 2011. № 6 С. 422-428.
3. Anjum, N.A. Silver nanoparticles in soil-plant systems [Текст] / N.A. Anjum, S.S. Gill, A.C. Duarte et al. // J. Nanopart Res. 2013. Vol. 15. P. 1–26.
4. Keller, A. Global life cycle releases of engineered nanomaterials [Текст] / A. Keller, S. McFerran, A. Lazareva, S. Suh // J. Nanopart. Res. 2013. Vol. 15. P. 1692.
5. Navratilova J., Praetorius A., Gondikas A., Fabienke W., von der Kammer F., Hofmann T. Detection of Engineered Copper Nanoparticles in Soil Using Single Particle ICP-MS // Int. J. Environ. Res. Public Health. 2015. Vol. 12. P. 15756-15768.

N.P. Chernikova, V.A. Chaplygin, T.M. Minkina,
S.S. Mandzhieva, S.N. Sushkova
Sothern Federal University, Rostov-on-Don, Russia
e-mail: nat.tchernikova2013@yandex.ru

INFLUENCE ON DEVELOPMENT AND PRODUCTIVITY OF *HORDEUM SATIVUM DISTICHUM* WHEN CuO OF DIFFERENT DISPERSION DEGREES ACCUMULATES IN SOIL

Abstract. The influence of Cu intake of high doses in microdispersed form and (nano)form had a negative impact on development and productivity of spring barley.

A greater toxic effect had an introduction of CuO in (nano)form due to a high accumulation of metal in roots and aboveground part of spring barley.

Keywords: accumulation, microdispersed, nanodispersed form, toxicity, morphometry, nanoparticles.

References

1. Bogoslovskaya O.A. The toxicity of biologically active nanopowders of metals [Text] / O.A. Bogoslovskaya, N. N. Glushchenko, I. P. ol'khovskaya et al. // all-Russian scientific-practical conference dedicated to the memory of Professor J. M. Kubicki, "Modern problems of SIKO-forensic, forensic chemical and chemical-Toxicological expert research." Moscow, 2007. Pp. 197-200.
2. Nekrasova G.F. Action of Cu(II) ions and Cu oxide nanoparticles [Text] / G. F. Nekrasova, O. S. Ushakova, A. E. Ermakov et al. // Ecology. 2011. No. 6. Pp. 422-428.
3. Anjum, N.A. Silver nanoparticles in soil-plant systems [Текст] / N.A. Anjum, S.S. Gill, A.C. Duarte et al. // J. Nanopart Res. 2013. Vol. 15. P. 1–26.
4. Keller, A. Global life cycle releases of engineered nanomaterials [Текст] / A. Keller, S. McFerran, A. Lazareva, S. Suh // J. Nanopart. Res. 2013. Vol. 15. P. 1692.
5. Navratilova J., Praetorius A., Gondikas A., Fabienke W., von der Kammer F., Hofmann T. Detection of Engineered Copper Nanoparticles in Soil Using Single Particle ICP-MS // Int. J. Environ. Res. Public Health. 2015. Vol. 12. P. 15756–15768.

УДК 631.42

Е.В. Юдина

Минприроды Хакасии, Абакан, Россия

e-mail:elena55555u@mail.ru

ЭКОЛОГО-ГЕОХИМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА ГОРОДСКИХ ЛАНДШАФТОВ, ПРОБЛЕМЫ НОРМИРОВАНИЯ (НА ПРИМЕРЕ ГОРОДА АБАКАНА)

Аннотация. Проведена оценка загрязнения тяжелыми металлами почв, расположенных вблизи основных автомагистралей г. Абакана, с применением традиционных подходов –соотнесение с гигиеническими нормативами, фоном, кларками, а также альтернативных критериев – содержанием элементов в горизонте С.

Ключевые слова: городская почва, автотранспорт, тяжелые металлы, гигиенические нормативы, фон, кларки, суммарный показатель загрязнения

Усиление процесса урбанизации приводит к необратимой трансформации окружающей среды, формируя урбоэкосистемы в результате деградации, уничтожения и (или) замещения природных систем [5].

Оценка состояния почв урболандшафтов, несет в себе очень важную экологическую информацию, так как, являясь основной депонирующей системой, она сама в свою очередь может стать вторичным источником загрязнения, что особенно актуально в отношении высокотоксичных элементов, одними из которых являются тяжелые металлы. Загрязнение почв г. Абакана тяжелыми металлами связано с их аэрогенным поступлением в результате эксплуатации автотранспорта. Поступающие поллютанты, относятся к классам высокоопасных – Pb, Zn, Cd и умеренно опасных – Cu, Cr, Ni элементов, что обуславливает их приоритетность как объектов эколого-геохимической оценки [1, 4, 6, 7].

Объектами исследования явились пробные площадки, заложенные с учетом однородности рельефа местности, растительного покрова, жилой застройки на придорожных полосах основных автомагистралей г. Абакана с разной интенсивностью транспортной нагрузки. Пробы почв отбирались на расстоянии 0-5м

от дорожного полотна, путем составления из 25 точечных, отобранных с глубины 0-10 см (МУ 2.1.7.730-99). Валовые и подвижные формы тяжелых металлов (Zn, Cu, Pb, Cd) определялись методом атомно-абсорбционной спектрометрии на спектрометре «КВАНТ-АФА».

На сегодняшний день, для оценки загрязнения городских почв тяжелыми металлами в основном используются стандартные критерии – гигиенические нормативы, фоновые концентрации, кларки химических элементов [2,3].

Проведена оценка химического загрязнения почв тяжелыми металлами путем соотнесения полученных данных с гигиеническими нормативами критических концентраций: предельно допустимые концентрации – ПДК, ориентировочно допустимые концентрации – ОДК и кларками элементов [1] (табл. 1).

Таблица 1

Оценка загрязнения почв г. Абакана относительно ПДК, ОДК, кларка

№ пробной площадки	Кратность превышения ПДК/ОДК/кларка валовых (В) и подвижных (П) форм							
	Zn		Cu		Pb		Cd	
	В	П	В	П	В	П	В	П
1. Проспект Ленина (II степень транспортной нагрузки)								
1.1.	0,3/0,4	0,3	0,1/0,5	0,07	0,4/0,1/0,2	0,2	0,2/0,4	–
1.2.	0,5/0,7	0,1	0,2/0,5	0,06	0,4/0,1/0,3	0,1	0,2/0,3	–
1.3.	0,7/0,9	0,6	0,2/0,6	0,2	1,4/0,4/0,8	1,3	0,3/0,7	–
1.4.	0,5/0,7	0,1	0,2/0,5	0,1	0,8/0,2/0,4	0,7	0,2/0,4	–
2. Улица Ивана Ярыгина (III степень транспортной нагрузки)								
2.1.	0,9/1,3	0,4	0,2/0,6	0,2	0,7/0,2/0,4	0,3	0,2/0,4	–
2.2.	0,8/1,1	0,1	0,1/0,4	0,1	0,1/0,1/0,1	0,2	0,1/0,2	–
2.3.	0,9/1,2	0,8	0,2/0,6	0,2	0,6/0,1/0,3	0,9	0,2/0,5	–
2.4.	0,4/0,6	0,6	0,1/0,4	0,2	0,5/0,1/0,3	0,9	0,2/0,5	–
3. Улица Пушкина (I степень транспортной нагрузки)								
3.1.	0,5/0,8	1,0	0,4/1,2	0,4	0,7/0,2/0,4	1,0	0,2/0,5	–
3.2.	0,5/0,7	0,7	0,2/0,6	0,4	2,0/0,5/1,2	1,8	0,2/0,4	–
3.3.	0,7/0,9	1,3	0,5/1,7	2,4	0,7/0,2/0,4	1,2	0,2/0,4	–
3.4.	0,4/0,6	1,1	0,3/0,9	1,3	0,6/0,2/0,4	1,2	0,2/0,5	–
4. Улица Ленинского Комсомола (IV степень транспортной нагрузки)								
4.1.	0,7/0,9	1,5	0,1/0,5	0,2	0,6/0,1/0,3	0,8	0,2/0,4	–
4.2.	0,4/0,5	0,9	0,1/0,5	0,3	0,4/0,1/0,2	1,0	0,1/0,3	–
4.3.	0,4/0,3	0,9	0,1/0,4	0,2	0,3/0,1/0,2	0,9	0,3/0,7	–
4.4.	0,5/0,7	0,7	0,1/0,5	0,2	0,8/0,2/0,5	1,1	0,3/0,6	–
ПДК, мг/кг	–	23,0	–	3,0	32,0	6,0	–	–
ОДК, мг/кг	220,0	–	132,0	–	130,0	–	2,0	–
Кларк, мг/кг	158,0	–	39,0	–	54,5	–	0,9	–

Анализируя полученные данные, можно наблюдать на участке № 2 незначительное превышение валового содержания Zn относительно кларка в 1,1-1,3 раза, на участках № 3, № 4 превышение ПДК подвижных форм в 1,1-1,5 раза. Содержание валовых форм Cu не превышает ОДК, на участке № 3 кларк превышен в 1,2-1,7 раза. Кратность превышения концентрации подвижных форм Cu относительно ПДК на участке № 3 составила 1,3-2,4. Валовое содержание Pb, превышает ПДК на участках

№ 1, № 3 в 1,4-2,0 раза, для подвижных форм элемента на участках № 1, № 3, № 4 превышение ПДК составило 1,3, 1,8, 1,1, соответственно. Кларк для Рb на участке № 3 превышен в 1,2 раза. Валовое содержание Cd не превышает ОДК и кларка, нормативы ПДК не установлены [7].

В основе гигиенического нормирования лежит критерий допустимости поступления элементов в количествах безопасных для человека. При этом нормативы ПДК тяжелых металлов в почве характеризуются слабой научной обоснованностью, связанной с противоречием знаниям о природном их содержании и опасности для окружающей среды. В результате, почвы с повышенным естественным фоном, переходят в ряд загрязненных, а почвы с пониженным фоном, при его превышении в несколько раз, но в пределах ПДК, определяются как «чистые». Критерий ОДК также не учитывает различия фонового содержания, литогенный фактор, что не позволяет достоверно установить долю элементов техногенного происхождения и не исключает ситуацию, когда фоновое содержание может быть изначально выше ПДК [3].

В качестве дополнительного эталона используются кларки – среднее содержание химических элементов в земной коре, предлагаемые разными авторами. Вместе с тем, в зависимости от методики определения, предлагаемые кларковые значения для одних и тех же элементов, существенно отличаются друг от друга, что ведет к неоднозначности оценки экологического состояния почв.

При оценке степени загрязнения почв необходимо принимать во внимание фоновое содержание, что имеет особое значение для тех элементов, для которых не разработаны ПДК. В качестве фона были использованы данные ФГБУ ГСАС «Хакасская», а также данные о валовом содержании в почвах окрестностей Абакана. При оценке полиэлементного загрязнения произведен расчет суммарного показателя загрязнения (Z_c) (МУ 2.1.7.730-99). Установлен факт превышения Zn на всех участках, в том числе: валового в 1,2-4,0 раза, подвижного в 3,5-91,7 раза, с максимумом на участках № 2, № 4. Валовые и подвижные формы Cu превысили фон в 1,1-3,2 и 1,9-35,5 раза. При этом максимальные значения на участке с I степенью транспортной нагрузки. Превышение фона для Pb установлено на всех участках в 1,3-7,6 раза для валовых и 1,9-10,7 раза для подвижных форм. Высокие значения концентраций Cd, относительно фона установлены на всех площадках и составили для валового содержания в 1,1-1,6, для подвижных форм 2,1-8,1. При расчете Z_c для валового содержания категория загрязнения почв определена как «допустимая», для подвижных форм на всех участках определена как «опасная». Учитывая, что городские почвы, не всегда вмещаются в рамки традиционных почвенно-генетических представлений, использование данных фона при эколого-геохимической оценке почв урбоэкосистем, достаточно условно. При комплексном характере воздействия поллютантов, суммарный показатель (Z_c) не учитывает класс опасности элемента, соответственно при одном и том же показателе Z_c степень антропогенного воздействия может быть ошибочно преувеличена либо недооценена.

При невозможности применения ПДК и ОДК, учитывая часто значительную фоновую дифференциацию химических элементов решение проблемы возможно путем анализа содержания тяжелого металла в подстилающей породе [3] (табл. 2).

Таблица 2

Оценка загрязнения почв г. Абакана относительно горизонта С

№ пробной площадки	Кратность превышения валовых (В) и подвижных (П) форм								Z _c , В/П
	Zn		Cu		Pb		Cd		
	В	П	В	П	В	П	В	П	
1. Проспект Ленина (II степень транспортной нагрузки)									
1.1.	1,4	1,6	1,1	0,3	1,2	0,6	4,7	3,5	5/3
1.2.	2,6	0,3	1,2	0,2	1,4	0,4	4,3	3,1	7/1
1.3.	3,4	3,4	1,4	0,6	4,4	4,8	9,0	9,4	15/15
1.4.	2,6	0,6	1,2	0,5	2,3	2,6	5,4	4,2	9/5
2. Улица Ивана Ярыгина (III степень транспортной нагрузки)									
2.1.	4,5	2,4	1,5	0,6	2,1	1,2	4,7	4,8	16/6
2.2.	4,0	0,7	0,9	0,5	0,4	0,6	2,2	4,3	4,5/3
2.3.	4,2	4,4	1,4	0,6	1,8	3,6	6,5	7,3	11/13
2.4.	2,0	3,4	1,0	0,6	1,5	3,4	5,8	14,9	7/19
3. Улица Пушкина (I степень транспортной нагрузки)									
3.1.	2,7	5,6	2,9	1,5	2,3	3,8	6,6	11,8	12/20
3.2.	2,4	4,1	1,5	1,5	6,2	6,7	5,0	5,6	12/15
3.3.	3,2	7,2	4,0	9,0	2,2	4,5	4,6	7,2	11/25
3.4.	2,1	6,2	2,0	4,8	1,7	4,6	6,7	10,3	10/23
4. Улица Ленинского Комсомола (IV степень транспортной нагрузки)									
4.1.	3,3	8,1	0,1	0,7	1,8	2,9	5,3	7,0	8/16
4.2.	1,8	4,8	1,1	0,9	1,2	3,7	3,9	3,3	5/10
4.3.	1,7	5,3	0,9	0,8	1,0	3,6	8,8	5,8	9/13
4.4.	2,4	4,0	1,1	0,7	2,4	4,2	8,0	4,0	14/10
Горизонт С, мг/кг	45,2	4,2	16,6	0,8	10,4	1,6	0,07	0,04	

Установлено превышение валового Zn в 1,4-4,5 раза относительно горизонта С, характерное для всех участков, для подвижных форм Zn кратность превышения составила 1,6-8,1. Содержание валовых форм Cu превысило концентрацию элемента в горизонте С в 1,1-4,0 раза. На участке № 3 содержание подвижной Cu относительно горизонта С превышено в 1,5-9,0 раза. Кратность превышения концентрации Pb относительно горизонта С составила 1,2-6,2 и 1,2-6,7 для валовых и подвижных форм соответственно, при этом максимум установлен на участке № 3. Превышение Cd для валовых и подвижных форм составило 2,2-9,0 и 3,1-14,9. По данным расчета Z_c по валовому содержанию элементов категория загрязнения на участках № 1, № 3, № 4 определена как «допустимая», на участке № 2 «умеренно опасная», для подвижных форм на участке № 1 – «допустимая» категория, на участках № 2, № 3, № 4 «умеренно опасная» [7].

В ходе оценки загрязнения тяжелыми металлами почв г. Абакана, относительно ПДК, ОДК, фона, кларка, горизонта С, максимальные значения установлены на участке № 3, что подтверждает значимость роли автотранспорта как основного источника поступления поллютантов. Использование в качестве критериев нормативов ПДК, ОДК, фона, кларков, которые установлены не для всех элементов и характеризуются значительной дифференциацией, не обеспечивает должную степень достоверности. В целях обеспечения объективности и комплексности проводимой оценки целесообразным представляется совокупное применение как традиционных, так и альтернативных подходов.

Литература

1. Алексеенко В.А., Алексеенко А.В. Химические элементы в геохимических системах. Кларки почв селитебных ландшафтов. Ростов н/Д.: ЮФУ, 2013. 388 с.

2. Дабахов М.В., Дабахова Е.В., Титова В.И. Экологическая оценка почв урбанизированных ландшафтов/Нижегородская гос. с.-х. академия. Н. Новгород. : Изд-во ВВАГС, 2015. 305 с.
3. Дьяченко В.В., Берг Д.Ю., Данилова С.В. Экологический мониторинг и нормирование металлов в почвах // Вектор науки ТГУ. № 2(16), 2011. С. 41 – 45.
4. Перельман А.И., Касимов Н.С. Геохимия ландшафта. М.: Астрей-2000, 1999. 610 с.
5. Строганова М.Н., Прокофьева Т.В., Прохоров А.Н., Лысак Л.В., Сизов А.П., Яковлев А.С. Экологическое состояние городских почв и стоимостная оценка земель//Почвоведение. 2003. № 7. С. 867 – 875.
6. Юдина Е.В. Экологическое состояние почвенного покрова города Абакана//Экология урбанизированных территорий. 2015. № 3. С. 44 – 49.
7. Юдина Е.В. Роль отдельных почвенных характеристик в аккумуляции тяжелых металлов (Zn, Cu, Pb, Cd) в условиях городской среды (на примере города Абакана)//Вопросы современной науки и практики. Университет им. В.И. Вернадского. 2018. № 3. С. 9 – 18.

E.V. Yudina

The Ministry of Environment of the Republic of Khakassia, Abakan, Russia
e-mail:elena55555u@mail.ru

ECOLOGICAL AND GEOCHEMICAL ASSESSMENT OF SOIL COVER OF URBAN LANDSCAPES, RATIONING PROBLEMS (BY THE EXAMPLE OF THE CITY OF ABAKAN)

Abstract. The assessment of heavy metal contamination of soils located near the main highways of Abakan is carried out with an application of traditional approaches – correlation with hygienic standards, background, clarks, as well as alternative criteria – the content of elements in the horizon C.

Keywords: urban soil, heavy metals, hygienic standards, background, clarks, total pollution index.

References

1. Alekseenko V.A., Alekseenko A.V. Chemical elements in geochemical systems. Clarky soils of residential landscapes. Rostov n/D :sffu, 2013. 388 p.
2. Dabagov M.V., Dabagova E.V., Titova V.I. Environmental assessment of soils of urbanized landscapes/Nizhny Novgorod state agricultural Academy. N. Novgorod. : Publishing house VVAGS, 2015. 305 p.
3. Dyachenko V.V., Berg D.Yu., Danilova S.V. Ecological monitoring and rationing of metals in soils. Vector of science TSU. № 2(16), 2011. P. 41 – 45.
4. Perelman A.I., Kasimov N.S. Landscape Geochemistry. Moscow : Astrea-2000, 1999. 610 p.
5. Stroganov M.N., Prokofiev T.V., Prokhorov A.N., Lysak L.V., Sizov A.P., Yakovlev A.S. Ecological state of urban soils and land valuation//soil science. 2003. No. 7. P. 867 – 875.
6. Yudina E.V. Ecological condition of soil cover of the city of Abakan//Ecology of urban areas. 2015. No. 3. P. 44 – 49.
7. Yudina E.V. The Role of individual soil characteristics in accumulation of heavy metals (Zn, Cu, Pb, Cd) in the urban environment (on the example of the city of Abakan)//Questions of modern science and practice. University them. V.I. Vernadsky. 2018. No. 3. P. 9 – 18.

СЕКЦИЯ 4. ГЕОИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ В ПОЧВОВЕДЕНИИ, АГРОХИМИИ, ЭКОЛОГИИ

SECTION 4. GEOINFORMATION SYSTEMS IN SOIL SCIENCE, AGRO-CHEMISTRY, ECOLOGY

УДК 631.4:004. 31:519.25

В.Ю. Гилёв, О.А Гилёв
ФГБОУ ВО Пермский ГАТУ, г. Пермь, Россия
e-mail: pochva@pgsha.ru

РАЗРАБОТКА МОДЕЛИ ДАННЫХ БАЗЫ ДАННЫХ СОСТАВА И СВОЙСТВ ПОЧВ ПЕРМСКОГО КРАЯ

Аннотация: В данной статье пойдет речь о создании структуры базы данных состава и свойств почв Пермского края. Будут отражены основные этапы и задачи, с которыми приходится сталкиваться при создании структуры базы данных. Приведена схематичная иллюстрация результатов работы и пояснение к ней.

Ключевые слова: Базы данных, структура базы данных, создание базы данных, системы управления базами данных, Пермский край.

Уже длительное время ведется изучение состава и свойств почв. За этот срок набралось огромное количество научных работ посвященных этой теме. Однако проблема в том, что большая часть этой информации не синхронизирована и не систематизирована. Это приводит к тому, что на поиск, обработку и сведение необходимой информации может уйти много сил и времени. Решением этой проблемы является создание и ведение почвенных баз данных. Использование баз данных для хранения информации о составе и свойствах почв позволяет объединить, структурировать и систематизировать большие объемы данных почвенных исследований, не теряя в скорости и удобстве поиска необходимой информации.

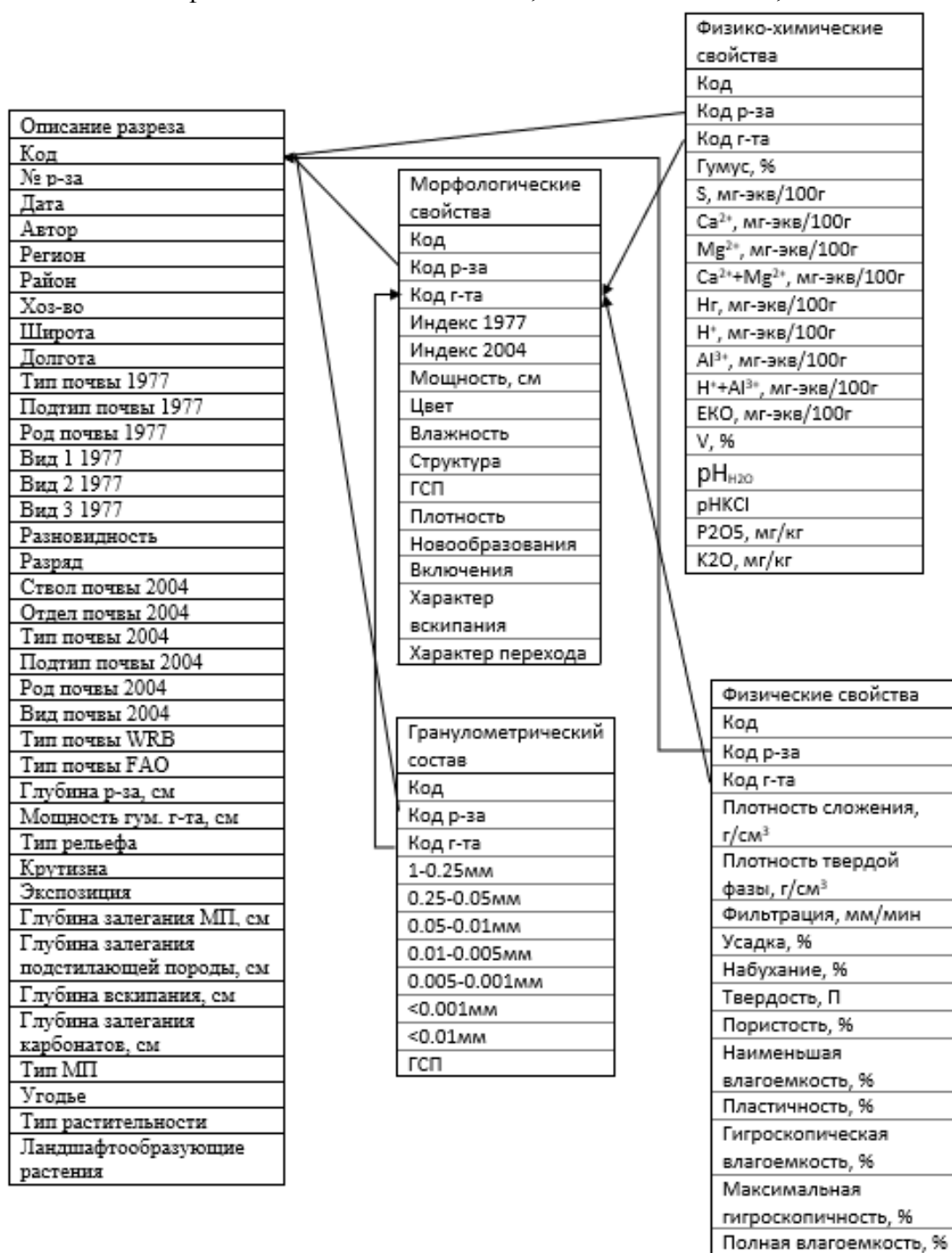
Одним из первых идею о создании базы данных почв мира высказал Р. Дюдаль в 1970г. В 1974г. начались работы по осуществлению этой идеи. И только в 1998г. на Международном конгрессе почвоведов в Монпелье была представлена первая версия Мировой реферативной базы почв и почвенных ресурсов (WRB). С 1998 по 2006 годы базу данных проходила процедуру апробации и на XVIII Мировом конгрессе в Финляндии была представлена вторая версия данной базы данных [1]. На данном этапе по мимо WRB существуют также канадская база данных (CANSUS), европейская (EuropeanSoilDataBase), Российская (SoilMatrix) и др.

Для создания базы данных состава и свойств почв Пермского края в качестве (СУБД) была выбрана программа Microsoft Access. Данные для заполнения базы данных будут взяты из очерков и научно-исследовательских работ.

Структурно база данных состава и свойств почв Пермского края подставляет из себя группу двухмерных таблиц. Она подразделяется на 2 раздела: общее описание разрезов; состав и свойства почв.

Помимо этого, в базу данных включены 32 вспомогательные (справочные) таблицы. Схематически структура базы данных изображена на рисунке.

В раздел «Общее описание разрезов» вносится общая информация о разрезе. Например, Автор, дата заложения почвенного разреза, географическое и административно-территориальное положение, классификационная принадлежность почвы по классификациям почв СССР 1977г., почв России 2004г., WRB и FAO.



Раздел 1

Раздел 2

Рис. Структура базы данных состава и свойств почв Пермского края

Раздел 2 «Состав и свойства почв состоит из 4 блоков, которые характеризуют основные свойства почв по горизонтам. Блок 1 – Морфологические свойства

почв. Включает в себя идентификацию по горизонтам относительно классификаций почв СССР 1977г. и почв России 2004г. и основные морфологические признаки горизонта. Блок 2 – Физико-химические свойства почв. Содержит информацию о содержании гумуса, кислотности, обеспеченности элементами питания и др. свойств характерных для горизонта почвы. Блок 3 – Гранулометрический состав почв. Содержит информацию о содержании гранулометрических фракций в горизонте почвы. Блок 4 – Физические свойства почвы. Содержит информацию о общих физических, физико-механических, водно-физических свойствах горизонтов почвы.

Вспомогательные таблицы представляют из себя таблицы-справочники и шкалы оценки тех или иных свойств почвы. На эти таблицы ссылаются некоторые поля блоков из основных разделов базы данных.

К таким вспомогательным таблицам относятся: название районов Пермского края; типы почв по классификации почв СССР 1977г.; оценка содержания гумуса; оценка плотности сложения и др.

Литература

1. Рабочая группа IUSS WRB. 2015. Мировая реферативная база почвенных ресурсов 2014, исправленная и дополненная версия 2015. Международная система почвенной классификации для диагностики почв и создания легенд почвенных карт. Доклады о мировых почвенных ресурсах №106. ФАО, Рим.

V.Yu. Gilev, O.A. Gilev
Perm State Agro-Technological University,
Perm, Russia

DEVELOPMENT OF A DATA MODEL DATABASE OF SOIL COMPOSITION AND PROPERTIES OF THE PERM KRAI

Abstract. This article focuses on the creation of a database structure of the composition and properties of soils of the Perm region. The main stages and tasks encountered in creating the database structure are reflected. Explanations for each stage and a schematic illustration of the results of the work are given.

Keywords: databases, database structure, database creation, database management systems, Perm Krai.

References

1. USS WRB working group. 2015. World abstract database of soil resources 2014, revised and updated version 2015. The international system of soil classification for the diagnosis of the soils and creating legends for soil maps. World soil resources reports No. 106. FAO, Rome

УДК 631.42: 631.421.1

Н.М. Мудрых¹, В.Р. Ямалтдинова², Д.Г. Шишков¹

¹ФГБОУ ВО Пермский ГАТУ, г. Пермь, Россия

²ПФИЦ УрО РАН, г. Пермь, Россия

e-mail: nata020880@hotmail.com

ПРОСТРАНСТВЕННАЯ НЕОДНОРОДНОСТЬ АГРОХИМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПОЧВЫ ДЕЛЯНОК ОПЫТА

Аннотация. Изменение элементов питания в дерново-подзолистой тяжелосуглинистой почве изучали в длительном стационарном опыте. Содержание азота и калия в почве под действием минеральных удобрений изменялось значительно.

Фосфор самый стабильный элемент, так как удобрения не оказали влияние на его варьирование внутри делянки.

Ключевые слова: дерново-подзолистая почва, элементы питания, обменная кислотность, удобрения, вариабельность

Введение. Ещё в 80-х годах прошлого века, отечественная наука считала, что решение большого количества теоретических и практических проблем почвоведения и агрохимии прямо или косвенно связано с изучением неоднородности состава и свойств почвы [3]. Любая неоднородность вызвана совокупным действием антропогенных и природных факторов, при чём, чем интенсивнее система ведения сельского хозяйства, тем сильнее вклад антропогенной составляющей в формирование общей вариабельности [4-6, 10-12]. Изучение пространственной неоднородности особенно становится актуальным в зонах, где внесение удобрений приносит наибольшую прибавку урожайности и в том числе на дерново-подзолистых почвах [1, 4, 5, 7, 8]. Исследованиями доказано, что вариабельность элементов питания в почвах связана как с их растворимостью, так и с их содержанием в почве. Наиболее растворимые соединения имеют наибольшую пестроту, чем менее растворимые, а при высоком уровне элементов в почве по полю их колебания выше, чем при низкой [1, 2, 5, 10].

Цель исследований – установить влияние органических и минеральных удобрений на пространственную вариабельность элементов питания в почве.

Объекты и методы. Исследования проводили в длительном стационарном полевом опыте на базе Пермского научно-исследовательского института сельского хозяйства – филиала ФГБУН ПФИЦ УрО РАН (Рис. 1).



Рис. 1. Месторасположение опыта и схема отбора почвенных проб с делянки

Схема опыта, чередование культур в севообороте и применение удобрений подробно описано в работах ранее [9]. Объект – дерново-мелкоподзолистая тяжелосуглинистая почва. Пробы почвы отбирали с глубины 0-20 см в фазу кушение-выход в трубку озимой ржи с двух несмежных повторений опыта по схеме, представленной на рисунке 1. В образцах определяли: содержание подвижного фосфора и калия по методу Кирсанова в модификации ЦИНАО (ГОСТ 26207-91), содержание нитратов ионометрическим методом (ГОСТ 26488-85), содержание обменного аммония по методу ЦИНАО (ГОСТ 26489-85). Математическую обработку полученных результатов исследований проводили с использованием программ Microsoft Excel, STATISTICA 10 и MINITAB 14.

Результаты и их обсуждение. Пестрота агрохимических показателей в почве, как и другие факторы, оказывает влияние на точность получаемых данных. Варьирование элементов питания по вариантам опыта внутри делянок представлено на рисунке 2.

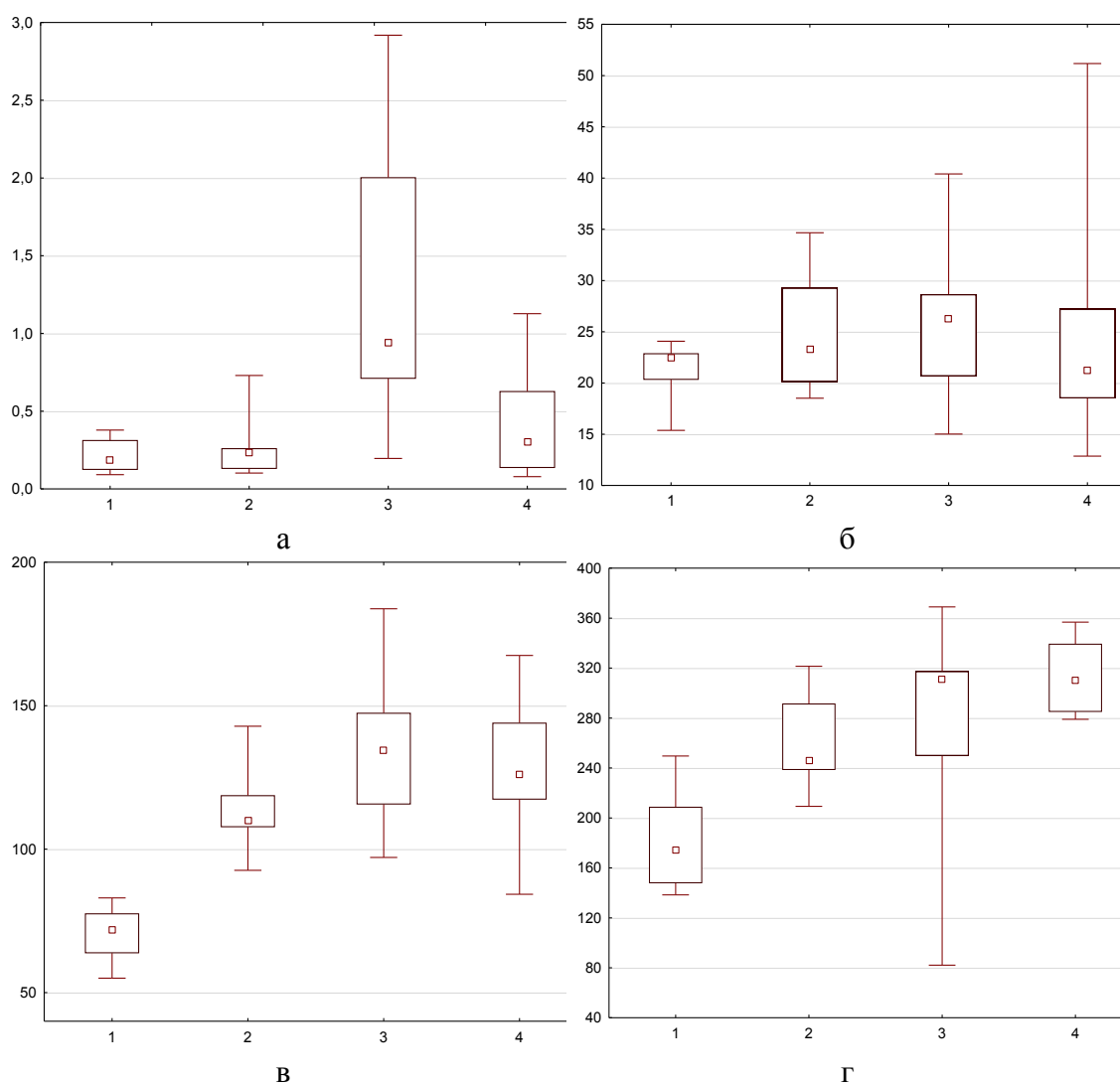


Рис. 2. Диаграммы размаха содержания элементов питания в почве

– □ медиана, □ – 25%-75%, I – мин.-макс., а – содержание нитратного азота, мг/кг, б – содержание аммонийного азота, мг/кг, в – содержание подвижного фосфора, мг/кг, г – содержание обменного калия, мг/кг, 1 – контроль (без удобрений), 2 – навоз 10 т/га, 3 – NPK экв. 10 т навоза, 4 – навоз 5 т/га + NPK экв. 5 т навоза

Содержание нитратного азота в почве очень низкое и изменялось от 0,1 до 2,9 мг/кг. Это можно объяснить тем, что почвенные образцы были отобраны в период, когда растения достигли фазы кущения-выхода в трубку, и интенсивно поглощали эту форму азота. На варианте с совместным применением органических и минеральных удобрений отмечен максимальный коэффициент вариации (84%), в то время как на контрольном варианте он составил 52%. Аммонийный азот – более стабильная форма почвенного азота. Содержание его изменялось в зависимости от варианта от 13 до 51 мг/кг почвы. На вариантах с применением минеральных удобрений отмечено некоторое его варьирование внутри делянки, что подтверждается коэффициентом вариации 27-44%. Причем, как и с нитратным азотом, максимальное значение коэффициента вариации отмечено при совместном применении удобрений. Подвижный фосфор в почве по вариантам опыта, хотя и изменялся от 55 до 184 мг/кг, однако внутри опытных делянок варьирование данного признака было не значительное ($V = 12-20\%$). Содержание калия в почве по вариантам опыта 82-

369 мг/кг. Наибольшее варьирование показателя отмечено в варианте с применением минеральных удобрений, коэффициент вариации составил 30%, в то время как на других делянках опыта 9-20%.

Выводы. Наибольшим варьированием внутри делянки полевого опыта обладают минеральные формы азота. На вариантах с применением минеральных удобрений вариабельность признаков внутри делянки увеличивается, особенно это касается таких элементов как, азот и калий. Подвижный фосфор при применении удобрений хотя и накапливался в почве, но практически не изменялся внутри опытной делянки. По влиянию на пространственную неоднородность элементов питания удобрения можно расположить в следующий ряд: минеральные > органо-минеральные > органические.

Литература

1. Важенин И.Г. Применение метода вариационной статистики в почвенно-климатических исследованиях // Почвоведение. 1963. № 2. С.43-58.
2. Витковская С.Е. Оценка пространственной неоднородности агрохимических показателей почвы и массы растений в полевом опыте // Плодородие. 2009. № 5 (50). С. 8-9.
3. Дмитриев Е.А. Закономерности пространственной неоднородности состава и свойств почв: автореф. дис. ... докт. биол. наук. М.: МГУ, 1983. 54 с.
4. Иванов А.И., Тюлин В.А., Рублюк М.В., Карасева О.В., Агеева С.И., Гришина А.И. Мониторинг агрохимических свойств почв в пределах агроэкологического стационара // Агрохимия. 2014. № 5. С. 27-31.
5. Литвинович А.В. Пространственная неоднородность агрохимических показателей пахотных дерново-подзолистых почв // Агрохимия. 2007. № 5. С. 89-94.
6. Самсонова В.П., Мешалкина Ю.Л., Дмитриев Е.А. Структуры пространственной вариабельности агрохимически важных свойств пахотной дерново-подзолистой почвы // Почвоведение. 1999. № 11. С. 1359-1366.
7. Сидорова В.А. Динамика пространственного варьирования почвенных свойств луговых агроценозов Карелии при постантропогенном развитии // Российский журнал прикладной экологии. 2016. № 3 (7). С. 23-27.
8. Шафран С.А., Леонова Е.В., Пупынин В.М. Внутрипольная вариабельность элементов питания в почвах и ее влияние на урожайность озимых зерновых культур: научное издание // Агрохимия. 2011. №2. С. 15-23.
9. Ямалтдинова В.Р., Мудрых Н.М., Самофалова И.А. Влияние систем удобрений на урожайность культур полевого севооборота и содержание гумуса в дерново-подзолистой почве // Вестник Башкирского государственного аграрного университета. 2016. № 1 (37). С. 21-25.
10. Ashkin T., Kizilkaya R., Olekhov V.R., Mudrykh N.M., Samofalova I.A. Soil organic carbon: a geostatistical approach // В сборнике: Рациональное использование почвенных ресурсов и их экология Материалы Международной научно-практической конференции. 2012. С. 38-44.
11. Ashkin T., Kizilkaya R., Yilmaz R., Olekhov V., Samofalova I., Mudrykh N. Soil exchangeable cations: A geostatistical study from Russia // Eurasian Journal of Soil Science, <http://www.fess.org/eurasian-journal-of-soil-science.asp>. 2012. Vol. 1, Issue: 1. Pp. 34-39.
12. Coşkun G., İmanverdi E., Feride C., Zeynep D. Spatial variability of soil physical properties in a cultivated field // Eurasian J. Soil Sci., 2016. 5 (3). Pp. 192-200.

N.M. Mudrykh¹, V.R. Yamaltdinova², D.G. Shishkov¹

¹Perm State Agro-Technological University, Perm, Russia

²Perm FRC UB RAS, Perm, Russia

SPATIAL HETEROGENEITY OF SOIL AGROCHEMICAL PARAMETERS ON EXPERIMENT PLOTS

Abstract. The change of plant nutrition in sod-podzolic heavy loamy soil was studied in a long-term stationary experiment. The content of nitrogen and potassium in the soil under the influence of mineral fertilizers changed significantly. Phosphorus is the most stable element, since fertilizers did not affect its variation inside the experience plots.

Keywords: sod-podzolic soil, nutrients plant, exchange acidity, fertilizers, variability.

References

1. Vazhenin I. G. Application of the method of variation statistics in soil and climatic studies // Soviet Soil Science. 1963. № 2. Pp.43-58.
2. Vitkovskaya S.E. Assessment of the Spatial Heterogeneity of Soil Agrochemical Parameters and Plant Weight in a Field Experiment // Plodorodie. 2009. № 5 (50). Pp. 8-9.
3. Dmitriev E.A. Regularities of spatial heterogeneity of soil composition and properties: abstract. dis. ... Ph D. Biol. Sciences M.: MGU, 1983. 54 p.
4. Ivanov D.A., Tyulin V.A., Rublyuk M.V., Karaseva O.V., Ageeva S.I., Grichina A.I. Monitoring of agrochemical properties of soils at the agroecological research station // Agricultural Chemistry. 2014. № 5. Pp. 27-31.
5. Litvinovich A.V. Spatial variability of agrochemical parameters of arable soddy-podzolic soils // Agricultural Chemistry. 2007. № 5. Pp. 89-94.
6. Samsonova V.P., Meshalkina Y.L., Dmitriev E.A. Structures of spatial variability of agrochemical important properties of arable sod-podzolic soil // Eurasian Soil Science. 1999. № 11. Pp. 1359-1366.
7. V.A. Sidorova. Dynamics of the spatial variability of soil properties of grassland agrocoenosis of Karelia during post-anthropogenic development // Russian Journal of Applied Ecology. 2016. № 3 (7). Pp. 23-27.
8. Shafran S.A., Leonova E.V., Pupynin V.M. Content's variability of nutrients in soils within a field and its effect on the yield of winter cereal crops // Agricultural Chemistry. 2011. №2. Pp. 15-23.
9. Yamaltdinova V.R., Mudrykh N.M., Samofalova I.A. Effect of fertilizer systems on productivity of field crop rotation and humus content of sod-podzolic soil // Vestnik BSAU. 2016. № 1 (37). Pp. 21-25.
10. Ashkin T., Kizilkaya R., Olekhov V.R., Mudrykh N.M., Samofalova I.A. Soil organic carbon: a geostatistical approach // International scientific-practical conference "Rational use of soil resources and their environment". Alma-Ata, 2012. Pp. 38-44.
11. Ashkin T., Kizilkaya R., Yilmaz R., Olekhov V., Samofalova I., Mudrykh N. Soil exchangeable cations: A geostatistical study from Russia // Eurasian Journal of Soil Science, <http://www.fess.org/eurasian> journal of soil science asp. 2012. Vol. 1, Issue: 1. Pp. 34-39.
12. Coşkun G., Imanverdi E., Feride C., Zeynep D. Spatial variability of soil physical properties in a cultivated field // Eurasian J. Soil Sci., 2016. 5 (3). Pp. 192-200.

УДК 631.48:[546.711:631.8.095.337]

Н.М. Мудрых, И.И. Грига

ФГБОУ ВО Пермский ГАТУ, г. Пермь, Россия

e-mail: nata020880@hotmail.com, vanya.griga@yandex.ru

ВНУТРИПОЛЬНОЕ ВАРЬИРОВАНИЕ СОДЕРЖАНИЯ ПОДВИЖНОГО МАРГАНЦА В ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТЫХ ПОЧВАХ И ЕГО ЗАВИСИМОСТЬ ОТ КИСЛОТНОСТИ

Аннотация. Установлена сильная корреляционная связь марганца с кислотностью. Информационно-логический анализ показал близкие эффекты передачи информации подвижного марганца от кислотности почвы, но более высокую информативность зависимости обеспечивает рНвод.

Ключевые слова: корреляционный анализ, информационно-логический анализ, моделирование, уравнения регрессии

Введение. Марганец является одним из наиболее распространенных элементов в литосфере. Среднее содержание элементов в земной коре составляет 1000 мг/кг, в горных породах 350-2000 мг/кг. Преобладает марганец в почвообразующих породах [1, 7, 8]. Марганец необходим растениям в относительно небольших количествах. Его недостаток в почве, а также избыток приводят к снижению урожайности культурных растений, ухудшению качества сельскохозяйственной продукции, а в некоторых случаях и являются причиной эндемических заболеваний [2, 8, 9]. Основными барьерами для движения марганца в почве являются щелочная среда, карбонаты, а также повышенное содержание гумуса [5, 7, 8]. Содержание марганца

в почвах равнинной части России и стран СНГ колеблется от 100 до 4000 мг/кг почвы. В среднем этот показатель составляет около 1000 мг/кг [1, 8]. Для дерново-подзолистых кислых почв характерно высокое содержание подвижного марганца, поэтому применение марганцевых удобрений на этих почвах может иметь отрицательный эффект, так как избыток марганца вреден для растений. В какой-то степени большинство органических и минеральных удобрений содержат в своем составе некоторые количества природных примесей, которые, концентрируясь в почве, могут привести к его деградации, загрязнению сельскохозяйственной продукции и прилегающих сред, прежде всего поверхностных и подземных вод [3-5, 11]. Изучение вариации свойств почв, позволит выяснить, как значения одного показателя будут варьировать на разных частях поля, что позволит скорректировать внесение удобрений.

Цель исследований – установить содержание подвижного марганца в почвах и его зависимость от кислотности для получения адекватной модели прогноза марганца.

Объекты и методы. Исследования проводили на полях ООО «Труженик», Краснокамского района, Пермского края, где выращивали ячмень (поле № 1) и озимую пшеницу (поля № 2 и 3). Общая площадь обследуемых участков 105,4 га. Отбор почвенных образцов проводили в 2016-2017 гг. Объект – дерново-мелкоподзолистая почва. Образцы отбирали в слое 0-20 см. по фиксированной прямоугольной сетке 100×200 м. В образцах определяли обменную, актуальную и гидролитическую кислотности (потенциометрическим методом). Определение содержания подвижного марганца проводили по ОСТ 4649-76. Математическая обработка полученных результатов проведена с использованием программ Microsoft Excel, STATISTICA 8. Картограмма подвижного марганца построена в программе QGIS 3.6.

Результаты и их обсуждение. Содержание подвижного марганца в почвах по полям находилось в диапазоне от 2,7 до 77,3 мг/кг почвы (Рис. 1).

Изменение подвижного марганца в почвах полей было значительным, коэффициент вариации составил 72%. Наибольшее варьирование признака отмечено на третьем поле ($V = 67\%$), наименьшее – на втором ($V = 45\%$).

Для получения модели зависимости содержания подвижного марганца от кислотности определяли обменную, актуальную и гидролитическую кислотности почвы. Анализ почвенных образцов показал, что обменная кислотность изменяется от среднекислой до нейтральной, актуальная – от кислой до сильнощелочной, гидролитическая – от нейтральной до слабокислой (Рис. 2).

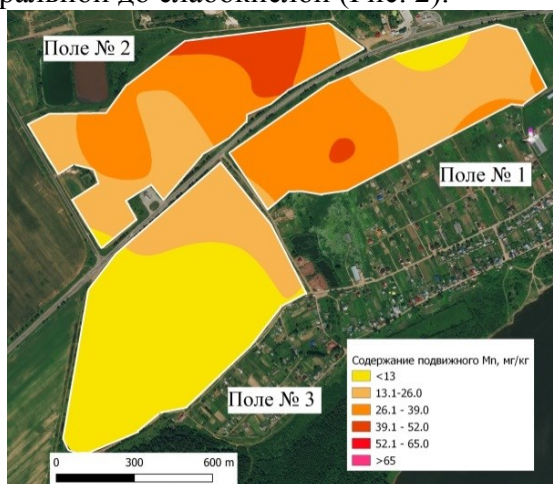


Рис. 1. Картограммы распределения подвижного марганца в почвах, мг/кг

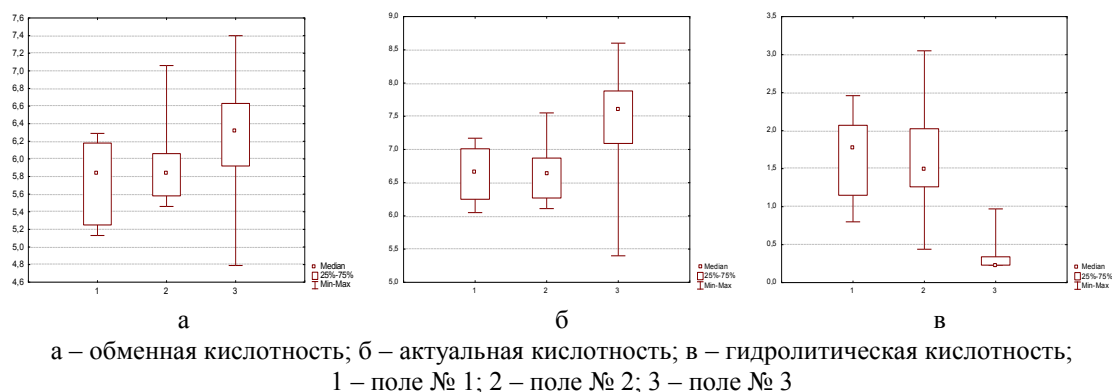


Рис. 2. Размах варьирования видов кислотности почв по полям

По обменной и актуальной кислотности почвы полей хотя и отличались друг от друга, но это варьирование было незначительным, т.к. коэффициент вариации не превышал 10%. Изменчивость гидролитической кислотности в почвах полей является значительной ($V = 80\%$). Наибольшее варьирование признака отмечено на втором поле.

При изучении взаимосвязей между величинами важно учитывать не только функциональные, но и статистические зависимости, из которых практически применимыми являются корреляционные [6, 10, 12]. Зависимость марганца от видов кислотности представлена в таблице 1.

Таблица 1

Коэффициенты корреляции между видами кислотности и содержанием подвижного марганца в дерново-подзолистых почвах

Показатель	pH _{ксл}	pH _{вод.}	Hг	Mn
pH _{ксл}	1,00	0,86	-0,64	-0,70
pH _{вод.}		1,00	-0,77	-0,70
Hг			1,00	0,76
Mn				1,00

Содержание подвижного марганца в почве имеет прямую сильную связь с гидролитической кислотностью и обратную среднюю связь с обменной и актуальной. То есть чем ниже значения гидролитической кислотности, тем выше содержание подвижного марганца в почве, и наоборот, чем выше значения обменной и актуальной кислотности, тем ниже уровень марганца.

В результате информационно-логического анализа установлены теснота и форма структурной связи между подвижным марганцем и кислотностью почвы (Таблицы 2, 3).

Таблица 2

Специфичные уровни подвижного марганца при разном уровне гидролитической и обменной кислотности

Hг, мэкв/100 г	Содержание марганца, мг/кг	pH _{ксл}	Содержание марганца, мг/кг	pH _{вод.}	Содержание марганца, мг/кг
< 2,0	2,7-13,0	4,8-5,5	65,1-77,3	4,8-5,5	13,1-26,0
		5,6-6,0	26,1-39,0	5,5-6,5	52,1-77,3
2,1-3,5	39,1-52,0	6,1-7,4	2,7-13,0	6,5-7,5	26,1-39,0
				> 7,5	2,7-13,0

Таблица 3

Показатели информационно-логического анализа между подвижным марганцем и кислотными свойствами

Показатель	Hг	pH _{KCl}	pH _{вод.}
H (A)*	2,1219	2,1219	2,1264
H (B)	0,5862	1,4970	2,2100
T (A/B)	0,2006	0,5856	0,7446
K (A/B)	0,3421	0,3912	0,3368

Примечание: H(A) – неопределенность изучаемого явления (Hг, pH_{KCl}, pH_{вод.}); H(B) – неопределенность изучаемого фактора (Mn²⁺); T(A/B) – общая информативность – количество информации, поступающей от фактора B к явлению A; K(A/B) – коэффициент эффективности передачи информации от фактора B к явлению A.

На основании полученных взаимосвязей разработана адекватная модель зависимости подвижного марганца (Y) от гидролитической кислотности (x):

$$Y = 7,26 + 14,8x$$

Статистические показатели, доверительные интервалы и границы применения модели представлены в таблицах 4 и 5.

Таким образом, на основании проведенных исследований можно сделать следующие выводы:

1. Содержание подвижного марганца на дерново-мелкоподзолистых почвах полей ООО «Труженик» изменялось в широком диапазоне от 2,7 до 77,3 мг/кг. Коэффициент варьирования по полям составил 45-67%.

Таблица 4

Статистические показатели и доверительные интервалы модели

Статистические показатели			Доверительный интервал	
$\hat{\eta}$	R ² ,%	θ ,%	β_0	βx
7,6551	58,6	58,0	5,26; 9,26	13,3; 16,3

Примечание: $\hat{\eta}$ – корреляционное отношение, R² – коэффициент детерминации, θ – критерий надежности, доверительный интервал при уровне надежности 95%

Таблица 5

Границы применения модели

Предикторы		Прогнозируемый уровень подвижного марганца, мг/кг
диапазоны	единицы измерения	
0,2 ≤ (Hг) ≤ 3,1	мэкв/100 г	10,2 < Y < 53,1

2. Выявлена прямая сильная корреляционная связь марганца от гидролитической кислотности ($r = 0,76$) и средняя обратная от обменной и актуальной кислотности ($r = 0,70$). На основании информационно-логического анализа получены близкие эффекты передачи информации по содержанию марганца от кислотности почвы, но более высокую информативность зависимости обеспечивает pH водной вытяжки.

3. Получена адекватная модель зависимости подвижного марганца от гидролитической кислотности, установлены ее доверительные интервалы и границы применения.

Литература

1. Балыкин Д.Н., Пузанов А.В. Марганец, медь, молибден и бор в почвах среднегорных котловин Алтая // Мир науки, культуры, образования. 2007. № 4(7). С. 27-30.
2. Битюцкий Н.П. Микроэлементы и растение. СПб. 1999. 232 с.
3. Водяницкий Ю.Н., Васильев А.А., Чащин А.Н., Зуев В.Ю., Дерр Н.А. Содержание тяжелых металлов в почвах пригородных участков города Чусовой // Доклады РАСХН. 2009. № 6. С. 34-36.

4. Грига И.И. Внутрипольное варьирование марганца в однородных условиях почвообразования. В сборнике: Молодежная наука 2019: технологии, инновации // Материалы Всероссийской научно-практической конференции, посвященной 100-летию со дня рождения профессора Ю.П. Фомичева. Пермь. 2019. С. 168-172.
5. Дабахов М.В., Титов С.И. Агротехногенное воздействие на почвы крупного птицеводческого хозяйства // Плодородие. 2001. № 3. С. 35.
6. Ерёмина Д.В. Математическая модель минерального питания яровой пшеницы по результатам многолетних исследований государственного аграрного университета Северного Зауралья // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. 2017. № 1. С. 14-19.
7. Зубкова О.А. Динамика содержания кислоторастворимых соединений марганца в подзолистых почвах // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2015. № 1. С. 46-52.
8. Кабата-Пендиас А., Пендиас Х. Микроэлементы в почвах и растениях: Пер. с англ. М. 1989. 439 с.
9. Макарова В.Г., Цыганов, А.Р., Мажайский Ю.А., Коновалов О.Е. Экологические и медико-социальные аспекты охраны природной среды и здоровья населения. Минск, 2002. 285 с.
10. Мудрых Н.М., Самофалова И.А. Моделирование пространственной изменчивости агрохимических показателей почв в агроландшафтах Нечерноземья // Агрохимический вестник. 2019. № 5. С. 17-24.
11. Система мероприятий по рациональному использованию куриного помета: рекомендации / Т.Ф. Персикова, М.В. Царева. Горки, 2019. 44 с.
12. Шишков Д.Г., Мудрых Н.М. Прогнозирование моделей плодородия агродерново-подзолистой почвы // Антропогенная трансформация природной среды. 2017. № 3. С. 200-203.

N.M. Mudrykh, I.I. Griga

Perm State Agro-Technological University, Perm, Russia

INTRAFIELD VARIATION CONTENT OF MOBILE MANGANESE IN SOD-PODZOLIC SOILS AND ITS DEPENDENCE ON ACIDITY

Abstract. A strong correlation between manganese and acidity was established. Information-logical analysis has shown the close effects of the transmission of mobile manganese information from the acidity of the soil, but actual acidity provides a higher dependence informativeness.

Keywords: correlation analysis, information and logic analysis, modeling, regression equations.

References

1. Balykin D.N., Puzanov A.V. Manganese, copper, molybdenum and boron in soil of middle mountain depressions // Mir Nauki, Kul'tury, Obrazovaniya. 2007. № 4(7). P. 27-30.
2. Bityutskii N.P. Microelements and plants. St.-Pb. 1999. 232 p.
3. Vodyanitsky Yu.N., Vasiliev A.A., Chashchin A.N., Zuev V.Yu., Derr N.A. Heavy metal contents in soils of suburban area in the town of Chusovoi // Doklady Rosselkhozakademii. 2009. № 6. P. 34-36.
4. Griga I.I. Intrafield variation of manganese in homogeneous conditions of soil formation. In the collection: Youth science 2019: technologies, innovations // Materials of the all-Russian scientific and practical conference dedicated to the 100th anniversary of the birth of Professor Yu. P. Fomichev. Perm. 2019. P. 168-172.
5. Dabakhov M. V., Titov S. I. Agrotechnogenic impact on soils of large poultry farms // Plodorodiyе. 2001. № 3. P. 35.
6. Eryomina D.V. Mathematical model of mineral nutrition of spring wheat on the results of long-term research of agrarian university of Northern Urals // Bulletin of KrasGAU. 2017. № 1. P. 14-19.
7. Zubkova O.A. Modification of acid-soluble manganese content in the podzolic soils // Agricultural Science Euro-North-East. 2015. № 1. P. 46-52.
8. Kabata-Pendias A., Pendias H. Trace elements in soils and plants. M. 1989. 439 p.
9. Makarova V.G., Tsyganov, A.R., Mazhaysky Yu.A., Konvalov O.E. Ecological and medical-social aspects of environmental protection and public health. Minsk. 2002. 285 p.
10. 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
11. System of measures for rational use of chicken litter: recommendations / T.F. Persikova, M.V. Tsareva. Gorki. 2019. 44 p.
12. Shishkov D.G., Mudrykh N.M. Forecasting models of fertility in agrosod-podzolic soil // Anthropogenic transformation of environment. 2017. № 3. P. 200-203.

Т.А. Трифонова^{1,2}, П.С. Шутов²

¹МГУ им. М. В. Ломоносова, Москва, Россия,

²ФГБОУ ВО ВлГУ им.А. Г. и Н. Г. Столетовых, Владимир, Россия

e-mail: tatrifon@mail.ru, pav.shutov59@mail.ru

ПРОСТРАНСТВЕННЫЙ АНАЛИЗ СТРУКТУРЫ РЕЧНОГО БАССЕЙНА ПРИ ВЫЯВЛЕНИИ АНТРОПОГЕННО-ТРАНСФОРМИРОВАННЫХ ЛАНДШАФТОВ

Аннотация. С применением материалов дистанционного зондирования Земли – космических снимков высокого пространственного разрешения спутников Landsat – 8 ETM и Sentinel – 2, основываясь на цифровой модели рельефа (ЦМР), а также инструментария ГИС определены типы земного покрова бассейна горно-таежной реки Яйвы. В программной среде ArcGis 10.4 реализована база данных морфометрических показателей речного бассейна на уровне малых рек 3-го порядка. Идентифицированы основные морфологические элементы стоковой и водораздельной систем бассейна: внутренняя речная долина, склоновые поверхности водосбора с дифференциацией склонов по высоте (нижняя, средняя и верхняя части), водосборные воронки, дуги водоразделов и фанды. На основе созданной электронной карты растительного покрова проведен количественный анализ ландшафтной структуры бассейна. С помощью группы инструментов зональной статистики выявлено распределение площади различных морфологических элементов литоводосборных бассейнов в зависимости от высоты, уклона местности и типа растительности. Определена площадная динамика антропогенно трансформированных ландшафтов, в период с 1988 по 2014 г. Установлено увеличение площади вырубок и антропогенных объектов, в бассейнах левосторонних притоков р. Яйвы – р. Вильвы, Чикмана и Кади.

Ключевые слова: морфометрический анализ рельефа, растительный покров, структурные элементы речного бассейна, ландшафтная структура, антропогенная трансформация ландшафтов.

Введение. В настоящее время все большее научное и практическое значение приобретают аэро- и космические съемки, и последующее дешифрирование снимков, которое дает надежный, научно-обоснованный материал, позволяет выявлять основные тенденции в динамике различных временных и пространственных параметров ландшафтов [1].

Количественные закономерности ландшафтного рисунка могут быть использованы для выявления генетических закономерностей образования и функционирования различных геосистем [2]. Именно через морфологический анализ изображения поверхности можно переходить к интерпретации происхождения и развития элементов рельефа, взаимосвязей между ними самими, геологическими и гидрологическими параметрами.

Применение ГИС-технологий и морфометрического анализа рельефа, в области геоэкологических исследований находится сейчас на начальном этапе, отсюда вытекает необходимость развития методологических аспектов информатизации в почвенно-экологических исследованиях [3, 4, 5, 6].

Цель исследования - пространственный анализ структуры речного бассейна при выявлении антропогенно-трансформированных ландшафтов.

Объекты и методы. Исследования проводили в литоводосборном бассейне реки Яйва, которая является левым, горно-таёжным притоком реки Камы и протекает в Пермском крае. В программной среде ArcGis 10.4 на основе радарной топографической съемки Земли - SRTM 90, по созданной *цифровой модели рельефа* (ЦМР), произведено выделение русловой сети бассейна с границами элементарных операционно-территориальных единиц (ОТЕ), в качестве которых выступают водосборные бассейны малых рек 3-го порядка.

На основе ЦМР рассчитаны основные *морфометрические характеристики для каждой ОТЕ*.

В качестве материалов для исследования, при построении карты растительного покрова, использовались топографические карты генштаба, масштаба 1:25000 и космические снимки Sentinel-2, высокого пространственного разрешения (10 м), сцена за 30.07.2018 и Landsat-4 TM сцена за 23.08.1988. Сцены обладают высоким качеством, с минимальной облачностью, без технической погрешности.

Карта бассейновой территориальной структуры разработана на базе векторной модели рельефа с высотой сечения горизонталей 25 м.

Результаты и обсуждение. Бассейн реки Яйва занимает площадь 6502 км², длина главной реки 304 км, средний уклон бассейна 1,85⁰, перепад высот значительный и составляет 687 м. Бассейн обладает повышенной степенью расчлененности 0,91 км/км². Выражена резкая асимметрия бассейна, так левая часть бассейна более выражена (коэффициент асимметрии составляет 0,9).

Территорию бассейна дренируют 12 водотоков, 8 из которых левосторонних притоков и 4 правосторонних. Наибольшая вариабельность геоморфологических показателей наблюдается в левосторонних бассейнах крайне восточной части территории – р. Чикман, Кадь, Губь. Перепад высот достигает 579 м, а уклон рек находится в интервале 4,3 - 9 м/км.

В пределах литоводосборных бассейнов рек идентифицированы основные морфологические элементы стоковой и водораздельной систем: внутренняя речная долина, склоновые поверхности водосбора, водосборные воронки, дуги водоразделов и фанды. Максимальную площадь в бассейне р. Яйва составляют водосборные поверхности (57%), на фанды приходится около 25% площади, на водораздельные дуги 10%, минимальную долю площади составляют водосборные воронки (0,3%) и внутренние речные долины (7%) (рис. 1 А).

С увеличением средней высоты местности закономерно возрастает площадь водосборных воронок. На значительных высотах, геоморфологические условия способствуют максимальной скорости денудации земной поверхности, что обуславливает проявление зон водосборных воронок, границы которых отчетливо дешифрируются по космическим снимкам. Интенсивные динамические процессы, концентрация атмосферных осадков будут способствовать большей выраженности их форм и размеров.

Таким образом, двигаясь, субпараллельно, от устья к истоку по главной реке, увеличивается средняя абсолютная высота местности с 167 до 541 м, возрастают и перепады высот 82-580 м, при этом площадь и количество водосборных воронок последовательно возрастает от 0,04 км² до 13,4 км² (табл. 1).

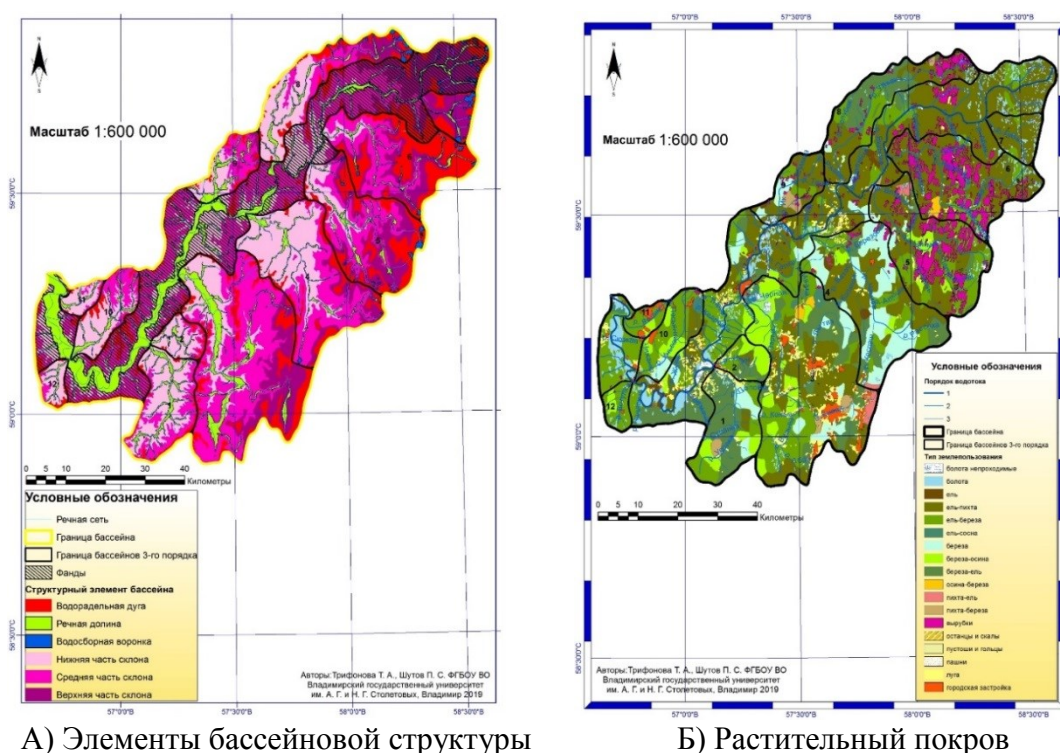
В структуре растительного покрова преобладают елово-пихтовые (35,5%) и елово-березовые леса (20%), на заболоченные участки, которые встречаются в основном в верховьях бассейна и речных поймах приходится 4,7% площади, вырубки и вторичные леса составляют 6,9%, луга, пашни, горные пустоши, гольцы - 4,2%; на долю антропогенных территорий приходится 1,9% (рис. 1 Б).

Таблица 1

Распределение площади элементов бассейна по высоте и уклону местности

Абсолютная высота, м.н.у.м.	Элемент ЛВБ (% от общей площади)					
	РД	ВВ	Поверхность водосбора			ДВ
			НЧС	СЧС	ВЧС	
113-150	33,7	0,0	7,8	0,1	0,0	0,6
151-300	50,1	7,6	89,3	61,2	2,6	29,0
301-450	11,9	12,5	2,9	38,7	61,3	23,8
451-600	4,0	60,4	0,0	0,0	35,3	39,3
601-750	0,3	18,4	0,0	0,0	0,9	7,0
751-1000<	0,0	1,1	0,0	0,0	0,0	0,3
Уклон поверхности, градусы						
0,1-1	55,6	23,0	30,1	18,8	8,3	24,0
1,01-2,0	31,3	50,2	44,4	37,2	35,1	32,5
2,01-5,0	12,8	26,8	24,5	41,3	51,7	39,7
5,01-8,0	0,3	0,0	0,9	2,6	4,9	3,5
8,01-11,0 <	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,3
Общая площадь, км ²	978,2	72,7	1431,7	1939,3	875,6	1210,5

Примечание: РД – внутренняя речная долина; ВВ – водосборные воронки; ДВ – дуга водораздела; НЧС – нижняя часть склона; СЧС – средняя часть склона; ВЧС – верхняя часть склона.



А) Элементы бассейновой структуры

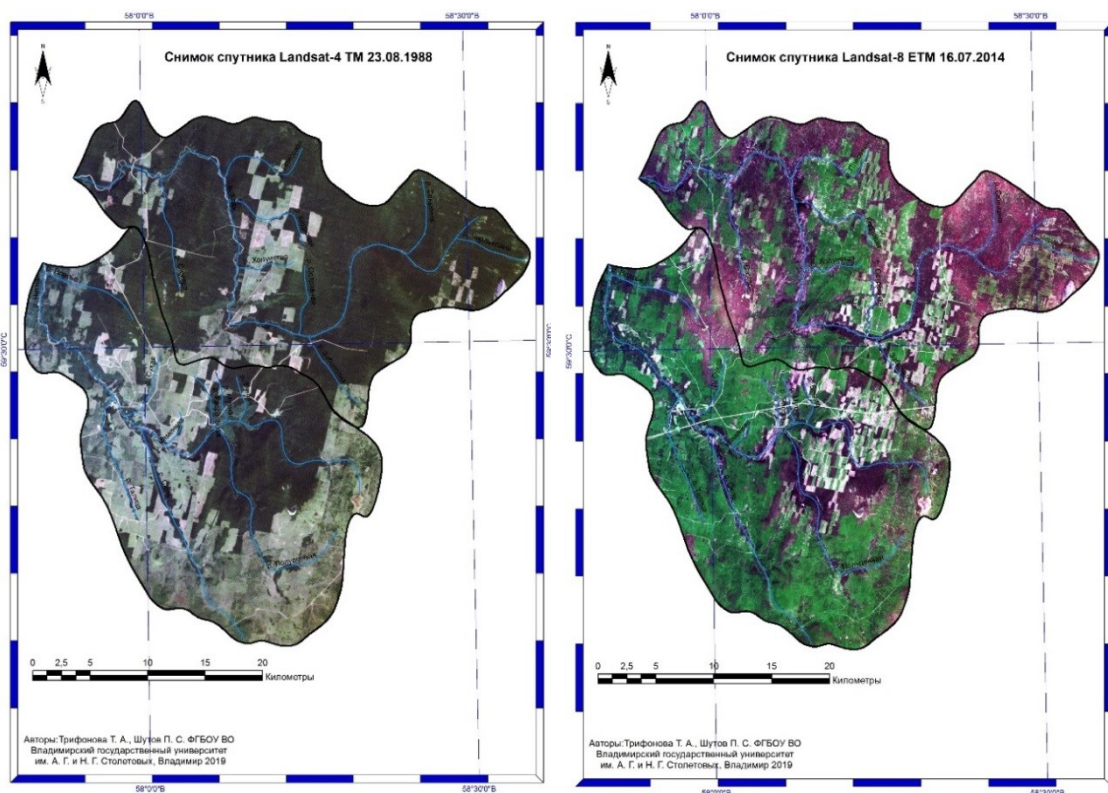
Б) Растительный покров

Рисунок 1. Бассейн р. Яйвы

В бассейне р. Вильвы, который является самым большим по площади (1223 км²) и занимает промежуточное положение по средней абсолютной высоте местности (261 м), уклону поверхности (1,8⁰) среди бассейнов, формирующих левобережье, преобладают антропогенные объекты, такие как: урбанизированные территории, угольные и калийные разработки, на которые приходится около 50% площади от данного класса в структуре бассейна р. Яйвы.

В бассейнах, формируемых речными системами Чикман и Кадь, с максимальными морфометрическими показателями выявлены наибольшие площади вырубок. Так, в водосборе р. Чикман в 2014 году вырубки и вторичные леса занимали 138 км² (23% от площади бассейна), по сравнению с 1988 годом, когда они составляли около 40 км² (7% от площади бассейна), их количество увеличились на 16%. Наиболее антропогенно трансформированные ландшафты выявлены в бассейне р. Кадь, где количество рубок возросло с 21,5 км² в 1988 году до 181,1 км² в 2014 году (на 30% от площади бассейна) (рис. 2).

В бассейне р. Губь и в истоках р. Яйвы на высоте более 600 м количество заболоченных территорий возрастает. Болотные ландшафты тяготеют к местам водосборных воронок, что объясняет повышенное переувлажнение этих участков. На хорошо дренированных склонах со средним увлажнением представлены крупнопапоротниковые елово-пихтовые леса, а на влажных склонах и участках с временными водотоками развита разреженная высокотравная тайга и сырые хвощовые ельники. Также заболоченность проявляется и на равнинных территориях со слабо развитой речной сетью, где дренаж недостаточен, поэтому в низовьях бассейна, широкая долина р. Яйвы преимущественно заболочена.



А) Снимок Landsat-4 за 1988 год

Б) Снимок Landsat-8 за 2014 год

Рисунок 2. Динамика растительного покрова в бассейнах левосторонних притоков р. Яйвы - р. Чикман и Кадь

Произведен пространственный анализ ландшафтной структуры, при этом совмещены слои, содержащие информацию о типах растительности, элементах структуры литоводосборных бассейнов и орографических особенностях строения территории. Типы растительности распределены неравномерно в зависимости от элементов литоводосборного бассейна и абсолютной высоты местности.

Для каждого морфологического элемента литоводосборного бассейна определен характерный тип растительности.

Таким образом, болотные ландшафты (наибольший%) приурочены к водосборным воронкам (37%), что особенно выражается в горных условиях (верховья бассейна с преобладающими высотами 500 и более м), затем, заболоченные территории (в меньшей степени, 17%) встречаются в внутренних речных долинах. Трансформированные ландшафты (вырубки и вторичные леса) приурочены к верхним частям склонов водосборной поверхности (более 14%) и дугам водораздельной системы (около 10%). Наибольшая доля урбанизированных территорий соответствует внутренним речным долинам (3%).

Заключение. На основе общедоступных цифровых моделей рельефа (SRTM-90) произведен морфометрический анализ территории водосборного бассейна, в ходе которого дифференцированы структурные элементы стоковой и водораздельной систем. Площадь морфологических элементов речных бассейнов неравномерно распределяется по абсолютной высоте и уклону местности, обуславливая пространственную неоднородность ландшафтных структур. Определена площадная динамика антропогенно-трансформированных ландшафтов. В результате анализа динамики растительного покрова установлен рост площади вырубок, вторичных лесов и антропогенных объектов, которые формируют бассейны речных систем Вильвы, Чикмана и Кади.

Литература

1. Абдулкасимов А., Абдуназаров Р., Ярашев К.С. Применение космических снимков при ландшафтном картографировании Кураминского хребта и прилегающих равнин // Молодой ученый. 2012. №3. С. 131-132.
2. Кейко Т.В., Коновалова Т. И. Ландшафтно-экологическое картографирование на основе материалов дистанционного зондирования Земли из космоса// Солнечно-земная физика. 2004. Вып. 5. С. 48-50.
3. Трифонова Т.А., Мищенко Н.В. Почвенно-продукционный потенциал экосистем речных бассейнов на основе наземных и дистанционных данных. М.: ГЕОС. 2013. 272 с.
4. Трифонова Т.А. Динамика горных бассейновых геосистем на основе распознавания их географических образов по космоснимкам // Изв. РАН. Сер. геогр. 1999. №2. С. 91-98.
5. Шутов П.С., Трифонова Т.А. Особенности формирования Бассейновой структуры малой реки // Экология речных бассейнов: Труды 9-й Междунар. науч.-практ. конф. / Под общ. ред. проф. Т.А. Трифоновой; Владим. гос. ун-т. им. А.Г. и Н. Г. Столетовых. Владимир. 2018. С. 97-104.
6. Самофалова И.А., Шутов П.С. Геосистемно-бассейновый подход как основа изучения структуры почвенного покрова // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. № 1 (147). 2017. С. 49-57.

T.A. Trifonova^{1,2}, P.S. Shutov²

¹Moscow State University named after M.V. Lomonosov, Moscow, Russia

²FSBEI HE Vladimir State University named after A. G. and N. G. Stoletov, Vladimir, Russia

Email: tatrifon@mail.ru, pav.shutov59@mail.ru

SPATIAL ANALYSIS OF THE RIVER BASIN STRUCTURE IN IDENTIFYING ANTHROPOGENICALLY TRANSFORMED LANDSCAPES

Abstract. When using the remote sensing materials – high spatial resolution satellite images Landsat – 8 ETM and Sentinel – 2, using digital elevation models (DEM) and GIS tools, the types of land cover in the basin of the «Yayva» mountain taiga river were determined. A database of morphometric indicators of the river basin at the level of small rivers is implemented in the ArcGis 10.4 software environment. The main morphological elements of the runoff and watershed systems of the basin were identified: the inner river valley, the slope surfaces of the catchment with slopes, different in height (bottom, middle and top), catchment funnels, arcs of watersheds and «Fundy». Based on the created map

of the vegetation cover, a quantitative analysis of landscape structure was carried out. Using the group of zonal statistics tools, the distribution of the area of various structural elements of the rivers watersheds depending on the height, slope and type of vegetation was obtained. The areal dynamics of anthropogenically transformed landscapes, period from 1988 to 2014, an increase in the felling areas and urbanized areas, the maximum felling on the basins of the «Vilva», «Chikman», «Kad» rivers systems were determined. *Keywords: morphometric analysis of relief, vegetation cover, structural elements of the river basin, landscape structure, anthropogenic transformation of landscaping.*

References

1. Abulkasimov A., Abdunazarov R., Arashi K. S. Application of satellite images in landscape mapping of the Kuramin ridge and adjacent plains // Young scientist. 2012. No. 3. P. 131-132.
2. Keiko T. V., Konovalova T. I. Landscape-ecological mapping based on materials of remote sensing the Earth from space // Solar-terrestrial physics. 2004. Vol. 5. P. 48-50.
3. Trifonova T. A., Mishchenko N. V. Soil and production potential of river basin ecosystems based on ground and remote data. M.: GEOS. 2013. 272.
4. Trifonova T. A. Dynamics of mountain basin geosystems on the basis of recognition of its geographical images from satellite images. Proceedings of the Russian Academy of Sciences. Geographical Series 1999. No. 2. P. 91-98.
5. Shutov P. S., Trifonova T. A. Formation features of basin structure of the small river // Ecology of river basins: Proceedings of the 9th international scientific - practical conference / Under general editorship of Professor T. A. Trifonova; Vladimir State University. A. G. and N. G. Stoletov. Vladimir. 2018. S. 97-104.
6. Samofalova I. A., Shutov P. S. Geosystem-basin approach as a basis for studying the structure of soil cover. Altai State Agrarian University's Vestnik. No. 1 (147). 2017. P. 49-57.

УДК 631.44:528.8

А.Н. Чашин, В.П. Жижилев
ФГБОУ ВО Пермский ГАТУ, Пермь, Россия
e-mail: chascshin@mail.ru

АГРОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ТИПИЗАЦИЯ ЗЕМЕЛЬ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ДАННЫХ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ

Аннотация. В работе выполнена агроэкологическая типизация земель на основе картографических материалов и данных дистанционного зондирования (ДДЗ). Выделение агроэкологических групп по ДДЗ позволяет разработать рекомендации по повышению плодородия почв только для обрабатываемых на сегодняшний день участков землепользования.

Ключевые слова: ГИС, данные дистанционного зондирования, агроэкологическая типизация.

Под агроэкологической типизацией земель понимается выделение однородных территорий по условиям возделывания сельскохозяйственных культур или близких по экологическим требованиям культур [2]. При выделении однородных территорий используют пространственные данные о почвенном покрове и рельефе. Источником пространственных данных о почве являются крупномасштабные почвенные карты, а информацию о рельефе можно получить с топографических карт или цифровых моделей рельефа (ЦМР). При этом в условиях рискованного земледелия Пермского края границы землепользований, охваченные крупномасштабной почвенной съёмкой, имеют значительную долю не используемых в сельском хозяйстве земель. Поэтому выполнение агроэкологической типизации будет актуальным только для обрабатываемых участков. Выделение этих участков выполняется на

основе данных дистанционного зондирования (ДДЗ), а инструментом агроэкологической типизации с использованием перечисленных цифровых исходных данных являются ГИС-технологии.

Цель исследований – выполнить агроэкологическую типизацию земель на основе данных дистанционного зондирования.

Объектами исследований являются почвы таежно-лесной зоны, части территории Бардымского района Пермского края в границах землепользования ООО «Крона-Агро». В качестве данных о почвенном покрове использована отсканированная и привязанная в среде ГИС крупномасштабная почвенная карта (М 1:10000) ООО «Крона Агро» (Институт Уралгипрозем, Пермь, 1981 год). Карта была векторизована инструментарием QGIS. Данные о рельефе получены в виде цифровой модели рельефа ALOS30 (пространственное разрешение 30 м на пиксель). Источник – Японское агентство аэрокосмических исследований JAXA. Для выделения участков обрабатываемых полей использованы мультиспектральные снимки серии Sentinel 2 [1]. Методы обработки ДДЗ включали: расчет морфометрических параметров рельефа на основе данных стереоскопической съемки ALOS, классификация спутниковых снимков с целью выделения границ обрабатываемых участков выполнена по методу К-средних (K-means). Создание картографических материалов и обработка спутниковых снимков выполнялось в полнофункциональной ГИС с открытым кодом QuantumGIS.

При картометрическом анализе почвенной карты установлено, что на территории ООО «Крона-Агро» преобладают дерново-мелкоподзолистые почвы, а их площадь составляет 1448,1 га или 27,3% от общей площади. В результате анализа ДДЗ (снимки Sentinel 2) были установлены современные границы обрабатываемых полей. Их число составило 26 или 32% от общей площади хозяйства. Таким образом, агроэкологическая типизация земель по ДДЗ была проведена для обрабатываемых в хозяйстве территорий по 26 участкам (Рис. 1).

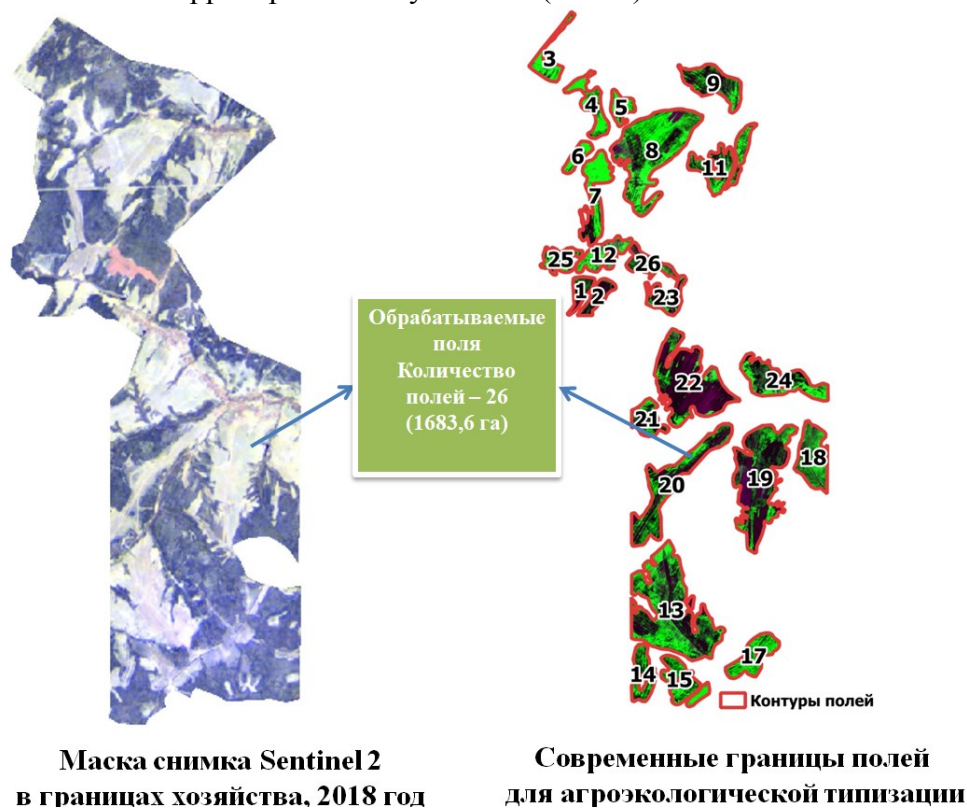


Рисунок 1. Выявление границ обрабатываемых полей по ДДЗ

При выделении агроэкологических групп земель наиболее эффективным способом оценки геоморфологических параметров территории является обработка цифровой модели рельефа. Результаты вычисления крутизны склонов свидетельствуют о преобладании наклона в 1-3° на большинстве полей, однако на полях под номерами 21, 23, 24 средний уклон достигает 4-5°. Экспозиция склонов в пределах полей значительно варьирует, но на полях южной экспозиции под номерами 12, 23, 25 возможно более сильное проявление эрозии почв (Рис. 2).

На основе ЦМР был рассчитан топографический индекс влажности (TWI). Топографический индекс—это отношение водосборной площади и крутизны склонов в данной точке топографической поверхности. TWI является мерой аккумуляции потоков в концепции распределенного гидрологического моделирования [3].

По результатам вычисления TWI установлена вероятность неблагоприятных водно-физических свойств почв на полях под номерами 1, 2, 6, 7, 8, 10 и 14. По данным крупномасштабной почвенной карты на указанных полях встречаются контуры дерново-глееватых почв.

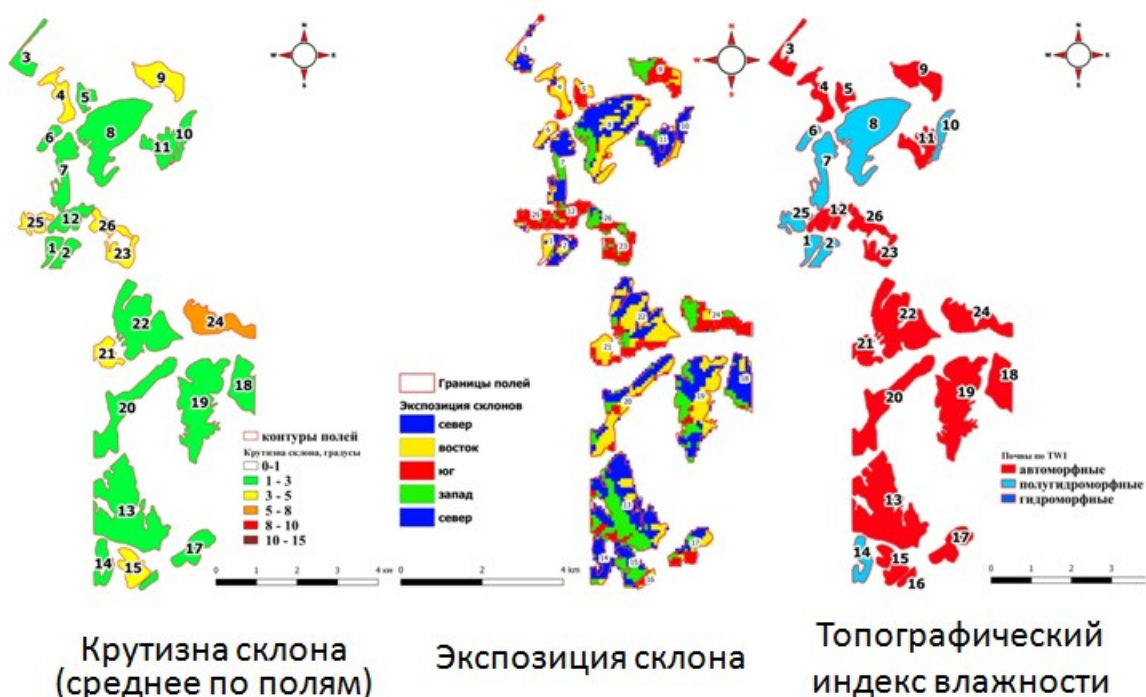


Рисунок 2. Условия рельефа обрабатываемых полей по данным ALOS 30

Результаты выделения полей и характеристики их рельефа по дистанционным материалам, а также почв по крупномасштабным картам позволили выделить на территории ООО «Крона Агро» агроэкологические группы обрабатываемых земель. Всего выделено 3 группы: преобладающие зональные, а также эрозионные и полугидроморфно-эрозионные (Рис. 3). При выделении третьей группы учитывался топографический индекс влажности (TWI). Таким образом, на 42% территории рекомендуется проведение противоэрозионных мероприятий, гидротехнических и химических мелиораций.

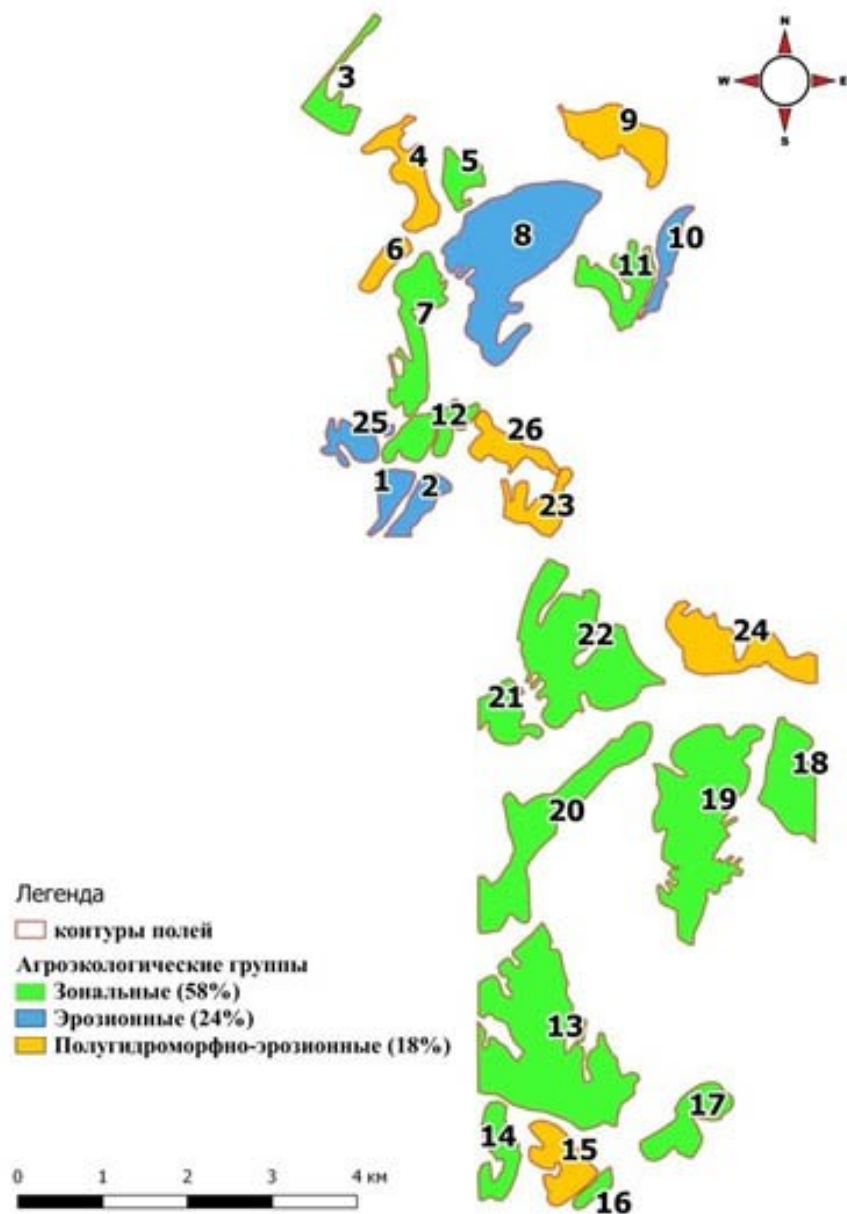


Рисунок 3. Карта агроэкологических групп земель ООО «Крона-Агро»

Таким образом, на основе дистанционных и картографических материалов проведена агроэкологическая типизация земель одного из хозяйств Пермского края. В установленных границах полей преобладающей агроэкологической группой является зональная, что связано с наиболее удобными условиями рельефа для обработки почв этих участков. Часть территории (24%) вовлеченной в сельскохозяйственный оборот рекомендуется использовать в почвозащитных севооборотах. Полугидроморфно-эрозионная группа (18% от площади обрабатываемых полей) включает дерново-глееватые почвы, которые рекомендуется использовать в кормовых угодьях.

Литература

1. Дубинин М. Получение бесплатных космических снимков LandsatTM, ETM+ через Glovis [Электронный ресурс] / GIS-Lab, 2011. <http://gis-lab.info/qa/landsat-glovis.html> (14.10.2017).
2. Классификация и агроэкологическая типология земель: Учебное пособие / автор сост. В.И. Кирюшин. СПб.: Издательство «Лань», 2011. 288 с.
3. Beven K.J., Kirkby M.J. A Physically-Based Variable Contributing Area Model of Basin Hydrology. Hydrological Science Bulletin 24.1 (1979): 43-69.

A.N. Chashchin, V.P. Zhizhilev
Perm State Agro-Technological University, Perm, Russia
e-mail: chascshin@mail.ru

AGROECOLOGICAL TYPIZATION OF LANDS USING REMOTE SENSING DATA

Abstract. The agroecological typization of land based on cartographic materials and remote sensing data is carried out in this research. The allocation of agroecological groups according to remote sensing data allows developing recommendations for improving soil fertility only for currently cultivated land use areas.

Key words: GIS, remote sensing data, agroecological typization.

References

1. Dubinin M. (2011) "Obtaining free satellite images of Landsat TM, ETM + via Glovis", GIS-Lab, available at: <http://gis-lab.info/qa/landsat-glovis.html> (Accessed 14 October 2017).
2. Classification and agroecological typology of land. Kiryushin V. I. – Saint Petersburg: "Lan" Publisher, 2011. 288 p.
3. Beven K.J., Kirkby M.J. A Physically-Based Variable Contributing Area Model of Basin Hydrology. Hydrological Science Bulletin 24.1 (1979): 43-69.

УДК 631.58(571.51)

А.А. Шпедт^{1,2}, Ю.Н. Трубников²

¹ФГАОУ ВО «Сибирский федеральный университет», Красноярск, Россия

²Красноярский научно-исследовательский институт сельского хозяйства, Федеральный исследовательский центр «Красноярский научный центр СО РАН»,

Красноярск, Россия

e-mail: shpedtaleksandr@rambler.ru

ЦИФРОВИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ ЗЕМЛЕДЕЛИЯ КРАСНОЯРСКОГО КРАЯ*

Аннотация. Развитие системы земледелия необходимо осуществлять в направлении цифровизации. Разработана геопространственная база данных, содержащая актуальную и архивную информацию о сельскохозяйственных полях, сортах, сельскохозяйственных культурах, почвах, распределении частиц по размерам, почвообразующих породах, особенностях местности.

Ключевые слова. Система земледелия, ГИС-технология, дистанционное зондирование Земли, цифровые карты и картограммы, продуктивность сельскохозяйственных культур.

Красноярский край – один из крупнейших производителей продовольствия на востоке России. Регион занимает 2 место в СФО по производству продукции сельского хозяйства. Средний урожай зерновых культур достигает 20...24 ц/га, валовое производство составляет более 2,5 млн. т. зерна. Такие объемы производства обеспечиваются агресурсами и интенсификацией производства. Природно-климатические риски создают постоянные угрозы стабильности объемов сельхозпроизводства и обуславливают высокие издержки производителей. Среднегодовое количество осадков в лесостепях и степях края составляет 200-400 мм, что крайне недостаточно для обеспечения высокой продуктивности сельскохозяйственных

культур. Две трети осадков выпадает в теплый период, с максимумом во второй половине вегетации, что создает засушливые условия в начале лета.

Площадь самых плодородных, и, следовательно, наиболее продуктивных в сельском хозяйстве почв – черноземов, по сравнению с общей площадью, выглядит незначительной (всего около 2%). Однако эти проценты соответствуют примерно 4,1 млн. га – огромной площади, благодаря которой край является одним из главных производителей продовольственного и товарного зерна в Сибири.

В 2015 году коллективом Красноярского НИИСХ разработана, при поддержке «Красноярского краевого фонда научной и научно-технической деятельности», Система земледелия Красноярского края на ландшафтной основе [2]. В системе земледелия изложены основные направления и способы увеличения производства продукции растениеводства, применительно к различным почвенно-климатическим зонам региона, на основе современного уровня развития производительных сил, для повышения конкурентоспособности АПК, обеспечения продовольственной безопасности региона и экологической устойчивости. Полагаем, что дальнейшее развитие системы земледелия необходимо осуществлять в направлении цифровизации.

Сельское хозяйство – одна из отраслей экономики, где использование данных дистанционного зондирования земли имеет широкие перспективы для практического использования. Методы ДЗЗ активно используются в агропромышленном комплексе многих стран мира (США, Канада, страны Евросоюза, Израиль, Индия, Япония и др.). В целом, более высокому уровню агропромышленности, соответствуют более развитое сопровождение агротехнологий результатами дистанционного зондирования земли.

Управление сельскохозяйственным производством требует наличия объективной и регулярно обновляемой информации. В первую очередь необходимо проведение инвентаризации сельхозугодий. Сложившаяся в АПК система учёта и управления не позволяет должным образом провести эту работу, как в пределах муниципальных образований, так и на территории землепользования сельскохозяйственных предприятий. Эта задача в настоящее время может быть решена с помощью методов дистанционного зондирования земли.

Второй актуальной задачей представляется дифференциация земель как по степени интенсификации их использования, так и по степени их деградации, выявление земель, зарастающих лесной растительностью, брошенных, засоренных, загрязненных и пр.

Третья важнейшая перспективная область применения технологии ДЗЗ в аграрной сфере – мониторинг состояния агроценозов для оптимизации технологических процессов в земледелии. К основным направлениям реализации мониторинга относятся: контроль над состоянием посевов сельскохозяйственных культур, прогнозирование их урожайности, наблюдение за темпами и качеством обработки почвы, системой удобрений, системой защиты растений, уборкой урожая, определение емкости пастбищ различных типов, продуктивности сенокосов и др. Все эти элементы представляют адаптивно - ландшафтную систему земледелия региона и должны применяться комплексно. Для этого необходима организация систематического мониторинга дистанционными методами.

Результатом инвентаризации и мониторинга земель являются специальные (тематические) крупномасштабные электронные карты сельскохозяйственных угодий. Сельскохозяйственное картографирование с использованием данных ДЗЗ должно обеспечить составление карт трех уровней: административных районов;

отдельных сельскохозяйственных предприятий; угодий (конкретных полей, пастбищ, сенокосов и т. д.).

Для практической реализации цифровых методов контроля и управления агротехнологиями в адаптивно-ландшафтном земледелии необходимо организовать и расширить исследования по следующим направлениям:

- усовершенствовать объективную оценку состояния агрогеосистем сопряженными методами наземного мониторинга и дистанционного зондирования;
- организовать систему взаимодействия трёхуровневого мониторинга агрогеосистем: наземного, воздушного при помощи беспилотных летательных аппаратов и космического на основе спутниковых систем;
- создать при ФИЦ КНЦ СО РАН Центр дистанционного управления системой цифрового земледелия для формирования и обслуживания цифровых систем земледелия конкретных хозяйств.

Необходимо также, в пределах каждого агроландшафта (45 в земледельческой части Красноярского края), на основе наземных наблюдений и дистанционного зондирования Земли, оценить природно-ресурсный потенциал территории и построить на этой основе математические прогнозные модели урожайности сельскохозяйственных культур, с учетом возможных рисков, обусловленных погодными аномалиями, развитием болезней, вредителей и сорняков. Далее требуется создание, с помощью методов наземного и дистанционного зондирования, электронной карты полей конкретного землепользования.

Создание электронной карты позволяет обозначить точный рисунок границ землепользований, полей, ввести здесь первичные информационные сведения о землепользовании, провести инвентаризацию земель для оценки и планирования масштабов производства, выявить неиспользуемые и залежные земли для вовлечения их в сельскохозяйственный оборот, оценить ландшафтные особенности территории.

Далее на базе электронной карты полей создается серия технологических, цифровых карт (картограмм), где концентрируются сведения о севооборотах, возделываемых сельскохозяйственных культурах, почвенном покрове, свойствах почвы (содержание гумуса, гранулометрический состав, pH, обеспеченность подвижными азотом, фосфором, калием и микроэлементами, степень проявления эрозии и дефляции), исходном фитосанитарном состоянии почв, экологической нагрузке и др. Анализ этого картографического материала дает возможность оценить состояние земель, уровень почвенного плодородия, определить потребность в семенах, удобрениях, средствах защиты растений, технике и ГСМ.

В дополнение к технологическим картам готовятся спутниковые вспомогательные цифровые карты, позволяющие оценить в режиме on-line состояние паровых полей, озимых культур, выявить зоны поражения посевов болезнями и вредителями, и посредством вегетационных индексов, прогнозировать уровень урожайности сельскохозяйственных культур.

Так, например, разработана база геопространственных данных ОПХ «Минино» расположена на геопортале ИВМ СО РАН (<http://gis.krasn.ru>) и предлагает различные возможности совместной работы специалистов [1, 4] начиная с просмотра имеющихся карт (слоев) на основе загруженных данных на геопортале и заканчивая совместным редактированием и анализом информации.

Таким образом, сформирована система комплексного агромониторинга, позволяющая оперативно принимать управленческие и технологические решения (корректировать системы удобрения, защиты растений и обработки почв). Эта информация позволяет также анализировать основные закономерности реальной пестроты

урожайности сельскохозяйственных культур в пределах поля для различных почвенно-агроэкологических условий, что создаст условия для перехода к точному земледелию. Как известно, основным элементом технологии точного земледелия является внесение обоснованно дифференцированных доз удобрений и средств защиты растений в соответствии с пестротой почвенного покрова, текущим состоянием посевов и лимитирующих факторов плодородия. Многолетними полевыми экспериментами в условиях Красноярской лесостепи установлено [3], что на полях с выраженным микрорельефом фитомасса зерновых культур меняется в 1,3-2,6 раза, а варьирование урожайности зерна составляет 20-30%.

В настоящее время имеются большое число технических и технологических возможностей для создания региональных систем дистанционного мониторинга земель сельскохозяйственного назначения. Полагаем, что на региональном уровне системы дистанционного мониторинга сельскохозяйственных угодий не должны быть оторваны от региональной системы земледелия. Совмещение данных систем, их привязка друг к другу позволит усилить обе составляющие, полнее использовать возникшие в результате цифровизации аграрной отрасли возможности по повышению продуктивности сельскохозяйственных землепользований и ослабить техногенную нагрузку в агроландшафтах.

**Исследование выполнено в рамках Комплексной программы фундаментальных исследований СО РАН «Междисциплинарные интеграционные исследования» на 2018-2020 гг. (проект № 74)*

Литература

1. Ерунова М.Г., Шпедт А.А., Якубайлик О.Э., Трубников Ю.Н. Геопространственная база данных цифровизации системы земледелия Красноярского края // Достижения науки и техники АПК. 2019. Т.33. №7. С. 56-61.
2. Система земледелия Красноярского края на ландшафтной основе: науч. –практич. рекомендации / под общ. ред. С.В. Брылева. Красноярск, 2015. 224 с.
3. Shpedt A.A., Nikitina V.I. The influence of micro relief on the agrochemical properties of chernozems and the yield of spring wheat and barley // Eurasian Soil Science. 2009. №8. P. 909-915.
4. Yakubailik O.E. The formation of regional spatial data infrastructure // Journal of Siberian Federal University. Engineering&Technologies. 2016. № 9(7). P. 979-986.

A.A. Shpedt^{1,2}, Yu.N. Trubnikov²

¹Siberian Federal University, Krasnoyarsk, Russia

²Federal Research Center «Krasnoyarsk Science Center SB RAS»

DIGITALIZATION OF THE KRASNOYARSK KRAI'S AGRICULTURE SYSTEM

Abstract. The agriculture system development must be carried out in the direction of digitalization. A geospatial database containing relevant and archival information on agricultural fields, varieties, crops, soil, particle size distribution, soil-forming rocks, and terrain features has been developed.

Keywords: agriculture system, GIS-technology, remote sensing of the Earth, digital maps and cartograms, crops productivity.

References

1. Erunova M.G., Shpedt A.A., Yakubaylik O.E., Trubnikov Yu.N. Geospatial database of the agriculture system digitalization of Krasnoyarsk Krai //Achievements of science and technology of agro-industrial complex. 2019. T.33. №. 7. P. 56-61.
2. Agriculture system of Krasnoyarsk Krai on landscape basis: scientific - practical. Recommendations / under General ed. of S.V. Brylev. Krasnoyarsk. 2015. 224 p.
3. Shpedt A.A., Nikitina V.I. The influence of micro relief on the agrochemical properties of chernozems and the yield of spring wheat and barley // Eurasian Soil Science. 2009. №8. P. 909-915.
4. Yakubailik O.E. The formation of regional spatial data infrastructure // Journal of Siberian Federal University. Engineering & Technologies. 2016. № 9(7). P. 979-986.

УДК 631.44

А.В. Ганичева¹, А.В. Ганичев²

¹ФГБОУ ВО Тверская ГСХА, Тверь, Россия

²ФГБОУ ВО ТвГТУ, Тверь, Россия

e-mail: TGAN55@yandex.ru, alexej.ganichev@yandex.ru

НЕЧЕТКИЙ КЛАСТЕРНЫЙ АНАЛИЗ ПОЧВ

Аннотация. Классификация почв является сложной научной проблемой из-за наличия множества прикладных задач, где используются результаты классификации, нечеткого и множественного алфавита классов, словаря качественных и количественных признаков. Это вызывает необходимость использования для решения данной проблемы методов кластерного анализа. Лучше всего для решения многих задач классификации почв подходит нечеткий кластерный анализ. В статье приведена классификация алгоритмов кластерного анализа, рассмотрены их преимущества и недостатки. Изложен алгоритм нечетких средних. Работа алгоритма проиллюстрирована конкретным примером классификации почв.

Ключевые слова: классификация почв, методы кластеризации, признаки, матрица наблюдений, алгоритм, мера принадлежности, центр масс

Введение. Математические методы и компьютерная обработка данных применяются в почвоведении в нашей стране с 70-х годов прошлого столетия [5]. В настоящее время в наибольшей степени используются следующие математические методы: дифференциальные уравнения для описания физико-химических процессов в почвах, математическое моделирование, методы математической статистики для построения статистических, графовых, табличных, регрессионных и пространственных моделей.

Как отмечается в работе [7], основной проблемой в почвоведении является классификация почв. Под классификацией почв понимается их объединение в группы на основе признаков классификации. В результате классификации почвы относятся к различным систематическим единицам (типам, подтипам, родам, видам, разновидностям и разрядам). Классификации почв включает три основные задачи: 1) задание алфавита классов (формальной системы классификации), отражающей основные законы почвообразования и возможность объективно диагностироваться; 2) выбор словаря информативных признаков разделения почв на классы; 3) разделение совокупности почв с помощью алфавита признаков и алгоритмов классификации на непересекающиеся классы.

Классификация почв представляет собой сложную и до настоящего времени полностью не решенную задачу. В настоящее время нет единой теории классификации почв.

С классификацией объектов сходна задача кластеризации. Их основное отличие состоит в том, что алфавит классов при кластеризации заранее не задан. С помощью алгоритмов кластеризации исходная совокупность объектов разбивается

на однородные группы, имеющие общие свойства. Эти группы называются кластерами. Для кластеров характерна внутренняя однородность и внешняя изолированность.

Кластерный анализ имеет хорошо разработанный математический аппарат [3] и большой набор программных средств в рамках методов Datamining (интеллектуального анализа данных).

В настоящее время методы кластерного анализа часто применяются для анализа почв [1, 6]. Особенно перспективным направлением является нечеткая кластеризация данных при цифровом картографировании местности. В почвоведении часто приходится иметь дело с нечеткими данными из-за смешивания почв различных видов.

Целью данной статьи является рассмотрение вопросов, возникающих при применении алгоритмов нечеткого кластерного анализа в почвоведении.

1. Классификация и особенности методов кластерного анализа

По способу обработки исходных данных методы кластерного анализа разделяют на иерархические и неиерархические.

При иерархической кластеризации происходит последовательное объединение меньших кластеров в большие (агломеративные методы) или разделение больших кластеров на меньшие (дивизимные (делимые) методы).

Неиерархические методы более устойчивы к искажению исходных данных и некорректному выбору меры расстояния, чем иерархические методы. Для применения неиерархических методов нужно заранее задать количество кластеров, допустимое число шагов (или определить правило остановки). Эти методы используются при большом количестве наблюдений.

На основе признака качества (четкости) информации методы кластеризации разделяют на четкие и нечеткие методы. При использовании четких методов задается несколько непересекающихся кластеров и каждый исходный объект может принадлежать только одному из них. Нечеткие методы кластеризации допускают возможность принадлежности объектов нескольким кластерам.

В задачах кластер-анализа используются следующие меры расстояния: по Евклиду, Минковскому, Камберру, Чебышеву, Кендалу, Хэммингу, квадрат евклидова расстояния, степенное, манхэттенское расстояние и т.д. [2].

Основными достоинствами методов кластерного анализа является то, что они могут использоваться в условиях отсутствия информации о законах распределения признаков классов, а также для объектов не только с количественными (числовыми) значениями, но и качественными или качественно-количественными (смешанными) значениями признаков.

2. Нечеткие алгоритмы

Наиболее известным алгоритмом нечеткой кластеризации является алгоритм *c*-средних (*c*-means). Он представляет собой модификацию метода четкого метода кластеризации *k*-средних.

Исходной информацией для алгоритма являются матрица наблюдений размера $K \cdot N$, (K – число объектов, N – число признаков (наблюдений) для каждого объекта):

$$X = \begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & \dots & x_{1N} \\ x_{21} & x_{22} & \dots & x_{2N} \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ x_{K1} & x_{K2} & \dots & x_{KN} \end{bmatrix},$$

и матрица принадлежности размера $C \cdot (C - \text{число кластеров})$:

$$M = \begin{bmatrix} \mu_{11} & \mu_{12} & \dots & \mu_{1K} \\ \mu_{21} & \mu_{22} & \dots & \mu_{2K} \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \mu_{C1} & \mu_{C2} & \dots & \mu_{CK} \end{bmatrix},$$

где μ_{ij} - степень принадлежности j -го наблюдения i -му кластеру ($i = \overline{1, C}, j = \overline{1, K}$).

Матрица принадлежности должна удовлетворять трем условиям:

- 1) $\mu_{ij} \in [0, 1], i = \overline{1, C}, j = \overline{1, K}$, 2) $\sum_{i=1}^C \mu_{ij} = 1, j = \overline{1, K}$, т.е. каждый объект должен принадлежать хотя бы одному кластеру, 3) $0 < \sum_{i=1}^C \mu_{ij} < K, j = \overline{1, K}$, т.е. ни один из кластеров не должен быть пустым и не должен содержать все объекты.

Шаги работы алгоритма.

1. Задают начальное нечеткое разбиение K объектов на C кластеров путем генерации случайным образом матрицы принадлежности M .
2. Используя матрицу M , определяют значение критерия нечеткого расстояния

$$R = \sum_{i=1}^C \sum_{j=1}^K (\mu_{ij})^w \|v_i - x_j\|^2,$$

где $\|v_i - x_j\|$ - евклидово расстояние j -го объекта до центра i -го кластера,

$x_j = \{x_{j1}, x_{j2}, \dots, x_{jN}\}$ ($j = \overline{1, K}$) - координаты j -го объекта, $v_i = \{v_{i1}, v_{i2}, \dots, v_{iN}\}$ ($i = \overline{1, C}$) - координаты центра i -го кластера.

Значение параметра w характеризует степень нечеткости функции принадлежности. При увеличении w конечная матрица c -разбиения становится более «размытой» (при $w \rightarrow \infty$ каждый объект принадлежит ко всем кластерам с одинаковой степенью). При $w=1$ кластеризация является четкой. Увеличение w при формировании координат центров кластеров усиливает влияние объектов с большими значениями функций принадлежности и уменьшает влияние объектов с малыми значениями функций принадлежности.

В[4] доказано, что оптимальные центры кластеров и элементы матрицы принадлежностей вычисляются, соответственно, по формулам:

$$c_{il} = \frac{\sum_{j=1}^C \mu_{ij}^w x_{jl}}{\sum_{j=1}^C \mu_{ij}^w}, \quad l = \overline{1, N}, \quad \mu_{ij} = \frac{1}{\sum_{j=1}^K \left(\frac{d_{ij}^2}{d_{kj}^2} \right)^{\frac{1}{w-1}}},$$

где c_k — «центр масс» нечеткого кластера k .

Этот алгоритм может не подойти, если заранее неизвестно число кластеров, либо необходимо однозначно отнести каждый объект к одному кластеру.

Существует много методов нечеткой кластеризации, например, Fuzzy C-Means, Гюстафсона-Кесселя, FORTICS и др. При использовании данных методов формируются размытые кластеры. Объект может одновременно относиться к нескольким из них с разной степенью принадлежности.

Заключение. Результаты классификация почв могут использоваться для решения следующих задач:

- 1) изучения, систематизации и разработки приемов улучшения почв;
- 2) правильной организации агротехнических мероприятий (известкование, определение оптимальных доз и внесение удобрений, подкормка, мелиорация, оценка почвенного покрова);
- 3) проведению работ по учету почвенных ресурсов и их картографированию (кадастровые и оценочные работы определение экологической безопасности).

Литература

1. Асмус В.В., Бучнев А.А., Пяткин В.П. Жесткая и нечеткая кластеризация данных дистанционного зондирования Земли // Журнал Сибирского федерального университета. Серия: Техника и технологии. 2016. Т. 9, № 7. С. 972-978.
2. Ганичев, А.В. Оптимальность классификации образов с помощью функций расстояния / Научно-технический вестник Поволжья. 2011. № 6. С. 133-136.
3. Ершов, К.С., Романова Т.Н. Анализ и классификация алгоритмов кластеризации // Новые информационные технологии в автоматизированных системах. 2016. №19. С. 274-279.
4. Зайченко, Ю.П. Основы проектирования интеллектуальных систем. Навчальний посібник. – К.: Видавничий Дім «Слово», 2004. 352 с.
5. Первая всесоюзная конференция "Применение математических методов и электронных вычислительных машин в почвоведении", 3-5 марта 1976 г. [Текст]: Тезисы докладов. Москва: Почв.ин-т, 1976. 147 с
6. Рожков, В.А. Концепция генератора (машины) классификаций почв // Бюллетень Почвенного института имени В.В. Докучаева. 2016. № 85. С. 115-130. <https://doi.org/10.19047/0136-1694-2016-85-115-130/>
7. Самофалова, И.А. Современные проблемы классификации почв: учебное пособие. / И.А. Самофалова; М-во с.-х. РФ, ФГБОУ ВПО Пермская ГСХА. Пермь: Изд-во ФГБОУ ВПО Пермская ГСХА, 2012. 175 с.

A.V. Ganicheva¹, A.V. Ganichev²

¹FSBEIHE Tver SAA, Tver, Russia

²FSBEIHE Tver STU, Tver, Russia

FUZZY CLUSTER ANALYSIS OF SOIL

Abstract. Soil classification is a complex scientific problem due to the presence of many applied problems, where the results of classification, fuzzy and multiple alphabet classes, dictionary of qualitative and quantitative features are used. This makes it necessary to use cluster analysis methods to solve this problem. Fuzzy cluster analysis is best suited to solve many problems of soil classification. The article provides the classification of cluster analysis algorithms, their advantages and disadvantages. The algorithm of fuzzy means is presented. The work of the algorithm is illustrated by a specific example of soil classification.

Keywords: soil classification, clustering methods, features, observation matrix, algorithm, measure of affiliation, center of mass.

References

1. Asmus V.V., Buchnev A.A., Pyatkin V.P. Rigid and fuzzy clustering of the Earth remote sensing data. Journal of Siberian Federal University. Series: Engineering and technology. 2016. Vol. 9. No. 7. P. 972-978.

2. Ganichev A.V. Optimal classification of images using distance features/ Scientific-technical Vestnik of the Volga region. 2011. No. 6. P. 133-136.
3. Ershov K.S., Romanova T.N. Analysis and classification of clustering algorithms. New information technologies in automated systems. 2016. No. 19. P. 274-279.
4. Zaichenko, Yu.P. Basics of designing intelligent systems. Tutorial. K.: "Slovo" Publishing house, 2004. 352 p.
5. First all-Union conference "application of mathematical methods and electronic computers in soil science", March 3-5, 1976 [Text]: Abstracts. Moscow: Soils Institute, 1976. 147 p.
6. Rozhkov V.A. The Concept of a generator (machine) of soil classifications. Bulletin of the Soil Institute named after V.V. Dokuchaev. 2016. No. 85. P. 115-130. <https://doi.org/10.19047/0136-1694-2016-85-115-130/>.
7. Samofalova I.A. Current issues of soil classification: textbook. FSBEI HPE Perm State Agricultural Academy. Perm: Publishing house FSBEI HPE Perm State Agricultural Academy, 2012. 175 p.

УДК 631.4

И.В. Замулина, Т.М. Минкина, М.В. Бурачевская,
С.С. Манджиева, А.В. Барахов
ФГБАОУ ВО «Южный Федеральный Университет»,
Ростов-на-Дону, Россия
e-mail: ivzamulina@sfedu.ru

СТАТИСТИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКОГО СОСТАВА ЧЕРНОЗЕМОВ И КАШТАНОВЫХ ПОЧВ РОСТОВСКОЙ ОБЛАСТИ

Аннотация. Рассматривается статистическая совокупность разновидностей черноземов и каштановых почв Ростовской области, для которых представлены характеристики вариабельности физической глины, содержания ила и степени насыщенности физической глины илом.

Ключевые слова: гранулометрический состав, чернозем, каштановые почвы, физическая глина, ил.

Гранулометрический состав почв является одним из важнейших базовых свойств почв, определяющий многие другие физические и химические характеристики почвы [1]. В определенных условиях почвообразования устанавливается некоторое постоянное содержание физической глины и соотношение ила и пыли в ней, отражающее равновесное со средой (квазиклиматное) состояние почв [2].

Для выявления квазистационарного состояния, как наиболее вероятного устойчивого состояния полидисперсной системы почв, анализировали сформированную на основе отчетов ЮжНИИГИПРЗЕМа базу данных состава и свойств почв Ростовской области. В статистической совокупности рассматривались разновидности черноземов (n=9545) и каштановых почв (n=2002). Выполняли группировку данных, выделяя классы по содержанию физической глины в соответствии с классификацией Н.А. Качинского. Внутри классов данные группировались в зависимости от содержания ила в физической глине. Для этого использовался расчетный показатель степень насыщенности физической глины илом [2]: $V, \% = 100 \cdot \frac{\sum_{\text{частиц} < 0,001 \text{ мм}}}{\sum_{\text{частиц} < 0,01 \text{ мм}}}$. Для получения информации о варьировании физической глины, содержания ила и степени насыщенности физической глины илом в черноземах и каштановых почвах проводили статическую обработку данных (среднее содержание, медиана, минимум, максимум, нижний и верхний квартили, коэффициент вариации) [3,4].

По показателю «содержание физической глины» все исследуемые почвы были объединены в 6 групп от среднесуглинистых до супесчаных разновидностей (рисунок 1). Для черноземов Ростовской области 89% выборки соответствует легкоглинистой и тяжелосуглинистой разновидностям, в то время как для каштановых почв преобладают тяжело- и среднесуглинистые (87%), что обусловлено в первую очередь почвообразующими породами, представленными эолово-делювиальными лессовидными суглинками, реже – глинами [5].

Физические свойства почв в значительной мере зависят от соотношения фракций гранулометрического состава, и особенно от содержания ила [6]. Использование показателя «степень насыщенности физической глины илом» (рисунок 2) позволяет объединить данные в зависимости от иловатости. Для черноземов 74% выборки попадает в группы со степенью насыщенности физической глины илом 45-65%. Для каштановых почв в этот интервал попадает 57% выборки, при этом до 30% увеличивается количество наблюдений с преобладанием пылеватой составляющей в физической глине ($V < 50\%$). Для каштановых почв отмечается бимодальное распределение, второй пик которого характеризует образцы с пылеватой физической глиной (рисунок 2).

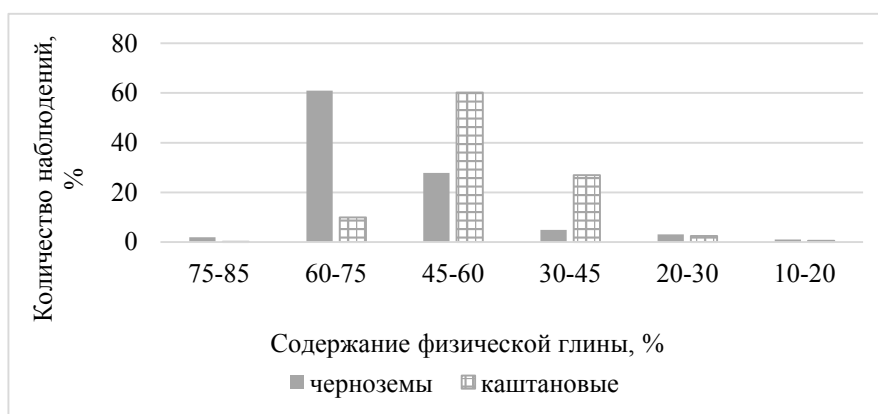


Рисунок 1. Частота встречаемости почвенных образцов черноземов и каштановых почв Ростовской области разного гранулометрического состава

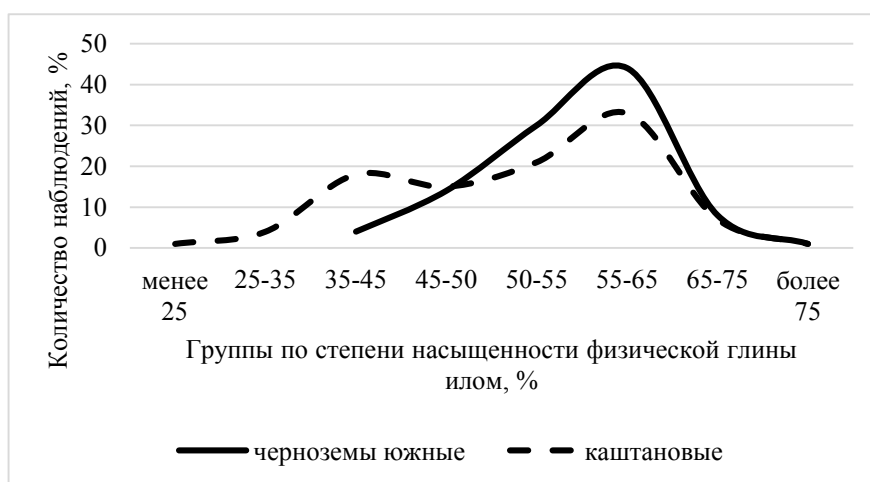


Рисунок 2. Частота встречаемости образцов чернозёмов и каштановых почв Нижнего Дона, попадающих в группы с разной степенью насыщенности физической глины илом

Статистическая обработка базы данных показала (таблицы 1 и 2), что варьирование содержания физической глины (минимальные и максимальные значения) совпадает с границами выделенных классов разновидностей, что исключает возможность ошибочного внесения данных с иными свойствами. Средние значения для большинства подтипов внутри разновидностей совпадают с медианами или очень близки. Межквартильный размах мало различается и составляет 3,0-7,2 для черноземов и 3,2-6,1 для каштановых почв, что позволяет говорить о высокой сортированности элементарных почвенных частиц [3]. Симметричное распределение верхнего и нижнего квартиля относительно медианы статистического распределения физической глины в легких, средних и тяжелых суглинках свидетельствует о стабильности в пространстве данного признака. Коэффициент вариации (CV) для всех разновидностей, за исключением супесчаной, не превышает 12% (незначительное и небольшое по величине варьирование по [7]). Для легких почв значение коэффициента вариации не всегда отражает закономерности изменения варьирования [3].

Таблица 1

Статистические показатели гранулометрического состава черноземов Ростовской области

Чернозем южный	m	me	min	max	q25	q75	CV	n
Содержание физической глины,%								
среднеглинистый	77.7	77.0	75.1	84.5	76.1	79.1	2.8	189
легкоглинистый	65.8	65.4	60.1	75.0	62.9	68.1	5.5	5827
тяжелосуглинистый	55.5	56.4	45.1	60.0	53.2	58.4	6.6	2664
среднесуглинистый	38.0	38.1	30.1	45.0	34.6	41.9	11.5	474
легкосуглинистый	25.3	25.3	20.1	30.0	23.1	27.9	11.3	295
супесчаный	15.7	16.3	10.1	20.0	14.4	19.1	19.4	96
Содержание ила,%								
среднеглинистый	45.1	43.8	35.9	73.1	42.0	47.9	10.0	189
легкоглинистый	36.9	36.6	18.7	70.2	34.1	39.9	12.2	5827
тяжелосуглинистый	30.2	30.1	15.2	46.5	27.6	33.3	14.6	2664
среднесуглинистый	22.3	22.1	12.3	37.1	19.6	25.1	17.9	474
легкосуглинистый	15.5	15.4	7.6	26.1	13.5	17.5	18.4	295
супесчаный	9.1	9.4	3.2	16.8	8.6	11.1	27.9	96
Степень насыщенности физической глины илом,%								
среднеглинистый	57.9	56.7	45.4	91.0	54.2	60.9	9.0	189
легкоглинистый	55.9	55.3	29.8	93.6	53.1	59.7	13.6	5827
тяжелосуглинистый	54.4	54.6	30.3	79.9	50.9	59.4	13.3	2664
среднесуглинистый	58.8	59.4	29.9	96.0	53.5	63.0	14.0	474
легкосуглинистый	60.9	60.8	34.5	92.6	55.7	65.4	14.2	295
супесчаный	57.7	59.5	29.4	87.9	51.6	63.1	18.4	96

m – среднее значение, me – медиана, min – минимум, max – максимум, q25 - нижний квартиль, q75 - верхний квартиль, CV – коэффициент вариации, n – количество образцов

Содержание ила увеличивается с утяжелением гранулометрического состава, принимая максимальное значение в среднеглинистой разновидности черноземов (73,1%) и легкоглинистой разновидности каштановых почв (54,0%). Минимальное количество ила содержится в супесчаных черноземах (3,2%), тогда как в каштановых почвах этой же разновидности содержание ила составляет 5,6%. Размах варьирования минимального и максимального содержания ила для черноземов и кашта-

новых почв велик – 69,9 и 48,4%, соответственно. Коэффициент вариации увеличивается с облегчением гранулометрического состава с небольшого до среднего варьирования ($CV=10,0-27,9$).

Среднее значение показателя «степень насыщенности физической глины илом» в разновидностях черноземов варьирует в узких пределах 54,4-60,9%, в то время как для каштановых почв этот диапазон выше – 46,5-61,4%, что связано с присутствием в выборке подтипа светло-каштановых почв с преобладанием фракций мелкой и средней пыли в составе физической глине. Разница между минимальными и максимальными значениями достигает 67%. Для черноземов значения CV не превышают 14,2, за исключением супесчаной разновидности.

Таблица 2

Статистические показатели гранулометрического состава каштановых почв Ростовской области

Чернозем южный	m	me	min	max	q25	q75	CV	n
Содержание физической глины, %								
легкоглинистый	64,8	64,0	60,1	73,7	61,7	66,7	5,9	199
тяжелосуглинистый	49,9	49,6	45,1	60,0	47,7	51,8	6,0	1204
среднесуглинистый	39,8	40,6	30,2	45,0	37,1	43,2	9,8	539
легкосуглинистый	27,0	27,6	20,1	30,0	25,6	28,8	8,5	49
супесчаный	15,9	15,8	11,2	19,7	14,0	18,2	19,3	11
Содержание ила, %								
легкоглинистый	39,9	38,8	18,2	54,0	36,2	44,7	15,1	199
тяжелосуглинистый	26,6	26,8	9,9	44,3	24,1	29,5	17,6	1204
среднесуглинистый	18,6	18,5	6,5	34,7	15,1	22,0	25,3	539
легкосуглинистый	14,1	14,3	7,4	22,6	11,8	16,1	25,2	49
супесчаный	8,6	8,0	5,6	14,6	6,6	10,8	26,5	11
Степень насыщенности физической глины илом, %								
легкоглинистый	61,4	61,1	29,0	73,3	58,2	66,0	13,4	199
тяжелосуглинистый	53,1	53,8	20,7	88,3	48,7	57,9	15,2	1204
среднесуглинистый	46,5	47,4	20,3	79,6	38,3	54,1	21,6	539
легкосуглинистый	52,6	53,6	26,2	77,6	43,8	59,4	25,6	49
супесчаный	55,0	55,2	31,9	84,4	45,4	64,6	18,7	11

m – среднее значение, me – медиана, min – минимум, max – максимум, q25 - нижний квартиль, q75 - верхний квартиль, CV – коэффициент вариации, n – количество образцов

Показатель степени насыщенности физической глины илом не принимает значения ниже 29,4% для черноземов и 20,3% для каштановых почв, и выше чем 96% и 88,3%, соответственно. Эти величины можно считать нижними и верхними пределами насыщения физической глины илом для данных типов Ростовской области.

Таким образом, квазистационарное состояние полидисперсной системы черноземов и каштановых почв Ростовской области ограничено интервалами изменения содержания физической глины и насыщенности ее илом. Это проявляется в диапазоне варьирования физической глины от 10% до 84,5% для черноземов и 11,2-73,7% для каштановых почв и степени насыщенности ее илом 29,4-96% и 20,3-88,3%, соответственно.

Работа выполнена при поддержке Министерства образования и науки РФ № 5.948.2017/ПЧ, Гранта Президента РФ № МК-4015.2018.5, НИИ 3464.2018.11 и РФФИ 19-34-90185.

Литература

1. Шейн Е.В. Гранулометрический состав почв: проблемы методов исследования, интерпретации результатов и классификаций. Почвоведение. 2009. №3. С. 309-317.

2. Крыщенко В.С. и др. Динамика микроагрегатного состава в связи с изменением содержания органического вещества в черноземе. Почвоведение. 2016. №6. С. 697-710.
3. Михеева И.В. Вероятностно-статистические модели свойств почв. СО РАН. 2001. 200с.
4. Дмитриев Е.А. Математическая статистка в почвоведении. Книжный дом Либроком. 2009. 327 с.
5. Безуглова О.С., Хырхырова М.М. Почвы Ростовской области. – Ростов н/Д: Изд-во ЮФУ, 2008. 352 с.
6. Ковда В.А. Основы учения о почвах. Наука. 1973. Кн. 1. 486 с
7. Савич В.И. Применение вариационной статистики в почвоведении. Москва. 1972. 105 с.

I.V. Zamulina, T.M. Minkina, M.V. Burachevskaya, S.S. Mandzhieva, A.V. Barakhov
Southern Federal University, Rostov-on-Don, Russia

STATISTICAL CHARACTERISTICS OF THE PARTICLE-SIZE COMPOSITION OF CHERNOZEMS AND KASTONozEMS SOILS OF THE ROSTOV REGION

Abstract. A statistical set of varieties of the Rostov Region chernozems and kastonozems soils is considered, for which the characteristics of the variability of physical clay, silt content and the degree of saturation of physical clay with silt are presented.

Keywords: the particle-size composition, chernozems, kastonozems, physical clay, silt.

References

1. Shein E.V. Particle-size composition of soils: problems of research methods, results and classifications interpretations. Soil Science. 2009. No3. P. 309-317.
2. Kryshchenko V.S. et al. Dynamics of microaggregate composition in connection with a change in the organic substance content in chernozem. Soil Science. 2016. No.6. P. 697-710.
3. Mikheeva I.V. Probabilistic-statistical models of soil properties. SB RAS. 2001. 200p.
4. Dmitriev E.A. Mathematical statistics in Soil Science. Book House Librocom. 2009. 327 p.
5. Bezuglova O.S., Khirkhirova M.M. Soils of the Rostov region. Publishing house of SFU. 2008. 352 p.
6. Kovda V.A. Fundamentals of the soils doctrine. The Science. 1973. Book 1. 486 p.
7. Savich V.I. Variation statistics application in Soil Science. Moscow. 1972. 105 p.

УДК 631.452 (571.15)

Е.В. Кононцева, Е.Г. Пивоварова, Ж.Г. Хлуденцов
ФГБОУ ВО Алтайский ГАУ, г. Барнаул, Россия
e-mail: kononcevaasau@mail.ru

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ДИАГНОСТИКИ ЦЕНТРАЛЬНЫХ ОБРАЗОВ ЧЕРНОЗЕМОВ ОБЫКНОВЕННЫХ СРЕДНЕГУМУСНЫХ СРЕДНМОЩНЫХ И ЧЕРНОЗЕМОВ КАРБОНАТНЫХ УМЕРЕННО ЗАСУШЛИВОЙ И КОЛОЧНОЙ СТЕПИ АЛТАЙСКОГО КРАЯ

Аннотация: Разработана информационно-логическая модель диагностики центральных образов региональных почв умеренно засушливой и колючной степи Алтайского края, учитывающая таксономический вес диагностических признаков, в соответствии с профилно-генетической и субстантивно-генетической классификациями почв, она может использоваться для диагностики почв и мониторинга их агроэкологического состояния.

Ключевые слова: диагностический признак, умеренно засушливая степь, черноземы обыкновенные, таксономический вес, математическая модель.

Одной из важнейших задач современного почвоведения является мониторинг состояния почв, позволяющий выявить направленность трансформации почвенного покрова. При этом возникает проблема выбора почвенного эталона, а также диагностических критериев, на основании которых производится оценка. В основу диагностики почв закладывают различные принципы и методы (профильный метод, комплексный подход, сравнительно-географический анализ, принцип генетичности) [2,7,9], но правила диагностики почв с учетом соответствующих таксономических уровней сформулированы в соответствии с современной систематикой и классификацией почв не для всех, а лишь для некоторых таксономических уровней [2,5]. Так, например, центральный образ (традиционную типичную почву) можно диагностировать по принципу генетического различия. Гораздо сложнее определение классификационной принадлежности почв, их диагностических признаков для «классификационных соседей», границы которых размыты или вообще не существуют, и набор свойств которых может быть ближе друг к другу, и не всегда соответствует собственным центральным образам [8]. В основу решения этой проблемы в нашей работе легло использование метода математического моделирования, позволяющего более эффективно использовать традиционные подходы почвоведения путем систематизации, переработки, анализа большого объема информации и построения математической модели. С помощью математической модели можно избежать субъективизма, присущий, например, при определении почвенного таксона в полевых условиях. С ее помощью можно отразить действие и взаимодействие равных по силе факторов (диагностических признаков) на изучаемое явление (тип, подтип), что позволит однозначно отнести почву к определенной таксономической группе.

Цель: разработать информационно-логические модели диагностики центральных образов черноземов обыкновенных среднегумусных среднесиловых и черноземов карбонатных умеренно засушливой и колючей степи Алтайского края с учетом таксономического веса признаков, дать оценку точности их прогноза.

Объектом исследования послужили почвы девятого почвенного района – черноземов обыкновенных среднегумусных среднесиловых и черноземов карбонатных (агрочерноземов сегрегационных сильно гумусированных среднесиловых) подзоны умеренно засушливой и колючей степи (согласно почвенно-географическому районированию Алтайского края) [1].

Район расположен в приаллейской части Приобского плато в виде массивов на Барнаульско-Аллейском и Алейско-Чарышском междуречьях. Рельеф представлен слабоволнистой равниной. По агроклиматическому районированию подзона относится к теплому району недостаточно увлажненному и слабоувлажненному подрайонам. Почвообразующие породы – лессовидные суглинки. Преобладающие почвы черноземы обыкновенные среднегумусные среднесиловые среднесуглинистые.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 18-44-220003 и Минобрнауки Алтайского края. В ней использованы материалы крупномасштабного почвенного обследования АлтайНИИГипрозем за 1991-1992 гг по 24 хозяйствам Топчихинского, Алейского, Шипуновского и Усть-Пристанского административных районов Алтайского края (выборка – 630 объектов).

По двум почвенным классификациям проведен информационный анализ [6] связей между диагностическими свойствами и основными таксономическими группами почв умеренно засушливой и колючей степи, представленными темно-серыми лесными (СЗ), черноземами выщелоченными (Чв), обыкновенными (Ч) и лу-

гово-черноземными (ЧЛ) почвами в соответствии с «Классификацией и диагностикой почв СССР» [4]; и темно-серыми (СТ), агрообразцами аккумулятивно-карбонатными (ААбак), агрообразцами темными аккумулятивно-карбонатными (Азтак), агрообразцами глинисто-иллювиальными (Азги), агрочерноземами сегрегационными (АЧсг), агрочерноземами глинисто-иллювиальными (АЧги), агрочерноземами гидрометаморфизованными (АЧгм) в соответствии с КиДПР [3]. Используя величину коэффициента передачи информации (Кэфф), отражающего степень связи между фактором (свойствами почв по генетическим горизонтам) и явлением (таксономическая группа почв: тип, подтип), определен таксономический вес каждого признака, построена модель регионального типа. Оценку таксономического веса признаков проводили в верхних диагностических горизонтах (пахотном и подпахотном) по следующим свойствам (диагностическим признакам): содержанию гумуса (Г),%; мощности гумусового горизонта (МА+АВ), см; рНв; содержанию подвижных фосфора (P₂O₅) и калия (K₂O), мг/100 почвы; содержанию валового азота (N_в),%; гидролитической кислотности (Нг), мг-экв./100 г почвы; сумме поглощенных (обменных) оснований (S), мг-экв./100 г; содержанию гранулометрических фракций размером <0,001мм (ил) и < 0,01 мм (физическая глина),%.

Результаты и обсуждения

В основу разработки информационно-логической модели диагностики центральных образцов региональных почв исследуемого почвенного района положено сопоставление коэффициентов эффективности передачи информации, наиболее вероятных (специфичных) состояний и информативности. Для перевода качественных признаков в количественные таксономические группы почв (качественные признаки) были выстроены в генетически сопряженный ряд, отражающий интенсивность основного гумусово-аккумулятивного (дернового) почвообразовательного процесса в соответствии с номером ранга по двум почвенным классификациям. При разработке центральных образцов (таксонов) зональных почв в качестве функции (зависимой величины) были выстроены основные диагностические (физико-химические) свойства почв.

Таблица

Коэффициент эффективности передачи информации между свойствами почв и таксономическими единицами профилно-генетической (1977) и субстантивно-генетической (2005) классификации почв

Свойства	Классификация 1977 г.		Классификация 2005 г.	
	Кэфф.		Кэфф.	
	Апах	Ап/п	Апах	Ап/п
Мощность (МА+АВ), см	-	0,0997	-	0,2202
Гумус,%	0,0803	0,0967	0,0987	0,2185
рН	0,4645	0,3355	0,1955	0,3071
Нг, мг.-экв./100г	0,0622	0,0586	0,1181	0,0687
S, мг.-экв./100г	0,0481	0,0430	0,0844	0,1483
Са, мг.-экв./100г	0,0667	0,0621	0,0515	0,0580
Мг, мг.-экв./100г	0,0396	0,0292	0,0263	0,0749
P ₂ O ₅ , мг/100	0,0498	0,0473	0,1039	0,2199
K ₂ O, мг/100	0,0591	0,1020	0,0891	0,1337
N _в ,%	0,0666	0,0507	0,0291	0,2178
Ил (частицы <0,001мм),%	0,0239	0,0392	0,0929	0,1584
Ф.Г. (частицы <0,01 мм),%	0,0425	0,0252	0,0338	0,0549

Для построения модели в соответствии с профилльно-генетической классификацией (1977) таксономические группы почв были выстроены в следующий генетически сопряженный ряд: 1)С₃, 2)Ч^в, 3)Ч, 4) ЧЛ. С помощью информационно-логического анализа были выявлены специфичные состояния свойств почв выделенных таксономических групп, определены величина К_{эфф}. (таблица 1).

По величине коэффициента эффективности передачи информации (К_{эфф}) определена теснота связи от фактора (свойств почв) к явлению (таксономической группе (типу, подтипу) почв) (таблица 1,2) по принципу: чем выше значение К_{эфф}, тем сильнее влияние свойства почвы на их таксономическую группу (тип или подтип), тем ближе ставится этот фактор к знаку равенства. Расположив факторы по мере уменьшения величин К_{эфф}, построена информационно-логическая модель диагностики центральных образов региональных почв района исследования. Факторы в модели связаны одной из трех логических функций: нелинейного произведения, конъюнкции или дизъюнкции. Модель имеет вид:

$$ТП_{1977} = рН_{В}^{Апах} \boxtimes рН_{В}^{Ап/п} \boxtimes (К2O^{Ап/п} \boxtimes VM_{A+AB} \boxtimes V \boxtimes Г^{Ап/п} \boxtimes Г^{Апах} \boxtimes (Ca^{Апах} \boxtimes N_{В}^{Апах} \boxtimes V НГ^{Апах} \boxtimes Ca^{Ап/п} \boxtimes (К2O^{Апах} \boxtimes НГ^{Ап/п} \boxtimes N_{В}^{Ап/п} \boxtimes (P2O5^{Апах} \boxtimes S^{Апах}))))$$

где: ТП – ранг типа почвы; рН_в - ранг почвы по реакции водной вытяжки; К₂O - ранг по содержанию подвижного калия; M_{A+AB} – ранг мощности гумусового горизонта; Г – ранг почвы по содержанию гумуса; Ca – ранг почвы по поглощенному кальцию; N_в – ранг по содержанию валового азота; Нг – ранг почвы по гидролитической способности; P₂O₅ – ранг почвы по подвижному фосфору; S – ранг почвы по содержанию суммы поглощенных оснований; Апах – пахотный горизонт; Ап/п – подпахотный горизонт; \boxtimes – знак функции нелинейного произведения, которая показывает, что значение функции есть среднее арифметическое из суммы аргументов; V – знак дизъюнкции - значение функции А равно максимальному значению любого аргумента.

Расчет модели произведен путем перевода метрических значений свойств почв в ранговые, используя таблицы специфичных состояний почв в зависимости от состояния таксономических признаков.

$$ТП_{1977(248)} = 3 \boxtimes 3 \boxtimes (1V3V1 \boxtimes 3 \boxtimes (3 \boxtimes 4V1 \boxtimes 3 \boxtimes (1 \boxtimes 1 \boxtimes 2 \boxtimes (2 \boxtimes 2)))) = 3 \text{ ранг}$$

В полученную модель вошли все проанализированные факторы, что привело к ее громоздкости. Для удобства использования модели проведем ее оптимизацию, путем удаления из нее почвенных признаков, имеющих наименьший таксономический вес (наименее значимых), заключенных в последнюю скобку модели, рассчитаем ранг упрощенной модели. Оптимизация проведена путем пошагового удаления трех последних скобок. Третья версия упрощения модели:

$$ТП_{1977} = рН_{В}^{Апах} \boxtimes рН_{В}^{Ап/п} \boxtimes (К2O^{Ап/п} \boxtimes VM_{A+AB} \boxtimes V \boxtimes Г^{Ап/п} \boxtimes Г^{Апах} \boxtimes (Ca^{Апах} \boxtimes N_{В}^{Апах} \boxtimes V НГ^{Апах} \boxtimes Ca^{Ап/п}))$$

Произведем проверку модели:

$$ТП_{1977(248)} = 3 \boxtimes 3 \boxtimes (1V3V1 \boxtimes 3 \boxtimes (3 \boxtimes 4V1 \boxtimes 3)) = 3 \text{ ранг}$$

Для построения модели в соответствии с субстантивно-генетической классификацией (2004) таксономические группы почв были выстроены в следующий генетически сопряженный ряд, отражающий интенсивность основного дернового почвообразовательного процесса : 1) С_т; 2) АА_{бак}; 3) Аз_{так}; 4) Аз_{ги}; 5) АЧ^{сг}; 6) АЧ_{ги}; 7) АЧ^{гм}. Информационно-логическая модель диагностики центральных образов региональных почв района исследования в соответствии с этой классификацией имеет вид:

$$T_{П2005} = p_{H_B}^{Aп/п} \times M_{A+AB} V(P2O5^{Aп/п} \times \Gamma^{Aп/п} \times N_B^{Aп/п} \times (p_{H_B}^{Aпax} \times Ил^{Aп/п} \times (S^{Aп/п} \times V K2O^{Aп/п} V (Hr^{Aпax} \times P2O5^{Aпax} V (Ил^{Aпax} \times K2O^{Aпax} \times S^{Aпax}))))))$$

где: Ил – ранг по содержанию ила.

Расчет по данной модели производится по методике описанной выше модели.

$$T_{П2005(A3гн)} = 4 \times 4V(3 \times 1 \times 2 \times (4 \times 4 \times (1V1V(1 \times 3V(4 \times 2 \times 2))))))=4 \text{ ранг}$$

Конечный вариант упрощенной модели (оптимизированный) в соответствии с субстантивно-генетической классификацией имеет вид:

$$T_{П2005} = p_{H_B}^{Aп/п} \times M_{A+AB} V(P2O5^{Aп/п} \times \Gamma^{Aп/п} \times N_B^{Aп/п} \times (p_{H_B}^{Aпax} \times Ил^{Aп/п} \times (S^{Aп/п} \times V K2O^{Aп/п}))).$$

$$T_{П2005(A3гн)} = 4 \times 4V(3 \times 1 \times 2 \times (4 \times 4 \times (1V1)))=4 \text{ ранг}$$

Установление степени адекватности моделей в пределах точности информации проведено путем расчета прогнозных значений рангов почв по физико-химическим свойствам 29 почвенных разрезов генеральной совокупности. При сопоставлении теоретических данных (расчетных) с фактическими установлено, что прогностическая способность почвенных моделей диагностики центральных образцов в соответствии с профилно-генетической классификацией (1977 г.) составляет: безошибочный прогноз – 55%, с ошибкой в 1 ранг – 80%, с ошибкой в 2 ранга - 20%. В соответствии с субстантивно-генетической классификацией (2004 г.): безошибочный прогноз – 48%, с ошибкой в 1 ранг – 93%, с ошибкой в 2 ранга - 7%.

Таким образом, разработанные модели отражают действие и взаимодействие разных по силе факторов на изучаемое явление, позволяют рассчитать ранг диагностируемой почвы с учетом ее физико-химических свойств (диагностических признаков) и с достаточно высокой точностью определить ее принадлежность к конкретному таксону в соответствии с расчетным рангом. Модели можно использовать для диагностики почв и мониторинга их агроэкологического состояния.

Литература

1. Агроклиматические ресурсы Алтайского края (без Горно-Алтайской автономной области) [Текст]. - Л.: Гидрометеиздат, 1971. — 155 с.
2. Герасимова М.И. Почвообразовательные процессы и концепция элементарных почвообразовательных процессов в современных почвенных классификациях [Текст] / М.И Герасимова // Бюллетень Почвенного института им. В.В. Докучаева. Вып. 81. – М., 2015 С. 91-101.
3. Классификация и диагностика почв России [Текст] / Авторы и составители: Л.Л.Шишов, В.Д. Тонконогов, И.И. Лебедева, М.И. Герасимова. – Смоленск: Ойкумена. 2004. – 342 с.
4. Классификация и диагностика почв СССР [Текст]. – М: Колос, 1977. – 223с.
5. Пивоварова Е.Г. Система агрохимических показателей в региональной классификации почв Алтайского края [Текст] / Е.Г. Пивоварова, Е.В. Кононцева, Ж.Г. Хлуденцов, Е.С. Попова // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – Барнаул: Изд-во АГАУ, 2018. - № 8(166). - С. 40-47.
6. Пузаченко Ю.Г. Возможности применения информационно-логического анализа при изучении почвы на примере ее влажности [Текст]/ Ю.Г. Пузаченко // В кн.: Закономерности пространственного варьирования свойств почв и информационно-статистические методы их изучения.//Карпачевский Л.О., Взуздаев Н.А.//М.: Наука, 1970. – С. 103-121.
7. Рожков В.А. Формальный аппарат классификации почв [Текст] / В.А. Рожков // Почвоведение. 2011. № 12. С. 1411–1424.
8. Соколов И.А. Теоретические проблемы генетического почвоведения [Текст] / И.А. Соколов. Новосибирск, 2004. 296 с.
9. Cline M.G. Logic of new system of soil classification // Soil Sci. 1963. Vol. 96(1). P. 17-22.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 18-44-220003 и Минобрнауки Алтайского края.

Ye.V. Konontseva, Ye.G. Pivovarova, Zh. G. Khludenzov
Altai SAU, Barnaul, Russia

MATHEMATICAL MODELING OF DIAGNOSTICS OF CENTRAL IMAGES OF CHERNOZEMS AND CARBONATE CHERNOZEMS SOILS OF THE ARID STEPPE OF THE ALTAI REGION

Abstract. An information-logical model for the diagnosis of central images has been developed regional soils (chernozems) of the arid steppe of the Altai region, taking into account the taxonomic weight of diagnostic features in accordance with the profile and genetic and substantive genetic classification of soils, it can be used to diagnose soils and monitor their agroecological state.

Keywords: diagnostic feature, moderately arid steppe, ordinary chernozems, taxonomic weight, mathematical model.

References

1. Agroclimatic resources of the Altai region (without the Altai Autonomous Region) [Text]. - L.: Gidrometeoizdat, 1971. – 155 p.
2. Gerasimova M.I. Soil-forming processes and the concept of elementary soil-forming processes in modern soil classifications [Text] / M.I. Gerasimova // Byulleten' Pochvennogo instituta im. V.V. Dokuchaeva. Vyp. 81. – M., 2015 S. 91-101.
3. Klassifikaciya i diagnostika pochv Rossii [Tekst] / Avtory i sostaviteli: L.L.SHishov, V.D. Tonkonogov. I.I. Lebedeva, M.I. Gerasimova. – Smolensk: Ojkumena. 2004. – 342 p.
4. Classification and diagnosis of Russian soils [Text]. – M: Kolos, 1977. – 223p.
5. Pivovarova E.G. Agrochemical indicators system in the regional soil classification of the Altai region [Text] / E.G. Pivovarova, E.V. Kononceva, ZH.G. Hludencov, E.S. Popova // Vestnik Altajskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – Barnaul: Izd-vo AGAU, 2018. - № 8(166). – P. 40-47.
6. Puzachenko YU.G. Vozможности primeneniya informacionno-logicheskogo analiza pri izuchenii pochvy na primere ee vlazhnosti [Tekst]/ YU.G. Puzachenko // V kn.: Zakonomernosti prostranstvennogo var'irovaniya svojstv pochv i informacionno-statisticheskie metody ih izucheniya.//Karpachevskij L.O., Vznuzdaev N.A.//M.: Nauka, 1970. – S. 103-121.
7. Rozhkov V.A. Formal soil classification apparatus [Text] / V.A. Rozhkov // Pochvovedenie. 2011. № 12. P. 1411–1424.
8. Sokolov I.A. Theoretical problems of genetic soil science [Text] / I.A. Sokolov. Novosibirsk, 2004. 296 p.
9. Cline M.G. Logic of new system of soil classification // Soil Sci. 1963. Vol. 96(1). R. 17-22.

УДК 635.37

С.В.Макарычев, С.Ю. Бондаренко
ФГБОУ ВО Алтайский ГАУ, Барнаул, Россия
e-mail: makarychev1949@mail.ru

МОДЕЛИРОВАНИЕ ГИДРОТЕРМИЧЕСКИХ РЕЖИМОВ В ПОЧВАХ

Аннотация. Решение поставленной задачи основано на электромоделировании тепловых процессов с помощью аналогий. При этом теплопроводности соответствует электросопротивление, теплоемкости - электроемкость, градиенту температур - напряжение. Полученная база данных по температуре в почвенном профиле при использовании разработанной программы позволяет моделировать процессы теплообмена и представлять их в 3D-режиме.

Ключевые слова: модель, температура, влажность, режим, теплообмен, теплопроводность.

Понятие «гидротермический режим» определяется как пространственное и временное распределение температуры и влажности в почвенном профиле. За более чем столетний период накоплен и обобщен обширный объем сведений о режимах температуры и влагосодержания, что нашло свое отражение в работах многих авторов [1, 2, 3].

С начала двухтысячных годов на кафедре физики АГАУ проводятся комплексные исследования тепло- и гидрофизического состояния почв разного генезиса с целью последующей разработки моделей теплопереноса и влагопереноса, графического построения гидротермических полей во времени и пространстве.

С целью решения этих задач рассмотрим возможность моделирования температурного поля в почвенном профиле. Основой для этого процесса могут служить уравнение Фурье [1] для теплопереноса. Аналогично возможно моделирование влагопереноса с использованием уравнения Дарси [3].

Характер теплового поля зависит, прежде всего, от градиента температур поверхности почвы и температуры воздуха на некоторой высоте. Конвективный теплообмен при свободной конвекции определяется следующим произведением чисел подобия:

$$Nu = A(Gr_e * Pr_e)^m \left(\frac{Pr_e}{Pr_n} \right)^{0,25},$$

где: A и m – численные параметры, Nu – число Нуссельта, Gr – число Грасгофа, Pr – число Прандтля.

Индексы n и e относятся соответственно к теплоносителю в контактном слое с поверхностью и теплоносителю, который удален на значительное расстояние. Зная выражения для чисел Нуссельта, Грасгофа и Прандтля, коэффициент теплоотдачи, можно найти из уравнения:

$$\alpha = A \left(\frac{g\beta_e \Delta T l^3 c_{p_e} \rho}{\nu_e \lambda_e} \right)^m * \left(\frac{\nu_e c_{p_e} \rho_e * \lambda_n}{\nu_n c_{p_n} \rho_n \lambda_e} \right)^{0,25},$$

где: α – коэффициент теплоотдачи; λ_n – коэффициент теплопроводности; l – геометрический размер модели; g – ускорение свободного падения; β – температурный коэффициент объемного расширения; ΔT – градиент температуры; ν – коэффициент кинематической вязкости; a – температуропроводность; c_p и ρ – соответственно теплоемкость и плотность.

Решение поставленной задачи основано на электромоделировании тепловых процессов с помощью аналогий. Из сравнения обобщенных зависимостей нестационарного теплового процесса с соответствующими зависимостями переходного электрического процесса можно установить, что если соблюдены условия подобия, то каждой тепловой величине соответствует аналогичная ей величина в электрической цепи, составленной из сопротивлений и емкостей [4, 5]. Здесь теплопроводности соответствует электрическое сопротивление, теплоемкости – электроемкость, градиенту температур – напряжение.

Рассмотрим неустановившийся электрический процесс, проходящий во времени t в электрической решетке, состоящей из активных сопротивлений R и емкостей C (рис. 1).

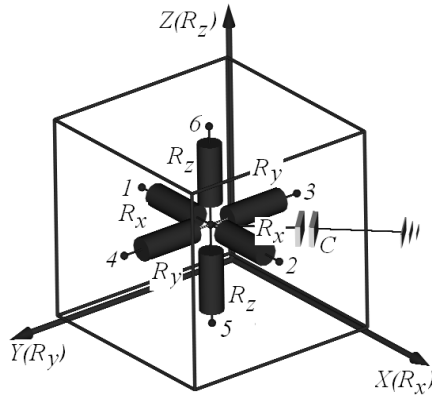


Рисунок 1. Элемент замещения элементарного объема слоя почвы

Будем считать, что такая электрическая решетка является элементом замещения элементарного объема слоя почвы. При этом переменные координат X ; Y ; Z являются независимыми и рассматриваются только в определенных равноотстоящих узловых точках решетки. Расстояние между узловыми точками примем равными ΔX ; ΔY ; ΔZ .

Пусть распределение напряжений U в узлах электрической решетки описывается некоторой функцией координат сплошной проводящей среды, которую электрическая решетка замещает. *Напряжения в узлах 0-6 можно записать в следующем виде:*

Узел 0 (центр решетки): $U(X; Y; Z)$,

Узлы 1: $U(X-\Delta X; Y; Z)$, 2: $U(X+\Delta X; Y; Z)$, 3: $U(X; Y-\Delta Y; Z)$,

4: $U(X; Y+\Delta Y; Z)$, 5: $U(X; Y; Z-\Delta Z)$, 6: $U(X; Y; Z+\Delta Z)$.

Проводимости элементов g_{k0} ($k=1, 2, 3, 4, 5, 6$), включенных между узлом 0 и смежными узлами сетки, выражаются через удельную проводимость среды γ .

Зная выражения для токов в центральном узле и разлагая полученную систему уравнений в ряд Тейлора, получим, что ток, протекающий в емкости, равен:

$$i_c = C \frac{\partial u}{\partial t} = \Delta X \Delta Y \Delta Z \left[C_0(X; Y; Z) \frac{\partial U}{\partial t} \right],$$

где C_0 – емкость единицы объема с координатами (X, Y, Z) .

Согласно первому закону Кирхгофа для узла 0: получим:

$$\sum_{i=1}^k i_k = \Delta X \Delta Y \Delta Z \left[\frac{\partial}{\partial X} \left(\gamma_x \frac{\partial U}{\partial X} \right) + \frac{\partial}{\partial Y} \left(\gamma_y \frac{\partial U}{\partial Y} \right) + \frac{\partial}{\partial Z} \left(\gamma_z \frac{\partial U}{\partial Z} \right) - C_0 \frac{\partial U}{\partial t} \right] = 0$$

Учитывая симметричность модели, и помещая т. 0 в геометрическом центре, с учетом того, что проводимости в направлении координатных осей равны между собой получим:

$$\left(\frac{\partial^2 U}{\partial X^2} \right) + \left(\frac{\partial^2 U}{\partial Y^2} \right) + \left(\frac{\partial^2 U}{\partial Z^2} \right) = \frac{C_0}{f(\gamma_{xy})} \frac{\partial U}{\partial t}$$

Для точного определения параметров этой функции были проведены экспериментальные исследования температурного поля на почвенном слое с конкретными теплофизическими характеристиками. Для обработки полученных экспериментальных данных по температуре нами была создана компьютерная программа, написанная на языке LISP на графической платформе AutoCAD. Программа позволяет визуально наблюдать форму температурных и влажностных полей в 3D-режиме и получать данные о любой точке поля.

Для построения температурного поля программа использует метод математического планирования эксперимента (МПЭ). При этом экспериментатор должен четко определить объем и содержание информации, которую необходимо извлечь из экспериментальных данных, а также целесообразность и возможность применения МПЭ для конкретных условий.

Используемые программой методы МПЭ, позволяют одновременно, варьируя несколькими значениями независимых переменных (глубина, время, температура) на основании опытных и расчетных данных получить данные для математической модели исследуемых зависимостей температуры от времени и глубины.

Описанный выше метод расчета позволяет рассчитать температуру в конкретном почвенном профиле, исходя из температуры воздуха за определенный период времени. Для нахождения промежуточных значений программа использует количественную зависимость в виде полинома второго порядка. При расчете кривой построения программа выбирает оптимальные значения факторов в пределах области варьирования, что позволяет получить наиболее вероятные значения определяемых параметров. Для построения промежуточных точек поля программа интегрирует температуру или влажность по полусфере, окружающей точку, если она лежит на поверхности, или по сфере, если находится на глубине более дискретности вычислений. Для построения интегралов температур используются функции, описывающие три основных компонента, формирующие температуру - теплопроводности, конвекции и лучевой составляющей. Однако, точное аналитическое решение таких интегралов во многих точках невозможно. В таком случае программа использует численные методы, аналогичные методу Монте-Карло, который позволяет вычислить значение интеграла как сумму небольшого количества значений подинтегральных функций, выбранных случайным образом.

Изменение некоторых факторов, от которых зависит искомая величина между двумя точками с точно определенными в результате эксперимента данными, носит случайный характер, что, в свою очередь, не позволяет точно предсказать ее значение. Поэтому, какое именно событие произойдет (увеличение или уменьшение величины) в точке, ближайшей к «известной», в случае невозможности ее определения, зависит от генератора случайных чисел, использующего сумму коэффициентов трех основных компонент, формирующих температуру.

Корректная работа программы обеспечивается большим количеством экспериментальных данных, от числа которых зависит точность построения.

На рисунке 2 представлен результат работы программы по построению трехмерного температурного поля и сечения по изотермам. Несмотря на то, что измерения температур проводились 2 раза в месяц, программа с помощью МПЭ просчитывает промежуточные точки и строит непрерывные поля и изолинии. При этом можно построить температурное поле, развернутое во времени и пространстве.

Данный способ «целостного» построения температурных полей позволил проанализировать их и найти закономерности распределения тепла в почве.

Работа программы апробирована на выщелоченных черноземах в условиях плодового сада. Температура измерялась зимой и летом в 13 часов дня.

Анализ ряда полученных температурных полей показывает (рис. 2), что на глубине 0-10 см распределение температур имеет вероятностный характер, следуя за температурой воздуха.

При увеличении глубины распределение становится более упорядоченным и математически предсказуемым, постепенно формируясь в семейство парабол, соединенных наподобие синусоиды. Начиная с глубины 50 см и глубже, распределение температуры носит ярко выраженный параболический характер.

Расстояние между двумя точками параболы с одинаковой амплитудой при увеличении глубины возрастает и на глубине около 1 м достигает 0,5 года. Одновременно с увеличением глубины происходит сдвиг фаз (вершин парабол).

Если рассматривать график зависимости сдвига фаз от глубины, то он, в свою очередь, является квадратичной зависимостью вида: $\Delta\varphi = kx^2 + bx + c$, графиком которой тоже является кривая, близкая к параболе. Функция $\Delta\varphi$, определяющая сдвиг фаз температурных колебаний практически описывает процесс теплопередачи в почве.

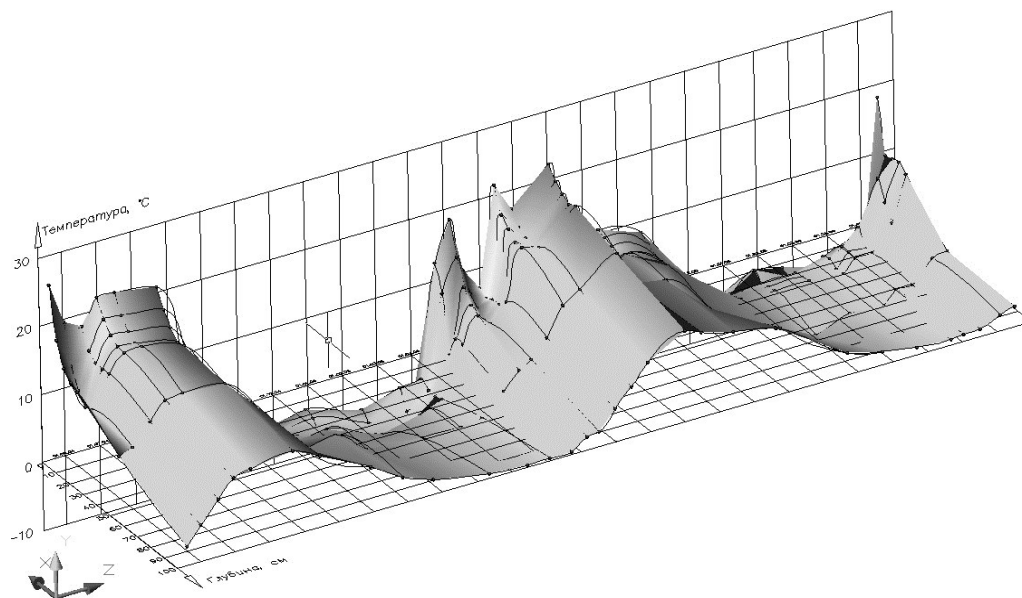


Рисунок 2. Температурное поле в профиле чернозема выщелоченного в 2004-2006 гг.

Кроме того, сравнительный анализ результатов круглогодичных наблюдений в условиях плодового сада указывает на значительное влияние зимнего мерзлотного режима чернозема на характер изменений его теплового состояния в весенне-летний период. Особая роль в этом принадлежит снежному покрову, который препятствует проникновению в почву отрицательных температур, не давая им опуститься ниже -10°C уже в верхнем 20-ти сантиметровом слое.

В заключение следует отметить, что полученная база данных по температуре в почвенном профиле при использовании разработанной нами программы позволяет не только моделировать процессы теплообмена, но и дает возможность прогнозировать тепловое состояние почвенного профиля, используя температуру поверхности

почвы. Аналогичная модель может быть использована и для распределения почвенной влажности во времени и пространстве.

Литература

1. Макарычев С.В. Теплофизические свойства почв Юго-Западной Сибири: дисс. д-ра биол. наук / С.В. Макарычев. - М., 1993. – 378 с.
2. Шейн Е.В., Болотов А.Г., Мазиров М.А., Мартынов А.И. Моделирование теплового режима почвы по амплитуде температуры приземного воздуха // Земледелие. – 2017. – № 7. – С. 26-28.
3. Bolotov A.G., Shein E.V., Makarychev S.V. 2019. Water retention capacity of soils in the Altai Region // Eurasian Soil Science. Vol. 52. No. 2. pp. 187–192.
4. Коздоба Л.А. Электрическое моделирование явлений тепло- и массопереноса. – М.: Энергия, 1972.
5. Кузьмин М.П. Электромоделирование некоторых нестационарных тепловых процессов. – М.-Л.: Энергия, 1964. – 117с.

S.V. Makarychev, S.Yu. Bondarenko
Altai SAU, Barnaul, Russia

MODELING OF HYDROTHERMAL REGIMES IN SOILS

Abstract. The solution of this problem is based on the electrical modeling of thermal processes by using analogies. In this case, the thermal conductivity corresponds to electrical resistance, thermal capacity corresponds to electrical capacity, and temperature gradient – to voltage. When the developed program is used, the obtained database on the temperatures in the soil profile enables simulating heat transfer processes and representing them in 3D-mode.

Keywords: *model, temperature, moisture content, regime, heat exchange, thermal conductivity.*

References

1. Makarychev S.V. Thermo-physical properties of soils of South-Western Siberia: Thesis of Dr. Bio. Sciences. Moscow, 1993. 378 p.
2. Shein Ye.V. Modeling of soil thermal regime by surface air temperature amplitude / Ye.V. Shein, A.G. Bolotov, M.A. Mazirov, A.I. Martynov // Agriculture. 2017. No. 7. P. 26-28.
3. Bolotov A.G., Shein E.V., Makarychev S.V. 2019. Water retention capacity of soils in the Altai Region // Eurasian Soil Science. Vol. 52. No. 2. pp. 187–192.
4. Kozdoba L.A. Electrical modeling of heat and mass transfer phenomena. Moscow: Energiya Publ., 1972. 124 p.
5. Kuzmin M.P. Electrical modeling of some non-stationary thermal processes. Moscow-Leningrad: Energiya Publ., 1964. 117 p.

УДК 631.4

Ю.Л. Мешалкина^{1,2}, В.П. Самсонова¹

¹ Факультет почвоведения МГУ имени М.В. Ломоносова, Москва, Россия

² Кафедра экологии РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, Москва, Россия

e-mail: jlmesh@list.ru, vkbun@mail.ru

ОЦЕНКА НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ КАРТОГРАММ ДЛЯ ПОЧВЕННЫХ СВОЙСТВ С РАЗНЫМ ВАРЬИРОВАНИЕМ НА МАЛЫХ РАССТОЯНИЯХ

Аннотация. Проверка устойчивости вариограмм и картограмм проводилась на территории Брянского ополья. Картограммы были построены методом ординарного кригинга и методом обратных расстояний. Сравнение картограмм показало, что для обоих методов наблюдаются аналогичные зависимости.

Ключевые слова: Брянское ополье, агросерые (лесные) почвы, влияние объема выборки, семивариограмма, сравнение картограмм

Картирование пространственной изменчивости почвенных свойств на некоторой территории обычно осуществляется на основе выборочных данных. Наиболее распространенными методами построения картограмм почвенных свойств являются метод обратных расстояний и ординарный кригинг. Перед проведением ординарного кригинга строится специальный график, называемый семивариограммой.

Семивариограмма (обозначается $\gamma(h)$) характеризует зависимость среднего квадрата разности значений изучаемого показателя от расстояния между точками опробования, в которых эти значения измерены. На рисунке показана модель транзитивной семивариограммы. Максимальное значение функции $\gamma(h)$, если семивариограмма транзитивна, называют порогом, величина которого должна примерно соответствовать дисперсии случайной величины. Рангом (R) называют расстояние между точками (h), начиная с которого значение функции $\gamma(h)$ не изменяется. Ранг определяет размеры однородных структур, выделяемых в почвенном покрове. Когда расстояние между точками (h) стремится к нулю, значение $\gamma(h)$ приближается к некоторому значению, называемому «наггет-эффект» (или «эффект самородка») и обозначается C_0 . В него входит варьирование случайной величины на расстояниях меньших, чем шаг, использованный в модели, а также варьирование, связанное с аналитическими ошибками. Разница между порогом и «наггет-эффектом» обозначается C_1 .

Высокая стоимость первичной информации обуславливает желание многих исследователей ограничить число точек, в которых отбираются образцы, по данным, полученным из которых, затем строятся картограммы почвенных свойств. Цель данной работы состоит в том, чтобы оценить неопределенность результатов, связанную с количеством отбираемых образцов, по которым затем строится картограмма.

Проверка устойчивости семивариограмм и картограмм проводилась на территории Брянского ополья, история сельскохозяйственного использования которого охватывает более 100 лет. Почвенный покров территории является комплексным: основным почвенным типом являются агросерые почвы типичные и со вторым гумусовым горизонтом. Почвенный покров сильно нарушен эрозионными процессами разной степени выраженности и мелиорацией, проведенной в 80-тых годах прошлого века.

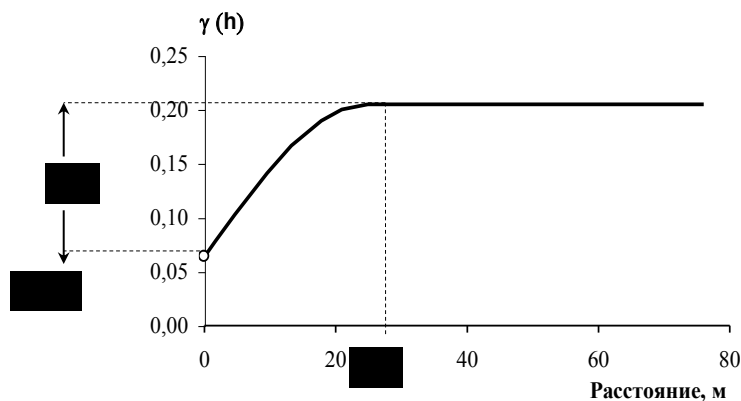


Рисунок. Пример транзитивной семивариограммы
 C_0 – «наггет»-эффект, R – ранг, C_0+C_1 – порог

Опробованием была охвачена территория в 12 га, где было собрано 277 почвенных образцов, расположенных случайно, с глубины 0-20 см. В образцах было определено содержание гумуса по Тюрину и удельная поверхность. По 20 подвыборок объемом 200, 150, 100 и 50 точек формировались из исходных выборок путем бутстреп-моделирования. Суть бутстреп-моделирования состоит в том, что выборки состоят из случайно выбранных точек, а отбор осуществляется с возвращением. Для каждой подвыборки для каждого свойства были рассчитаны параметры семивариограммы, построены картограммы методом обратных расстояний и ординарным кригингом. Для сравнения картограмм использовались коэффициенты корреляции, рассчитанные для 200 случайно расположенных на картограммах точек.

Если анализировать выборки целиком, то оказалось, что ранги для обоих свойств практически равны и составляют, соответственно, 72 м для гумуса и 73 м для удельной поверхности. Пространственные характеристики варьирования для этих двух свойств сильно отличаются: отношение ниггет/ (наггет +C1) для гумуса составило 63%, а для удельной поверхности – 26%. Таким образом, пространственное варьирование на расстояниях до 73 м составляет для гумуса только 1/3 от общего варьирования, 2/3 занимает варьирование на близких расстояниях, а для удельной поверхности пространственное варьирование до ранга составляет более 2/3 от общего варьирования.

Коэффициенты корреляции между картограммами, построенными методом ординарного кригинга и методом обратных расстояний были ожидаемо высокими и составили, соответственно, для гумуса – 0,89 и для удельной поверхности – 0,92. Таким образом, метод интерполяции при большом числе точек опробования не играет существенного значения.

Таблица

Распределение коэффициентов корреляции между картограммами для двух почвенных свойств, построенными по выборкам одинакового объема

Выборки	N	Ми-ни-мум	Ниж-ний де-циль	Ниж-ний квар-тиль	Ме-ди-ана	Сред-нее	Верх-ний квар-тиль	Верх-ний де-циль	Мак-симум
Содержание гумуса, метод обратных расстояний									
200	190	0,72	0,76	0,79	0,82	0,82	0,85	0,87	0,93
150	190	0,42	0,61	0,65	0,69	0,69	0,74	0,77	0,85
100	190	0,23	0,41	0,47	0,54	0,53	0,60	0,65	0,75
50	190	0,00	0,08	0,18	0,28	0,27	0,37	0,47	0,59
Содержание гумуса, метод ординарного кригинга									
200	190	0,52	0,70	0,76	0,82	0,79	0,85	0,87	0,92
150	190	0,41	0,58	0,66	0,72	0,71	0,76	0,80	0,87
100	172	0,00	0,00	0,33	0,43	0,40	0,52	0,59	0,78
50	172	0,00	0,06	0,00	0,16	0,18	0,29	0,40	0,75
Удельная поверхность, метод обратных расстояний									
200	190	0,82	0,88	0,89	0,91	0,91	0,92	0,94	0,95
150	190	0,68	0,75	0,78	0,81	0,81	0,83	0,85	0,89
100	190	0,42	0,54	0,60	0,65	0,64	0,70	0,74	0,80
50	190	0,07	0,27	0,37	0,46	0,44	0,54	0,60	0,71
Удельная поверхность, метод ординарного кригинга									
200	190	0,80	0,85	0,88	0,90	0,89	0,91	0,92	0,95
150	190	0,74	0,79	0,81	0,83	0,83	0,85	0,87	0,90
100	190	0,44	0,58	0,62	0,67	0,66	0,71	0,75	0,82
50	171	0,09	0,24	0,31	0,40	0,41	0,49	0,59	0,79

Бутстреп-моделирование показало, что для удельной поверхности ранг предсказывается выборками объема 100-200 с точностью 10-15%, а выборки объемом 50 дают очень большой разброс от 21 м до 110 м. Для гумуса ранг оказался наименее устойчивой характеристикой: для большей части подвыборок, вне зависимости от их объема, ранг оказался сильно смещенным в сторону уменьшения. При этом для любых выборок отмечалось несколько случаев, когда ранг был равен нулю, то есть пространственные зависимости отсутствовали. Для выборок объемом 100 и 50 появляются случаи неоправданного большого ранга.

Что касается нагет-эффекта, описывающего варьирование на малых расстояниях, то только выборки объемом 200 и 150 оценивают его адекватно для удельной поверхности, а для гумуса требуются выборки, объемом не менее 200. Сравнение картограмм (Таблица) показало, что для метода обратных расстояний и для ординарного кригинга наблюдаются аналогичные зависимости схожести карт от объема выборок. Для удельной поверхности выборкам объема 200 соответствует разброс коэффициентов корреляции от 0,80 до 0,95, а для гумуса эти значения разбросаны от 0,52 до 0,92. Для выборок объемом 150 наблюдается та же тенденция. Для удельной поверхности выборки объемом 100 еще могут быть приемлемыми, так как разброс коэффициентов корреляции составляет от 0,44 до 0,75 при медианном значении 0,67. Для гумуса при выборке 100 одна из карт оказалась вырожденной, то есть состоящей из одного среднего значения, а коэффициенты корреляции между еще 3 картами оказались равными 0. Еще худшая картина наблюдается для выборок 50: для гумуса медиана составляет 0,16, а для удельной поверхности – 0,40. Верхний предел «похожести картограмм» зависит от доли «высокочастотной» составляющей в общей дисперсии свойства. Чем эта доля выше, тем слабее связь между картограммами.

Таким образом, при значительном нагет-эффекте (30-60% от общего варьирования), только выборки 200 и 150, дали устойчивые результаты при оценивании параметров вариограмм и давали сравнимые картограммы. Выборки объемом 50 в обоих случаях давали неустойчивые результаты.

Литература

1. Иванникова Л.А., Мироненко Е.В. Теория регионализированных переменных при исследовании пространственной вариабельности показателей агрохимических свойств почвы // Почвоведение. 1988. № 5. С. 113-121.

Yu..L. Meshalkina^{1,2}, V.P. Samsonova¹

¹ Soil Science faculty of Moscow Lomonosov State University, Russia,

² Russian State Agrarian University - Moscow Timiryazev Agricultural Academy
jlmesh@list.ru, vkbun@mail.ru

UNCERTAINTIES ASSESSMENT OF MAPS COMPARISON FOR SOIL PROPERTIES WITH DIFFERENT SHORT RANGE VARIATION

Abstract. Uncertainties assessment of semivariogram parameters and maps comparison was conducted on the territory of Bryansk Opolje, Russia. Maps were made using inverse distance method and ordinary kriging. Maps comparison showed that similar dependencies on subsets volumes are observed for the both interpolation methods.

Bryansk Opolje, agrogrey (forest) soil, influence of sample size, semivariogram, maps comparison

References

1. Ivannikova L.A., Mironenko E.V. The theory of regionalized variables in the study of spatial variability of agrochemical properties of soils // Pochvovedenie, 1988, 5, pp. 113–120 (in Russian).

И.В. Михеева, А.А. Оплеухин
ФГБУН Институт почвоведения и агрохимии СО РАН, Новосибирск, Россия
e-mail: mikheeva@issa-siberia.ru, pulya80@ngs.ru

ИНФОРМАЦИОННАЯ ОЦЕНКА ИЗМЕНЕНИЙ ПОЧВ ПО ДАННЫМ ПОЧВЕННОГО МОНИТОРИНГА

Аннотация. Изучены профильные и временные изменения вероятностных распределений и информационных характеристик (статистической энтропии и информационной дивергенции) реакции среды рН в черноземах южных легко и среднесуглинистого состава на значительной территории на юге Западной Сибири

Ключевые слова: мониторинг; свойства почв; базы данных; вероятностно-статистические модели; информационные характеристики.

Постановка проблемы Почвы являются центральным звеном всех наземных экосистем, поэтому информация о почвенном покрове и состоянии почв является важной составляющей для управления сельским хозяйством и эколого-природо-хозяйственной деятельностью. В связи с этим на значительных площадях сельскохозяйственной зоны Российской Федерации и стран бывшего СССР в разные годы проводились крупномасштабные территориальные исследования почв. К сожалению, далеко не все полученные в этих исследованиях атрибутивные данные о почвенном покрове были введены в компьютерные базы данных, хотя они являются национальным наследием данных. Эти данные имеют большое значение как точка отсчета для оценки произошедших за последние два-три десятилетия изменений почв под влиянием антропогенной деятельности и естественных климатических и природных изменений. При этом характеристики почв изменяются не только в пространстве, но и во времени. Поэтому формирование баз атрибутивных данных о свойствах почв в разные моменты времени является очень важным этапом для совершенствования хозяйственной и природоохранной деятельности. Для анализа этих данных необходима организация преемственности наследия данных (legacydata), что вызывает потребность развития информационных методов аналитической математической оценки изменений состояния почв, для выявления тенденций развития современных процессов в почвенном покрове.

Методы исследования. Предыдущие исследования показали, что структура вариабельности свойств почв под влиянием природных и антропогенных процессов перестраивается, что приводит к изменению функций их вероятностных распределений [1]. Анализ вариабельности свойства природного объекта может быть осуществлен путем идентификации его вероятностно-статистической модели, характеризующейся определенным типом и параметрами математической функции вероятностного распределения, или вероятностно-статистическим распределением (ВСП). ВСП является наиболее точным полным статистическим эталоном изучаемого свойства объекта. Для скалярной целостной оценки вариабельности и ее изменений нами использованы информационные характеристики, вычисляемые на основе ВСП. Для информационной характери-

стики меры неопределенности значений свойств объекта используется информационная энтропия, а для оценки различий - информационная дивергенция [1, 2].

Построение модели вероятностного распределения

Построение модели вероятностного распределения на практике происходит путем идентификации наиболее близких известных вероятностных распределений. Идентификация распределения состоит из ряда этапов: выбираются несколько статистических распределений, наиболее подходящих для исследуемых данных; по данным выборки производится оценка параметров выбранных распределений; для каждого распределения проверяется по выбранным критериям гипотеза о согласии выборочного и теоретического распределения; исходя из совокупности показателей критериев, выбирается теоретическое статистическое распределение наиболее близко аппроксимирующее выборочное.

В научной литературе приняты разные обозначения параметров функций распределений, поэтому для удобства в нашей работе они стандартизованы – θ_0 , θ_1 , θ_2 , θ_3 . Параметр θ_0 – характеристика смещения (это аналог среднего значения для нормального распределения), θ_1 – рассеяния (это аналог дисперсии), θ_2 , θ_3 – это параметры формы. Параметры формы есть не у всех распределений, но, например, у Двойного экспоненциального (ДЭ) распределения – один параметр формы, у распределения Джонсона – два (табл.1).

Для каждого распределения проверяется по выбранным критериям гипотеза о согласии выборочного и теоретического распределения. *Различные критерии используют различные меры близости распределений, и принятие гипотезы о согласии по одному критерию совсем не означает, что распределения окажутся близкими в соответствии с другими критериями. Поэтому в нашей работе используется ряд статистических критериев, основанных на различных мерах близости. Это позволяет принимать решение по их совокупности (табл.1). В случае небольших выборок ($n \approx 50$ и $n < 50$) использованы непараметрические критерии Колмогорова, Смирнова и 2 модификации критерия Мизеса.*

Территория исследования и исходные данные

В данной работе использовались архивные данные результатов изучения почв стандартными методами почвенных исследований при крупномасштабном картографировании (1:25000) и мониторинге почв, лабораторными методами определения почвенных свойств. В статье приведены результаты информационной оценки свойств почв на значительной территории на юге Западной Сибири, расположенной $53^{\circ}15'С-53^{\circ}47'С$; $75^{\circ}05'В-77^{\circ}01'В$. В геоморфологическом отношении территория исследований представляет собой центральную и восточную часть Прииртышского увала, который слагается породами супесчаного и легкосуглинистого гранулометрического состава, сменяющимися по его склону на восток средними суглинками. Все полученные данные по данной территории послужили для создания банка данных. Проводилось формирование баз данных, группировка и анализ данных методами статистического анализа, описанными выше.

Обсуждение результатов. В таблице 1 приведены типы и параметры вероятностных распределений pH в слоях наиболее распространенных на изученной территории почвах: черноземах южных легко- и среднесуглинистого гранулометрического состава.

Таблица

Вероятностные распределения рН в черноземах южных (Прииртышский увал)

Слой, см	Распределение	Параметры $\theta_0, \theta_1, \theta_2, \theta_3$	Достигнутая вероятность p по критерию				p средн.	Энтропия, h
			Колмогорова	Смирнова	ω^2 Мизеса	Ω^2 Мизеса		
Легкосуглинистые 63-67 годы (n = 53)								
0-20	Лапласа	6.51, 0.22	0	0.90	0	0	0.23	0.19
20-30	Коши	6.66, 0.14	0	0.07	0.03	0.04	0.04	0.39
30-50	ДЭ	6.9, 0.15, 0.67	0	0	0.03	0.03	0.02	0.58
50-100	Коши	7.29, 0.13	0	0.71	0	0	0.18	0.30
Легкосуглинистые 89 год (n = 65)								
0-20	Коши	6.64, 0.08	0.02	0.02	0.08	0.11	0.06	-0.12
20-30	Коши	6.73, 0.09	0.19	0.14	0.13	0.14	0.15	-0.05
30-50	Su-Дж.	6.73, 0.38, -1.71, 2.39	0.25	0	0.14	0.13	0.13	-0.13
50-100	Su-Дж.	8.46, 0.27, 1.28, 1.35	0.17	0	0.15	0.15	0.12	0.30
Среднесуглинистые 63-67 годы (n = 30)								
0-20	Lp-норм.	1.89, 0.03	0.17	0.11	0.26	0.26	0.20	0.20
20-30	Lp-норм.	1.91, 0.05	0.19	0.12	0.30	0.42	0.26	0.26
30-50	Lp-норм.	1.95, 0.06	0.18	0.12	0.05	0.03	0.10	0.47
50-100	Коши	7.28, 0.21	0.008	0.22	0.003	0.003	0.06	0.69
Среднесуглинистые 89 год (n = 95)								
0-20	ДЭ	6.55, 0.29, 2.97	0.12	0	0.15	0.16	0.11	-0.31
20-30	Лапласа	6.70, 0.18	0.05	0.13	0.07	0.12	0.09	-0.03
30-50	ДЭ	7.25, 0.58, 4.02	0.08	0	0.12	0.07	0.07	0.28
50-100	Норм.	8.29, 0.44	0.007	0.19	0.02	0.01	0.06	0.60

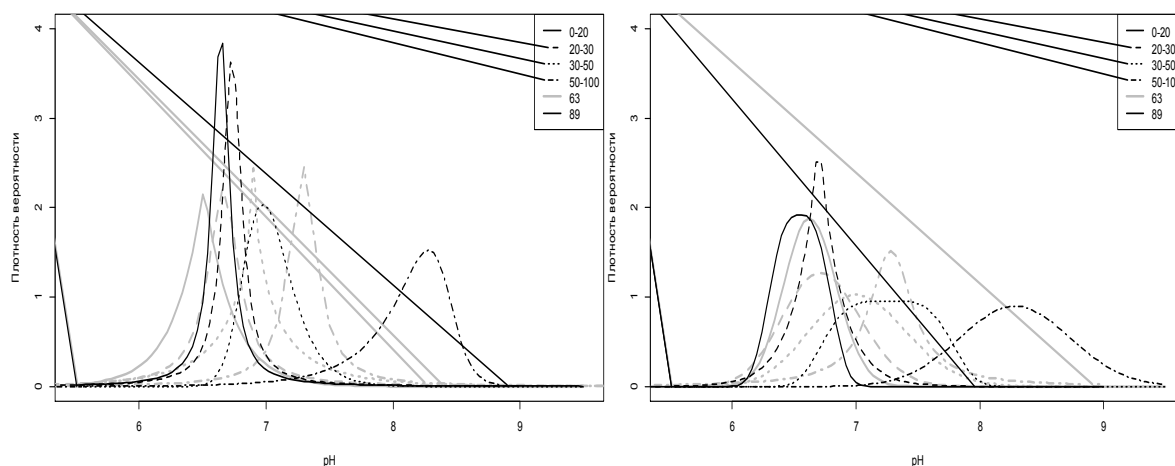


Рисунок 1. Вероятностные распределения рН в черноземах южных легкосуглинистых (слева) и среднесуглинистых (справа)

На рисунке 1 видно, что в верхней части профиля интервалы варьирования целиком расположены в интервале, значений, характеризующих нейтральную реакцию среды. Однако, в почвах разного гранулометрического состава типы распределений различны. При этом в почвах обеих разновидностей они существенно изменяются в слоях почвы вниз по профилю, закономерно, но не одинаково, сдвигаясь в сторону более щелочной реакции среды. За более, чем, четверть века изменились как типы, так и параметры вероятностных распределений рН. В слоях 0-20 см

и 20-30 см эти изменения минимальны и характеризуются, в основном изменением формы распределения, характеризующимся существенным уменьшением энтропии (рис.1, 2, 3). В слое 30-50 см, а в большей степени в слое 50-100 см произошел сдвиг в сторону более щелочной реакции среды. При этом если в 30-50 см энтропия снижается, что более выражено в легкосуглинистых почвах, то в слое 50-100 см энтропия мало изменяется.

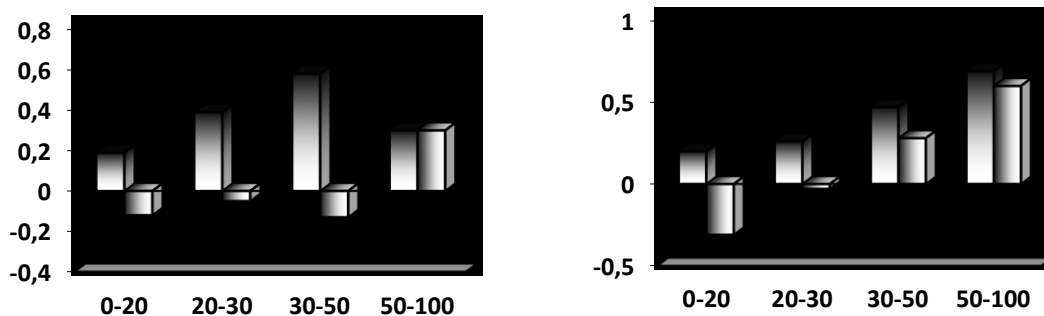


Рисунок 2. Изменение статистической энтропии рН в черноземах южных легкосуглинистых (слева) и среднесуглинистых (справа)

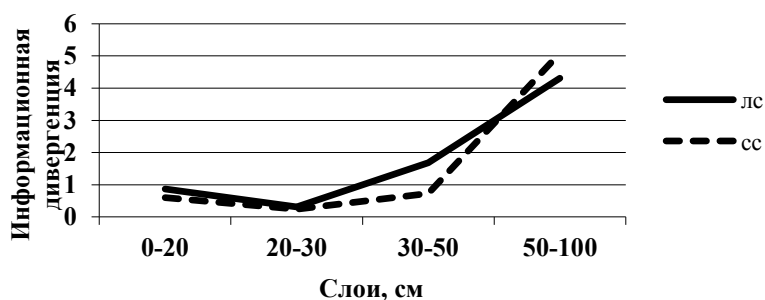


Рисунок 3. Информационная дивергенция рН в черноземах южных за период 1963-1989 гг.: лс – легкосуглинистые, сс – среднесуглинистые

Заключение. Почвы, как и большинство пространственно распространенных объектов, обладают континуальностью свойств, при этом их количественная выраженность характеризуется значительной вариабельностью, имеющей как стохастическую, так и закономерную природу. Под влиянием антропогенной деятельности и происходящих климатических и природных изменений, характеристики почв изменяются не только в пространстве, но и во времени. При этом происходит изменение вероятностной структуры выраженности свойств, которая находит отражение в изменении вероятностно-статистических распределений. Для строгой аналитической оценки таких изменений предлагаются новые математические и программные подходы, позволяющие изучать вероятностно-статистические и информационные закономерности состояния и изменений изучаемых объектов.

Литература

1. Михеева И.В. Вероятностно-статистическая и информационная оценка современных процессов в природных объектах на основе данных почвенного мониторинга // Вестник СГУГиТ, 2017, № 4. С. 220-236.
2. 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.

I.V. Mikheeva, A.A. Opleuhin
Institute of Soil Science and Agrochemistry SB RAS, Novosibirsk, Russia

INFORMATION ASSESSMENT OF CHANGES OF SOILS ACCORDING TO SOIL MONITORING DATA

Abstract. Profile and temporary changes of probabilistic distributions and information characteristics (statistical entropy and information divergence) of pH in chernozems southern of sandy loamy and loamy texture are studied in the considerable territory in the south of Western Siberia

Keywords: monitoring, properties of soils, databases, probability and statistical models, information characteristics.

References

1. Mikheeva I.V. Probability and statistical and information assessment of the modern processes in natural objects on the basis of data of soil monitoring // Vestnik SGUGiT, 2017. № 4. P. 220-236.
2. Mikheeva I.V., Opleuhin A.A. Identification of probability and statistical models of properties of ecological systems and their information assessment // Vestnik SGUGiT, 2018. Т. 23. № 4. P. 226-248.

УДК631.4

Е.Г. Пивоварова
ФГБОУ ВО Алтайский ГАУ, Барнаул, Россия
e-mail: pilegri@mail.ru.

ЧИСЛЕННЫЕ МЕТОДЫ В КЛАССИФИКАЦИИ И ДИАГНОСТИКЕ ПОЧВ АЛТАЙСКОГО КРАЯ*

Аннотация. В работе продемонстрированы возможности информационно-логического анализа для определения таксономического веса признаков, разработки моделей региональных эталонов почв, диагностики и корреляции между классификациями, мониторинга за современными процессами агрогенного почвообразования. *Ключевые слова: региональные эталоны почв, таксономия, информационно-логический анализ.*

**Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 18-44-22003 и Минобрнауки Алтайского края*

Введение. Численная классификация, как одно из направлений группировки почв на основе количественного сходства их генетических признаков, развивается давно [1,13]. В современных условиях это направление получило особую актуальность в связи с возможностью адаптировать алгоритм отбора и группировки почв к цифровым технологиям [11]. Достоинством численной классификации является их полнота, комплексность и формализованность, позволяющая на количественной основе оценивать качество и согласованность таксономических групп в почвенных классификациях. При этом, И.А. Соколов [12] отмечает недопустимость использования численной классификации для «проверки» правильности выделения таксономических уровней в генетических классификациях. Он предлагает совершенствование методов численных классификаций рассматривать как вспомогательную или дополнительную задачу. В частности основными направлениями использования математических подходов в решении классификационной проблемы, по его мнению, являются разработка численных целевых и региональных классификаций.

Это позволит установить в их рамках количественные границы диагностических показателей, а также определить классификационную принадлежность вновь изученных почв в рамках любых классификаций. Более того, все это может способствовать и совершенствованию теории классификации почв.

Большинство авторов для отбора классификационных свойств используют таксономические дендрограммы [5,10]. Арклей в 1968 г. оценивал факторы и переменные по их общности с другими свойствами, используя аккумулятивный анализ [1,13]. В представленной работе рассматриваются возможности информационно-логического анализа для решения проблем региональной численной классификации, диагностики и мониторинга почв. Этот метод был впервые предложен для почвенных исследований Пузаченко Ю.Г., и др. в 1970 году [9] и впоследствии нашел широкое применение в бонитировке и математическом моделировании почвенных свойств и процессов [2,6].

Объекты и методы исследований. Разработка численной региональной классификации почв осуществлялась в соответствии с почвенно-географическим районированием, согласно которому на территории Алтайского края выделяется 7 зон и 44 почвенных района [8]. Данная задача решалась на основе материалов крупномасштабного почвенного обследования АлтайНИИГипрозем за 1983 – 1985 гг.. Проведен информационный анализ связей между свойствами почв и основными таксономическими группами почв различных почвенных районов. По величине коэффициента передачи информации (Кэфф) определялся таксономический вес каждого признака, поскольку он отражает степень связи между фактором и явлением [9]. Для каждого регионального эталона были рассчитаны специфичные (наиболее вероятные) состояния признаков (свойств почв). Набор этих параметров позволяет дать количественную характеристику таксона (типа или подтипа). Оценку таксономического веса признаков проводили по следующим свойствам в горизонтах А пахотный и (А+АВ) подпахотный: мощность гумусового горизонта (М, см); общее содержание гумуса,%; рН водная; содержание подвижного фосфора и калия, мг/100 почвы; содержание валового азота,%; обменно-поглощенные кальций и магний, мг-экв/100 г; гидролитическая кислотность, мг-экв./100 г почвы; содержание фракций ила и физической глины.

Результаты проведенных исследований по разработке региональных эталонов зональных почв Алтайского края [7,14] позволили отметить несколько закономерностей, касающихся практических и теоретических аспектов классификации почв. Эталоны региональных почв представляют собой специфичный набор агрохимических свойств почв (виртуальный образ) и могут служить для выделения и идентификации категории зональных эталонов Красной книги почв Алтайского края (табл. 1).

Таблица 1

**Характеристика зонального эталона – чернозема южного
8 почвенного района засушливой степи**

Таксономический признак	Специфичное состояние, метрическое значение (ранг)	
	Ч ^{юс}	
	Апах	А+АВ
S, мг.экв/100г	10,-20,0(2)	10,0-20,0(2)
Гумус,%	4,0-5,0(4)	<2,0(1)
рН _в	6,8-7,0 (3)	>7,4(6)
Мощность, А+АВ, см	>45,0(6)	
P ₂ O ₅ , мг/100 г	20,0-25,0(4)	<10,0(1)
K ₂ O, мг/100 г	<10,0(1)	15,0-20,0(3)

Однако, большинство реальных зональных почв не соответствуют эталону по одному или нескольким параметрам. При диагностике реальных почв, решение принимается с некоторой неопределенностью, и на практике субъективно по морфологическим признакам относятся к той или иной таксономической группе. Разработка информационно-логических моделей региональных эталонов для каждого определенного почвенного района (зоны, подзоны) решает эту проблему с математической точностью.

В математической модели определяющее значение имеют те свойства, которые имеют наибольший таксономический вес (табл.2).

Оптимизация полученных моделей позволяет снизить число ведущих таксономических признаков до 3-5 и повысить прогнозирующую способность моделей до 80-90%, что является удовлетворительным результатом для диагностики почв. Математические модели региональных эталонов, разработанные по двум классификациям [3,4]: профильно-генетической (1977) и субстантивно-генетической (2004), показали существенные различия по форме и содержанию. Это обусловлено различиями в принципах классификации. Практическое значение полученных моделей заключается в том, что они могут служить для объективной корреляции между двумя существующими классификациями.

Таблица 2

Примеры информационно-логических моделей зональных эталонов почв

Почвенный район	Информационно-логическая модель
8 - черноземов южных малогумусных среднемощных подзоны засушливой степи	$ТП^{1977} = pH_B^A \boxtimes P_2O_5^{AB} \boxtimes (S^{AB} \wedge (K_2O^{AB} \boxtimes P_2O_5^A \boxtimes pH_B^{AB}))^*$ $ТП^{2004} = M^{PU} \boxtimes (pH_B^{PU} \boxtimes P_2O_5^{AU} \boxtimes S^{AU} \wedge (P_2O_5^{PU} \boxtimes K_2O^{AU}))$
6 - черноземов южных лугово - солонцовых (с солодами) и солончаковых комплексов засушливой степи	$ТП^{1977} = S \boxtimes P_2O_5 \boxtimes (Ил \boxtimes ФГ \boxtimes (K_2O \boxtimes pH \boxtimes Г))$
21 - темно-серых лесных почв и тучных оподзоленных черноземов Предсалаирской равнины	$ТП^{1977} = S^A \boxtimes (Г^A \boxtimes pH^A \boxtimes (Ил^A \wedge S^{AB} \boxtimes N^{B^A}))$ $ТП^{2004} = S^{PU} \boxtimes ФГ^{B1} \boxtimes (M \wedge N_B^{PU})$
<p>* - где: ТП – ранг типа почвы по классификациям 1977 и 2004 годов; S, Г, pH, M, K₂O, P₂O₅, N_b, Ил, ФГ, Нг – ранг типа (подтипа) почвы в зависимости от содержания суммы поглощенных оснований, содержания гумуса, реакции водной вытяжки, мощности гумусового горизонта, подвижного калия, подвижного фосфора, валового азота, илстой фракции, физической глины, гидролитической кислотности, соответственно. A, AB, PU, AU – наименование горизонта по классификациям 1977 года и 2004 гг., соответственно. \boxtimes, \wedge - знак логической функции нелинейного произведения и конъюнкции, соответственно.</p>	

Доработка теоретической основы любой классификации для практического применения предполагает длительный и кропотливый труд по адаптации новой классификации к региональным особенностям для решения той или иной задачи. Так, выделение новых отделов в классификации почв РФ (2004) таких как агрочерноземы, агроземы, агрообраземы, в первоисточнике описаны очень поверхностно: дан только набор генетических горизонтов, отсутствуют количественные критерии. Более того, генетический переход от одного отдела к другому может быть либо постепенным (агрочернозем-агрозем-агрообразем), либо резким (чернозем-агрообразем) в зависимости от природных условий и агротехники. Выявить набор региональных эталонов агрогенных почв можно только математическим путем.

В процессе разработки зональных эталонов Алтайского края было выявлено, что таксономический вес признака в различных почвенных районах может меняться. Этот показатель зависит от контрастности почвенного покрова и от уровня таксономической группировки почв. Проведенные расчеты показали, что на необходимость разделения таксономической группы указывает снижение таксономического веса наиболее значимых признаков почв. Этому способствует гомогенизация пахотного горизонта агрогенных почв (по содержанию гумуса, подвижных питательных веществ, поглощенных катионов). Внутри одного таксона (например, черноземов выщелоченных) увеличивается неоднородность (величина неопределенности) таксономических признаков. Разделение такой таксономической группы на несколько более однородных по свойствам таксонов (например, черноземов на агрочерноземы, агроземы, агрообраземы) позволяет сгруппировать их в более однородные по свойствам и генезису отделы.

Следующий важный аспект в численной классификации связан с проблемой долгосрочного мониторинга почв. Разработанные количественные критерии зональных эталонов для каждого почвенного района являются фиксированным состоянием таксономической группы, с которой сравнивается современное состояние почв. Их профильное или пространственное изменение позволяет отслеживать тенденции естественных и антропогенных процессов, которые происходят в тех или иных почвенных зонах, подзонах, районах. Как видно из табл. 1, признаками агрогенного истощения южных черноземов служит профильное изменение суммы поглощенных оснований и содержание обменного калия, а именно отклонение от аккумулятивного характера распределения в профиле, что является главной особенностью черноземных почв.

Заключение. Таким образом, использование численных методов в разработке региональной классификации почв позволяет дать объективное обоснование зональных эталонов Красной книги почв Алтайского края, разработать критерии оценки и мониторинга агрогенных почв, провести корректную диагностику почв и корреляцию между классификациями. Разработка численной региональной классификации обеспечит удобство в хранении и оперативной выдаче информации.

Литература

1. Боул, С. Генезис и классификация почв / С. Боул, Ф. Хоул, Р. Мак-Крекен; Первод с англ. М.И. Герасимовой; ред. И.П. Герасимов, С.В. Зонн. М.: Изд-во Прогресс, 1977. 415 с.
2. Бурлакова Л.М. Плодородие алтайский черноземов в системе агроценоза. Новосибирск: Наука, 1984. 196 с.
3. Классификация и диагностика почв СССР. М.: Колос, 1977. 223с.
4. Классификация почв России / Сост. Л.Л. Шишов, В.Д. Тонконогов, И.Н. Лебедева, М.И. Герасимова. Смоленск: Ойкумена, 2004. 342 с.
5. Копосов Г. Ф., Валеева А. А. Численные методы выделения типов почв лесостепи // Бюллетень Почвенного института им. В.В. Докучаева. 2015. Вып. 79. 73-90.
6. Пивоварова Е.Г. Калийное состояние почв и его моделирование в условиях Алтайского Приобья (монография) // Барнаул: Изд-во АГАУ, 2005. 160с.
7. Пивоварова Е.Г., Кононцева Е.В., Хлуденцов Ж.Г., Попова Е.С. Система агрохимических показателей в региональной классификации почв Алтайского края // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2018. № 8(166). С. 40-47.
8. Почвы Алтайского края. М.: Изд-во АН СССР, 1959. 258с.
9. Пузаченко Ю.Г., Карпачевский Л.О., Взнуздаев Н.А. Возможности применения информационно-логического анализа при изучении почвы на примере ее влажности // В кн.: Закономерности пространственного варьирования свойств почв и информационно-статистические методы их изучения. М.: Наука, 1970. С. 103-121.
10. Рожков В.А. Классификация почв - не место для дискуссий // Бюллетень Почвенного института им. В.В. Докучаева. 2013. Вып. 72. С.47-64.

11. Рожков В. А. Концепция генератора (машины) классификации почв // Бюллетень Почвенного института им. В.В. Докучаева. 2016. Вып. 85. С. 115-129.
12. Соколов И.А. Теоретические проблемы генетического почвоведения. Новосибирск, 2004. 296 с.
13. Самофалова И.А. Современные проблемы классификации почв: учебное пособие. / М-во с.-х. РФ, ФГБОУ ВПО Пермская ГСХА. Пермь: Изд-во ФГБОУ ВПО Пермская ГСХА, 2012. 175 с.
14. Фридланд В.М. Основные принципы и элементы базовой классификации почв и программа работы по ее созданию. М., 1982. 149 с.
15. KseniaVepryntseva, Elena Pivovarova / Numerical method in rationale of central images and diagnostics of soils in the arid steppe of the Altai Territory// Environment and soil Recourse Conservation: abstract book 10th International Soil Science Congress. Almaty, 2018. 186 p.

E.G. Pivovarova
Altai State Agricultural University, Barnaul, Russia

NUMERICAL METHODS IN CLASSIFICATION AND DIAGNOSTICS OF SOILS OF ALTAI REGION *

Abstract. The paper demonstrates the possibilities of information-logical analysis to determine the taxonomic weight of features, develop models of regional soil standards, diagnose and correlate between classifications, and monitor modern processes of agrogenic soil formation.

Keywords: regional soil standards, taxonomy, information-logical analysis.

**This work was supported by the RFBR grant No. 18-44-22003 and the Ministry of Education and Science of Altai Krai.*

References

1. Bowl, S. Genesis and soil classification / S. Bowl, F. Hole, R. McCracken; Pervode from English. M.I. Gerasimova; ed. I.P. Gerasimov, S.V. Zonn. M.: Progress Publishing House, 1977 . 415 p.
2. BurlakovaL.M. Fertility Altai chernozems in the system of agrocenosis. Novosibirsk: Nauka, 1984. 196 p.
3. Classification and soil diagnostics of the USSR. M .: Kolos, 1977. 223 p.
4. Classification of soils in Russia / Comp. L.L. Shishov, V.D. Tonkonogov, I.N. Lebedeva, M.I. Gerasimova. Smolensk: Oikumena, 2004 .342 p.
5. Kopusov G. F., Valeeva A. A. Numerical methods of allocation of types of soils of forest-steppe/ / Bulletin of the Soil Institute. V. V. Dokuchaeva. 2015. Vol. 79. P. 73-90.
6. PivovarovaEG Potassium state of soils and its modeling in the Altai Ob region (monograph) // Barnaul: Publishing House of the Agrarian University of Ukraine, 2005. 160 p.
7. Pivovarova E. G., Konontseva E. V., Khludentsov G. G., Popova E. S. The system of agrochemical indicators in the regional classification of soils of the Altai Territory // Bulletin of the Altai State Agrarian University. 2018 . No. 8 (166). P. 40-47.
8. Soils of the Altai Territory. M .: Publishing House of the Academy of Sciences of the USSR, 1959. 258 p.
9. PuzachenkoYu.G., KarpachevskyL.O., VznuzdaevN.A. Possibilities of applying information-logical analysis in the study of soil by the example of its moisture // In the book: Patterns of spatial variation of soil properties and information-statistical methods for their study. M .: Nauka, 1970. P. 103-121.
10. Rozhkov V.A. Soil classification is not a place for discussion // Bulletin of the Soil Institute named after V.V. Dokuchaev. 2013. Issue. 72. P. 47-64.
11. Rozhkov V.A. The concept of generator (machine)soil classification / / Bulletin of the Soil Institute. V.V. Dokuchaeva. 2016. Vol. 85. P. 115-129.
12. Sokolov I.A. Theoretical problems of genetic soil science. Novosibirsk, 2004.296 p.
13. Samofalova I.A. Modern problems of soil classification: a training manual / M-s. RF, FSBEI HPE Perm State Agricultural Academy. - Perm: Publishing house of FSBEI HPE Perm State Agricultural Academy, 2012. 175 p.
14. KseniaVepryntseva, Elena Pivovarova / Numerical method in rationale of central images and diagnostics of soils in the arid steppe of the Altai Territory// Environment and soil Recourse Conservation: abstract book 10th International Soil Science Congress. Almaty, 2018. 186 p.

Ж.Г. Хлуденцов, Е.Г. Пивоварова, Е.В. Кононцева
ФГБОУ ВО Алтайский ГАУ, г. Барнаул, Россия
e-mail: zhan.khludentsov@mail.ru

**ОЦЕНКА ТОЧНОСТИ МАТЕМАТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ
ПРИ КОРРЕЛЯЦИИ ПОЧВЕННЫХ КЛАССИФИКАЦИЙ
ПОДЗОНЫ ОБЫКНОВЕННЫХ ЧЕРНОЗЕМОВ УМЕРЕННО
ЗАСУШЛИВОЙ И КОЛОЧНОЙ СТЕПЕЙ АЛТАЙСКОГО КРАЯ**

Аннотация: В работе проведена корреляция таксономических групп почв профильно-генетической классификации с таксономическими выделами субстантивно-генетической классификации. С помощью методов математической статистики проведена оценка моделей определения таксономической группы почв с учетом их диагностических признаков по двум почвенным классификациям.

Ключевые слова: математическая модель, корреляция почвенных классификаций, умеренно засушливая степь, черноземы, точность модели.

Развитие национальных классификационных систем неизбежно приводит к проведению корреляции почвенных классификаций, результатом которой выступает номенклатура почв в разных системах. Это обусловлено не только глобализацией научных исследований в этой области, но и стремлением к сближению с международной системой WRB, что невозможно без унификации исходных сведений [10, 11]. Корреляции национальных классификаций осуществляется с использованием разных принципов перехода. Так, при факторно-генетическом подходе она производится по центральному образу почвы (или архетипу – типичному профилю), путем сравнения факторов почвообразования (климата и биоты) или почвообразовательных процессов, горизонтам при этом не придается особого значения. Субстантивный же подход основан на использовании свойств и различии в определении диагностических горизонтов или признаков [2, 3, 6, 9]. Следует заметить, что методология корреляции является достаточно сложной даже на уровне национальных классификаций – факторно – и субстантивно генетической, что связано с различиями в принципах их построения, расхождениями в определении таксономического уровня почв, определении диагностических горизонтов, выбора набора свойств, их параметров для выявления степени сходств между почвами и др. Кроме того, по мнению многих авторов [3, 5, 6, 7], корреляция проводится в основном по центральному образу почвы, что является не совсем объективным по отношению к «классификационным соседям». В работе сделана попытка отнесения таксона к конкретному типу почв с использованием метода математического моделирования по двум почвенным классификациям. В связи с этим целью исследований стало проведение корреляции таксономических единиц профильно-генетической классификации с таксономическими выделами субстантивно-генетической классификации, и дать точности разработанных математических моделей типов региональных почв для подзоны обыкновенных черноземов умеренно засушливой и колючей степей Алтайского края.

Объектом исследования послужили почвы девятого почвенного района – черноземов обыкновенных среднегумусных среднемошных и черноземов карбонатных (агрочерноземов сегрегационных сильно гумусированных среднемошных)

подзоны умеренно засушливой и колочной степи (согласно почвенно-географическому районированию Алтайского края) [1].

Район расположен в приаллейской части Приобского плато в виде массивов на Барнаульско-Аллейском и Алейско-Чарышском междуречьях. Рельеф представлен слабоволнистой равниной. По агроклиматическому районированию подзона относится к теплому району недостаточно увлажненному и слабоувлажненному подрайонам.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 18-44-220003 и Минобрнауки Алтайского края. В ней использованы материалы крупномасштабного почвенного обследования АлтайНИИГипрозем за 1991-1992 гг по 24 хозяйствам Топчихинского, Алейского, Шипуновского и Усть-Пристанского административных районов Алтайского края (выборка – 630 объектов).

Корреляция почвенных классификаций проведена на основе субстантивного подхода путем использования свойств почв, идентификации диагностических горизонтов и признаков в различных таксономических группах по двум национальным классификациям: профилно-генетической, в соответствии с которой выделены следующие таксономические группы почв: темно-серые лесные (С₃), черноземы выщелоченные (Ч^в), черноземы обыкновенные (Ч) и лугово-черноземные (ЧЛ) [4]; и субстантивно-генетической классификацией с темно-серыми (С_Т), агрообразцами аккумулятивно-карбонатными (ААб_{ак}), агроземами темными аккумулятивно-карбонатными (Аз_{так}), агроземами глинисто-иллювиальными (Аз_{ги}), агрочерноземами сегрегационными (АЧ^{сг}), агрочерноземами глинисто-иллювиальными (АЧ_{ги}), агрочерноземами гидрометаморфизованными (АЧ^{гм}) [3].

Оценку достоверности математических моделей определения таксономической группы с использованием диагностических признаков почв (методика разработки которых описана в работе Кононцевой Е.В.) проводили с использованием статистических методов (корреляционный, регрессионный анализы) и параметрического критерия Стьюдента.

Результаты и обсуждения

В ходе работы выделены региональные таксономические группы почв в соответствии с двумя национальными классификациями. В соответствии с профилно-генетической классификацией проведена корреляцию почвенных классификаций с использованием субстантивного подхода путем анализа свойств почв в диагностических горизонтах, их признаков.

В пределах девятого почвенного района – черноземов обыкновенных среднегумусных среднемощных и черноземов карбонатных подзоны умеренно засушливой и колочной степи в соответствие с профилно-генетической классификацией выделены следующие таксономические группы: темно-серые лесные (С₃), черноземы выщелоченные (Ч^в), черноземы обыкновенные (Ч) и лугово-черноземные (ЧЛ), и в соответствии с субстантивно-генетической классификацией: темно-серые (С_Т), агрообразцы аккумулятивно-карбонатные (ААб_{ак}), агроземы темные аккумулятивно-карбонатные (Аз_{так}), агроземы глинисто-иллювиальные (Аз_{ги}), агрочерноземы сегрегационные (АЧ^{сг}), агрочерноземы глинисто-иллювиальные (АЧ_{ги}), агрочерноземы гидрометаморфизованные (АЧ^{гм}). Корреляция таксономических групп почв профилно-генетической классификации с таксономическими выделами субстантивно-генетической классификации осуществлялась с учетом корреляции диагностических горизонтов и их свойств путем следующих группировок:

- в таксономическую группу темно-серые сгруппированы темно-серые лесные почвы;

- в таксономическую группу агрообраземы аккумулятивно-карбонатные вошли сильносмытые пахотные почвы, с укороченным почвенным профилем, выделенные в подтипах обыкновенных черноземов;

- в таксономическую группу агрообраземы темные аккумулятивно-карбонатные сгруппированы маломощные и слабоэродированные черноземы обыкновенные;

- в таксономическую группу агрообраземы глинисто-иллювиальные сгруппированы разной степени эродированные (средне и сильно) черноземы выщелоченные;

- в таксономическую группу агрочерноземы сегрегационные сгруппированы черноземы обыкновенные с полным набором генетических горизонтов и высокими показателями плодородия почв;

- в таксономическую группу агрочерноземы глинисто-иллювиальные вошли черноземы выщелоченные и лугово-черноземные выщелоченные почвы с полным набором генетических горизонтов;

- в таксономическую группу агрочерноземы гидрометаморфизованные сгруппированы лугово-черноземные почвы с полным набором генетических горизонтов.

При проведении корреляции почвенных классификаций зачастую возникает проблема отнесения почвы к определенной таксономической группе в соответствии с КиДПР (2004), что связано со сложностью определения мощностей диагностических горизонтов, варьирующих в пределах одной таксономической группы, а также несоответствием с номенклатурой генетических горизонтов, в частности нижних, по сравнению с номенклатурой, предоставленной в КиДПР при выделении таксономических единиц на уровне типов и подтипов. Для решения данной проблемы можно использовать математические модели, (в данном случае информационно-логические), в основу которых положено выстраивание диагностических свойств почв (с учетом величины коэффициента эффективности передачи информации) в виде рангов, отображающих специфичное состояние свойства почвы в метрическом выражении в виде определенного диапазона каждого ранжированного свойства.

С помощью информационно-логических моделей диагностики центральных образов региональных почв района исследования по двум почвенным классификациям, путем перевода метрических значений свойств почв в ранговые, рассчитаны ранги типов почв в зависимости от состояния таксономических признаков, диагностические признаки которых также были выражены в рангах.

$$ТП_{1977} = pН_{В}^{Апах} \boxtimes pН_{В}^{Ап/п} \boxtimes (K2O^{Ап/п} V M_{A+AB} V \Gamma^{Ап/п} \boxtimes \Gamma^{Апах} \boxtimes (Ca^{Апах} \boxtimes N_{В}^{Апах} V H_{Г}^{Апах} \boxtimes Ca^{Ап/п}));$$

$$ТП_{2005} = pН_{В}^{Ап/п} \boxtimes M_{A+AB} V (P2O5^{Ап/п} \boxtimes \Gamma^{Ап/п} \boxtimes N_{В}^{Ап/п} \boxtimes (pН_{В}^{Апах} \boxtimes Ил^{Ап/п} \boxtimes (S^{Ап/п} V K2O^{Ап/п})$$

где: ТП – ранг типа почвы; pН_В – ранг почвы по реакции водной вытяжки; K₂O – ранг по содержанию подвижного калия; M_{A+AB} – ранг мощности гумусового горизонта; Г – ранг почвы по содержанию гумуса; Са – ранг почвы по поглощенному кальцию; N_В – ранг по содержанию валового азота; H_Г – ранг почвы по гидролитической способности; P₂O₅ – ранг почвы по подвижному фосфору; S – ранг почвы по содержанию суммы поглощенных оснований; Ил – ранг по содержанию ила; Апах – пахотный горизонт; Ап/п – подпахотный горизонт; \boxtimes – знак функции нелинейного произведения, которая показывает, что значение функции есть среднее арифметическое из суммы аргументов; V – знак дизъюнкции – значение функции А равно максимальному значению любого аргумента.

Расчет моделей по следующему примеру :

$$ТП_{1977(248)} = 3 \boxtimes 3 \boxtimes (1V3V1 \boxtimes 3 \boxtimes (3 \boxtimes 4V1 \boxtimes 3)) = 3 \text{ ранг}$$

$$ТП_{2005(A3ги)} = 4 \boxtimes 4V(3 \boxtimes 1 \boxtimes 2 \boxtimes (4 \boxtimes 4 \boxtimes (1V1))) = 4 \text{ ранг}$$

Достоверность математической модели проводили используя метод корреляционного анализа, путем сравнения фактических значений рангов в соответствии с профильно-генетической классификацией: 1 ранг - С₃; 2 ранг - Ч^в, 3 ранг - Ч, 4 ранг - ЧЛ.; а также субстантивно-генетической классификацией: 1 ранг - Ст; 2 ранг - АА_{бак}; 3 ранг - Аз_{так}; 4 ранг - Аз_{ги}; 5 ранг - АЧ^{сг}; 6 ранг - АЧ_{ги}; 7 ранг - АЧ^{тм} с прогнозируемыми значениями рангов информационно-логических моделей, рассчитанными для 29 разных почвенных разрезов с их индивидуальными физико-химическими свойствами.

При проведении оценка точности информационно-логической модели в соответствии с профильно-генетической классификацией, используя метод математической статистики, выявлено, что между фактическим и прогнозируемым рангами существует средняя по тесноте (о чем свидетельствует коэффициент корреляции (r), равный 0,61) и прямая по направлению взаимосвязь (уравнение линейной регрессии $y = 0,67x + 0,375$ (рисунок 1). Линейные корреляция и регрессия существенны, так как $tr > t_{05}$ ($4,35 > 2,05$) ($tr = 0,61/0,14 = 4,35$, т.е $t_{05} = 2,05$).

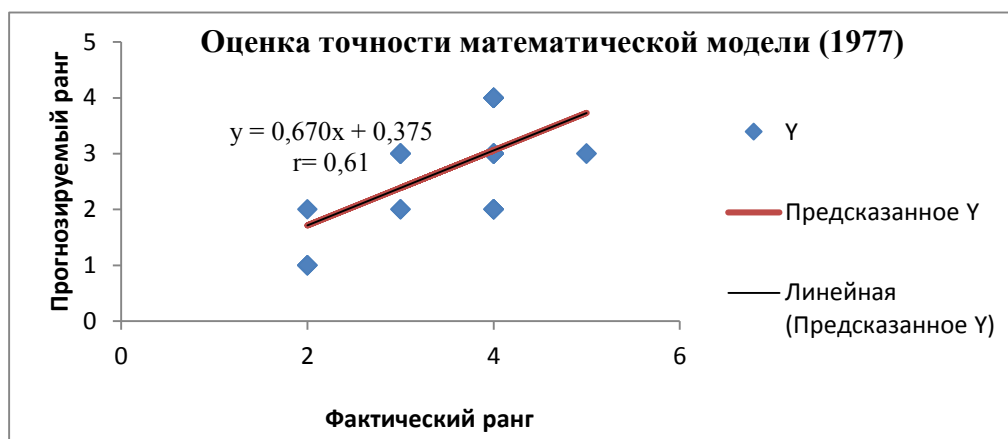


Рисунок 1. Точечная диаграмма и тренд линейной зависимости между фактическим и прогнозируемым рангами в соответствии с профильно-генетической классификацией

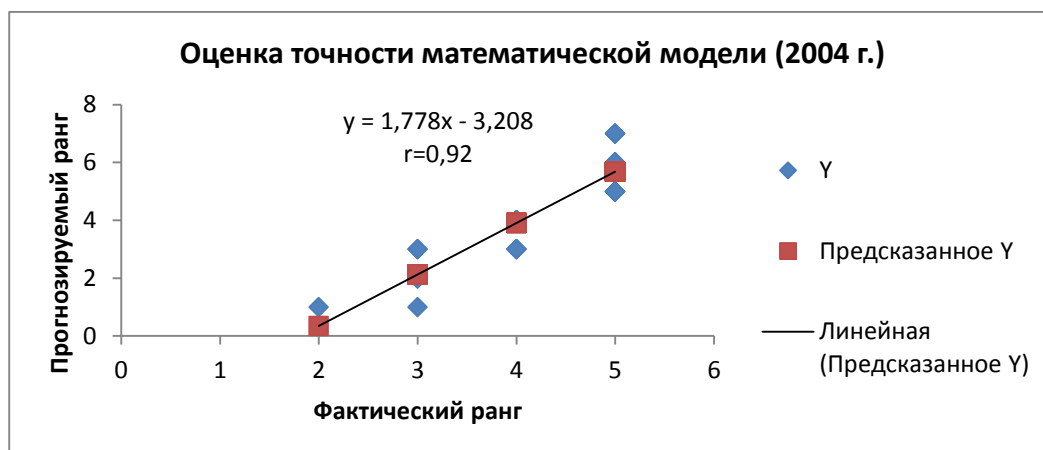


Рисунок 2. Точечная диаграмма и тренд линейной зависимости между фактическим и прогнозируемым рангами в соответствии с субстантивно-генетической классификацией

Оценка точности информационно-логической модели в соответствии с профилно-генетической классификацией, с использованием метод математической статистики, показала, что между фактическим и прогнозируемым рангами существует высокая по тесноте (о чем свидетельствует коэффициент корреляции (r), равный 0,92) и прямая по направлению взаимосвязь (уравнение линейной регрессии $y = 1,178x - 3,208$ (рисунок 2). Линейные корреляция и регрессия существенны, так как $tr > t_{05}$ ($13,14 > 2,05$) ($tr = 0,92/0,07 = 13,14$, $t_{05} = 2,05$).

Достоверность полученных моделей тем выше, чем коэффициент корреляции ближе к 1,0 и чем ближе экспериментальные точки к теоретической линии на графике (под углом 45°). Сравнивая результаты математической обработки данных выявлено, что модель, отражающая таксономические группы почв, определенные путем корреляции почвенной классификации по субстантивному подходу в соответствии субстантивно-генетической классификацией характеризуется более высокой математической точностью. Это свидетельствует о том, что использование модели определения таксономической группы почвы с учетом диагностических признаков (свойств почв) по данному принципу имеет более объективный характер, высокую степень надежности и точности результатов. Использование моделей целесообразно при проведении почвенных корреляций, что позволит объективно отнести почву к определенной таксономической группе.

Литература

1. Агроклиматические ресурсы Алтайского края (без Горно-Алтайской автономной области) [Текст]. - Л.: Гидрометеиздат, 1971. — 155 с.
2. Герасимова М.И. Возможности и ограничения корреляции почвенных классификаций [Электронный ресурс] / Герасимова М.И., Тонконогов В.Д., Лебедева И.И. Режим доступа: <http://soils.narod.ru/appendices/library/letter4.html>
3. Классификация и диагностика почв России [Текст] / Авторы и составители: Л.Л.Шишов, В.Д. Тонконогов, И.И. Лебедева, М.И. Герасимова. Смоленск: Ойкумена. 2004. 342 с.
4. Классификация и диагностика почв СССР [Текст]. М: Колос, 1977. 223 с.
5. Кононцева Е.В. Использование современной классификации почв в номенклатуре таксономических единиц почвенного покрова естественных и агроценозов Западной Сибири / Е.В. Кононцева, Ж.Г. Хлуденцов // Почвоведение – продовольственной и экологической безопасности страны: тезисы докладов VII съезда Общества почвоведов им. В.В. Докучаева и Всероссийской с международным участием научной конференции (Белгород, 15-22 августа 2016 г.): в 2 ч. Москва-Белгород: Издательский дом Белгород, 2016 . Ч.1. С. 180-181.
6. Красильников П.В. Почвенная номенклатура и корреляция / П.В. Красильников. Петрозаводск, 1999, 435 с.
7. Пивоварова Е.Г. Система агрохимических показателей в региональной классификации почв Алтайского края [Текст] / Е.Г. Пивоварова, Е.В. Кононцева, Ж.Г. Хлуденцов, Е.С. Попова // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. Барнаул: Изд-во АГАУ, 2018. - № 8(166). С. 40-47.
8. Пузаченко Ю.Г. Возможности применения информационно-логического анализа при изучении почвы на примере ее влажности [Текст]/ Ю.Г. Пузаченко // В кн.: Закономерности пространственного варьирования свойств почв и информационно-статистические методы их изучения.//Карпачевский Л.О., Взнуздаев Н.А. // М.: Наука, 1970. С. 103-121.
9. Тонконогов В.Д., Лебедева И.И., Герасимова М.И., Красильников П.В., Дубровина И.А. Корреляция почвенных классификаций / Петрозаводск, 2005, 52 с.
10. Soil Taxonomy. Second Edition. USDA/NRCS, 1999, Washigton, DC, 869 pp.
11. IUSS Working Group WRB. World Reference Base for Soil Resources 2014. International soil classification system for naming soils and creating legends for soil maps. World Soil Resources Reports № 106. 2014. FAO, Rome. 181 p.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 18-44-220003 и Минобрнауки Алтайского края.

Zh. G. Khludenzov, E.G. Pivovarova, Ye.V. Konontseva
Altai SAU, Barnaul, Russia
e-mail: zhan.khludentsov@mail.ru

**ASSESSMENT OF ACCURACY OF MATHEMATICAL MODELS
AT CORRELATION OF SOIL CLASSIFICATIONS OF THE SUBZONE
OF ORDINARY CHERNOZEMS AND THE ARID STEPPE
OF THE ALTAI REGION**

Abstract. In the work the taxonomic groups of soils of the genetic profile classification are correlated with the taxonomic sections of the substantive genetic classification. Using the methods of mathematical statistics, models of determining the taxonomic group of soils were evaluated taking into account their diagnostic features according to two soil classifications.

Keywords: mathematical model, correlation of soil classifications, moderately arid steppe, chernozems, model accuracy.

References

1. Agroklimaticheskie resursy Altajskogo kraja (bez Gorno-Altajskoj avtonomnoj oblasti) [Tekst]. L.: Gidrometeoizdat, 1971. 155 p.
2. Gerasimova M.I. Vozmozhnosti i ogranicheniya korrelyacii pochvennyh klassifikacij [Elektronnyj resurs] / Gerasimova M.I., Tonkonogov V.D., Lebedeva I.I. Rezhim dostupa: <http://soils.narod.ru/appendices/library/letter4.html>
3. Klassifikaciya i diagnostika pochv Rossii [Tekst] / Avtory i sostaviteli: L.L.SHishov, V.D. Tonkonogov. I.I. Lebedeva, M.I. Gerasimova Smolensk: Ojkumena. 2004. 342 p.
4. Klassifikaciya i diagnostika pochv SSSR [Tekst]. – M.: Kolos, 1977. 223 p.
5. Kononceva E.V. Ispol'zovanie sovremennoj klassifikacii pochv v nomenklature taksonomicheskikh edinic pochvennogo pokrova estestvennyh i agrocenozov Zapadnoj Sibiri / E.V. Kononceva, Zh.G. Hludencov // Pochvovedenie – prodovol'stvennoj i ekologicheskoy bezopasnosti strany: tezisy dokladov VII s"ezda Obshchestva pochvovedov im. V.V. Dokuchaeva i Vserossijskoj s mezhdunarodnym uchastiem nauchnoj konferencii (Belgorod, 15-22 avgusta 2016 g.): v 2 ch. Moskva-Belgorod: Izdatel'skij dom Belgorod, 2016 . V.1. P. 180-181.
6. Krasil'nikov P.V. Pochvennaya nomenklatura i korrelyaciya / P.V. Krasil'nikov. - Petrozavodsk, 1999, 435 p.
7. Pivovarova E.G. Sistema agrohimicheskikh pokazatelej v regional'noj klassifikacii pochv Altajskogo kraja [Tekst] / E.G. Pivovarova, E.V. Kononceva, Zh.G. Hludencov, E.S. Popova // Vestnik Altajskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. Barnaul: Izd-vo AGAU, 2018. № 8(166). P. 40-47.
8. Puzachenko YU.G. Vozmozhnosti primeneniya informacionno-logicheskogo analiza pri izuchenii pochvy na primere ee vlazhnosti [Tekst]/ YU.G. Puzachenko // V kn.: Zakonomernosti prostranstvennogo var'irovaniya svojstv pochv i informacionno-statisticheskie metody ih izucheniya. // Karpachevskij L.O., Vznuzdaev N.A. // M.: Nauka, 1970. P. 103-121.
9. Tonkonogov V.D., Lebedeva I.I., Gerasimova M.I., Krasil'nikov P.V., Dubrovina I.A. Korrelyaciya pochvennyh klassifikacij. Petrozavodsk, 2005, 52 p.
10. Soil Taxonomy. Second Edition. USDA/NRCS, 1999, Washigton, DC, 869 pp.
11. IUSS Working Group WRB. World Reference Base for Soil Resources 2014. International soil classification system for naming soils and creating legends for soil maps. World Soil Resources Reports № 106. 2014. FAO, Rome. 181 p.

СЕКЦИЯ 6. ЭКОЛОГИЯ ПОЧВ

SECTION 6. ECOLOGY OF SOILS

УДК 631.435

А.И. Барбашев, С.Н. Сушкова, Т.М. Минкина,
Т.С. Дудникова, Е.М. Антоненко, И.В. Замулина
Южный федеральный университет, Ростов-на-Дону, Россия
e-mail: snsushkova@sfedu.ru

ОСОБЕННОСТИ МИКРОАГРЕГАТНОГО СОСТАВА ЧЕРНОЗЕМА ОБЫКНОВЕННОГО ПРИ МОДЕЛЬНОМ ЗАГРЯЗНЕНИИ БЕНЗ(А)ПИРЕНОМ

Аннотация. Определен микроагрегатный состав почв методом лазерной дифракции при загрязнении бенз(а)пиреном (БаП). Исследования проводили в условиях модельного эксперимента, искусственно загрязненного БаП, с периодом инкубации 1 и 2 года. Определено количественное содержание ПАУ. Установлено закономерное увеличение содержания фракций пыли мелкой и ила тонкого и грубого спустя 2 года инкубации БаП в почве.

Ключевые слова: структура почвы, состав ПАУ, микроагрегатный состав почв, бенз(а)пирен, влияние ПАУ.

Многолетние токсикологические исследования позволили обозначить соединения группы ПАУ, которые необходимо постоянно контролировать с точки зрения их токсичности. В РФ мониторинг осуществляется только за одним соединением из класса ПАУ – бенз(а)пиреном (БаП) [1]. Поскольку сорбция ПАУ в почвах осуществляется тонкодисперсными частицами почв, в составе сорбционных и органо-минеральных комплексов, особо актуальной задачей является определение микроагрегатного состава почв [3: 4]. Целью работы было изучение особенностей взаимодействия ПАУ с микроагрегатными фракциями чернозема обыкновенного в условиях модельного загрязнения почв маркером загрязнения ПАУ - БаП.

Почву модельного эксперимента искусственно загрязняли БаП. В качестве объекта исследования был заложен модельный эксперимент с эталонной почвой (общая пробоподготовка) из ООПТ «Персиановский» (Ростовская обл.) со следующими свойствами: физ. глина, - 52.3%; ил – 29.6%; гумус- 4.2%; pH – 7.5; CaCO₃ – 0.2%; NH₄⁺ - 2.7 мг/100г; P₂O₅ – 3.6 мг/100г; K₂O – 39 мг/100г; Ca²⁺⁺ Mg²⁺ - 32 мг-экв/100г; ЕКО - 36 мг-экв/100г. Схема опыта включала контроль (исходная почва без загрязнителя), фон (почва, в которую вносили чистый ацетонитрил), варианты с внесением 20, 200, 400 и 800 нг/г БаП (что соответствовало 1, 10, 20 и 40 ПДК БаП в почве). Раствор БаП в ацетонитриле вносили на поверхность почвы. Почвенные образцы подготавливали к химическому анализу в соответствии с требованиями ГОСТ [2]. Исследование микроагрегатного состава выполнено на лазерном анализаторе размера частиц BeckmanCoulterLS 13 320.

Извлечение ПАУ из почв проводилось методом омыления с последующим количественным и качественным определением методом высокоэффективной жидкостной хроматографии с последующей масс-спектрометрией на приборе AGILENT 1260, с масс-детектором ABSCIEX 3200MD.

Были проанализированы различные ПАУ в почве модельного эксперимента которые являются производными БаП а так же фоновыми. ПАУ в почве модельного эксперимента были представлены 2 кольчатыми: Нафталин, Бифенил; 3 кольчатыми: Флуорен, Фенантрен, Антрацен; 4 кольчатыми: Флуорантен, Пирен, Бенз(а)антрацен; 5 кольчатыми: Бенз(б)флуорантен, Бенз(к)флуорантен, Бенз(а)пирен, Дибенз(а,һ)антрацен; 6ти кольчатым: Бенз(ɡ,һ,і)перилен. Установлено закономерное увеличение количества ПАУ в зависимости от дозы вносимого бензапирена.

Фоновое содержание приоритетных ПАУ в исходной почве следующее: бифенил – 1.95; антрацен – 1.79; флуорантен – 34.9; аценафтилен – 10.9, пирен 40.2 и БаП – 24.3 нг/г. Для БаП фоновый уровень в почве заповедника несколько превышает его ПДК (20 нг/г), что можно объяснить близостью заповедника к зоне влияния НчГРЭС – источника эмиссии ПАУ.

Распределение микроагрегатных, фракций в образцах модельного эксперимента (весна), загрязненных БаП, показало, что во всех изученных образцах преобладала фракция крупной пыли от 36.4 до 43.1% от общего объема образца. Содержания фракций мелкой и средней пыли варьировали: 14.1-17.7% и 11.5-14.5%, соответственно (рис. 1). Фракции илов (коллоидный, тонкий и грубый) обнаружены в образцах в количествах 0.5-0.6%, 2-2.5% и 1.7-2.5%; песка мелкого, среднего и крупного - 22.4-26.9%, 1.4-4.7%, 0.1-1%, соответственно. Спустя 6 месяцев инкубации (осенью) установлено, что процентное содержание фракций ила находилось в диапазонах: коллоидный - 0.4-0.5%, тонкий – 2.0-3.1%, грубый - 1.8-3.4%. Содержание фракций пыли мелкой, средней и крупной составило: 14.1-21.5%, 11.5-16.9%, 38.7-43.7%, соответственно; фракции песка мелкого - 11.0-26.9%, среднего - 0-4.7%, крупного - 0-0.9%.



Рисунок 1 Содержание фракций пыли мелкой в почвах модельного эксперимента, искусственно загрязненного БаП, через 2 года инкубации бенз(а)пирена в почве, %

Установлено, что при отборе проб в весенний период, процентное содержание фракции остается неизменным и зависимости от концентрации внесенного БаП в почву не наблюдалось. Однако, при отборе проб через 2 года, обнаружена прямая корреляционная зависимость между процентным содержанием фракции и концентрацией БаП. Установлено увеличение процентного содержание фракции 1.8-3.4%

с увеличением от 1 до 40 ПДК, а также увеличение процентного содержания фракции 2-3.1% при увеличении концентрации БаП в почве.

Таким образом, установлено, что при увеличении концентрации БаП от 1 до 40 ПДК в почве происходит увеличение процентного содержания частиц фракции пыли мелкой, ила грубого и тонкого от 14.1-21.5%, 1.8-3.4%, 2-3.1%, соответственно. Через 2 года инкубации данный показатель снижается до значений 4.65-0.1%, соответственно. Корреляция между содержанием БаП в почве и фракциями среднего песка составила $R = -0,67$ весной и $R = -0.75$ осенью.

Исследования выполнены при финансовой поддержке российского научного фонда (РНФ) № 19-74-10046.

Литература

1. ГН 2.1.7.2041-06, 2006. «Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в почве», утвержденные Главным государственным санитарным врачом Российской Федерации 19 января 2006 года.
2. ГОСТ 17.4.4.02-84, 2008. Охрана природы. Почвы. Методы отбора и подготовки проб для химического, бактериологического, гельминтологического анализа.
3. Tsibart, A., Gennadiev, A., 2013. Polycyclic aromatic hydrocarbons in soils: Sources, behavior, and indication significance. *Eurasian Soil Sci.* 46(7), 728–741. doi:10.1134/S1064229313070090.
4. Pereira, T., Laiana, S., Rocha, J., Broto, F., Comellas, L., Salvadori, D., Vargas, V., (2013) Toxicogenetic monitoring in urban cities exposed to different airborne contaminants. *Ecotoxicol. Environ. Saf.* 90: 174–182. doi: 10.1016/j.ecoenv.2012.12.029.

A.I. Barbashev, S.N. Sushkova, T.M. Minkina, T.S. Dudnikova, E.M. Antonenko, I.V. Zamulina

Southern Federal University, Rostov-on-Don, Russia

FEATURES OF THE MICRO-AGGREGATE COMPOSITION OF ORDINARY CHERNOZEM AT MODEL CONTAMINATION OF BENZ (A) PYRENE

Abstract. The microaggregate composition of soils was determined by laser diffraction in case of pollution with benzo(a)pyrene (BaP). The studies were carried out under the conditions of a model experiment, artificially contaminated with BaP, with an incubation period of 1 and 2 years. The quantitative content of PAHs was determined. A regular increase in the content of fine dust fractions and fine and coarse silt was found after 2 years of incubation of BaP in the soil.

Keywords: soil structure, PAH composition, soil microaggregate composition, benz (a) pyrene, PAH effect.

References

1. GN 2.1.7.2041-06, 2006. “Maximum permissible concentrations (MPC) of chemicals in the soil”, approved by the Chief State Sanitary Doctor of the Russian Federation on January 19, 2006.
2. GOST 17.4.4.02-84, 2008. Environmental protection. The soil. Methods of sampling and sample preparation for chemical, bacteriological, helminthological analysis.
3. Tsibart, A., Gennadiev, A., 2013. Polycyclic aromatic hydrocarbons in soils: Sources, behavior, and indication significance. *Eurasian Soil Sci.* 46 (7), 728–741. doi: 10.1134/S1064229313070090.
4. Pereira, T., Laiana, S., Rocha, J., Broto, F., Comellas, L., Salvadori, D., Vargas, V., (2013) Toxicogenetic monitoring in urban cities exposed to different airborne contaminants. *Ecotoxicol. Environ. Saf.* 90: 174–182. doi: 10.1016/j.ecoenv.2012.12.029.

М.В. Бурачевская, Т.М. Минкина, С.С. Манджиева, Л.Л. Назарян
Южный федеральный университет, Ростов-на-Дону, Россия
e-mail: marina.0911@mail.ru

СОСТАВ СОЕДИНЕНИЙ ЦИНКА В ПОЧВЕ ИМПАКТНОЙ ЗОНЫ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ РАЗНЫХ МЕТОДОВ ФРАКЦИОНИРОВАНИЯ

Аннотация. Изучен состав соединений Zn в импактной зоне энергоснабжающего предприятия. Выявлены общие закономерности и особенности фракционного состава Zn в черноземе обыкновенном, так, в зависимости от выбранного метода экстрагирования. Установлено, что для Zn характерно взаимодействие с минеральной составляющей почвы.

Ключевые слова: цинк, фракционный состав, методы экстрагирования, чернозем обыкновенный, аэротехногенное загрязнение.

Как микроэлемент Zn участвует в биохимических процессах в живых организмах, но может стать токсичным при избыточном содержании [2]. Для понимания механизмов трансформации техногенных соединений металла в почве и определения его токсичности недостаточно изучения только валового содержания. Экологическая оценка токсикантов в большей степени определяется их подвижностью, которая зависит от связи их с почвенными компонентами. Для выявления роли различных компонентов почвы в связывании металла используют методы последовательных селективных экстракций.

Цель работы – изучить фракционный состав Zn в почве, находящейся в зоне воздействия аэротехногенных выбросов предприятия, разными методами экстрагирования.

Объекты и методы. Почва была отобрана в зоне влияния НЧГРЭС (1,6 км в СЗ направлении). В соответствии с результатами изучения воздействия нескольких крупных ГРЭС в центре России было установлено, что территории, находящиеся на расстоянии до 4 км от электростанций, подвержены наибольшему экологическому нарушению [5]. Выбросы НЧГРЭС состоят главным образом из золы, сернистого ангидрида, оксидов азота, сажи (свыше 30 т/год), фтористого водорода (7 кг/год), пятиоксида ванадия (около 8 т/год), оксидов железа (свыше 5 т/год) и тяжелых металлов (среди которых доминируют Cu, Zn и Pb), хромового ангидрида (около 0,1 т/год) и др. В золе содержится до 85% химических элементов, присутствующих в исходном угле изначально [5].

В отобранных почвенных образцах проанализированы основные физико-химические показатели, представленные в таблице 1 [1].

Почвенный покров исследуемой территории представлен черноземом обыкновенным карбонатным. Мощность гумусовых горизонтов составляет 70-100 см. Данные почвы содержат до 5% гумуса. По гранулометрическому составу черноземы обыкновенные являются тяжелосуглинистыми, образовались на карбонатных лессовидных породах (табл. 1).

Для изучения фракционного состава Zn в техногенно загрязненной почве были использованы наиболее широко распространенные процедуры химического фракционирования Миллера [4] в модификации Берти, Джакобс [3], Тессье [8] и «стандартизированный» метод фракционирования бюро при комиссии европейских сообществ (BCR) [6].

Таблица 1

**Физические и химические свойства чернозема обыкновенного
карбонатного в слое 0-20 см**

Физ. глина, (<0.01 мм),%	Ил(<0.001 мм),%	Гумус, %	pH	CaCO ₃ , %	(гидр)оксиды Fe-Mn	Ca ²⁺ + Mg ²⁺ , смоль(+)/кг	СЕС, смоль(+)/кг
55.3	30.9	4.5	7.4	0.7	3,9	30.1	32.2

Все три метода предусматривают последовательную обработку одной навески почвы различными экстрагентами, которые достаточно селективно взаимодействуют с конкретными почвенными компонентами или оказывают влияние на определенную форму связи ТМ с ними, вследствие чего ионы ТМ переходят в раствор (табл. 2).

Результаты и обсуждение

Сумма фракций, полученная по всем изученным методам последовательного фракционирования, была очень близкой и соответствовала валовому содержанию Zn в почве, что свидетельствует об объективности данных, полученных разными методами.

На основе результатов, полученных по 3-м методам фракционирования, установлено, что наибольшее количество Zn в исследуемом черноземе обыкновенном сосредоточено в остаточной фракции (60,5-73,4 мг/кг), что соответствует литературным данным [2] (табл. 3). Ионы ТМ, закрепленные в кристаллических решетках минералов, наиболее прочно связаны с почвой, вследствие чего они трудно извлекаемы и менее всего доступны для растений и вовлечения в биологический кругооборот. Zn более склонен к взаимодействию с минеральными почвенными компонентами [2]. Хорошо выраженной является фракция Zn, связанного с несиликатными соединениями железа, то есть Zn достаточно сильно адсорбируется на поверхности оксидов и гидроксидов железа.

В почве с интенсивной техногенной нагрузкой наблюдается следующее фракционное распределение Zn: остаточная фракция > связанная с оксидами Fe-Mn > связанная с органическим веществом > связанная с карбонатами > обменная (рис. 1).

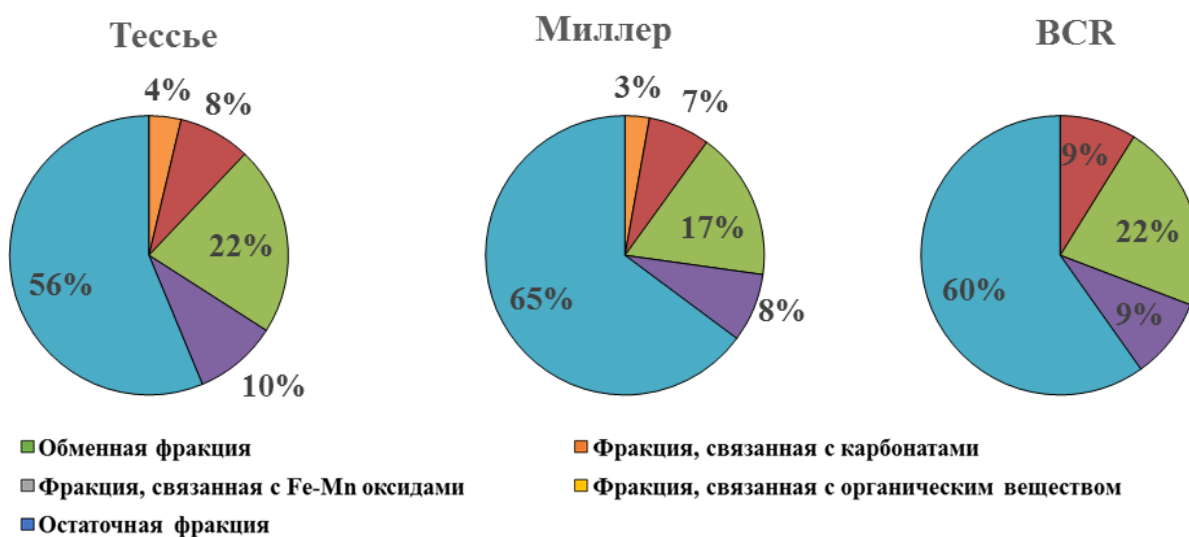


Рисунок 1. Распределение Zn по фракциям в черноземе обыкновенном, расположенном в импактной зоне НЧГРЭС, % от суммы фракций

Таблица 2

Экстрагенты для фракционирования соединений ТМ

Метод	1	2	3	4	5	6	7	8
Miller, 1986 модификации [3]	Би в дис. вода	0,5 М Са (NO ₃) ₂ рН7	0,44 М СН ₃ СООН + 0,1 М Са (NO ₃) ₂ рН 4,8	0,1 М Na ₄ P ₂ O ₇ рН 4,8	0,1 М NH ₂ ОН·НСl + 0,01 М HNO ₃	0,175 М (NH ₄) ₂ C ₂ O ₄ + 0,1 М H ₂ C ₂ O ₄ (реактив Тамма)	0,175 М (NH ₄) ₂ C ₂ O ₄ + 0,1 М H ₂ C ₂ O ₄ (ультрафиолет)	HF+ HClO ₄ , затем HNO ₃ конц
Tessier [8]	1 М MgCl ₂ рН 7,0		1 М СН ₃ СООН + CH ₃ COONa, рН 5,0	30% H ₂ O ₂ + HNO ₃ , рН 2, затем 3,2 М СН ₃ COONH ₄ рН 2,0	0,04 М NH ₂ ОН·НСl в 25% СН ₃ COONH ₄ рН 2			HF+HClO ₄ , затем HNO ₃ конц
BCR[6]		0,11 М СН ₃ СООН, рН 3		27% H ₂ O ₂ , 1 М NH ₄ CH ₃ COO, рН 2	0,1 М NH ₂ ОН·НСl в 25% СН ₃ СООН, рН 2			HF+HClO ₄ , затем HNO ₃ конц

Примечание: экстрагенты: 1 – водорастворимые, 2 – обменные, 3 – связанные с карбонатами, 4 – связанные с органическим веществом, 5 – связаны с Mn оксидами, 6 – связаны с аморфными оксидами Fe, 7 – связаны с кристаллическими оксидами Fe, 8 – остаточная фракция

Таблица 3

Фракционный состав Zn в черноземе обыкновенном района НчГРЭС, мг/кг

Фракции										Валовое содержание
водорастворимая	обменная	связанная с карбонатами	связанная с Fe-Mn оксидами	связанная с органическим веществом	связанная с оксидами Mn	связанная с аморфными оксидами Fe	связанная с кристаллическими оксидами Fe	остаточная	сумма	
Метод Миллера [4]										
0,7±0,1	2,5±0,2	8,1±0,9	-	9,0±0,8	2,1±0,1	10,9±1,0	6,5±0,6	73,4±6,1	113,2±10,9	115±9,0
Метод Тессье [8]										
4,0±0,3		9,0±0,5	23,6±0,2	10,4±1,0	-	-	-	60,5±4,9	107,5±16,1	115±9,0
Метод BCR [6]										
10,3±1,0			25,4±2,0	10,9±1,0	-	-	-	69,4±5,9	116,0±10,8	115±9,0

*±ошибка средней, n=3

Использование метода Миллера дает возможность дополнительно выделить фракции металла, связанные с оксидами Mn, аморфными и кристаллическими оксидами Fe. Доля Zn, связанной с оксидами Mn, составляет не более 2% от суммы фракций (табл.3). Несмотря на высокую активность оксидов Mn в поглощении металлов в почвах, их роль в закреплении металлов в карбонатных черноземах незначительна в связи с низким содержанием. Содержание Zn во фракции аморфного Fe в почве выше, чем во фракции, связанной с кристаллическим Fe более, чем в 2 раза, что говорит о наличии техногенного загрязнения в почве (табл. 3). Установлено [7], что окристаллизованные частицы оксидов и гидроксидов Fe-Mn принимают главное участие в прочном связывании металлов в различных типах почв.

Таким образом, изучено фракционное распределение соединений Zn под влиянием аэрозольных выбросов НЧГРЭС. На этот процесс оказывает влияние как свойства исследуемой почвы, так и сродство самого металла к определенным типам реакционных центров. Для Zn характерно взаимодействие с минеральными компонентами почвы, включая силикаты почвы (до 68%), а также оксиды Fe и Mn (до 22%). Данные, полученные при исследовании почв при аэротехногенном загрязнении, по всем применяемым схемам фракционирования, не противоречат друг другу, следуют общим тенденциям во фракционном распределении исследуемого металла.

Исследование выполнено при финансовой поддержке Российского научного фонда в рамках научного проекта № 19-74-00085.

Литература

1. Воробьева Л.А. Теория и практика химического анализа почв. Москва: ГЕОС. 2006. 400 с.
2. Ладонин Д.В., Пляскина О.В. Фракционный состав соединений меди, цинка и свинца в некоторых типах почв при полиэлементном загрязнении // Вестник МГУ. Сер. 17. Почвоведение. 2003. № 1. С. 9-16.
3. Berti W.R., Jacobs L.W. Chemistry and phytotoxicity of soil trace elements from repeated sewage sludge applications // Journal of Environmental Quality. 1996. V. 25. P. 1025-1032.
4. Miller P.W., Martens D.C., Zelazny L.W. Effect of sequence in extraction of trace metals from soils // Soil Science American Journal. 1986. V. 50. P. 598-601.
5. Minkina T. M., Bauer T. V., Batukaev A. A., Mandzhieva S. S., Burachevskaya M. V., Sushkova S. N., Varduni T. V., Sherstnev A. K., Kalinichenko V. P. Transformation of technogenic Cu and Zn compounds in chernozem // Environmental Engineering and Management Journal. 2015. Vol.14. №. 2. 481-486.
6. Mossop K.F., Davidson C.M. Comparison of original and modified BCR sequential extraction procedures for the fractionation of copper, iron, lead, manganese and zinc in soils and sediments // Analytica Chimica Acta. 2003. № 478. P.111-118.
7. Pinskiy D.L., Minkina T.M., Mandzhieva S.S., Fedorov U.A., Nevidomskaya D.G., Bauer T.V. Adsorption features of Cu(II), Pb(II), and Zn(II) by an ordinary chernozem from nitrate, chloride, acetate, and sulfate solutions // 2014. Eurasian Soil Science. V. 47. P. 10-17.
8. Tessier A., Campbell P.G.C., Bisson M. Sequential extraction procedure for the speciation of particulate trace metals // Analytical chemistry. 1979. V. 51. №. 7. P. 844-850.

M.V. Burachevskaya, T.M. Minkina, S.S. Mandzhieva, L.L. Nazaryan
Southern Federal University, Rostov-on-Don, Russia

COMPARISON OF THE RESULTS OF THE COMPOSITION OF ZINC COMPOUNDS OBTAINED BY DIFFERENT METHODS OF FRACTIONATION

Abstract. The composition of Zn compounds in the impact zone of the power supply enterprise was studied. The general regularities of the Zn composition in Haplic Chernozem and the features depending on the selected extraction method are revealed. It was found that Zn is characterized by interaction with the mineral component of the soil.

Keywords: zinc, fractional composition, extraction methods, ordinary chernozem, aerotechnogenic pollution.

References

1. Vorobyeva L. A. 2006. Theory and Practice Chemical Analysis of Soils. GEOS. Moscow. 400 p. (in Russian)
2. Ladonin D. V., Plyaskina O. V. Fractional composition of copper, zinc and lead compounds in some soil types under polyelement contamination. VestnikMSU. Ser. 17. Pedology. 2003. V. 1. pp. 9 - 16.
3. Berti W.R., Jacobs L.W. Chemistry and phytotoxicity of soil trace elements from repeated sewage sludge applications // Journal of Environmental Quality. 1996. V. 25. P. 1025-1032.
4. Miller P.W., Martens D.C., Zelazny L.W. Effect of sequence in extraction of trace metals from soils // Soil Science American Journal. 1986. V. 50. P. 598-601.
5. Minkina T. M., Bauer T. V., Batukaev A. A., Mandzhieva S. S., Burachevskaya M. V., Sushkova S. N., Varduni T. V., Sherstnev A. K., Kalinichenko V. P. Transformation of technogenic Cu and Zn compounds in chernozem // Environmental Engineering and Management Journal. 2015. Vol. 14. №. 2. 481-486.
6. Mossop K.F., Davidson C.M. Comparison of original and modified BCR sequential extraction procedures for the fractionation of copper, iron, lead, manganese and zinc in soils and sediments // Analytica Chimica Acta. 2003. № 478. P. 111-118.
7. Pinskiy D.L., Minkina T.M., Mandzhieva S.S., Fedorov U.A., Nevidomskaya D.G., Bauer T.V. Adsorption features of Cu(II), Pb(II), and Zn(II) by an ordinary chernozem from nitrate, chloride, acetate, and sulfate solutions // 2014. Eurasian Soil Science. V. 47. P. 10-17.
8. Tessier A., Campbell P.G.C., Bisson M. Sequential extraction procedure for the speciation of particulate trace metals // Analytical chemistry. 1979. V. 51. №. 7. P. 844-850.

УДК 631.4:504.61

Е.А. Ворончихина, Д.М. Ширинкина

ФГБОУВО «Пермский государственный национальный исследовательский университет», Естественнонаучный институт, г. Пермь, Россия

e-mail: Voronchihina-ea@yandex.ru

МЫШЬЯК В ПОЧВАХ ПЕРМСКОГО КРАЯ

Аннотация. Дана оценка содержания и транслокационной активности мышьяка (As) в зональных типах почв Пермского края с разной степенью техногенной нагрузки. Выявлена существенная дифференциация концентраций As в условно коренных таежных и агрогенных почвах, а также различия в его транслокационной активности зеленой массой ели и березы.

Ключевые слова: мышьяк, геохимия, техногенная миграция, экологическая опасность.

Мышьяк – технофильный элемент, используемый в промышленности, сельском хозяйстве, в бытовой химии, медицине. Обширность применения предопределила множество источников его поступления в среду обитания. До недавнего времени наибольшие объемы техногенного рассеивания были связаны с производством боевых отравляющих веществ. В настоящее время лидирующие позиции перешли к пестицидам, повсеместно применяемым в сельском хозяйстве. Будучи биофильным элементом, проявляющим склонность к накоплению в биосубстратах, в качестве побочного продукта мышьяк рассеивается всеми отраслями промышленности, связанными с добычей и переработкой полезных ископаемых биогенной природы (нефти, угля, горючих сланцев и пр.), а также при добыче золота и полиметаллов [1-3].

Основные пути миграции мышьяка в природной среде связаны с его геохимическими особенностями: высокой водной растворимостью соединений и склонностью к трансформации в летучие формы при сравнительно низких температурах

(51°C и выше). Поэтому в нормальных природных условиях мышьяк мигрирует в растворах и со взвешьями, рассеивается в атмосфере с пылью и газами. Важнейшим звеном природной аккумуляции мышьяка, поглощающим все известные его соединения, является почвенный покров, из которого данный технофильный элемент посредством транслокации растительностью поступает в пищевую цепь, создавая реальную угрозу для человека. В небольших дозах мышьяк является причиной нарушения функций сердечно-сосудистой системы. При длительном воздействии, даже малыми дозами, он ведет к развитию онкологических заболеваний. Широко известны последствия экологически обусловленных патологий, связанных с мышьяком, получившие названия «рак виноградарей» и «черная нога» [1,2].

Устойчивость соединений мышьяка в природных процессах, склонность к биогенному поглощению и выраженные канцерогенные свойства предопределили его принадлежность к элементам первого класса экологической опасности, обязательным для экологического и санитарно-гигиенического контроля [7].

К сожалению, контроль за рассеиванием мышьяка и его концентрацией в сельскохозяйственной продукции, производимой в Пермском крае, отсутствует. Весьма ограниченно представлена информация о загрязнении почв данным элементом. Поэтому целью исследования послужила первичная оценка содержания мышьяка в почвах Пермского края.

Для ее реализации использованы 2 блока информации:

- официальные данные о содержании мышьяка в почвах сельскохозяйственных угодий края, опубликованные в ежегодных экологических докладах о состоянии окружающей среды за 2015-2018 гг [4];

- результаты инициативных исследований, выполненных авторами при оценке состояния почв промышленных территорий Пермского края.

Инициативные исследования выполнены в составе инженерно-экологических изысканий Лаборатории экологической геологии ЕНИ ПГНИУ в 2015-2018 гг. Лаборатория имеет лицензию на изыскания, включая оценку состояния почв. Объектом исследования послужили региональные таежные и подтаежные экосистемы с характерными для них типами почв: фоновыми подзолистыми и серыми лесными, а также их вторичными техногенными и агрогенными производными. Общность обследованных почв обусловлена их принадлежностью к единому таксону – отделу текстурно-дифференцированных почв, входящему в ствол постлитогенного почвообразования. Для почвенного субстрата характерна кислая реакция среды, суглинистый состав, низкая обеспеченность подвижными формами фосфора и калия.

Учитывая морфологические особенности почвенного слоя, содержание мышьяка определялось в верхнем аккумулятивном (O_{ao} в подзолистых почвах; АУ - в серых) и во внутрипочвенном иллювиальном горизонте (ВТ). Лабораторно-аналитические работы выполнены в сертифицированных лабораториях ПГНИУ: в секторе наноминералогии (микроэлементный анализ методом НСАМ 499-АЭС/МС) и в гидрохимической лаборатории (общий химический анализ водной вытяжки). Всего за период наблюдений было отобрано и проанализировано 326 почвенных проб из 163 разрезов, расположенных в экосистемах средней, южной тайги и подтаежной зоны Пермского края, характеризующихся разной степенью техногенной нагрузки. Обобщенная информация о содержании мышьяка в почвенном слое и в растительности приведена в таблице 1.

Полученные результаты свидетельствуют, что содержание мышьяка в подзолистых и серых лесных почвах Пермского края существенно превышает

предельно-допустимую концентрацию (ПДК) для почв – 2,0 мг/кг [6], рассчитанную и введенную в норматив по транслокационному показателю. Наиболее высокие превышения, кратные 5 ПДК, характерны для агроземов, находящихся в залежном состоянии в Соликамском районе, а также для агроземов, эксплуатируемых в непосредственной близости от объектов нефтедобычи в Уинском и Чернушинском районах края (табл.1).

Таблица 1

Содержание мышьяка в почвах и растительности зональных экосистем Пермского края с разным уровнем техногенной нагрузки (по результатам обследования за период 2015-2018 гг)

Территориальная принадлежность данных (количество обработанных проб)	Содержание мышьяка, мг/кг в.с.м.* образца					
	В почве ($\frac{O_{ao}; AY; P}{BT}$)			В фитомассе (Е – хвоя ели; Б – лист березы)		
	min	max	среднее	min	max	среднее
Соликамский район, средняя тайга (182)						
Подзолистые фоновые	$\frac{0,6}{0,4}$	$\frac{2,7}{2,3}$	$\frac{2,2}{2,0}$	Е 0,06	Е 1,12	Е 0,74
Подзолистые нарушенные (абраземы)	$\frac{1,9}{2,2}$	$\frac{6,2}{6,6}$	$\frac{3,8}{3,3}$	Б 0,18	Б 2,96	Б 2,15
Подзолистые нарушенные (агроземы)	$\frac{2,3}{3,3}$	$\frac{8,9}{10,6}$	$\frac{4,7}{5,4}$	Нет данных		
Усольский район и территория, подчиненная г.Березники, южная тайга (86)						
Подзолистые фоновые	$\frac{1,7}{2,1}$	$\frac{5,7}{4,2}$	$\frac{3,2}{3,1}$	Е 0,04 Б 0,22	Е 1,31 Б 3,02	Е 1,03 Б 2,23
Подзолистые нарушенные (абраземы)	$\frac{2,1}{2,5}$	$\frac{6,1}{4,8}$	$\frac{3,7}{3,5}$	Б 0,27	Б 2,47	Б 2,23
Подзолистые нарушенные (агроземы)	$\frac{3,6}{3,1}$	$\frac{6,9}{7,7}$	$\frac{5,0}{4,6}$	Нет данных		
Уинский и Чернушинский районы, подтаежная зона (58)						
Серые лесные фоновые	$\frac{2,2}{2,7}$	$\frac{9,7}{9,5}$	$\frac{4,3}{4,8}$	Нет данных		
Агроземы	$\frac{3,9}{3,9}$	$\frac{10,2}{9,5}$	$\frac{5,1}{4,7}$	Нет данных		

*Примечание: * - воздушно-сухой массы.*

Транслокационный показатель применительно к объектам исследования рассчитан только для таежных экосистем по соотношению концентрации мышьяка в зеленой массе (ели и березы) и в корнеобитаемом слое почвы. Расчеты показали, что для лесных экосистем данный показатель во всех случаях ниже 1, то есть биологическое поглощение мышьяка зеленой массой ели и березы незначительное. Данный факт можно объяснить тем, что мышьяк принадлежит к группе анионогенных элементов, обладающих низкой миграционной активностью в кислой среде. Именно поэтому из кислых подзолистых почв, он слабо поглощается растительной массой.

Помимо данных, полученных в ходе исследований, для оценки содержания мышьяка в почвах Пермского края использована официальная информация из ежегодных экологических докладов [4].

Результаты выборки из представленной официальной информации о содержании мышьяка в почвах сельскохозяйственного назначения приведены в таблице 2. Они косвенно подтверждают результаты, полученные авторами в ходе инициативных исследований, и позволяют считать, что ситуация с содержанием мышьяка в почвах Пермского края далека от удовлетворительной.

**Содержание мышьяка в почвах сельскохозяйственных угодий Пермского края
(по официальным данным за период 2016-2018 гг [4])**

Принадлежность данных		Содержание мышьяка, мг/кг почвы			
Год	Административный район (количество хозяйств, предоставивших данные)	min	max	среднее	модальное
2015-2016	Верещагинский (23)	1,0	5,9	3,4	3,7
	Добрянский (9)	1,2	5,5	3,3	3,6
	Ординский (10)	1,1	8,3	4,7	4,2
	Оханский (7)	2,7	7,9	5,3	5,1
	Очерский (11)	2,2	6,3	4,3	4,2
	Суксунский (21)	0,4	9,2	4,8	5,6
	Уинский (16)	0,5	10,0	5,3	8,6
	Чернушинский (1)	-	-	8,5	-
2017	Карагайский (20)	0,4	6,3	3,3	3,9
	Бардымский (25)	0,9	5,8	3,3	3,7
	Карагайский (20)	0,4	6,3	3,3	3,9
	Пермский район (1)	2,7	3,8	3,3	-
2018	Большесосновский (28)	0,2	8,5	4,3	4,1
	Чайковский (35)	0,2	4,5	2,3	2,7
	Кудымкарский (1)	1,3	4,1	2,7	-
Средние значения		1,0 (±0,6)	6,6 (±1,6)	4,2 (±1,1)	4,4 (±0,9)

Во всех сельскохозяйственных районах края средняя концентрация мышьяка в почвах превышает ПДК [4]. Считать допустимой данную ситуацию, используя для оценки ориентировочно допустимую концентрацию (ОДК) [5], что зачастую происходит, нельзя, поскольку данный документ ориентирован на загрязнители, для которых на период его введения в действие ПДК не были установлены. Поэтому в документе [5] указано, что при наличии ПДК, приоритет при оценке нагрузки отдается использованию именно ПДК.

Исходя из сложившейся ситуации, небезопасной для здоровья жителей края, необходимо введение системы контроля за содержанием мышьяка не только в почвах, но и в выращиваемой на них растительной продукции.

Литература

1. Бондарев Л.А. Микроэлементы: благо и зло. М.: Наука, 1984. 167 с.
2. Брукс Р.Р. Биологические методы поисков полезных ископаемых. М.: Недра, 1986. 311 с.
3. Кабата-Пендиас А., Пендиас Х. Микроэлементы в почвах и растениях. М.: Мир, 1989. 436 с.
4. О состоянии и об охране окружающей среды Пермского края / Ежегодный экологический доклад. Пермь, 2012-2018 гг / <https://www.permecology.ru> (дата обращения 08.08.2019).
5. Ориентировочно допустимые концентрации (ОДК) химических веществ в почве. ГН 2.1.7.2511-09 / Утв. постановлением Гл.гос.санитарного врача РФ № 32 от 08.05.2009 г. М., 2009. 7с.
6. Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в почве. ГН 2.1.7.2041-06 / Утв. Гл. гос. санитарным врачом РФ 23.01.2006 г.
7. Санитарно-эпидемические требования к качеству почвы. СанПиН 2.1.7.1287-03 / Утв. постановлением Гл.гос.санитарного врача РФ № 53 от 06.04.2003 г (с доп. от 15.06.2007 г). М., 2007. 10с.

Ye. A. Voronchikhina, D.M. Shirinkina
Perm State National Research University, Natural Science Institute, Perm, Russia

ARSENIC IN SOILS OF PERM KRAI

Abstract. The estimation of arsenic content in podzolic and gray forest soils of Perm Krai is given. The translocation activity of arsenic in the system "soil-plant" as a factor of formation of pollution foci taking into account its natural and man-made sources of dispersion is considered.

Keywords: arsenic, Geochemistry, technogenic migration, ecological danger.

References

1. Bondarev L.A. Trace elements: good and evil. M.: Nauka, 1984. 167 p.
2. Brooks R.R. Biological methods of mineral exploration. M.: Nedra, 1986. 311 p.
3. Kabata-Pendias A., Pendias H. Trace elements in soils and plants. M., 1989. 436 p.
4. On the state and environmental protection of the Perm Territory / Annual environmental report. Perm, 2012-2018 / <https://www.permecology.ru> (accessed 08.08.2019).
5. Roughly allowable concentrations (OEC) of chemicals in the soil. GN 2.1.7.2511-09 / Approved. Decree of the Head of the State Sanitary Doctor of the Russian Federation No.32 dated 05.08.2009.M., 2009.7 p.
6. Maximum allowable concentration (MPC) of chemicals in the soil. GN 2.1.7.2041-06 / Approved. Ch. state Sanitary Doctor of the Russian Federation 01.23.2006.
7. Sanitary and epidemic requirements for soil quality. SanPiN 2.1.7.1287-03 / Approved by Decree of the Chief State Sanitary Doctor of the Russian Federation No. 53 dated 04.06.2003 (with an additional dated 15.06.2007). M., 2007.10 p.

УДК 631.4; 574.56

С.М. Горохова, М.В. Разинский, А.А. Васильев, Н.М. Щуренко
ФГБОУ ВО Пермский ГАТУ, Пермь, Россия
e-mail: gorohova.s@hotmail.com, a.a.vasilev@list.ru

МИНЕРАЛЫ ЖЕЛЕЗА В ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТЫХ ПОЧВАХ АГРОЛАНДШАФТОВ СРЕДНЕГО ПРЕДУРАЛЬЯ

Аннотация. В данном исследовании охарактеризованы морфология и химический состав железосодержащих минералов, входящих в состав магнитной фазы дерново-подзолистых почв агроландшафтов Среднего Предуралья.

Ключевые слова: дерново-подзолистая почва, магнитная фаза, железосодержащие минералы, тяжелые металлы, Пермский край.

Литогенные и техногенные частицы магнитной фазы почв часто являются носителями тяжелых металлов и изучение их состава является актуальной проблемой почвоведения и экологии, которая привлекает внимание отечественных и зарубежных ученых [1-10]. Состав магнитной фазы почв агроландшафтов Среднего Предуралья, по сравнению с почвами урбанизированных территорий региона [1-3], изучен слабо, хотя эколого-геохимическое состояние почвенного покрова сельскохозяйственных угодий региона характеризуется, как неблагоприятное.

Объектами исследования были пахотные тяжелосуглинистые Карагайского (разрез № 30) и песчаные дерново-подзолистые почвы Краснокамского (разрез № 2) административных районов Пермского края.

Цель исследования – характеристика минералогического и элементного химического составов железосодержащих минералов магнитной фазы дерново-мелкоподзолистых почв агроландшафтов Среднего Предуралья.

Методы исследования. Для извлечения магнитной фазы из мелкозема почв использовали метод сухой магнитной сепарации постоянным ферритовым магнитом. Электроннозондовый и энергодисперсионный микроанализы выполнены на аналитическом комплексе «Tescan Vega II» в Геофизической обсерватории «Борок»

Института физики Земли им. О.Ю. Шмидта РАН (физик-аналитик к. ф.-м. н. В.А. Цельмович).

Содержание магнитной фазы в мелкоземле составляет от 0.3% до 1.0% [6]. Удельная магнитная восприимчивость магнитной фазы почвы составляет $8850 \times 10^{-8} \text{ м}^3/\text{кг}$ (разрез № 30) и $10370 \times 10^{-8} \text{ м}^3/\text{кг}$ (разрез № 2).

Результаты микронзондового исследования частиц магнитной фазы дерново-мелкоподзолистой тяжелосуглинистой почвы на покровных элювиально-делювиальных отложениях (разрез 30, слой 0-30 см), показали преобладание в её составе железосодержащих микроагрегатов неправильной формы, которые имеют в отраженных электронах светло-серый и серый цвет. В составе магнитной фазы выявлены минералы с четко обозначенными формами и ярким серебристым цветом в отраженных электронах (рисунок 1, точки 1-3). Микрочастица ульвошпинели (рисунок 1) имеет форму выветрелого гексаэдра размером около 20 мкм, грани частицы рельефные, ребра с неровностями (рисунок 2). Химический состав ульвошпинели: Fe – 38.87-40.83%, Ti – 19.04-19.69%, O – 35.50-39.26%, Si – 1.22-1.86%, Mg – 0.90-1.06%, Al – 0.72-1.06%.

Размер магнетитовой сферулы составил 18 мкм (рисунок 1). Установлен следующий элементный химический состав сферулы: Fe – 64.70%, O – 24.02%, Si – 6.09%, Al – 4.49%, Ti – 0.47%, Mg – 0.22%.

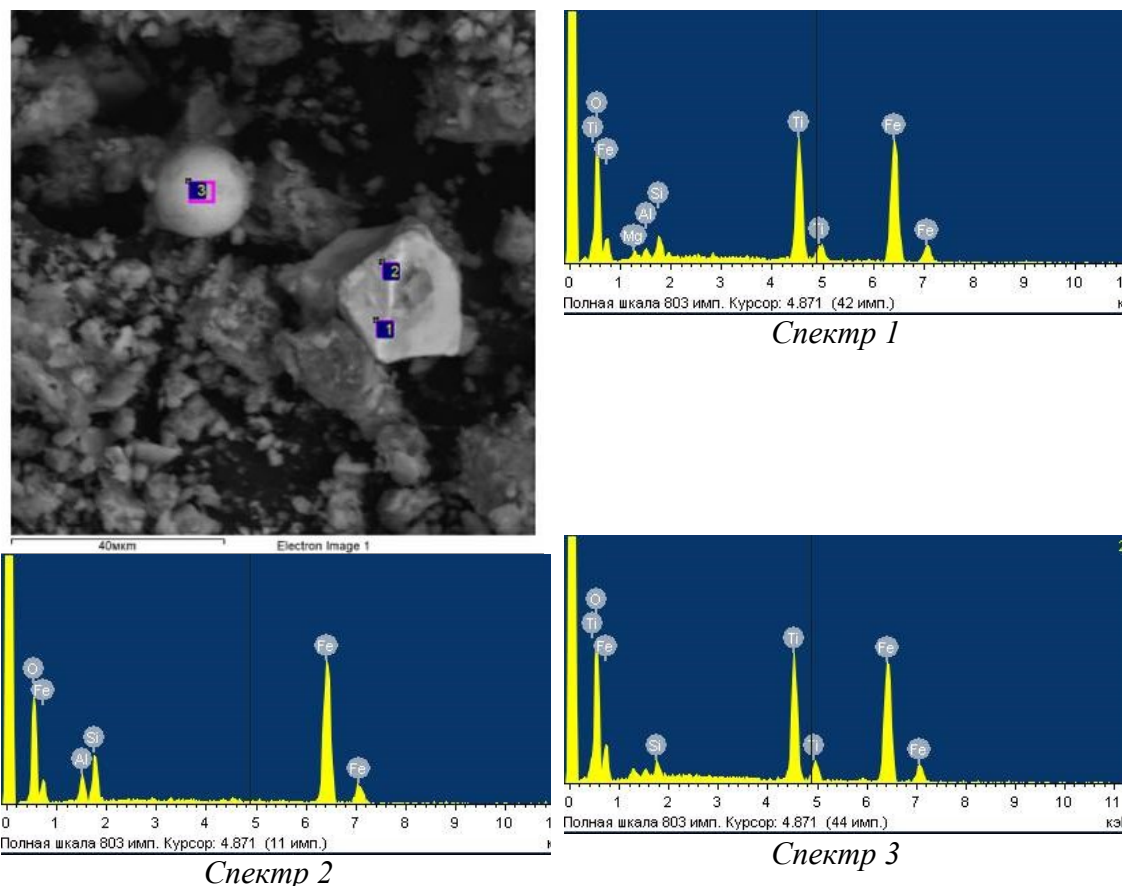


Рисунок 1. Микроморфологический снимок и энергодисперсионные спектры в точках анализа частиц ульвошпинели (точки 1, 2) и магнетита (точка 3) в составе магнитной фазы дерново-мелкоподзолистой тяжелосуглинистой почвы Карагайского района (разрез 30, слой 0-30 см)

В составе магнитной фазы дерново-мелкоподзолистой песчаной почвы Краснокамского района (разрез № 2, слой 0-31 см) были диагностированы следующие минералы: магнетит, ильменит, ульвошпинель, титаномагнетит и хромит (рисунок 2). Окатанная форма некоторых магнитных частиц песчаной почвы, сформировавшейся на древнеаллювиальных отложениях надпойменной террасы р. Камы, указывает на их литогенное происхождение. Элементный химический состав частиц, по данным энергодисперсионного анализа, разнообразный (таблица).

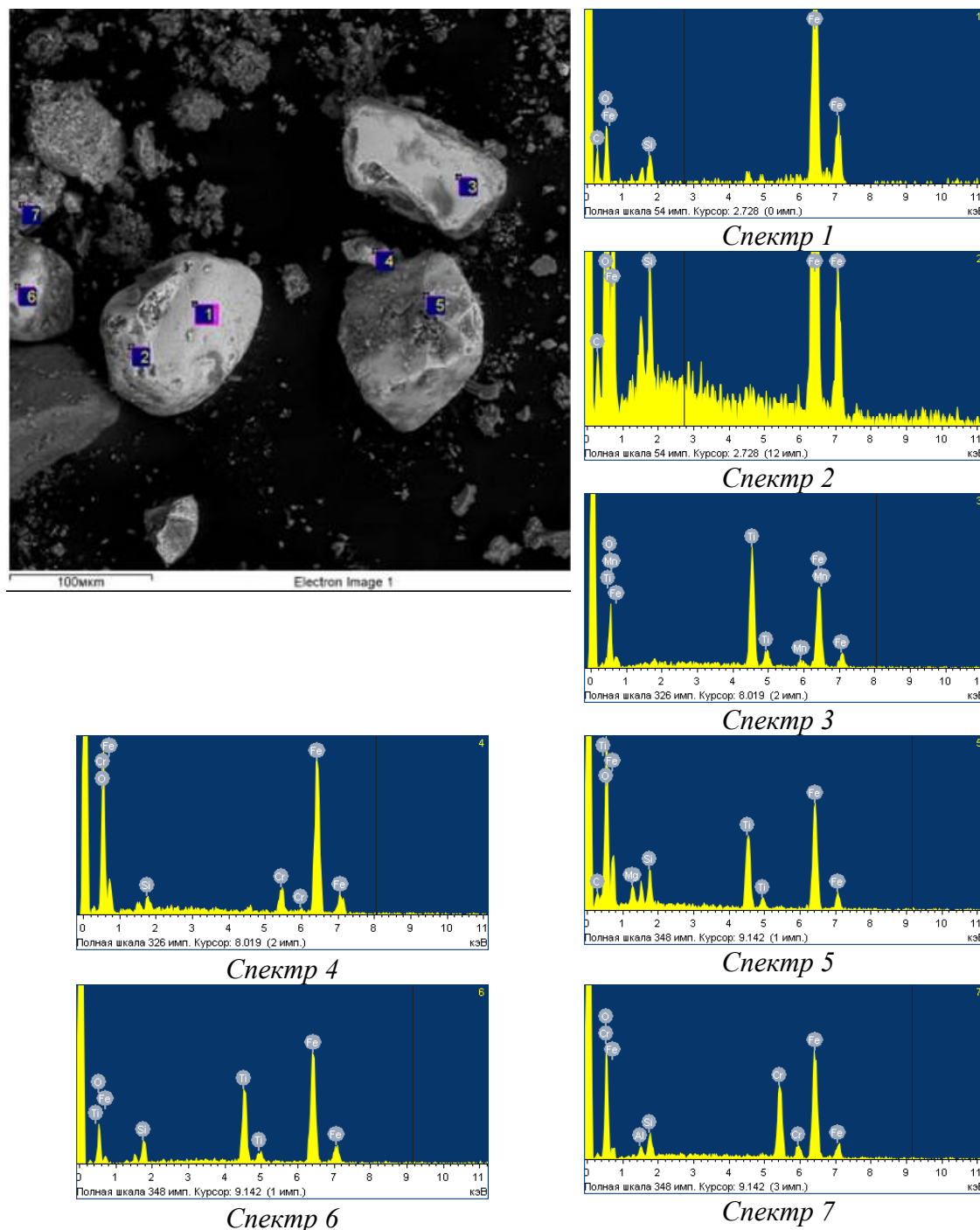


Рисунок 2. Микроморфологический снимок и энергодисперсионные спектры в точках анализа частиц магнитной фазы дерново-мелкоподзолистой песчаной почвы Краснокамского района (разрез 2, слой 0-31 см): 1, 2, 4 – магнетит; 3 – ильменит; 5, 6 – ульвошпинель; 7 – хромит

Элементный химический состав в точках 1-7 энергодисперсионного анализа частиц магнитной фазы пахотного слоя дерново-мелкоподзолистой песчаной почвы Краснокамского района (разрез 2, слой 0-31 см)

№ спектра	Название минерала	O	Mg	Al	Si	Ti	Cr	Mn	Fe
		Весовой%							
1	Магнетит	9,03	0,83	1,44	2,48	1,88	0,25	0,00	84,10
2	Магнетит	32,20	0,36	1,36	2,38	0,00	0,00	0,00	63,70
3	Ильменит	33,56	0,00	0,36	0,60	26,61	0,00	1,91	36,96
4	Магнетит	27,94	0,68	1,16	1,58	0,94	5,76	0,00	61,93
5	Ульвошпинель	43,75	2,39	2,32	3,03	12,64	0,29	0,00	35,59
6	Ульвошпинель	21,28	0,45	1,25	3,37	18,21	0,71	0,00	54,74
7	Хромит	21,68	0,59	1,91	2,62	0,60	20,84	1,68	50,07

Выводы. В состав частиц магнитной фазы пахотного слоя дерново-мелкоподзолистых тяжелосуглинистых и песчаных почв Среднего Предуралья входят микроагрегаты железосодержащих силикатов и литогенные железосодержащие минералы. Фазовый состав магнитных минералов включает: магнетит, ильменит, ульвошпинель, хромит. В элементном химическом составе магнитных минералов преобладает Fe, присутствуют Ti – 0.47-26.61%, Mg – 0.22-2.39%, а также тяжелые металлы: Cr – 0.25-20.84%, Mn – 1.68-1.91%.

Литература

1. Васильев А.А. [и др.] Нестехиометрический магнетит в почвах урбанизированных территорий Пермского края //Пермский аграрный вестник. 2014. № 2 (6). С. 43-55.
2. Водяницкий Ю.Н. Минералы железа в городских почвах //Почвоведение. 2010. № 12. С. 1519-1526.
3. Водяницкий Ю.Н. [и др.] Роль соединений железа в закреплении тяжелых металлов и мышьяка в аллювиальных и дерново-подзолистых почвах в районе г. Пермь //Почвоведение. 2009. № 7. С. 794-805.
4. Водяницкий Ю.Н. Соединения железа и их роль в охране почв. М.: ГНУ Почвенный институт им. В.В. Докучаева Россельхозакадемии. 2010. 282 с.
5. Водяницкий Ю.Н. Сродство тяжелых металлов и металлоидов к фазам-носителям в почвах //Агротехника. 2008. № 9. С. 87-94.
6. Горохова С.М., Васильев А.А. Магнитные сферулы в агрогенных почвах среднего Предуралья // Материалы по изучению русских почв. 2018. Вып. 11(38). С. 50-55.
7. Меньшов А.И. Информативность показателей магнетизма почвенного покрова при решении экологических задач. 2013. № 6. С. 92-98.
8. Язиков Е.Г. [и др.] Минералого-геохимический состав природно-техногенной составляющей почв Томской агропромышленной агломерации //Сибирский экологический журнал. 2006. Т. 3. С. 315-324.
9. Hanesch M., Scholger R. Mapping of heavy metal loadings in soils by means of magnetic susceptibility measurements //Environmental Geology. 2002. V. 42. № 8. P. 857-870.
10. Lu S.G., Bai S.Q. Study on the correlation of magnetic properties and heavy metals content in urban soils of Hangzhou City, China //Journal of Applied Geophysics. 2006. V. 60. № 1. P. 1-12.
11. Reshetnikov M.V. [et al.] Magnetic Properties and Concentration of Heavy Metals in Soils of the Krasnyi Kut Town (Saratov, Russia) //Recent Advances in Rock Magnetism, Environmental Magnetism and Paleomagnetism. Springer, Cham. 2019. P. 235-244. https://doi.org/10.1007/978-3-319-90437-5_18

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 19-34-90070 «Оценка и меры по снижению экологических рисков загрязнения почв тяжелыми металлами в составе магнитных частиц при ведении агрохозяйства на территориях с высоким уровнем антропогенной нагрузки на окружающую среду и почвенный покров».

S.M. Gorokhova, M.V. Razinsky, A.A. Vasiliev, N.M. Schurenko
Perm State Agro-Technological University, Perm, Russia

IRON MINERALS IN SOD-PODZOLIC SOILS OF AGROLANDSCAPES OF THE MIDDLE PREDURALIE

Abstract. The article examined the morphology and chemical composition of the iron-containing minerals included in the magnetic phase of sod-podzolic soils of agrolandscapes of the Middle Preduralie.

Keywords: arable land, sod-podzolic soil, magnetic phase, magnetite, heavy metals, Perm Krai.

References

1. Vasiliev A. A. [et al.] Non-stoichiometric magnetite in the soils of the urbanized territories of the Perm Krai // Perm Agrarian Bulletin. 2014. № 2 (6). P. 43-55.
2. Vodyanitsky Yu. N. Minerals of iron in urban soils // Soil Science. 2010. № 12. P. 1519-1526.
3. Vodyanitsky Yu. N. [et al.] The role of iron compounds in the consolidation of heavy metals and arsenic in alluvial and sod-podzolic soils in the region of Perm // Soil Science. 2009. № 7. P. 794-805.
4. Vodyanitsky Yu. N. Iron compounds and their role in the protection of soils. M.: GNU Soil Institute. V.V. Dokuchaev Russian Agricultural Academy. 2010. 282 p.
5. Vodyanitsky Yu. N. The affinity of heavy metals and metalloids to carrier phases in soils // Agrochemistry. 2008. № 9. P. 87-94.
6. Gorokhova S.M., Vasiliev A.A. Magnetic spherules in agrogenic soils of the middle Urals // Materials on the study of Russian soils. 2018. V. 11 (38). P. 50-55.
7. Menshov A.I. Informational content of soil cover magnetism indicators in solving environmental problems. 2013. № 6. P. 92-98.
8. Yazikov E.G. [et al.] Mineralogical and geochemical composition of the natural and technogenic component of soils of the Tomsk agro-industrial agglomeration // Siberian Journal of Ecology. 2006. V. 3. P. 315-324.
9. Hanesch M., Scholger R. Mapping of heavy metal loadings in soils by means of magnetic susceptibility measurements // Environmental Geology. 2002. V. 42. № 8. P. 857-870.
10. Lu S. G., Bai S. Q. Study on the correlation of magnetic properties and heavy metals content in urban soils of Hangzhou City, China // Journal of Applied Geophysics. 2006. V. 60. № 1. P. 1-12.
11. Reshetnikov M.V. [et al.] Magnetic Properties and Concentration of Heavy Metals in Soils of the Krasnyi Kut Town (Saratov, Russia) // Recent Advances in Rock Magnetism, Environmental Magnetism and Paleomagnetism. Springer, Cham. 2019. P. 235-244. https://doi.org/10.1007/978-3-319-90437-5_18

УДК 631.45 + 631.415

Н.Г. Захаров, И.Р. Касимов, Н.Н. Захарова
ФГБОУ ВО Ульяновский ГАУ им. П.А. Столыпина
e-mail: zaharovnik73@yandex.ru, kasimoviskander@gmail.com, nadejdazah@yandex.ru

ИЗМЕНЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ПОЧВЕ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ МЕЛА ШИЛОВСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ УЛЬЯНОВСКОЙ ОБЛАСТИ В КАЧЕСТВЕ МЕЛИОРАНТА

Аннотация. Исследованиями, проведенными на опытном поле Ульяновского ГАУ по изучению эффективности использования разных доз мела Шиловского месторождения Ульяновской области в качестве мелиоранта установлена высокая эффективность известкового материала в изменении, как гидролитической кислотности, так и обменной и снижению содержания тяжелых металлов, как в почве, так и в зерне яровой пшеницы.

Ключевые слова: известкование, яровая пшеница, тяжелые металлы, чернозем выщелоченный

Вопрос получения высокого урожая полноценной по качеству продукции очень сложный. Часто основное внимание уделяется получению большего количества продукции. Однако условия выращивания культуры, в том числе и режим питания, не всегда идентичны для получения высокого урожая и одновременно с хорошим качеством продукции. Высокие урожаи – это не синоним высокого содержания элементов питания. В урожае с хорошо удобренных участков может меньше содержаться некоторых важных элементов, чем в урожае с малоплодородных участков. Чтобы этого не случилось, важно знать, какого качества должна быть продукция и как оптимизировать в связи с этим питание растений. В последние годы этому вопросу уделяется большое внимание и в нашей стране, и за рубежом [4, 5].

Установление ПДК токсических соединений в почве и в других природных средах является весьма сложным и требует комплексного подхода к исследованиям и объединенных усилий ученых различных отраслей науки врачей-гигиенистов, почвоведов, агрохимиков, биологов и др. [1, 2, 3].

Исследования по изучению влияния мела Шиловского месторождения на содержание тяжелых металлов в черноземе выщелоченном и зерне яровой мягкой пшеницы проводились на опытном поле ФГБОУ ВО Ульяновский ГАУ. Почва опытного поля – чернозем выщелоченный среднесуглинистый со следующими агрохимическими показателями: содержание гумуса 4,1%, подвижных форм фосфора и калия 165 и 175 мг/кг почвы, рН_{KCl} 5,46, гидролитическая кислотность 3,23 мг-экв/100 г.

Схема опыта включала следующие варианты: 1 вариант – контроль (без удобрений); 2 вариант – мел 2 т/га; 3 вариант – мел 4 т/га; 4 вариант – мел 6 т/га; 5 вариант – N40P40K40; 6 вариант – N40P40K40 + мел 2 т/га; 7 вариант – N40P40K40 + мел 4 т/га; 8 вариант – N40P40K40 + мел 6 т/га.

Внесение известкового материала (мела), проводилось осенью под основную обработку почвы, внесение минеральных удобрений – весной под предпосевную культивацию.

Дозы мела рассчитывались с учетом гидролитической кислотности по общепринятой методике.

В таблице 1 представлен химический состав мела Шиловского месторождения, высокое суммарное содержание CaCO₃ + MgCO₃ – 98,5%, в том числе массовая доля углекислого кальция – 94,17% говорит о возможности его использования в качестве известкового материала для снижения кислотности почвы.

Таблица 1

Химический состав мела Шиловского месторождения

Наименование показателя	Фактическое значение, %
Массовая доля углекислого кальция и углекислого магния в пересчете на углекислый кальций (CaCO ₃ + MgCO ₃)	98,50
Массовая доля веществ, нерастворимых в соляной кислоте (HCl)	0,65
Массовая доля полуторных окислов железа и алюминия	0,30
Массовая доля свободной щелочи в пересчете на оксид кальция (CaO)	0,020
Массовая доля ионов SO ₄ в водной вытяжке	0,02
Массовая доля углекислого кальция CaCO ₃	94,17
Массовая доля углекислого магния MgCO ₃	4,33

Исследования показали, что известкование чернозема выщелоченного со слабокислой реакцией среды (рН_{KCl} 5,46 ед.) позволяет значительно улучшить кислот-

ный режим почвы при возделывании яровой пшеницы, требовательной к кислотности культуры, оптимальной для которой является рН_{KCl} в интервале 6,0-7,3. Эффективность известкования в снижении кислотности возрастала к концу вегетационного периода, и почва переходила в группу, близкую к нейтральной реакции среды (до 5,81 единиц).

Изучение влияния мела Шиловского месторождения и минеральных удобрений на содержание валовых форм химических элементов в почве под посевами яровой пшеницы представлены в таблице 2.

Таблица 2

Влияние известкования чернозема выщелоченного на содержание тяжелых металлов под посевами яровой пшеницы, мг/кг

Варианты	Cu		Zn		Ni		Pb		Cd	
	посев	уборка	посев	уборка	посев	уборка	посев	уборка	посев	уборка
Контроль	21,03	20,25	49,77	47,87	55,67	52,73	10,01	9,32	0,25	0,18
Мел 2т /га	18,81	22,43	45,82	44,15	52,83	50,72	9,29	9,22	0,21	0,19
Мел 4т /га	19,66	17,98	49,21	44,41	51,48	50,99	9,24	8,88	0,22	0,19
Мел 6т /га	20,26	18,98	50,05	45,34	54,02	53,10	9,14	9,51	0,23	0,21
НРК	19,35	18,30	48,65	43,67	52,07	54,05	9,28	8,74	0,22	0,16
НРК+ Мел 2т /га	19,91	17,64	46,86	42,06	49,51	51,46	9,20	8,56	0,21	0,16
НРК+ Мел 4т /га	20,63	16,56	48,55	42,98	54,17	49,11	10,03	7,93	0,24	0,15
НРК+ Мел 6т /га	19,41	18,91	47,75	45,92	54,55	55,21	9,42	8,80	0,22	0,19
ОДК с учетом фона	66*	132**	110*	220**	40*	80**	65*	130**	1,0*	2,0**

Ориентировочно допустимые концентрации (ОДК) химических веществ в почве: Гигиенические нормативы ГН 2.1.7.2511-09. М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2009.

* – Кислые (суглинистые и глинистые) почвы, рН KCl < 5,5

** – Близкие к нейтральным, (суглинистые и глинистые) почвы, рН KCl > 5,5

Установлено, что содержание меди в почве к моменту уборки пшеницы, при внесении мела в дозе 2 т/га увеличилось на 3,62 мг/кг почвы, а его использование – 4, 6 т/га приводило к снижению содержания Сина 1,28-1,68 мг/кг. На фоне минеральных удобрений внесение мела в дозе 4 т/га способствовало снижению концентрации на 4,07 мг/кг. Аналогичная закономерность наблюдалась и по содержанию цинка, никеля и свинца, разница в его содержании в варианте с использованием мелиоранта в дозе 4 т/га на фоне минеральных удобрений было максимальным и составляла – 5,57; 5,06 и 2,1 мг/кг почвы соответственно.

Необходимо отметить, что при использовании в качестве известкового материала мела Шиловского месторождения с общим содержанием СаСО₃ – 94%, происходило изменение обменной кислотности с 5,46 до 5,81 единиц, следовательно, согласно ориентировочным допустимым концентрациям (ОДК) химических веществ в почве «Гигиенические нормативы ГН 2.1.7.2511-09» при переходе кислотности почвы > 5,5 единиц рН, изменяются и нормативы по содержанию ТМ в почве в 2 раза.

Из вышеизложенного следует сделать следующий вывод, что известкование чернозема выщелоченного, при возделывании яровой пшеницы с использованием в технологии ее возделывания мела в чистом виде, так и на фоне минеральных удобрений, содержание в почве исследуемых тяжелых металлов не превышало ориентировочно допустимые концентрации химических веществ в почве.

Результаты влияния известкования почвы на содержание тяжелых металлов в зерновой продукции представлены в таблице 3.

Таблица 3

Содержание тяжелых металлов в зерне яровой пшеницы

Варианты Опыта	мг/кг				
	Zn	Cu	Pb	Cd	Ni
1. Контроль (без удобрений)	12,65	2,65	0,098	0,020	0,38
2. Мел 2т /га	12,80	2,30	0,080	0,023	0,38
3. Мел 4т /га	12,23	2,33	0,093	0,027	0,35
4. Мел 6т /га	12,38	2,13	0,088	0,015	0,35
5. NPK	12,63	2,30	0,088	0,023	0,45
6. NPK+ Мел 2т /га	11,68	2,15	0,080	0,023	0,38
7. NPK+ Мел 4т /га	12,55	2,19	0,088	0,020	0,35
8. NPK+ Мел 6т /га	12,40	2,10	0,088	0,023	0,35
МДУ	50	30	5,0	0,3	1,0

Известкование почвы приводит к снижению содержания тяжелых металлов в продукции. Изменение их концентрации при совместном использовании мела и минеральных удобрений выявлено на варианте с внесением 40 кг д.в. NPK + Мел 2 т/га, Zn до 11,68 мг/кг относительно варианта без удобрений – 12,65 мг/кг; Cu – фон минерального удобрения + Мел 6 т/га на 0,55 мг/кг; Pb – варианты с применением мела в чистом виде 2 т/га и на фоне N40P40K40 до 0,080 мг/кг; тоже самое наблюдалась и по накоплению в зерне Ni на вариантах 2,3 и 6,7; использование мелиоранта приводило к достоверному снижению его содержания до 0,35 мг/кг. Наибольшее снижение Cd отмечалось с использованием мела в чистом виде в дозе 6 т/га (0,015 мг/кг).

Внесение в почву известкового материала в виде местного природного мела как в чистом виде, так и на фоне минеральных удобрений, на черноземе выщелоченном, при возделывании яровой мягкой пшеницы районированного сорта Маргарита, не приводило к превышению содержания в зерне токсикантов выше максимально допустимых концентраций химических веществ в продукции.

Литература

1. Ильин В.Б., Гармаш П.В. Тяжелые металлы в растениях // Агрохимия, 1985. №6. С. 7-13.
2. Ильин В.Б. К вопросу о разработке ПДК тяжелых металлов в почвах// Агрохимия, 1985. № 10. С.94-101.
3. Ильин В.Б. О нормировании тяжелых металлов в почве // Почвоведение, 1986. № 9. С. 90-98.
4. Черных Н.А., Милащенко Н.З., Ладонин В.Ф. Экоотоксикологические аспекты загрязнения почв тяжелыми металлами. М.: Агроконсалт. 1999. 176 с.
5. Черных Н.А., Овчаренко М.М. Тяжелые металлы и радионуклиды в биогеоценозах. М.: Агроконсалт. 2002. 198с.

N.G. Zakharov, I.R. Kasimov, N.N. Zakharova
Ulyanovsk SAU named after P.A. Stolypin

**CHANGES IN THE CONTENT OF HEAVY METALS IN THE SOIL WHEN
USING CHALK SHILOVSKY FIELD OF ULYANOVSK
REGION AS A MELIORANT**

Abstract. Studies conducted in the experimental field of the Ulyanovsk State Agricultural University to study the effectiveness of the use of different doses of chalk Shilovsky deposits of the Ulyanovsk region as a meliorant of the high efficiency of calcareous material

of reduced hydrolytic acidity, and the exchange rate and reducing the concentration of heavy metals in soil and in grain of spring wheat.

Keywords: liming, spring wheat, heavy metals, black soil.

References

1. Ilyin V.B., Garmash P.V. Heavy metals in plants // Agrochemistry, 1985. №. 6. P. 7-13.
2. Ilyin V.B. On the development of MPC of heavy metals in soils // Agrochemistry, 1985. №. 10. P. 94-101.
3. Ilyin V.B. On normalization of heavy metals in soil // Soil science, 1986. №. 9. P. 90-98.
4. Chernykh N.A., Malashenko N.Z., Ladonin V.F. Ecotoxicological aspects of soil pollution with heavy metals. M.: Agrokonsalt. 1999. 176 p.
5. Chernykh N.A., Ovcharenko M.M. Heavy metals and radionuclides in biogeocenoses. M.: Agrokonsalt. 2002. 198 p.

УДК631.4

Е.И. Ковалева^{1,2}, А.С. Яковлев¹

¹Факультет почвоведения МГУ им. М.В. Ломоносова,

²АНО «Экотерра»

e-mail: ekaterina.kovaleva@soil.msu.ru, katekov@mail.ru

АНАЛИЗ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ФУНКЦИЙ ПОЧВ И ЭКОСИСТЕМНЫХ УСЛУГ НА ЗЕМЕЛЬНОМ УЧАСТКЕ, ПРИМЫКАЮЩЕМ К ПОЛИГОНУ ТВЕРДЫХ КОММУНАЛЬНЫХ ОТХОДОВ

Аннотация. Исследовали полигон твердых коммунальных отходов (ТКО) Московской области и прилегающую к нему территорию. Изучена миграция загрязняющих веществ, поступающих с фильтрационными водами от полигона ТКО, которые обнаруживаются в почвах, воде и донных отложениях водотока прилегающей территории, что приводит к изменению их состояния. На отдельном примере полигона ТКО показано, что почвы выполняют важные средообразующие (регулирующие) функции - функции защитного и буферного биогеоценотического экрана, регулирующего качественный состав воды.

Ключевые слова: функции почв, экосистемные функции, экосистемные услуги, почвы, объекты размещения отходов, загрязняющие вещества, оценка

В современных условиях вопросы рационального использования природных ресурсов и защиты окружающей среды приобретают актуальное значение. Последние несколько десятилетий характеризовались увеличением потребностей человечества в пище, пресной воде, полезных ископаемых, что масштабно отразилось на состоянии экосистем и привело к их деградации; при этом большинство изменений носит необратимый характер или находится на этом рубеже. Перечень антропогенных факторов и проявление их негативного воздействия на экосистемы разнообразны. Высокая природоёмкость, важная экономическая роль биоресурсов, преобладание потребительского отношения к живой природе являются основными чертами современного природопользования. Угроза глобального экологического кризиса определила необходимость формирования стратегии оптимальных взаимоотношений человека и природы, которая выразилась в разработке [3]. В данном документе сформулированы основные функции биосистем, которые являются жизненно важными для человечества: средообразующие, продукционные, информационные, духовно-эстетические функции.

Биосфера выполняет роль регулятора и удерживает параметры окружающей среды в узком диапазоне значений, в котором может существовать человек [3]. Согласно Национальной стратегии, 2001, средообразующая функция заключается в поддержании биосферных процессов на Земле и формировании благоприятных для

жизни человека условий (включая чистый воздух, чистую воду, климат и плодородие почв). Эта функция является ключевой для жизни человека. В международных документах средообразующие функции определены как регулирующие [7].

В условиях принципов современной экономики и природопользования средообразующие (регулирующие) функции живой природы начинают превращаться в товар, - экосистемные услуги. Экосистемный подход представляет собой в широком понимании стратегию комплексного управления земельными, водными и живыми ресурсами.

Одним из основных компонентов природной среды выступает почва, экологическую роль которой нельзя переоценить. Через почвенный покров земли идут многочисленные экологические связи всех живущих на земле организмов (в том числе и человека) с литосферой, гидросферой и атмосферой. Почва является открытой динамической системой, ее особенностью является незамкнутость потоков веществ, их трансформация и аккумуляция в почвах [2].

Учение об экологических функциях почв, разработанное Г.В. Добровольским, Е.Д. Никитиным (1990) [1], устанавливает многообразие форм участия почвы в функционировании и изменении экосистем и биосферы в целом. Анализ функций почв в экосистемах и биосфере показывает, что почва выступает главным связующим звеном функционирования биосферы, имея с компонентами природной среды как прямые, так и обратные связи.

Разнообразие почвенных ресурсов по своим свойствам, характеристикам, функциям, определяет их экологические функции. Вслед за авторами [6] под экосистемными функциями понимаем функции, которые могут быть полезны для человека и являются экосистемными услугами – провайдерами пользы человеку.

Экосистемные функции почв определяются совокупностью ее свойств и почвообразовательных процессов, в связи с чем, почва становится связующим звеном между природными средами, например гидросферой. К важным функциям относятся средообразующие функции почв, такие, например, как трансформация почвой веществ, защитная функция почв в виде барьера на пути миграции загрязняющих веществ в водные объекты.

Целью настоящей работы является оценка почв и сопряженных с ней водных сред на прилегающей территории к объекту размещения твердых бытовых отходов (ОРО) и анализ экосистемных функций и услуг, получаемых человеком от функционирования природных систем.

Для анализа экосистемных функций и услуг почв изучался земельный участок, нарушенный созданием полигона твердых коммунальных отходов (ТКО) в Московской области и прилегающая к нему территория. Исходным участком для размещения полигона ТКО послужила заболоченная местность, откуда берет начало водоток. Пойма в верховье водотока, слабо развита, значительные пространства вдоль водотока заболочены. На прилегающей территории к ТКО получили развитие дерново-подзолисто-глеевые и болотные иловато-глеевые почвы.

Источником поступления загрязняющих веществ в окружающую среду является фильтрат, выделяющийся из тела полигона ТКО. Фильтрат представляет собой насыщенный многокомпонентный водный раствор, химический состав которого по результатам анализа неоднороден в разные годы и периоды. По данным многолетнего мониторинга основными загрязняющими веществами, постоянно присутствующими в составе фильтрата, являются: хром, марганец, медь, свинец, аммоний, хлориды, нитраты, фосфаты, сульфаты.

Для изучения миграции загрязняющих веществ из фильтрата, выделяющегося из тела ОРО, и оценки его воздействия на компоненты природной среды были

заложены контрольные площадки в направлении общего уклона местности по градиенту удаления от источника воздействия (полигона ТКО).

Для оценки изменений, происходящих в состоянии природных сред под воздействием антропогенной нагрузки, исследованы пробы почв, донных отложений и природной воды водотока, отобранных на фоновой территории, не подверженной антропогенному воздействию. Результаты химического анализа проб почв, донных отложений и природной воды водотока, приуроченного к фоновой территории, показали, что содержание загрязняющих веществ, характерных для состава фильтрата, в них не превышает установленных значений предельно-допустимых концентраций (ПДК) для этих веществ. Полученные результаты использовались в качестве фоновых значений при интерпретации данных.

Валовые формы тяжелых металлов в почве определялись рентгеноспектральным методом; нитраты, нитриты, хлориды, сульфаты, сульфиды, фосфаты в почвах (водорастворимые формы) и воде - ионной хроматографией, металлы в воде - спектрометрией с индуктивно-связанной плазмой.

Одним из видов предоставления экосистемных услуг является использование земельных участков под создание различных объектов, в том числе объектов размещения отходов.

Создание полигона ТКО приводит к отчуждению земельного участка, использованию его не по целевому назначению, что влечет уничтожение почв и растительного покрова, а также может привести к нарушению экологического состояния и экологических функций почв прилегающих территорий. При этом земельный участок, занятый полигоном ТКО, используется для захоронения отходов IV-V класса опасности, поступающих от физических и юридических лиц. Встраивание отходов в окружающую среду сопровождается получением выгоды для человека; следовательно, предоставляется некая экосистемная услуга, которой требуется определить место в развивающихся в настоящее время услугах наземных экосистем России. По аналогии с установленными экологическими функциями почв [4] предлагается выделять производственные экосистемные услуги.

Согласно Федеральному Закону "Об отходах производства и потребления" [5], объекты размещения отходов - специально оборудованные сооружения, предназначенные для размещения отходов (полигон, шламохранилище, в том числе шламовый амбар, хвостохранилище, отвал горных пород и другое) и включающие в себя объекты хранения отходов и объекты захоронения отходов. Это подразумевает, что их обустройство должно обеспечивать отсутствие вредного воздействия размещаемых отходов на окружающую среду. К сожалению, долгое время захоронению отходов не были установлены общие требования. Исторически сложилось так, что нетоксичные отходы складировались на ровной поверхности, в местах выработанных карьеров, заболоченных понижениях рельефа, в поймах рек и озер и т.д. без специальных (геологических, гидрологических и иных) исследований и без наличия разрешительной документации. Такие объекты являются источниками негативного воздействия на компоненты природной среды, в том числе почвенный покров и водные объекты. Эксплуатация полигона ТКО изменяет функционирование экосистем на прилегающих территориях и может негативно воздействовать в различных аспектах.

Одним из аспектов негативного воздействия на почвы, воды и донные отложения может выступать фильтрат, выделяющийся из тела полигона ТКО. Данные, полученные в период с 2006 по 2011 года, показывают, что состав фильтрата зависит от вида поступающих отходов и неоднороден по годам. Содержание загрязня-

ющих веществ в составе фильтрата не имеет направленности в изменении концентрации загрязняющих веществ во времени, отмечается значительное варьирование в уровне их содержания. Вероятно, в большей степени, состав захораниваемых отходов определяет спектр загрязняющих веществ, поступающих в фильтрат,

Обследование прилегающей территории к полигону ТКО выявили заболачивание территории, что приводит к изменению функционирования природных сред, в первую очередь функционирования почв и возможно к смене основного почвообразовательного процесса.

Болотные иловато-глеевые почвы, приуроченные к наиболее пониженным частям рельефа, характеризуются накоплением всех загрязняющих веществ во времени, уровень которых превышает как фоновые значения, так и установленные значения ПДК. Так, концентрации загрязняющих веществ превышают фоновые значения до 83 раз. Полученные результаты свидетельствуют о поступлении загрязняющих веществ, характерных для фильтрата, в торфяной горизонт и их аккумуляцию. Торфяной горизонт болотных иловато-глеевых почв можно рассматривать как комплексный геохимический барьер, препятствующий миграции загрязняющих веществ в сопредельные среды. С другой стороны, непостоянный характер накопления веществ по годам, вероятно, может свидетельствовать о переходе аккумулярованных веществ в подвижные формы при высоком уровне накопления веществ и (или) формировании условий, переводящих отдельные загрязняющие вещества в подвижное состояние; и, как следствие, загрязненная почва может быть источником загрязнения вод.

Загрязнение дерново-подзолисто-глеевых почв вдоль водотока носит ненаправленный характер (марганец, медь, никель, ионы аммония, хлориды, сульфаты) и варьирует по годам, что связано с особенностями их функционирования и достаточно высокой степенью проточности системы. Это приводит к выносу водорастворимых форм загрязняющих веществ в водный объект.

Химический состав и свойства почв вдоль водотока, воды и донных отложений водотока изучались в динамике (2006-2012 г.) на расстоянии до 950 метров от ОРО. Результаты исследования показали, что поверхностные воды и донные отложения водотока испытывают воздействие от полигона и загрязнены веществами, характерными для состава фильтрата. Спектр веществ, загрязняющих донные отложения и водную фазу водотока, характеризуется широким набором, значения концентраций которых значительно превышают фоновые значения. Четкой направленности в изменении концентраций загрязняющих веществ в воде водотока по годам не выявлено.

Качество воды водотока в большой степени отражает «сиюминутные» процессы непосредственного влияния внешних факторов. Донные отложения водотока являются одним из наиболее информативных объектов исследования и индикатором экологического состояния водного объекта. По набору загрязняющих веществ, содержащихся в донных отложениях, можно судить о характере более раннего загрязнения водной фазы водного объекта - «историю» протекания процессов и реакцию системы на внешние явления. Данные химического анализа проб донных отложений, отобранных на контрольных площадках на расстоянии 300 и 950 м от ОРО, показывают накопление меди до 180 мг/кг (2-5 раза выше фонового содержания - 10 мг/кг), хрома до 81 г/кг (1,5-4 раза выше фонового содержания - 19 мг/кг), никеля до 40 мг/кг (2-4 раза выше фонового содержания - 8 мг/кг), цинк до 170 мг/кг (в 3-9 раз выше фонового содержания - 18 мг/кг), хлоридов - до 2000 мг/кг (8-650 раз выше фонового содержания - 20 мг/кг), сульфатов - до 1050 мг/кг (2-195 раз выше фонового содержания - 55 мг/кг).

Непостоянный уровень содержания ряда загрязняющих веществ в донных отложениях на отдельных площадках по годам может свидетельствовать о переходе их в подвижные формы в результате изменения условий (изменения реакции среды и окислительно-восстановительных условий), и переходе в воду водного объекта, т.е. донные отложения могут выступать как вторичный источник загрязнения водного объекта.

Таким образом, наблюдается распространение загрязняющих веществ, поступающих с фильтратом, выделяющимся из тела ОРО, на расстояние не менее 950 м.

Исследования прилегающей территории к ОРО показывают, что эксплуатация ОРО оказывает воздействие на почвенный покров, воду и донные отложения водотока. При этом исследованиями показано, что болотные иловато-глеевые почвы, торфяной горизонт которых обладает высокой сорбционной способностью, выступают защитным барьером, аккумулирующим загрязняющие вещества, поступающие с фильтратом от ОРО. Почва выступает тем компонентом, который очищает загрязненные воды, регулируют качество воды водного объекта, т.е. является связующим звеном функционирования биосферы. Выступая регулятором качества воды, почва выполняет важную средообразующую функцию, оказывающую влияние на экосистемные услуги; например, функция аккумуляции загрязняющих веществ почвой, обусловленной ее свойствами, влияет на экосистемную услугу обеспечения населения чистой водой.

Предоставленные экосистемные услуги – размещение и эксплуатация ОРО поддерживаются экосистемными функциями, как производственными, так и средообразующими. Эксплуатация ОРО сопровождается негативным воздействием на компоненты природной среды, изменением средообразующих функций, которые должны регулироваться человеком путем соблюдения природного равновесия, т.е. сохранения естественного биоразнообразия и физико-химического состояния природных систем и ненарушенности природных сред сопредельных территорий. Рассмотренные экосистемные услуги носят локальный масштаб и должны поддерживаться организацией, эксплуатирующей ОРО.

Таким образом, размещение ОРО и его эксплуатацию можно рассматривать как экосистемные услуги, в результате которых человек получает пользу. Поскольку имеются потребители экосистемных услуг, получающих выгоду, должны разрабатываться экономические механизмы компенсации экосистемных услуг.

Заключение

Установлена миграция загрязняющих веществ, поступающих от ОРО, которые обнаруживаются в почвах, воде и донных отложениях водотока, что приводит к изменению их состояния.

На отдельном примере ОРО показано, что почвы выполняют важные средообразующие (регулирующие) функции - функции защитного и буферного биогеоценотического экрана, регулирующего качественный состав гидросферы.

Ввиду широкого разнопланового использования земель, имеющих производственную привлекательность, от которого человек получает блага, предлагается ввести понятие производственных экосистемных услуг.

Полученная информация об ОРО и экологическом состоянии почв, вод и донных отложений водотока на прилегающей территории может служить состав-

ляющей частью при составлении карт экосистем и экосистемных услуг Московской области. Результаты оценки экосистемных функций и услуг могут использоваться для разработки алгоритма действий по рациональному использованию природных ресурсов, при комплексных оценках экосистем и практическому внедрению их результатов.

Литература

1. Добровольский Г.В., Никитин Е.Д. Функции почв в биосфере и экосистемах (экологическое значение почв). М.: Наука, 1990. 261 с.
2. Добровольский Г.В., Никитин Е.Д. Экология почв. Москва: Изд-во Моск. ун-та; Наука. 2006. 364 с.
3. Национальной Стратегии сохранения биоразнообразия. России, 2001.
4. Оценка и экологический контроль состояния окружающей природной среды региона (на примере Тульской области). М.: Изд-во Московского университета, 2001. 256 с.
5. Федеральный Закон от 24 июня 1998 г. № 89-ФЗ "Об отходах производства и потребления"
6. Экосистемные услуги наземных экосистем России: первые шаги. QuoReport . Москва: Центр охраны дикой природы. 2013. 45 с.
7. Common International Classification of Ecosystem Services Contract No: No. EEA/BSS/07/007, November 2011. 17 с.

Ye. I. Kovaleva^{1,2}, A.S. Yakovlev¹

¹Faculty of soil science, M. V. Lomonosov Moscow state University, ²ANO "Ecoterra»
ekaterina.kovaleva@soil.msu.ru; katekov@mail.ru

THE ANALYSIS OF SOIL ECOLOGICAL FUNCTIONS AND ECOSYSTEM SERVICES ON THE LAND ADJACENT TO THE SOLID MUNICIPAL WASTE LANDFILL

Abstract. The solid municipal waste landfill and the adjacent areawere investigated in Moscow region. The migration of contaminants, coming with filtrate waters from the landfill, was studied in soils, water and bottom sediments. We found the landfill impact of surrounding environment, which led to a change of soil ecological functions and ecosystem services. It was shown that soils performed the important ecological (regulatory) functions - the functions of protective and buffer biogeocenosis of the screen, regulating qualitative composition of water.

Keywords: soil functions, ecosystem functions, ecosystem services, soils, waste municipal landfill, contaminants, assessment.

References

1. Dobrovolsky G.V., Nikitin E.D. Soil Functions in the biosphere and ecosystems (ecological value of soils). М.: Nauka, 1990. 261 p.
2. Dobrovolsky G.V., Nikitin E.D. Ecology of soils. Moscow: Moscow University Publishing; Nauka. 2006. 364 p.
3. The national strategy for the biodiversity conservation of Russia, 2001.
4. Assessment and environmental control of the state of the natural environment of the region (on the example of the Tula region). Moscow, Moscow University publ., 2001. 256 p.
5. Federal Law # 89, June, 24, 1998 "Production and consumption wastes"
6. Ecosystem services of terrestrial ecosystems of Russia: first steps. Report Quo . Moscow: wildlife conservation Center. 2013. 45 p
7. Common international classification of ecosystem services contract number: No. EEA/BSS/07/007, November 2011. 17 p.

С.С. Манджиева, Т.В. Бауэр, М.В. Бурачевская,
 А.В. Барахов, П.Д. Погонишев, В.Н. Петухова, Т.М. Минкина
 Южный федеральный университет, г. Ростов-на-Дону, Россия
 e-mail: msaglara@mail.ru

ИЗМЕНЕНИЕ ФРАКЦИОННО-ГРУППОВОГО СОСТАВА МЕДИ В ЧЕРНОЗЕМЕ ОБЫКНОВЕННОМ В ПРИСУТСТВИИ БИОУГЛЯ

Аннотация. Биоуголь широко известен как эффективное средство для ремедиации почв, загрязненных тяжелыми металлами, благодаря своим сорбционным свойствам. При внесении биоугля установлено снижение непрочно связанных соединений Cu в черноземе обыкновенном. Наибольший вклад в прочное закрепление Cu вносят (гидр)оксиды Fe и Mn.

Ключевые слова: почва, тяжелые металлы, трансформация соединений, загрязнение.

Введение. В условиях возрастающей техногенной нагрузки на природные ландшафты и сельскохозяйственные угодья возрастает угроза накопления таких токсичных элементов, как тяжелые металлы (ТМ), в почвах и выращиваемой продукции. Разработка эффективных и экологичных технологий ремедиации загрязненных почв является весьма актуальной задачей в аспекте развития и внедрения «зелёных» технологий. Наиболее распространенные методы ремедиации загрязненных почв *in situ* основаны на удалении ТМ или их прочном закреплении. Обработка почвы путем внесения в нее сорбентов и/или мелиорирующих добавок позволяет обеспечить связывание ТМ на месте, что приводит к уменьшению их подвижности и биологической доступности. В качестве сорбентов используют широкий ряд природных минеральных и органических веществ, отходов промышленности и сельского хозяйства, а также специально разработанных материалов. Углеродистые сорбенты (активированный уголь, биоуголь, сажа и другие) могут прочно связывать различные загрязняющие вещества в почве, поскольку обладают большой сорбционной способностью [5].

Для экологического мониторинга и контроля качества почв и выращиваемой продукции необходимы достоверные данные о токсичности ТМ и механизмах их трансформации и миграции в сопредельные среды. Фракционно-групповой состав соединений позволяет выявить механизмы трансформации соединений ТМ в почве, а также установить эффективность приемов ремедиации.

Целью работы является оценка эффективности применения биоугля для снижения подвижности меди в черноземе обыкновенном.

Объекты и методы. Исследования проводились в условиях модельного опыта с искусственным загрязнением медью. Для модельного опыта использовался верхний 20-см слой чернозема обыкновенного карбонатного мощного среднегумусного тяжелосуглинистого на лессовидных суглинках ООПТ «Персиановская заповедная степь», находящегося вдали от возможных источников загрязнения (Табл. 1).

Таблица 1

Физические и химические свойства чернозема обыкновенного карбонатного, слой 0-20 см

Физ. глина, %	Ил, %	Гумус, %	pH	CaCO ₃ , %	NH ₄ ⁺ , мг/100г	P ₂ O ₅ , мг/100г	K ₂ O, мг/100г	Ca ²⁺ +Mg ²⁺ , ммоль(+)/100г	ЕКО, ммоль(+)/100г
47,1	26,8	6,3	7,5	0,30	2,5	1,61	22,8	35,0	37,1

В полиэтиленовые сосуды емкостью 2 л с закрытой дренажной системой помещали по 2 кг почвы, просеянной через сито диаметром ячеек 3 мм, и добавляли водный раствор ацетата Cu в дозе 300 и 2000 мг/кг отдельно. Доза внесения металлов 300 мг/кг почвы соответствует встречающемуся уровню загрязнения почв Ростовской области [3]. Высокий уровень загрязнения (до 2000 мг/кг) почв встречается вблизи химических предприятий, а также предприятий по добыче и переработке руд цветных металлов [2, 4]. Применение такой дозы металла позволяет выявить механизмы его трансформации в почве.

Почву инкубировали 2 месяца при влажности 60% полной влагоемкости. Через 2 месяца после закладки опыта в загрязненную почву добавляли биоуголь в дозе 25 г/кг почвы из расчета 2,5% от массы почвы и 50 г/кг из расчета 5%. В образцах биоугля Cu не обнаружена. Почву инкубировали 3 месяца при влажности 60% полной влагоемкости. Повторность опыта трехкратная. Отбор образцов проводился со всего объема вегетационного сосуда.

Для выявления механизмов трансформации соединений металла в почве использована комбинированная схема фракционирования, основанная на сочетании параллельных и последовательных экстракций [1].

Результаты и обсуждение. Результаты фракционно-группового состава соединений меди в почве показали, что основная часть металла находится в прочно связанном состоянии, на долю непрочно связанных (НС) соединений приходится 6% от суммы фракций. В исходной почве преобладающая часть металла находится в составе силикатных минералов (47% от суммы фракций) (Рис. 1).

В загрязненных почвах абсолютное количество НС соединений увеличивается при дозе 300 мг/кг в 38 раз, а при дозе 2000 мг/кг – в 337 раз, что составляет, соответственно, 29% и 45% от суммы фракций (Рис. 1). Содержание Cu, непрочно удерживаемой гидроксидами Fe и Mn, резко возрастает по сравнению с незагрязненной почвой (с 1% до 13% от суммы фракций на дозе загрязнения 300 мг/кг и до 17% на дозе загрязнения 2000 мг/кг). Сходные изменения отмечаются для комплексных форм металла (с 1% до 11% от суммы фракций на дозе загрязнения 300 мг/кг и до 17% на дозе загрязнения 2000 мг/кг). На фоне интенсивного роста комплексных и специфически сорбированных (гидр)оксидами соединений металла, доля обменных и связанных с карбонатами форм становится менее заметной.

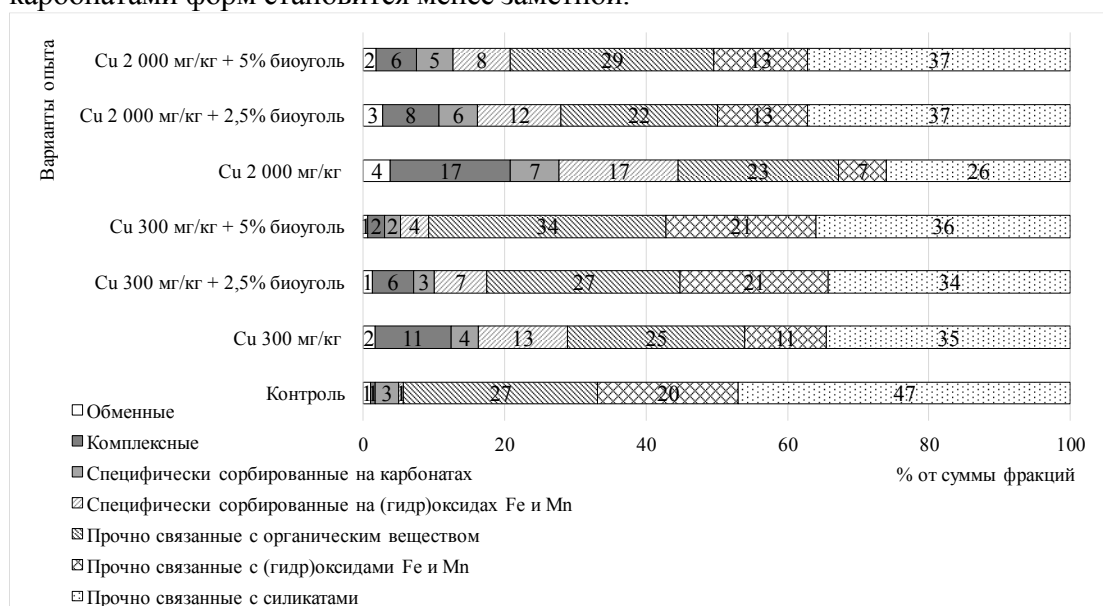


Рисунок 1. Фракционно-групповой состав Cu в черноземе обыкновенном в условиях модельного опыта, % от суммы фракций

Доминирующая часть ПССи определяется в составе силикатов (26–47% от суммы фракций) (Рис. 1). В прочном закреплении Си в условиях загрязнения наибольшую роль играет органическое вещество. Количество соединений, связанных с органическим веществом, увеличивается от 7 до 35 раз при различных уровнях загрязнения. Одновременно с этим наблюдается снижение доли, связанной с несиликатными минералами Fe-Mn.

Внесение сорбентов в загрязненную почву способствовало уменьшению доли НС соединений до 3 раз (Рис. 1). Наибольшее снижение отмечается при внесении 5% биоугля на дозе 300 мг/кг Си: абсолютное содержание НС соединений Си уменьшается в 3,2 раза. Содержание комплексных соединений Си снижается на 5% и 9% от суммы фракций за счет увеличения доли специфически сорбированных на карбонатах. При внесении биоугля в загрязненную почву увеличивается доля ПС соединений, связанных с (гидр)оксидами Fe и Mn (Рис. 1).

Таким образом, на основе комбинированной схемы фракционирования выявлено, что в незагрязненных почвах преобладание ПС соединений обеспечивается удержанием Супервичными и вторичными минералами. Подвижность металла в почвах невысокая и представлена в основном специфически сорбированными формами, удерживаемые карбонатами. Загрязнение чернозема обыкновенного вызвало изменение естественного соотношения в нем соединений металла: не только повышается содержание всех соединений Си, но и происходят изменения в их соотношении в сторону увеличения доли НС соединений. Внесение сорбентов в почву с высоким уровнем загрязнения (2 000 мг/кг) снижает подвижность металлов, но менее выражено, чем при уровне загрязнения 300 мг/кг. Более эффективным сорбентом является биоуголь в дозе 5% от массы почвы.

Работа выполнена при финансовой поддержке проектной части госзадания № 5.948.2017/ПЧ, гранта РФФИ № 19-34-90185, гранта Президента, № МК-4015.2018.5.

Литература

1. Минкина Т.М., Мотузова Г.В., Назаренко О.Г., Крыщенко В.С., Манджиева С.С. Комбинированный прием фракционирования почвенных соединений металлов и его информативность. Почвоведение. 2008. № 11. С. 40-49.
2. Huang S.H. Fractional distribution and risk assessment of heavy metal contaminated soil in vicinity of a lead/zinc mine. Transactions of nonferrous metals society of China. 2014. Vol.24. P.3324-3331.
3. Minkina T.M., Fedorov Y.A., Nevidomskaya D.G., Pol'shina T.N., Mandzhieva S.S., Chaplygin V.A. Heavy metals in soils and plants of the don river estuary and the Taganrog Bay coast. Eurasian Soil Science. 2017. V.50 (9). pp. 1033-1047. DOI: 10.1134/S1064229317070067
4. Minkina T.M., Linnik V.G., Nevidomskaya D.G., Bauer T.V., Mandzhieva S.S., Khoroshavin V.Y. Forms of Cu (II), Zn (II), and Pb (II) compounds in technogenically transformed soils adjacent to the Karabashmed copper smelter. Journal of Soils and Sediments. 2018. V. 18 (6). pp. 2217-2228. DOI: 10.1007/s11368-017-1708-2
5. Pukalchik M., Mercl F., Terekhova V., Tlustoš P. Biochar, wood ash and humic substances mitigating trace elements stress in contaminated sandy loam soil: Evidence from an integrative approach. Chemosphere. 2018. Vol. 203. pp. 228-238. DOI: 10.1016/j.chemosphere.2018.03.181

S.S. Mandzhieva, T.V. Bauer, M.V. Burachevskaya, A.V. Barakhov, P.D. Pogonyshev, V.N. Petukhova, T.M. Minkina

Southern Federal University, Rostov-on-Don, Russia

msaglara@mail.ru

THE CHANGES OF THE COPPER FRACTIONAL-GROUP COMPOSITION IN THE HAPLIC CHERNOZEM UNDER THE PRESENCE OF BIOCHAR

Abstract. Biochar is effective in remediation of soils contaminated with heavy metals due to its sorption properties. A decrease in loosely bound Cu compounds was found in Haplic

chernozem under biochar addition. The (hydr) oxides Fe and Mn make the largest contribution to the strong fixation of Cu.

Keywords: soil, heavy metals, transformation of compounds, pollution.

This work was financially supported by the project part of state assignment No. 5.948.2017/PCh, RFBRproject No. 18-55-05023 Arm_a, project of President of Russian federation, No. MK-4015.2018.5.

References

1. 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. V.41 (11), pp. 1171-1179. DOI: 10.1134/S1064229308110057
2. Huang S.H. Fractional distribution and risk assessment of heavy metal contaminated soil in vicinity of a lead/zinc mine. Transactions of nonferrous metals society of China. 2014. Vol.24. P.3324-3331.
3. Minkina T.M., Fedorov Y.A., Nevidomskaya D.G., Pol'shina T.N., Mandzhieva S.S., Chaplygin V.A. Heavy metals in soils and plants of the don river estuary and the Taganrog Bay coast. Eurasian Soil Science. 2017. V.50 (9). pp. 1033-1047. DOI: 10.1134/S1064229317070067
4. Minkina T.M., Linnik V.G., Nevidomskaya D.G., Bauer T.V., Mandzhieva S.S., Khoroshavin V.Y. Forms of Cu (II), Zn (II), and Pb (II) compounds in technogenically transformed soils adjacent to the Karabashmed copper smelter. Journal of Soils and Sediments. 2018. V. 18 (6). pp. 2217-2228. DOI: 10.1007/s11368-017-1708-2
5. Pukalchik M., Mercl F., Terekhova V., Tlustoš P. Biochar, wood ash and humic substances mitigating trace elements stress in contaminated sandy loam soil: Evidence from an integrative approach. Chemosphere. 2018. Vol. 203. pp. 228-238. DOI: 10.1016/j.chemosphere.2018.03.181

УДК 631.4

Е.П. Микова, И.Е. Шестаков

ФГБОУ ВО Пермский государственный национальный исследовательский университет, Пермь, Россия

e-mail: ekaterina.mikova@gmail.com

ХАРАКТЕРИСТИКА ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПОЧВ ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЧАСТИ ЗАПОВЕДНИКА «ШАЙТАН-ТАУ»

Аннотация. В статье приведены результаты обследования государственного природного заповедника «Шайтан-Тау» (Оренбургская область). Местоположение заповедника находит отражение в почвенном покрове, который несет в себе черты горно-степного почвообразования.

Ключевые слова: горные почвы, почвы особо охраняемых природных территорий, заповедник Шайтан-Тау, Южный Урал.

Введение. Государственный природный заповедник (ГПЗ) «Шайтан-Тау» является одним из самых молодых российских заповедников (дата создания 9 октября 2014 года) и располагается в средней части одноименного хребта в правобережной части реки Сакмары на севере Кувандыкского района Оренбургской области (общая площадь заповедной территории 6 726 га). Хребет Шайтан-Тау неоднократно привлекал внимание ученых на протяжении всего XX века, являясь уникальной горно-лесостепной местностью, находящейся на стыке ландшафтных зон и орографических областей, ареалов обитания особо ценных и редких видов животных и растений. Инвентаризация разнообразия животных и растений в пределах заповедных территорий проводится регулярно и имеет отражение в печатных публикациях, в то время как почва зачастую рассматривается как пространственная основа для размещения охраняемых видов. Систематическое описание почв, представленных в государственных заповедниках и национальных парках страны, проводится крайне редко [2,4,5].

Методика. Объектом исследования являлись почвы центральной части заповедника «Шайтан-Тау». Обследование почвенного покрова заповедника было проведено в июле 2017 и 2018 годов. Всего было заложено более 20 основных разрезов, приуроченных к различным элементам рельефа и растительным сообществам. Описание почвенных разрезов проводилось методом макро- и мезоморфологического анализа почвенного профиля по общепринятой схеме. Диагностика почв проведена в соответствии с классификацией и диагностикой почв России. При выполнении физико-химических и агрохимических анализов для характеристики генетических горизонтов использовались общепринятые агрохимические методы: содержание углерода органических соединений – по Тюрину (ГОСТ 26213-91); сумма обменных оснований – по методу Каппена-Гильковица (ГОСТ 27821-88); pH водной и солевой суспензии – потенциометрическим методом (ГОСТ 26423-85); гидrolитическая кислотность – по методу Каппена (ГОСТ 26212-91). Расчёты производились с помощью MS Excel [3,6].

Таблица 1

Физико-химические свойства почв центральной части заповедника «Шайтан-Тау»

Глубина, см	pH водной вытяжки	pH солевой вытяжки	Гумус, %	N, мг-экв/100г	S, мг-экв/100г	V, %	ЕКО, мг-экв/100г
1	2	3	4	5	6	7	8
Аллювиальная гумусовая ненасыщенная среднемощная на аллювиальных отложениях (AY-C_~)							
4-14	5,90	4,84	1,71	7,0	5,0	42	12,0
18-28	6,10	4,87	4,04	5,9	5,4	48	11,3
42-52	6,24	4,92	1,16	5,5	5,7	51	11,1
75-85	6,46	5,02	1,09	4,0	5,4	57	9,4
Литозём серогумусовый ненасыщенный среднемощный сильноскелетный на элювии плотных бескарбонатных пород (AY-C)							
3-13	5,73	5,12	10,40	13,6	7,8	36	21,4
15-25	5,46	4,44	4,66	15,4	4,4	22	19,8
Литозём серогумусовый бескарбонатный сильно скелетный (AY-C-R)							
3-13	5,45	4,96	7,76	13,8	6,4	32	20,2
Литозём тёмногумусовый типичный бескарбонатный сильноскелетный на элювии сланцев (AU-M)							
1-11	6,14	5,19	7,93	-	-	-	-
13-23	6,13	5,13	5,06	-	-	-	-
Литозём светлогумусовый бескарбонатный очень сильно скелетный на плотных породах (AJ-C-M)							
5-15	6,20	5,34	3,63	16,1	1,8	90	16,1
20-40	6,33	5,30	-	15,1	1,8	89	15,1
Петрозём гумусовый (W-M)							
0-5	5,17	4,16	8,38	12,9	4,0	24	16,9
Петрозём гумусовый (W-M)							
-	5,83	5,06	7,12	10,0	3,1	76	-
Стратозём тёмногумусовый среднемощный тяжелосуглинистый на элювиально-делювиальных отложениях (RU-[C])							
3-13	6,07	4,82	8,38	9,6	6,7	41	16,3
27-37	6,14	4,66	6,52	8,6	5,5	39	14,1
67-77	6,31	4,44	1,02	6,2	3,7	37	9,9
Стратозём тёмногумусовый ненасыщенный среднемощный на элювиально-делювиальных отложениях (RU-C)							
3-13	5,80	5,13	7,30	9,6	6,7	41	16,3
20-30	5,69	4,72	6,21	11	5,5	33	16,5
45-55	6,01	4,77	4,19	7,7	5,3	41	13,0
80-90	6,23	4,70	1,40	6,6	5,6	46	12,2

1	2	3	4	5	6	7	8
Стратозём тёмногумусовый на бурозёме тяжелосуглинистом (RU-[AU-BM])							
4-14	6,03	5,24	7,17	9,2	1,8	84	-
27-37	6,45	5,23	3,14	10,2	1,8	85	-
>53	6,77	5,08	-	27,2	0,9	97	-
Стратозём тёмногумусовый на погребенном бурозёме оглеенном (AU-[AYg-BMg-G])							
0-10	5,74	4,39	4,62	15,1	1,8	89	-
20-30	6,48	5,51	-	-	-	-	-
45-55	6,91	5,69	-	14,5	2,7	84	-
66-76	7,14	5,47	0,83	7,2	2,7	73	-
96-106	6,94	5,75	-	13,2	0,9	94	-
Тёмногумусовая метаморфизированная бескарбонатная маломощная тяжелосуглинистая слабообразованная (AU-Cm-M)							
2-12	5,85	4,74	7,17	17,2	1,8	91	-
17-27	6,89	5,36	2,52	16,2	0,9	95	-
Тёмногумусовая метаморфизированная среднескелетная на элюво-делювии плотных пород (AU-Cm)							
1-7	6,70	5,73	9,29	-	-	-	-
10-20	6,19	5,03	8,27	-	-	-	-
40-50	6,47	5,20	4,20	-	-	-	-
Тёмногумусовая бескарбонатная очень сильно скелетная (AU-C-M)							
0-10	6,46	5,75	9,29	-	-	-	-
23-33	5,57	3,91	-	-	-	-	-
Тёмногумусовая ненасыщенная среднemoshная тяжелосуглинистая на элювиально-делювиальных отложениях (AU-C)							
6-16	6,43	5,48	7,30	5,7	9,6	63	16,9
20-30	6,61	5,65	9,63	5,0	9,7	66	16,9
45-55	6,74	5,81	5,43	4,4	9,3	68	16,9
Тёмногумусовая метаморфизированная ненасыщенная маломощная сильноскелетная на элювиально-делювиальных отложениях (AU-Cm)							
6-16	6,10	4,29	10,25	6,4	9,8	60	16,2
18-28	6,47	5,72	6,68	7,4	8,2	52	15,6
32-42	6,28	5,52	4,97	7,0	6,9	50	13,9
60-70	6,42	5,43	0,39	6,6	4,3	39	10,9
Тёмно-серая глеевая типичная глубоко оглеенная тяжелосуглинистая на элюво-делювии (AU-BELg-BTg-G)							
2-12	6,44	5,64	6,32	18,0	2,7	87	-
15-25	5,68	4,40	-	-	-	-	-
36-46	5,87	4,54	-	24,5	3,6	87	-
57-67	5,80	3,72	2,19	15,1	2,7	85	-
80-90	5,88	3,67	-	15,1	2,7	85	-
Чернозём глинисто-иллювиальный бескарбонатный маломощный тяжелосуглинистый на элювиальных отложениях (AU-AUe-BI)							
3-13	5,54	4,81	11,02	16,0	8,0	33	24,0
15-25	5,51	4,69	9,31	16,4	7,3	31	23,7
27-37	5,75	4,99	3,42	11,9	6,3	35	18,2
Чернозём глинисто-иллювиальный постагрогенный оподзоленный маломощный тяжелосуглинистый на элювиальных отложениях (AU-AUe,pa-BI)							
6-16	5,64	4,53	6,52	16,0	7,7	32	23,7
19-29	5,56	4,35	5,90	10,3	7,2	41	17,5
30-40	6,12	4,08	1,16	7,5	5,2	41	12,7
H – гидролитическая кислотность, S – сумма обменных оснований, V – насыщенность основаниями, ЕКО – ёмкость катионного обмена							

Результаты. Отличительной чертой почвенного покрова центральной части заповедника «Шайтан-Тау» является мозаичность, обусловленная разнообразием сочетаний геоморфологических, литологических и растительных условий почвообразования. Также особенностью заповедника является наличие на выровненных участках развитых гумусово-аккумулятивных горизонтов в совокупности с укороченным профилем и высокой степени щебенности [1,4,5].

В результате проведенного обследования центральной части заповедника были получены следующие сведения: маломощные щебенистые и слабо развитые почвы встречаются на выровненных вершинах и на безлесых прогреваемых склонах; более мощные почвы встречаются на северных склонах в нижней части склонов и на берегах ручьев, а также на высокой пойме р. Сакмары.

Физико-химические свойства основных типов почв приведены в таблице 1. По результатам аналитической обработки почвенных образцов были сделаны выводы:

1. Почвы обладают кислой, слабокислой и близкой к нейтральной реакцией среды: $pH_{вод}$ варьирует в пределах от 5,17 до 7,14; $pH_{сол}$ – от 3,67 до 5,81. Максимальные значения $pH_{вод}$ наблюдаются в нижних горизонтах стратозёмов, $pH_{сол}$ – в нижних горизонтах темногумусовых почв, минимальные – в петрозёмах в нижних горизонтах тёмно-серых почв.

2. Содержание гумуса в верхних горизонтах почв колеблется в широких пределах: наибольшее содержание наблюдается в чернозёмах (до 11,02%), наименьшее – в аллювиальной гумусовой почве (1,71%). Для большинства почв характерно высокое содержание гумуса.

3. Показатели гидролитической кислотности варьируют в диапазонах от 4,0 (аллювиальная гумусовая) до 27,2 мг-экв/100г (стратозёмы).

4. Показатели суммы обменных оснований варьируют от 0,9 мг-экв/100г для стратозёмов и некоторых тёмногумусовых почв до 9,8 мг-экв/100г у тёмногумусовых почв.

5. Показатели ЕКО имеют значения от 9,4 (аллювиальная гумусовая) до 24,0 мг-экв/100г (чернозём).

6. Значения степени насыщенности основаниями варьируют в широких пределах основаниями от 22% у литозёмов серогумусовых до 95-97% у стратозёмов тёмногумусовых и тёмногумусовых почв.

Выводы. Таким образом, почвы центральной части заповедника «Шайтан-Тау» обладают кислой, чаще слабокислой, а также близкой к нейтральной реакцией среды; часто можно наблюдать большое содержание органического вещества в верхних горизонтах почв. Помимо этого наблюдается широкий предел варьирования значений гидролитической кислотности, суммы обменных оснований, ёмкости катионного обмена степени насыщенности основаниями.

Исходя из полученных результатов, можно сказать, что исследованные почвы характеризуются невысокой ёмкостью катионного обмена и малым содержанием кальция и магния, что можно связать с бескарбонатностью материнских пород.

Литература

1. Заповедник «Шайтан-Тау» // Федеральное государственное бюджетное учреждение «Объединенная дирекция государственных природных заповедников «Оренбургский» и «Шайтан-Тау»», 2015-2017. URL: <http://orenzap.ru/territory/zapovednik-shaytan-tau/zapovednik-shaytan-tau/> (дата обращения 15.09.2019)
2. Кин Н.О., Калмыкова О.Г., Барбазюк Е.В. Роль заповедника "Шайтан-Тау" в сохранении редких представителей флоры и фауны Оренбургской области // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2016. №5(2), ноябрь. 296-300 с.

3. Классификация и диагностика почв России. Смоленск: Ойкумена, 2004. 342 с.
4. Материалы комплексного экологического обследования участков территорий, обосновывающие придание этим территориям правового статуса особо охраняемых природных территорий федерального значения – государственного природного заповедника «Шайтан-Тау». Пояснительная записка. М.: 2013.
5. Проект организации государственного горно-лесостепного заповедника «Шайтан-Тау» (пояснительная записка). Под редакцией канд. геогр. наук А.А. Чибилёва. Оренбург.отд. ИЭРИЖ УрО АН СССР, Оренбург, 1991.217 с.
6. Розанов Б.Г. Морфология почв. М.: Академический проект, 2004. 432 с.

Е.Р. Mikova, I.Ye. Shestakov
 Perm State University, Perm, Russia
 e-mail: ekaterina.mikova@gmail.com

CHARACTERISTIC OF PHYSICAL AND CHEMICAL PROPERTIES OF SOILS OF THE CENTRAL PART OF THE RESERVE «SHAITAN-TAU»

Abstract. The article presents the results of a survey of the state nature reserve "Shaitan-Tau" (Orenburg region). The location of the reserve is reflected in the soil cover, which bears the features of steppe and mountain types of soil formation.

Keywords: mountain soils, soils of specially protected natural areas, the reserve Shaitan-Tau, Southern Ural.

References

1. Zapovednik «SHajtan-Tau» // Federal State Budget Establishment "United Directorate of State Nature Reserves "Orenburg" and "Shaitan-Tau", 2015-2017. URL:<http://orenzap.ru/territory/zapovednik-shaytan-tau/-zapovednik-shaytan-tau/> (data obrashcheniya 15.09.2019)
2. Kin N.O., Kalmykova O.G., Barbazyuk E.V. The role of the Shaytan-Tau Reserve in the conservation of rare flora and fauna in the Orenburg region // Izvestiya Samarskogo nauchnogo centra Rossijskoj akademii nauk. 2016. №5(2), noyabr'. 296-300 p.
3. Classification and diagnosis of Russian soils. Smolensk: Ojkumena, 2004. 342 p.
4. Materials of a comprehensive environmental survey of areas of the territories, justifying the legal status of these territories of specially protected natural areas of federal importance - the state nature reserve "Shaitan-Tau". Explanatory note. М.: 2013.
5. The project of the organization of the state mountain-forest reserve "Shaitan-Tau" (explanatory note). Uner ed. geo. Sci. A.A. Chibilyov. Orenburg.otd. IERIZH UrO AN SSSR, Orenburg, 1991.217 p.
6. Rozanov B.G. Soil morphology. М.: Akademicheskij proekt, 2004. 432 p.

УДК 631.454

Н.И. Никитская
 ФГБОУ ВО Пермский ГАТУ им. Д.Н. Прянишникова
 e-mail: natali_nikitska@mail.ru

АГРОХИМИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПОЧВ ФКУ ИК ГУФСИН РОССИИ ПО ПЕРМСКОМУ КРАЮ

Аннотация. В работе исследована агрохимическая характеристика почв открытого грунта ФКУ ИК–10 и ФКУ ИК–35 ГУФСИН России по Пермскому краю. Даны рекомендации производству.

Ключевые слова: агрохимическая характеристика почв, открытый грунт, овощные культуры, органические удобрения, исправительные колонии.

Агрохимическое исследование почв производится с целью их агрохимической оценки и контроля над изменением плодородия почв. Результаты проведения

агрохимического исследования являются основой для разработки научно обоснованной системы удобрения и мероприятий по повышению почвенного плодородия и урожайности сельскохозяйственных культур.

В исправительных колониях ГУФСИН России аграрное производство занимает значительную долю. Учитывая возможности исправительных учреждений, здесь широко представлено аграрное производство по обеспечению осужденных продукцией животноводства и растениеводства. Данное направление предусматривает производство мяса, молока, зерновых и овощных культур, внедрение альтернативных видов животноводства и аквакультуры, а также производство кормов для сельскохозяйственных животных.

Но производство аграрной продукции тесно связано и с наличием отходов, в том числе органических. Проблемы утилизации отходов сельскохозяйственной деятельности исправительных учреждений непосредственно связаны с характером их деятельности. Органические отходы животноводства вывозятся непосредственно на сельскохозяйственные угодья. Мониторинг состояния почв даёт возможность отслеживать состояние почвенного плодородия в этих хозяйствах и качество получаемой продукции.

Исследования проведены в 2017-2018 гг. На территории ФКУ ИК-10 (п. Всевятская Чусовского района) и ФКУ ИК-35 (п. Центральный Чусовского района) ГУФСИН России по Пермскому краю выращивается овощная продукция открытого и защищённого грунта (томат, огурец, морковь, свекла, картофель). Объекты исследования – образцы почв открытого грунта этих исправительных учреждений.

Для определения агрохимических характеристик почвы открытого грунта отобраны образцы почвы по ГОСТ 17.4.3.01.

Агрохимический анализ данных образцов проведён по общепринятым методикам в лаборатории кафедры экологии Пермского ГАТУ. Пробы проанализированы в трёхкратной повторности, проведена математическая обработка результатов. Основные агрохимические показатели почв, находящихся на территории выращивания овощной продукции открытого грунта ФКУ ИК-10 и ФКУ ИК-35, представлены в таблице 1, 2.

Таблица 1

**Агрохимические показатели почв открытого грунта
ФКУ ИК-10 и ФКУ ИК-35 ГУФСИН России по Пермскому краю**

	рН _{KCL}	Нг	S	ЕКО	V, %
ФКУ ИК-10	6,4±0,1	3,4±0,3	31,6±0,6	35,0	91
ФКУ ИК-35	6,3±0,3	3,7±0,3	45,9±0,4	49,6	92,5

Таблица 2

**Агрохимические показатели почв открытого грунта
ФКУ ИК-10 и ФКУ ИК-35 ГУФСИН России по Пермскому краю**

	Гумус, %	Азот (NO ₃)	Азот (NH ₄)	Азот (NO ₃ +NH ₄)	Фосфор подвижный (P ₂ O ₅)	Калий обменный (K ₂ O)
ФКУ ИК-10	3,2±0,2	59±2	138±1	197±2	200±2	296±1
ФКУ ИК-35	2,0±0,1	42±0,4	38±2	80±2	350±2	574±1

По результатам исследования образцов почвы открытого грунта ФКУ ИК-10 и ФКУ ИК-35 следует отметить, что эти почвы не нуждаются в дополнительном внесении удобрений и известковании для всех выращиваемых культур открытого грунта в хозяйствах.

Высокое содержание ёмкости катионного обмена, суммы обменных оснований и степени насыщенности почв им, объясняется повышенным содержанием гумуса и тяжёлым механическим составом почвы. Исследования показали, что на участках для выращивания капусты отмечено высокое содержание азота, а для картофеля обеспеченность почв фосфором превышает оптимальное значение. Избыток азота объясняется значительным количеством внесения органических удобрений в хозяйстве.

На основании проведённых исследований растениеводческому сектору ФКУ ИК-10 и ФКУ ИК-35 рекомендовано не вносить органические удобрения в почву без предварительной подготовки, а использовать органический материал (навоз крупного рогатого скота и других сельскохозяйственных животных) для изготовления компостов. Стоит отметить, что в этих учреждениях в большом количестве есть древесный опил (отход производства), который можно использовать для производства компостов.

N.I. Nikitskaya

Perm State Agro-Technological University, Perm, Russia

AGROCHEMICAL CHARACTERISTICS OF SOILS IN FKU IK GUF SIN RUSSIA IN PERM KRAI

Abstract. In the work the agrochemical characteristics of soils of the open ground FKU IK-10 and FKU IK-35 of the GUF SIN of Russia in the Perm region are investigated. Recommendations for improvement are given.

Keywords: agrochemical characteristics of soils, open ground, vegetable crops, organic fertilizer, correctional colony.

УДК 631.41

В.И. Панасин¹, К.В. Депутатов², Д.А. Рымаренко³

¹ФГБОУ ВО Калининградский технический университет, Калининград, Россия

²ООО «Романовски Агро», Калининградская область, Россия

³ФГБУ «ЦАС «Калининградский», Калининград, Россия

e-mail:panasin1938@mail.ru, Romanowski_agro@mail.ru

ГЕОХИМИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ НАКОПЛЕНИЯ И РАССЕЯНИЯ МИКРОЭЛЕМЕНТОВ В ПОЧВАХ КАЛИНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ

Аннотация. Исследованы закономерности распространения некоторых микроэлементов в почвах сельскохозяйственных угодий Калининградской области. Установлено, что содержание и запасы микроэлементов в гумусово-аккумулятивных горизонтах определяются свойствами материнских пород, а также направленностью процессов почвообразования. Выявлены биогеохимические ассоциации микроэлементов

Ключевые слова: валовые формы микроэлементов, почвообразующие породы, корреляционные зависимости

В связи с внедрением в последние годы интенсивных ресурсосберегающих технологий возделывания сельскохозяйственных культур особую актуальность приобретает разработка научно обоснованных систем земледелия на основе оптимизации условий корневого питания растений с повсеместным применением микроудобрений. Для создания региональных нормативов применения микроудобрений необходим банк данных по содержанию и запасам микроэлементов в почвах, а также данных по их влиянию на урожай и качество сельскохозяйственных культур.

Почвенный покров Калининградской области сформировался при и после отступления последнего Валдайского оледенения и обусловил огромное разнообразие элементов рельефа, почвообразующих пород, типов и разновидностей почв. Приморское положение региона предопределило обилие осадков и длительный безморозный период, что обуславливает выраженный промывной режим и развитие дерново-подзолистого процесса. Наиболее распространенными на территории области являются дерново-подзолистые почвы, удельный вес которых составляет 83%. Микроэлементный состав почв во многом определяется региональными геохимическими особенностями, минералогическим, химическим и гранулометрическим составом почвообразующих пород [1, 2].

Для изучения содержания и распространения микроэлементов в почвах и почвообразующих породах Калининградским центром агрохимической службы начиная с 1968 года проводились широкомасштабные исследования, включая и проведение полевых опытов по выявлению эффективности применения микроудобрений в земледелии региона.

С целью познания закономерностей распределения микроэлементов на территории Калининградской области были отобраны наиболее репрезентативные образцы почвообразующих пород и почв. Было заложено и исследовано свыше 700 почвенных разрезов, в том числе дерново-подзолистых почв – 360, дерновых – 120, аллювиальных – 112 и осушенных торфяных – 123. Общее число почвенных образцов, проанализированных на содержание валовых количеств микроэлементов превысило 4000, подвижных – более 200000.

Агрохимические свойства почв определялись по стандартным гостированным принятым в агрохимической службе методикам. Валовое содержание меди, цинка и марганца в почвах и растениях определяли атомно-абсорбционным методом на спектрофотометрах С-302 и ААС-1 из солянокислого раствора, полученного после озоления навески и перевода золы в раствор. Подвижные формы меди и марганца в почве также определяли атомно-абсорбционным методом: медь из вытяжки 1н HCl, марганец – 0,1н H₂SO₄. Содержание бора, кобальта и молибдена в почвах и растениях, а также количество подвижного цинка в почвах определяли фотоколориметрически по методу Ринькиса. Бор анализировали из отдельной навески после обработки горячей водой хинализариновым методом, молибден – роданидным методом с изоамиловым спиртом, кобальт – нитрозо-R-солью, подвижный цинк в почвах – дитизоновым методом. Математико-статистическая обработка результатов проведена по Доспехову [3].

Исследованиями установлено, что на территории региона широко распространены три группы почвообразующих пород. Первая – моренные валунные отложения, представленная тяжелыми, средними, легкими суглинками, а также супесями и песками. Моренные отложения в значительной степени перемыты последниковыми водами. Тяжелые и средние суглинки часто содержат карбонаты, легкие суглинки и супеси, как правило, глубоко выщелочены. В восточной и центральной частях области преобладают средние суглинки, в западной части широко рас-

пространены легкие суглинки и супеси. Вторая группа представлена тонкодисперсными продуктами переотложения морены на бывшем дне приледниковых озер. Это безвалунные иловатые тяжелые суглинки и глины, часто карбонатные. Распространены в центральных и южных районах региона, локально встречаются на северо-востоке. Третья группа представлена безвалунными водно-ледниковыми песками и супесями, а также древнеаллювиальными сортированными песками. Они глубоко выщелочены, встречаются локально на всей территории области в поймах и надпойменных террасах древних и современных рек.

Содержание отдельных минералов в разных породах неодинаково. Моренные отложения содержат 45 – 70% кварца, 6 – 9% калиевых полевых шпатов, 13 – 33% гидрослюд, 12 – 13% кальцита.

В целом почвообразующие породы обеднены минералами-носителями микроэлементов, за исключением марганца, поэтому в породах и почвах региона микроэлементы, как правило, находятся в форме рассеянных элементов (табл. 1).

Таблица 1

Валовое содержание микроэлементов в почвообразующих породах Калининградской области, мг/кг

Элементы	Породы			
	1	2	3	4
B	5,9±0,15	5,3±0,10	3,8±0,14	2,6±0,02
Cu	9,1±0,22	6,0±0,13	4,9±0,10	3,2±0,05
Mn	378±16,1	234±3,8	105±2,1	53±1,8
Mo	1,6±0,02	1,7±0,01	0,9±0,02	0,5±0,01
Co	9,2±0,14	8,6±0,05	5,3±0,08	1,2±0,02
Zn	35,8±0,14	29,3±0,21	20,2±0,06	12,10,19

Примечание: 1 – озерно-ледниковые безвалунные глины и суглинки;

2 – моренные суглинки; 3 – моренные валунные супеси;

4 – водно-ледниковые и древнеаллювиальные пески

Изучение микроэлементного состава почвообразующих пород Калининградской области и сравнение полученных данных с литературными источниками свидетельствует о том, что количество микроэлементов в породах области ниже, чем в породах Белоруссии и Европейской части России [1, 2]. При этом озерно-ледниковые породы содержат несколько больше цинка, марганца, меди, бора и кобальта по сравнению с исходными моренными отложениями, а водно-ледниковые и древнеаллювиальные пески обеднены практически всеми микроэлементами. Содержание микроэлементов в моренных отложениях имеет прямую связь с их гранулометрическим составом.

Общеизвестно, что почвы во многом наследуют химический, в том числе и микроэлементный, состав материнских пород (табл. 2).

Таблица 2

Корреляционная связь ($r \pm Sr$) между содержанием микроэлементов в почвах и почвообразующих породах

Элементы	Почвы		
	Дерново-подзолистые	Дерновые	Аллювиальные
B	+0,82±0,04	+0,17±0,01	+0,55±0,02
Cu	+0,78±0,03	+0,31±0,02	+0,29±0,01
Mn	+0,61±0,03	+0,27±0,01	+0,41±0,03
Mo	+0,28±0,02	+0,10±0,01	+0,38±0,01
Co	+0,53±0,03	+0,44±0,02	+0,61±0,04
Zn	+0,63±0,04	+0,17±0,01	+0,34±0,02

Во всех случаях прослеживается прямая корреляционная связь между содержанием микроэлементов в почвах и материнских породах, но теснота этих связей

для отдельных элементов и типов почв значительно варьирует. Закономерности распределения микроэлементов в системе почва – материнская порода на разных типах почв, сформировавшихся на идентичных по гранулометрическому составу породах, имеют специфические особенности. Анализ концентраций элементов в системе почва-порода позволил выделить геохимические ассоциации накопления и рассеяния их в почвах.

Для дерново-подзолистых тяжелосуглинистых почв, сформировавшихся на озерно-ледниковых безвалунных глинах, характерно обогащение гумусово-аккумулятивного горизонта валовыми цинком и кобальтом и обеднение валовыми марганцем и молибденом по сравнению с материнской породой. Концентрация подвижных форм микроэлементов, за исключением кобальта и цинка в гумусовом горизонте выше, чем в породе. В дерновых почвах, сформированных на безвалунных озерно-ледниковых глинах имеет место накопление в гумусовом горизонте валового молибдена, подвижных форм меди и бора, а также обеднение подвижным цинком, валовыми формами меди, бора и кобальта. Содержание марганца, валового цинка, подвижных молибдена и кобальта близко к их количеству в почвообразующей породе.

В аллювиальных почвах на озерно-ледниковых глинах наряду с накоплением в гумусовом горизонте валового цинка отмечено обеднение его подвижными формами данного элемента, а также концентрация подвижных форм меди и бора при низком уровне их валового количества. Валовое содержание молибдена, а также подвижных кобальта и марганца в гумусовом горизонте и породе близки.

Дерново-подзолистые тяжело- и среднесуглинистые почвы, сформировавшиеся на моренных суглинках, характеризуются накоплением в гумусовом горизонте валовых бора, цинка, меди и кобальта, а также накоплением в породе по сравнению с пахотным слоем валового молибдена и подвижного цинка. Количество подвижного марганца в этих почвах близко к его содержанию в почвообразующей породе. Накопление большинства микроэлементов в гумусово-аккумулятивном горизонте этих почв является следствием их интенсивной биогенной аккумуляции.

В почвах более легкого гранулометрического состава и с меньшим содержанием гумуса изменяются закономерности накопления отдельных элементов в системе почва-порода. Легкосуглинистые почвы на моренных суглинках характеризуются накоплением в гумусовом горизонте валового цинка, валового и подвижного бора, а также подвижной меди. По остальным микроэлементам профиль таких почв дифференцирован относительно слабо.

Песчаные и супесчаные почвы, развившиеся на водно-ледниковых безвалунных суглинках, характеризуются обеднением гумусового горизонта большинством микроэлементов, что связано с их низкой гумусированностью и малым содержанием частиц физической глины. Вместе с тем в таких почвах имеет место значительная миграция гумусовых веществ по профилю, а более тяжелый гранулометрический состав почвообразующих пород усиливает закрепление в них микроэлементов, выносимых из верхней части профиля.

В гумусово-аккумулятивном горизонте рассматриваемых почв по сравнению с почвообразующей породой отмечается некоторое накопление подвижной меди, связанное с биогенной активностью почв и подвижного молибдена, как следствие специфики минерального состава песчаных почв. Содержание валового бора и подвижного кобальта в дерново-подзолистых песчаных и супесчаных почвах на суглинистых почвообразующих породах близко к их количеству в последних.

Дерновые почвы на моренных карбонатных суглинках отличаются аккумуляцией в гумусовом горизонте меди, марганца и бора, что обусловлено развитием дернового процесса, характеризующегося накоплением органического вещества,

энергичной его минерализацией и вовлечением химических элементов в биологический круговорот. Второй особенностью распределения микроэлементов в дерновых почвах на суглинистых отложениях является более низкое содержание молибдена и валового кобальта в пахотном слое по сравнению с почвообразующей породой.

В почвах на карбонатных породах имеет место значительная аккумуляция в верхних горизонтах подвижного цинка, связанная с амфотерным характером этого элемента и высокой степенью насыщенности основаниями данных почв. В почвах на некарбонатных суглинках напротив, более высокая концентрация цинка отмечена в почвообразующей породе, а верхние горизонты обеднены цинком, особенно его подвижными соединениями.

Дерново-подзолистые почвы, развитые на моренных валунных супесях, имеют во многом сходные черты распределения как валовых, так и подвижных форм микроэлементов в системе почва – порода. В легко- и среднесуглинистых почвах имеет место аккумуляция в гумусовом горизонте по сравнению с породой большинства микроэлементов. В супесчаных породах отмечается лишь более высокое содержание валового молибдена и подвижного цинка. Несколько иная закономерность распределения микроэлементов наблюдается в песчаных и супесчаных породах на моренных супесях. В данных почвах, как и в легко- и среднесуглинистых, наблюдается накопление в гумусово-аккумулятивном горизонте валового бора и цинка, а также подвижных форм меди, молибдена, марганца и кобальта. Кроме того, отмечается некоторая концентрация валового молибдена и подвижного цинка в почвообразующей породе.

Уменьшение количества физической глины и гумуса в дерново-подзолистых почвах приводит к снижению уровня накопления микроэлементов в пахотном слое, что обусловило меньшую концентрацию валовых форм меди, марганца, кобальта и подвижного цинка в песчаных и супесчаных почвах. Выявленные геохимические ассоциации рассеяния и накопления микроэлементов в почвах Калининградской области позволили разработать дифференцированную систему применения микроудобрений в регионе, определить потребность в каждом виде микроудобрений.

Литература

1. Панасин В.И. Микроэлементы и урожай. Калининград. 2000. 273 с.
2. Анциферова О.А. Геохимия элементов в почвах Замландского полуострова. Калининград. 2013. 222 с.
3. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. М. 1979. 416 с.

V.I. Panasin¹, K.V. Deputatov², D.A. Rymarenko³

¹Of the Kaliningrad technical University, Kaliningrad, Russia

²ООО "Romanowski agro», Kaliningrad region, Russia

³FSBI "САС "Kaliningrad", Kaliningrad, Russia

e-mail:panasin1938@mail.ru, Romanowski_agro@mail.ru

GEOCHEMICAL ASPECTS OF THE ACCUMULATION AND DISPERSION OF TRACE ELEMENTS IN THE SOILS OF KALININGRAD REGION

Abstract. Regularities of distribution of some microelements in soils of agricultural lands of the Kaliningrad region are investigated. It is established that the content and reserves of trace elements in humus-accumulative horizons are determined by the properties of parent rocks, as well as the direction of soil formation processes. The identified geochemical Association of trace elements.

Key words: gross forms of microelements, soil-forming rocks, correlation dependences.

References

1. Panasin V.I. Trace Elements and harvest. Kaliningrad. 2000. 273 p.
2. Antsiferova O.A. Geochemistry of elements in soils Samlandsche Peninsula. Kaliningrad. 2013. 222 p.
3. Dospikhov B.A. Technique of field experience. M. 1979. 416 p.

UDC 631.4

M. Hamurcu¹, N. Mudrykh², M. Kamran Khan¹,
A. Pandey¹, F. Elbasan¹, E. Hakki¹, S. Gezgin¹

¹Selcuk University, Konya TURKEY

²Perm State Agro-Technological University, Perm, Russia

e-mail: mhamurcu@selcuk.edu.tr

BORON “AN ESSENTIAL NUTRIENT FOR PLANT SPECIES”

Abstract. Boron is an essential nutrient for cultivated plants. Established, generative growth (seed/fruit formation) is more affected by boron deficiency as compared to vegetative growth in plants. Boron is immobile in most plants, it is recommended to apply boron fertilizer to the leaves two or three times during the growth period.

Keywords: Boron, boron deficiency, boron fertilization, soil.

Introduction

Microelement deficiency or toxicity, which is one of the most important stress factors in plants inhibits the metabolic functions and may cause damage to the plant. Plants need macro- (N, K, Ca, Mg, P, and S) and micro- (Fe, Zn, Mn, Cu, B, Cl, Mo, and Ni) elements in their tissues for growth. However, the deficiency of microelements along with its excess retard the plant growth [1]. Although boron has been known as an essential nutrient for cultivated plants since last 50-60 years, their functions in plant growth are not fully understood.

Boron deficiency is one of the most common micronutrient deficiencies in plants. Numerous physiological functions of plants are affected under boron deficiency where first of all cell wall formation, structural integrity and its functions are deteriorated. Boron also plays a decisive role in maintaining the structural integrity and physiological functions of cell membranes. In the case of boron deficiency, the stability of cell membranes deteriorates and they become extremely permeable [1, 2, 3]. Boron deficiency mostly occurs in sandy and acidic soils with low organic matter [4]. In most of the cultivated plants, boron is not readily transportable within the plant. Boron is known as one of the few elements that are most difficult to be transported via phloem of vascular bundles. In plants with low boron mobility (phloem transport), it is very important to apply boron from the leaves to the plants, especially during flowering and fruit/grain formation [1].

Factors affecting Boron Uptake from Soil

Unlike other micronutrients, boron is an element that has high mobility in soils and is washed away heavily from sandy and low-organic soils depending on the irrigation intensity and rainfall. A significant proportion of boron is present in the organic matter in the soils; therefore, the risk of boron deficiency is high in the soils that are low in organic matter. Boron is also very low in the acidic soils where washing is high. According to some research studies, boron nutrition in plants is adversely affected in acidic and calcareous soils. Boron deficiency also occurs in calcareous and clay soils and the main reason

for this is the strong adsorption/fixation of boron to clay minerals under high pH soil conditions.

Boron in Plants

Boron is a micronutrient that is active in the metabolic process and shows structural features of plants. It has important roles in strengthening the cellular structures and tissues of plants and acts as a cementing material in cell walls. Moreover, boron is a micronutrient that is simultaneously effective for the structural integrity of both, cell walls and membranes [2; 5; 6]. If there is a problem in the permeability of membrane (leakage), the exudation of organic compounds such as carbohydrates (sugar) and amino acids from the stem and leaf cells is increased, and further, these organic compounds promote the growth of pathogen spores and pathogen infection. Boron deficiency in the plant causes the loss of pollen tube development and functionality, along with the decrease in flowering and loss of flowers [7]. Boron deficiency affects the generative growth (seed/fruit formation) more than the vegetative growth in plants. This subject is of great importance to manufacturers.

Symptoms of Boron Deficiency in Plants

Boron is an element that is transported from old leaves to young leaves in a controlled manner. Since it is one of the most difficult nutrients to be transported via the phloem channel in plants, boron deficiency occurs first in the youngest parts of plants and especially in fruits (**Figure**). Although there are differences between the plant species and within the varieties of the same species, boron deficiency can be seen as yellowing and necrotic spots on the youngest leaves of the plants. The parts of the plants showing apical growth are maximum affected by the boron deficiency.

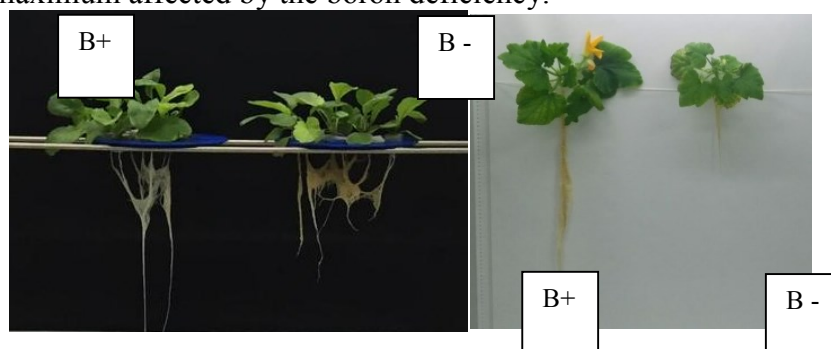


Figure. Boron deficiency in different plants

Removal of Boron deficiency

Boron requirements of plants vary greatly between the species and within the varieties of the same species; thus, the amount of boron fertilization is variable. For an area of one hectare (ha), the generally recommended amount of pure boron from soil supply varies from 0.5 kg to 4 kg. In plants with high boron requirement, the amount of boron supply from the soil increases up to 4 kg B / ha. On the other hand, for cereals such as wheat and barley with a very low boron requirement, the recommended amount of boron varies between 0.5 and 1.5 kg B / ha.

When applying boron to the soil, it is extremely useful to consider the spreading method. In the band applications, There is a high risk of damage to seeds or seedlings from boron. Etidot-67, sodium tetraborate, borax, sodium pentaborate, and boric acid are the most commonly applied boron fertilizers from soil. Boric acid, solubor, and Etidot-67 are boron fertilizers which are mostly taken into consideration in foliar fertilization. To reduce the risk of boron toxicity, attention should be paid towards the dose of foliar boron applications. Generally, it is recommended to apply 500 grams of pure boron for one hectare of foliar application. As mentioned above, since boron is immobile in most

plants, it is recommended to apply boron fertilizer to the leaves two or three times during the growth period.

References

1. Cakmak I., & Römheld V. Boron deficiency-induced impairments of cellular functions in plants. In: Plant and Soil. Proceedings. Eds. R.W. Bell and B. Rerkasem. 1997. P. 193: 71-83. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, the Netherlands.
2. Marschner H. Mineral nutrition of higher plants. Academic Press, Second Edition, 1995. P. 379-396.
3. Lukaszewski K.M., & Blevins D.G. Root growth inhibition in boron-deficient or aluminium-stressed squash may be a result of impaired ascorbate metabolism. Plant Physiology, 1996. 112. 1135-1140.
4. Gezgin S., Dursun N., Hamurcu M., Harmankaya M., Önder M., Sade B., Topal A., Soylu S., Akgün N., Yorgancılar M., Ceyhan E., Çiftçi N., Acar B., Gültekin İ., Işık Y., Şeker C., & Babaoğlu M. Determination of B contents of soils in Central Anatolian cultivated lands and its relations between soil and water characteristics. In: Goldbach H. E., Rerkasem B., Wimmer M.A., Brown P., Thellier M., Bell R.W. editors. Boron in Plant and Animal Nutrition. New York, NY, USA: Kluwer Academic Publishers, 2002. P. 391-400.
5. Bergmann W. Nutritional disorders of plants. Developments Visual and Analytical Diagnosis Jena, 1992. P. 165-185.
6. Kacar B., & Katkat A.V. Bitki besleme, Uludağ Üniversitesi Güçlendirme Vakfı, Vipaş Yayınları, 1998. 441 p.
7. Zhang Q.L. & Brown P.H. The mechanism of foliar zinc absorption in pistachio and walnut. Journal of the American Society for Horticultural Science, 1999. 124(3): 312- 317.

М. Хамурджу¹, Н. Мудрых², М. Камран Хан¹, А. Пандей¹, Ф. Эльбасан¹, Э. Хакки¹, С. Гезин¹

¹Университет Сельчук, Конья, Турция

²Пермский ГАТУ, Пермь, Россия

e-mail: mhamurcu@selcuk.edu.tr

БОР – ВАЖНЫЙ ЭЛЕМЕНТ ПИТАНИЯ РАСТЕНИЙ

Аннотация. Бор является важным питательным элементом для культивируемых растений. Установлено, что бор оказывает большее влияние на растение в генеративный период, нежели чем в вегетативный. Бор неподвижен в большинстве растений. Рекомендуется вносить борные удобрения на листья два-три раза в период роста.

Ключевые слова: бор, дефицит бора, борные удобрения, почва.

УДК 550.47

В.А. Чаплыгин, Г.О. Коркин, Н.П. Черникова, Ю.А. Литвинов, С.С. Манджиева, Н.Е. Кравцова, Т.М. Минкина

Академия биологии и биотехнологии им. Д.И. Ивановского, ЮФУ, Ростов-на-Дону, Россия

e-mail: otshelnic87.ru@mail.ru

СОДЕРЖАНИЕ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В КОРОВЯКЕ ОБЫКНОВЕННОМ (*VERBASCUM THAPSUS*) ТЕХНОГЕННО- ЗАГРЯЗНЕННОГО РАЙОНА ПОЙМЫ СЕВЕРСКОГО ДОНЦА

Аннотация. Изучена аккумуляция тяжелых металлов (ТМ) в растениях *Verbascum thapsus*, произрастающих в районе озера Атаманское (г. Каменск-Шахтинский, Ростовская область). Установлено наличие полиэлементного загрязнения. Отмечается значительная аккумуляция ТМ в надземной части коровяка обыкновенного.

Ключевые слова: тяжелые металлы, загрязнение, транслокация, мониторинг, растения.

Введение. Экологическая напряженность, возникающая в промышленных центрах малых городов, усугубляется отсутствием или отказом в проведении рекультивационных работ техногенных территорий. Под угрозой оказываются сельскохозяйственные угодья и месторождения пресных подземных вод при промышленном загрязнении природных территорий.

Город Каменск-Шахтинский Ростовской области является примером, когда многолетняя антропогенная деятельность сказывается губительно на прилегающие наземные и водные экосистемы. Строительство химических заводов в городе в 50-х годах прошлого века привело к тому, что в долине реки Северский Донец были размещены пруды-отстойники и шламонакопители. Для этих целей использовались естественные озера в пойме реки Северский Донец. Сброс промстоков в эти озера продолжался до середины 90-х годов, и в результате природные экосистемы были уничтожены, техногенные озера шламонакопители превратились в опаснейший источник вторичного загрязнения окружающей среды.

По этой причине необходимо проведение многолетнего экологического мониторинга состояния окружающей среды в пойме Северского Донца, для прогнозирования потенциальных экологических рисков и угрозы здоровью жителей Каменск-Шахтинского.

Целью данной работы являлось изучение аккумуляции Ni, Cd, Cu, Zn и Pb в наземной части и корневой системе коровяка обыкновенного (*Verbascum thapsus*) в условиях многолетнего техногенного загрязнения почвы.

Объекты и методы. Территория озера Атаманское, которое находится в пойме реки Северский Донец – главного притока Дона и с начала 50-х годов используется в качестве резервуара для сброса промстоков завода «Химволокно». В настоящее время оз. Атаманское пересохло и уже не используется в качестве резервуара для сброса промстоков, но является вторичным источником загрязнения окружающей среды.

Площадки мониторинга заложены на территории оз. Атаманское и на разном удалении от него. Было заложено 5 площадок мониторинга (Рис. 1).



Рисунок 1. Спутниковый снимок оз. Атаманское с указанием площадок мониторинга

В долине Северского Донца выделены следующие серии техногенных сукцессий: лесолуговая, луговая (мезофильная), лугово-болотная и ксерофильная [6]. Рассматриваемая мезофильная сукцессия района озера Атаманское представляет

последнюю стадию, включающую «климаксовые» сообщества, выживающие в условиях очень сильного загрязнения окружающей среды. Одним из субдоминантных видов на исследуемой территории является коровяк обыкновенный (*Verbascum thapsus*), который и был выбран в качестве объекта исследований, как один из видов, приспособившихся к высокому уровню загрязнения.

Отбор производился во второй декаде июня в фазу массового цветения травянистых растений в соответствии с ГОСТ 27262-87 [2]. В образцах растений коровяка определялись такие элементы как Pb, Cd, Zn, Cu и Ni, присутствующие в выбросах крупных промышленных предприятий региона [7]. Минерализацию проб растений проводили методом сухого озоления по ГОСТ 26929-94 [3]. Экстракция ТМ из золы осуществлялась 20%-ным раствором HCl с последующим определением методом атомно-адсорбционной спектрофотометрии (ААС) [4].

Для оценки аккумуляции ТМ надземной частью коровяка был рассчитан коэффициент распределения (КР), представленный отношением концентрации элемента в надземной части растения к его содержанию в корнях. Величина КР позволяет оценить способность растения к поглощению и накоплению элементов надземными органами в условиях загрязнения почв [5].

Результаты. Установлено загрязнение растений коровяка обыкновенного (*Verbascum thapsus*) Zn, Pb, Cu и Cd. Наибольшим содержанием в коровяке характеризуется Zn, концентрация которого в надземной части растений превышает МДУ в 2,4-76,6 раза на всех площадках мониторинга, имея максимальные значения на площадках № 3 и № 5 (табл. 1). Загрязнение Cu наблюдается на площадках № 3 и № 4 и составляет 1,1-1,8 МДУ. Превышение МДУ для Pb в 1,2-8,5 раза отмечается на всех площадках мониторинга за исключением площадки № 1 и имеет максимум на площадке № 4. Также, обнаружено превышение МДУ для Ni в 1,2 раза на площадке № 4 и Cd в 2,0-3,7 раза на площадках № 1 и № 5.

Таблица 1

Содержание ТМ в растениях коровяка обыкновенного (*Verbascum thapsus*) на площадках мониторинга в районе озера Атаманское, мг/кг

№ площадки	Часть растения	Zn	Cu	Pb	Ni	Cd
1	стебли	119,8	3,0	3,4	1,2	0,60
	корни	73,7	4,4	3,1	1,5	0,90
2	стебли	791,2	2,8	6,1	1,5	0,20
	корни	1996,0	2,3	4,0	1,7	0,20
3	стебли	3829,6	53,8	11,8	1,3	0,09
	корни	3567,2	33,4	60,1	1,3	0,11
4	стебли	2151,1	33,7	42,6	3,7	0,07
	корни	967,8	22,4	10,3	0,8	0,14
5	стебли	3638,0	13,3	16,7	2,4	1,11
	корни	1554,0	6,1	6,5	1,3	0,74
МДУ для трав [1]		50,0	30,0	5,0	3,0	0,3

Примечание: жирным шрифтом выделено превышение МДУ

Наибольшее содержание ТМ в надземной части растений приходится на площадки № 3, № 4 и № 5, имеющие максимальное содержание Zn, Pb, Cd, Ni и Cu, что связано с наиболее близким расположением данных площадок от источника выбросов загрязняющих веществ в озеро – сточной трубы завода «Химволокно».

Аккумуляция Zn, Pb и Cu происходит преимущественно в надземной части коровяка, и только для Cd наблюдается явное накопление в корневой системе (табл. 1). Отсутствие на растениях изучаемого вида каких-либо внешних признаков ток-

сикации, несмотря на наличие полиэлементного загрязнения и экстремально высокого уровня содержания Zn указывает на адаптацию коровяка обыкновенного к высокому уровню техногенной нагрузки на почву.

Расчитанный КР был преимущественно выше 1 для всех изучаемых ТМ, за исключением Cd на всех площадках мониторинга, что подтверждает активную транслокацию элементов из корней коровяка в его надземную часть (табл. 2). Наибольшие значения данного коэффициента зафиксированы для Pb и Ni на площадке № 4 и для Zn, Cu и Cd на площадке № 5. Это указывает на прямую зависимость аккумуляции ТМ надземной частью коровяка от расстояния до источника сброса сточных вод в водоем.

Таблица 2

Коэффициент распределения (КР) ТМ в растениях коровяка обыкновенного (*Verbascum thapsus*) на площадках мониторинга в районе озера Атаманское

№ площадки	Zn	Cu	Pb	Ni	Cd
1	1,6	0,7	1,1	0,8	0,7
2	0,4	1,2	1,5	0,9	1,0
3	1,1	1,6	0,2	1,0	0,8
4	2,2	1,5	4,1	4,6	0,5
5	2,3	2,2	2,6	1,8	1,5

Величины КР изучаемых элементов в растениях коровяка обыкновенного на наиболее загрязненных площадках мониторинга можно представить в виде следующего убывающего ряда: Ni>Pb>Zn>Cu>Cd.

Таким образом, установлено загрязнение растений коровяка обыкновенного (*Verbascum thapsus*) Zn, Pb, Ni, Cu и Cd. Zn характеризуется наибольшими превышениями МДУ для кормовых трав, достигающими 76,6 раза. Величины КР показали высокую транслокацию ТМ из корней в надземную часть коровяка на площадках мониторинга, заложенных вблизи источника сброса сточных вод завода «Химволокно».

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (№ 18-55-05023 и № 19-29-05265мк) и гранта Президента (№ МК-2818.2019.5). Исследования выполнены на оборудовании ЦКП Южного федерального университета «Высокие технологии», «Биотехнология, биомедицина и экологический мониторинг».

Литература

1. Временные максимально допустимые уровни (МДУ) некоторых химических элементов госпила в кормах сельскохозяйственных животных. Утвержден Главным Управлением Ветеринарии министерства сельского хозяйства РВ, 1991.
2. ГОСТ 27262-87. 1987. Корма растительного происхождения. Методы отбора проб.
3. ГОСТ 26929-94 Сырье и продукты пищевые. Подготовка проб. Минерализация для определения содержания токсичных элементов.
4. Методические указания по определению тяжелых металлов в почвах сельхозугодий и продукции растениеводства. М.: ЦИНАО, 1992. 61 с.
5. Минкина Т.М., Манджиева С.С., Чаплыгин В.А., Назаренко О.Г., Максимов А.Ю., Замулина И.В., Бурачевская М.В., Сушкова С.Н. Аккумуляция тяжелых металлов разнотравной степной растительностью по данным многолетнего мониторинга. Аридные экосистемы. 2018. Т. 24. № 3 (76). С. 43-55.
6. Приваленко В.В., Мазуренко В.Т., Панасков В.И., Мошкин В.М., Мухин Н.В., Сенин Б.К. Экологические проблемы города Каменска-Шахтинского. Ростов-на-Дону, Изд-во "Цветная печать", 2000. 152 с.
7. Minkina T.M., Nevidomskaya D.G., Pol'shina T.N., Fedorov Yu.A., Mandzhieva S.S., Chaplygin V.A., Bauer T.V., Burachevskaya M.V. 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. DOI 10.1007/s11368-016-1381-x.

V.A. Chaplygin, G.O. Korkin, N.P. Chernikova,
Yu.A. Litvinov, S.S. Mandzhieva, N.Ye. Kravtsova, T.M. Minkina
Southern federal university, Rostov-on-Don, Russia
e-mail: otshelnic87.ru@mail.ru

THE CONTENT OF HEAVY METALS IN VERBASCUM THAPSUS OF THE TECHNOGENICALLY POLLUTED AREA OF THE RIVER SEVERSKY DONETS FLOODPLAIN

Abstract. The accumulation of heavy metals in Verbascumthapsus plants growing in the area of Lake Ataman (Kamensk-Shakhtinsky, Rostov Region) was studied. The presence of polyelement pollution is established. Significant accumulation of HM in the aerial part of the common Mullein is noted.

Keywords: heavy metals, pollution, translocation, monitoring, plants.

This work was financially supported by the RFBR (No. 18-55-05023 and No. 19-29-05265МК) and a grant from the President (No. МК-2818.2019.5). The studies were carried out on the equipment of the Central Scientific and Practical Center of High Technology, Biotechnology, Biomedicine, and Environmental Monitoring.

References

1. Temporary maximum permissible levels (MDL) of some chemical elements of gossypol in feed of farm animals. Approved by the Main Veterinary Directorate of the Ministry of Agriculture of the Republic of Belarus, 1991.
2. GOST 27262-87. 1987. Feed of plant origin. Sampling methods.
3. GOST 26929-94 Raw materials and food products. Sample preparation. Mineralization to determine the content of toxic elements.
4. Guidelines for the determination of heavy metals in farmland soils and crop production. M.: TsINAO, 1992. 61 s.
5. Minkina T. M., Mandzhieva S. S., Chaplygin V. A., Nazarenko O. G., Maksimov A. Yu., Zamulina I. V., Burachevskaya M. V., Sushkova S. N. Accumulation of heavy metals by grassy steppe vegetation according to many years of monitoring. Arid ecosystems. 2018. Vol. 24. No. 3 (76). S. 43-55.
6. Privalenko V.V., Mazurenko V.T., Panaskov V.I., Moshkin V.M., Mukhin N.V., Senin B.K. Ecological problems of the city of Kamensk-Shakhtinsky. Rostov-on-Don, Publishing House "Color Printing", 2000. 152 p.
8. Minkina T.M., Nevidomskaya D.G., Pol'shina T.N., Fedorov Yu.A., Mandzhieva S.S., Chaplygin V.A., Bauer T.V., Burachevskaya M.V. 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. DOI 10.1007 / s11368-016-1381-x.

УДК 582.284.3

Т.А. Шилкова
ФГБОУ ВО Пермский ГАТУ, Пермь, Россия
e-mail: tasha35@mail.ru

ГУМУСОВЫЕ АГАРИКОИДНЫЕ БАЗИДИОМИЦЕТЫ ООПТ «ЧЕРНЯЕВСКИЙ ЛЕС» (Г. ПЕРМЬ)

Аннотация. Проведено изучение видового состава гумусовых агарикоидных базидиомицетов в ООПТ «Черняевский лес». В ходе исследований выявлено 36 видов. Наибольшее видовое разнообразие гумусовых сапротрофов характерно для сосновых лесов, что может служить показателем высокой рекреационной нагрузки.

Ключевые слова: агарикоидные базидиомицеты, антропогенная среда, гумусовые сапротрофы.

Наряду с растениями и животными, благодаря которым создается биологическая продукция, важная роль в биогеоценозе и биологическом круговороте веществ принадлежит гумусовым сапротрофам. В природных экосистемах грибы выполняют роль редуцентов, перерабатывая огромное количество органического вещества. Обладая специфическим набором ферментов, таких как оксидазы, фосфатазы и глицерофосфатазы, они расщепляют самые сложные и трудно разлагаемые соединения гумуса, улучшая минеральное питание растений, что немаловажно для городских лесонасаждений [2]. Биологическая деструкция органических веществ изучается уже многие годы, но роль грибов в процессах разложения гумусовых веществ и их видовое разнообразие в городской среде изучены недостаточно. Количество и видовой состав гумусовых сапротрофов на урбанизированных территориях значительно возрастает в сравнении с другими эколого-трофическими группами, что может являться показателем для определения степени антропогенного влияния на окружающую среду. В связи с этим, целью наших исследований являлось изучение видового разнообразия гумусовых агарикоидных базидиомицетов на территории ООПТ «Черняевский лес» г. Перми.

Методика и объекты исследования

Для исследования разнообразия гумусовых агарикоидных сапротрофов была выбрана ООПТ местного значения «Черняевский лес». Территория парка представляет собой лесной массив площадью 685,97 га, расположенный в центре города. Лесные насаждения занимают 592,5 га, что составляет около 76% от общей площади парка. Большую часть лесных земель занимают сосняки (66%), среди которых наиболее распространенные сосняки зеленомошные. Также встречаются ельники, березняки и ольховые леса [1]. Планомерное изучение агарикоидных грибов в лесопарке началось в 2002 году и проводится до настоящего времени. Видовой состав изучается маршрутным методом в течение всего вегетационного периода. Исследование гумусовых сапротрофов проводилось в сосняке зеленомошном, ельнике черничном и на участках, занятых березами, липами и осинами. Названия видов и внутривидовых таксонов приведены в соответствии с базами данных: IndexFungorum [5] и MycoBank [6] и расположены согласно системе, представленной в 10 издании «Словаря грибов Эйнсуорта и Бисби» [4].

Результаты исследования

К настоящему времени на территории лесопарка выявлено 328 видов агарикоидных грибов, относящихся к разным эколого-трофическим группам. Гумусовые сапротрофы представлены 36 видами (11% от общего количества видов), относящимися к 1 порядку Agaricales, 11 семействам и 23 родам (табл. 1). Наиболее распространенными являются представители семейств *Agaricaceae* (11 видов) и *Psathyrellaceae* (7 видов). Видовое разнообразие грибов в этих семействах характерно для рудеральных сообществ, городских ландшафтов и лесов с нарушенной экологической обстановкой.

С июля по сентябрь в лесопарке и на газонах города довольно часто можно встретить представителей семейства *Agaricaceae*, таких как *Agaricus sylvicola* (Vittad.) Peck (шампиньон перелесковый) и *Coprinus comatus* (O.F. Müll.) Pers. (навозник белый). Они встречаются как в лесах, так и на открытых полянах и предпочитают рыхлые почвы, богатые органическими веществами. Однако среди гумусовых сапротрофов встречаются и редкие виды не только для городских лесов, но и для территории Пермского края [3]. К ним относятся *Parasola auricoma* (Pat.) Redhead, *Vilgalys* & Hopple (= *Coprinus auricomus* Pat.), *Stropharia caerulea* Kreisel (= *Stropharia cyanea* (Bolton) Tuom.), *Volvariella gloiocephala* (DC.) Boekhout & Enderle

(=*Volvariella speciosa* (Fr.) Singer), *Entolomadysthales* (Peck) Sacc. и *Melanoleucagraminicola* (Velen.) Kühner & Maire.

Таблица 1

Таксономическая структура биоты гумусовых агарикоидных базидиомицетов ООПТ «Черняевский лес»

Порядок	Семейство (кол-во родов/кол-во видов)	Роды (кол-во видов)
Agaricales	<i>Agaricaceae</i> (7/11)	<i>Agaricus</i> (3), <i>Coprinus</i> (1), <i>Cystolepiota</i> (1), <i>Lepiota</i> (3), <i>Leucoagaricus</i> (1), <i>Macrolepiota</i> (1), <i>Phaeolepiota</i> (1)
	<i>Bolbitiaceae</i> (2/2)	<i>Bolbitius</i> (1), <i>Conocybe</i> (1)
	<i>Entolomataceae</i> (1/3)	<i>Entoloma</i> (3)
	<i>Hydnangiaceae</i> (1/1)	<i>Laccaria</i> (1)
	<i>Hygrophoraceae</i> (1/2)	<i>Hygrocybe</i> (2)
	<i>Lyophyllaceae</i> (1/2)	<i>Lyophyllum</i> (2)
	<i>Marasmiaceae</i> (1/1)	<i>Marasmius</i> (1)
	<i>Pluteaceae</i> (1/1)	<i>Volvariella</i> (1)
	<i>Psathyrellaceae</i> (6/7)	<i>Coprinellus</i> (1), <i>Coprinopsis</i> (1), <i>Lacrymaria</i> (1), <i>Panaeolina</i> (1), <i>Parasola</i> (2), <i>Psathyrella</i> (1)
	<i>Strophariaceae</i> (1/3)	<i>Psilocybe</i> (1), <i>Stropharia</i> (2)
	<i>Tricholomataceae</i> (1/3)	<i>Melanoleuca</i> (3)
1	11 (23/36)	36

В результате исследований наибольшее видовое разнообразие гумусовых макромицетов выявлено в сосновых лесах (табл. 2). Здесь чаще всего можно встретить представителей родов *Agaricus*, *Lepiota*, *Marasmius* и *Melanoleuca*. Для подзолистых почв сосняков характерно присутствие постоянной подстилки и отмечается повышенное содержание органического вещества, что способствует росту гумусовых сапротрофов. Их видовой состав отличается постоянством и относительной независимостью от погодных условий. В сравнении с сосновыми лесами видовой состав грибов в других растительных ценозах достаточно беден. Возможно, это связано с тем, что в лесопарке преобладают сосновые леса, чаще всего посещаемые населением города, и увеличение в них видового состава гумусовых сапротрофов проявляется как реакция на антропогенный фактор.

Таблица 2

Видовое богатство гумусовых агарикоидных базидиомицетов в лесных ценозах ООПТ «Черняевский лес»

Лесные ценозы	Количество родов	Количество видов
Сосняки	19	25
Ельники	2	2
Березняки	5	6
Липняки	3	3
Осинники	5	8

На основании имеющихся данных можно отметить, что в Черняевском лесопарке достаточно высока доля гумусовых сапротрофов. Представители этой эколого-трофической группы грибов предпочитают богатые органическими веществами почвы и чаще всего характерны для рудеральных сообществ, антропогенных ландшафтов, лесов с нарушенной экологической обстановкой и могут служить показателем высокой рекреационной нагрузки на экосистемы.

Литература

1. Атлас особо охраняемых природных территорий Пермского края / под ред. С.А. Бузмакова. Пермь: Астер, 2017. 512 с.
2. Бурова Л.Г. Экология грибов макромицетов. М.: Наука, 1986. 224с.

3. Переведенцева Л.Г. Конспект агарикоидных базидиомицетов Пермского края. Пермь.: Изд-во ПГУ, 2008. 86 с.
4. Kirk P.M., Cannon P.F., Minter D.W., Stalpers J.A. *Ainworth et Bisby's Dictionary of the Fungi*. 10th Ed. Wallingford: CAB International, 2008. 771 p.
5. IndexFungorum [Электронный ресурс]. URL: <http://www.indexfungorum.org> (дата обращения: 12.05.2019).
6. MycoBankFungal [Электронный ресурс]. URL: <http://www.mycobank.org> (дата обращения: 12.05.2019).

T.A. Shilkova
Perm State Agro-Technological University, Perm, Russia

HUMUS AGARICOID BASIDIOMYCETES IN FOREST PARK «CHERNYAEV FOREST» (PERM)

Abstract. The study of the species composition of humus agaricoid of basidiomycetes was conducted in the park «Chernyaev forest». The studies identified 36 species. The greatest species diversity of humus saprotrophic is characteristic for pine forests that can serve as an indicator of high recreational load.

Keywords: *agaricoid basidiomycetes, anthropogenic environment, humus saprotrophs.*

References

1. Atlas of specially protected natural territories of Perm region / edited by S.A. Buzmakov. Perm: Aster, 2017. 512 p.
2. Burova L.G. Ecology of macromycetes fungi. M.: Science, 1986. 224 p.
3. Perevedentseva L.G. Summary of agaricoid basidiomycetes of the Perm region. Perm.: PSU publishing house, 2008. 86 p.
4. Kirk P.M., Cannon P.F., Minter D.W., Stalpers J.A. *Ainworth et Bisby's Dictionary of the Fungi*. 10th Ed. Wallingford: CAB International, 2008. 771 p.
5. IndexFungorum [Электронный ресурс]. URL: <http://www.indexfungorum.org> (дата обращения: 12.05.2019).
6. MycoBankFungal [Электронный ресурс]. URL: <http://www.mycobank.org> (дата обращения: 12.05.2019).

УДК 504.53+631.427(470.53)

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ПОЧВ В ПАРКЕ ПОБЕДЫ Г. ПЕРМИ

Е.В. Пименова, С.Н. Жакова, С.В. Лихачев, . . .
ФГБОУ ВО Пермский ГАТУ, Пермь, Россия
e-mail: evpimenova@mail.ru, zhakova@pgsha.ru, slichachev@yandex.ru

В работе представлена экологическая оценка почв по показателям дыхания. Исследования проведены на шести участках территории Парка Победы г. Перми. Сильные нарушения микробного сообщества выявлены на участке с существенной рекреационной нагрузкой.

Ключевые слова: почвы, Парк Победы, базальное дыхание, субстрат-индуцированное дыхание, коэффициент микробного дыхания

Почвенное дыхание – один из ключевых компонентов цикла углерода наземных экосистем, определяемый метаболической активностью почвенной микрофлоры, корневых систем растений (включая микоризы) и почвенной фауны [8]. Вклад микроорганизмов в дыхание почвы составляет в среднем 50-90%. Интенсивность выделения углекислоты дает достоверную информацию о напряженности

микробно-биохимических процессов, о направленности трансформации органического вещества, а также позволяет судить о самоочищающей способности антропогенно-нарушенных почв. Чем выше значение, тем менее устойчивы почвы к загрязнению [2, 4, 8, 10].

Цель исследования – оценить дыхание почвы и дать экологическую оценку способности почвы к самоочищению на территории Парка Победы г. Перми при существующей антропогенной нагрузке.

Парк Победы расположен в Индустриальном районе г. Перми, вдоль улицы Архитектора Связьева и занимает площадь в 42 га. Естественный лесной массив считается крупнейшим городским лесопарком после Черняевского леса [5]. Парк Победы попадает в зону влияния крупного промышленного комплекса – Осенцовского промузла, завода Гипсополимер, автомагистралей и автозаправочных станций, а также является местом отдыха пермяков. В 2017 году на территории парка началось строительство нового пермского зоопарка, который располагается на северо-западной стороне парка и занимает более 50% его площади – 25,4 га [6].

Растительность в парке представлена в основном такими видами древесных растений, как сосна обыкновенная, ель сибирская, береза повислая, клен ясенелистный и др. Почвы в парке дерново-подзолистые. Объединенные пробы почв отбирали в 2017-2018 годах с шести участков Парка с разным уровнем антропогенного воздействия. Определяли влажность почв и плотность [10], удельную электропроводность и рН водной вытяжки, содержание органического углерода по Никитину с колориметрическим окончанием по Орлову-Гриндель, дыхание почвы титриметрически [7], коэффициент микробного дыхания QR (исходя из показателей базального и субстрат-индуцированного дыхания) оценивали по существующей шкале [1].

Результаты. Почвенное дыхание играет важную роль в газообмене атмосферы. На него оказывают воздействие такие характеристики почвы как влажность и плотность, ферментативная и биологическая активность, а также загрязнение. Некоторые из определенных показателей приведены в таблице 1.

Плотность играет большую роль в биологической активности почв, так как почвенные процессы протекают интенсивнее в почве с меньшей плотностью. Это связано со свободным поступлением кислорода в почву, который является окислителем во многих химических реакциях в почве.

Таблица 1

Некоторые характеристики почв парка Победы

№ участка	Плотность, г/см ³	pH _{H2O}	Минерализация в пересчете на NaCl, мг/кг	Органический углерод, %
1	1,38 ± 0,07	5,69		2,3 ± 0,4
2	1,0 ± 0,3	6,23		2,9 ± 1,3
3	1,3 ± 0,3	6,04		4,0 ± 0,7
4	1,3 ± 0,2	5,36		5,0 ± 0,4
5	1,0 ± 0,1	5,30		5,2 ± 0,4
6	1,2 ± 0,2	5,66		4,8 ± 0,8

По полученным результатам видно, что почва на участках с № 2 и 5 с низкой рекреационной нагрузкой имеет нормальную степень плотности. Это связано с тем, что в урбанизированных почвах в еловом лесу из-за антропогенного воздействия очень медленно протекают процессы разложения хвои, которая накапливается в

верхних слоях почвы, и почва в этих местах с очень рыхлой текстурой. Уплотненная почва выявлена на участках № 3 и 6 с выраженной рекреационной нагрузкой. Почвы участков № 1 и 4 оцениваются как сильно уплотненные. Уплотнение почвы изменяет газовый и водный режим почвы, что отрицательно влияет на большинство микроорганизмов.

Для биологической активности почв наиболее важным является содержание гумуса. Чем его больше, тем более благоприятные условия для существования почвенных микроорганизмов.

Почвы парка Победа оцениваются как среднегумусированные и высокогумусированные. Повышенное содержание органического углерода может свидетельствовать о том, что в почве, кроме органического углерода гумуса, присутствует достаточное количество других органических веществ. В целом, содержание органического углерода в почвах парка Победы соответствует содержанию органического углерода в почвах г. Перми.

Почвы слабокислые на участках № 1, 4, 5, 6; близкие к нейтральной – на участках № 2, 3. По гидролитической кислотности почвы на большинстве участков (кроме участка № 2) от среднекислых до очень сильнокислых. Низким показателем суммы обменных оснований характеризуются почва участка № 5 – 8,61 мг-экв/100 г почвы, что говорит о низкой поглотительной способности почвы, а повышенный показатель наблюдается на участке № 2 – 17,90 мг-экв/100 г почвы, что соответствует характеристикам дерново-подзолистых почв. Поглотительная способность почвы в парке по показателю ЕКО умеренно низкая. Самый низкий показатель отмечен на участке № 1 – 16,42 мг-экв/100 г почвы. Высокое значение ЕКО отмечено на участке № 6 – 21,92 мг-экв/100 г почвы. Низкая степень насыщенности почв основаниями отмечена на участке № 5 – 42,8%. Средняя степень насыщенности на участках № 4 и 6 – 52,8 и 59,8% соответственно. На участках № 1, 2 и 3 – 70,7, 84,6 и 73,9 – характеризуется как повышенная.

Целлюлозолитическая активность почв на территории парка Победы слабая и очень слабая. В почве присутствуют пигментообразующие бактерии. По степени обогащенности ферментом каталазой почвы бедные и очень бедные.

При изучении антропогенных воздействий на почву индикаторное значение имеют показатели физиологической активности микробной биомассы, характеризующиеся скоростью БД и СИД. Разработана Градация почв по коэффициенту микробного дыхания [3].

При определении дыхания почвы ее влажность осенью 2017 года составляла 24-30 %, весной 22-35 %. Результаты представлены в таблице 2.

Таблица 2

Показатели дыхания почвы, 2018

№ участка	БД	СИД	QR= БД/ СИД	Нарушения в деятельности микробного сообщества
	мг СО ₂ /100 г за 24 часа			
1	10 ± 2	23 ± 15	0,43	Средние
2	10 ± 3	21 ± 3	0,47	Средние
3	9 ± 2	26 ± 2	0,35	Средние
4	7 ± 1	9 ± 3	0,78	Сильные
5	5 ± 2	10 ± 1	0,50	Средние
6	5 ± 2	20 ± 6	0,25	Слабые

Весной 2018 года базальное дыхание на участках 1, 2, 3 было выше, чем осенью 2017 года. На участках 4, 5, 6 с высоким содержанием органического углерода базальное дыхание оказалось низким. Возможно, это также связано с уплотнением почвы (участки 4, 6) и высокой влажностью на участке 5.

Субстрат-индуцированное дыхание в 1,5-2 раза выше показателей базального дыхания. Таким образом, можно сказать, что дыхание микроорганизмов вносит большой вклад в почвенное дыхание в целом. Субстрат-индуцированное дыхание почвы на участке № 4 практически не возросло; микроорганизмы, вероятней всего, здесь находятся в угнетенном состоянии, и добавление глюкозы не стимулирует их жизнедеятельность.

Таким образом, по значению коэффициента микробного дыхания QR на участке № 6 в месте размещения нового зоопарка выявлены минимальные нарушения микробного сообщества в почвенной экосистеме, а на 4 участке с существенной рекреационной нагрузкой – сильные нарушения.

Литература

1. Влияние нефтяного загрязнения на эколого-биологическое состояние различных типов почв / Вершинин А.А. [и др.] // Вестник Казанского технологического университета. 2012. № 15. С. 207-211: [сайт]. URL: <http://www.CyberLeninka.ru/> (дата обращения: 10.04.2018).
2. Иващенко К.В. Обилие и дыхательная активность микробного сообщества почвы при антропогенном преобразовании наземных экосистем: дис. на соискание ученой степени канд. биол. наук: 03.02.03 – Микробиология / Институт физико-химических и биологических проблем почвоведения РАН. Пущино, 2017. 245 с.
3. Изменение физиологической активности микробной биомассы в результате сельскохозяйственного использования полугидроморфных почв Центрального Кавказа (в границах равнинной части Кабардино-Балкарии) / Горобцова О.Н. [и др.] // Известия Самарского научного центра РАН. 2016. Т. 18. № 2-5. С. 246-251.
4. Мамай А.В., Мошкина Е.В. Влияние урбанизации на показатели биологической активности микробного сообщества автоморфных лесных почв Карелии // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2016. № 11 (6). С. 1094-1099.
5. Парк Победы [сайт]. URL: www.zoo.perm.ru/ (дата обращения 18.12.2016).
6. Пермский зоопарк [сайт]. URL: <http://my-travels.club/> (дата обращения 15.05.2018).
7. Практикум по агрохимии / В.Г. Минеев, В. Г. Сычев, О. А. Амелянчик [и др.]; под ред. В. Г. Минеева. М.: Изд-во МГУ, 2001. 689 с.
8. Сергеева А.Г., Котельникова И.М., Радомская В.И. Дыхательная активность микрофлоры урбанизированных почв г. Благовещенска // Региональная экология. 2018. № 4 (54). С. 5-15.
9. Сморгалов И.А., Воробейчик Е.Л. Почвенное дыхание лесных экосистем в градиентах загрязнения среды выбросами медеплавильных заводов // Экология. 2011. № 6. С. 429-435.
10. Федорец Н.Г., Медведева М. В. Методика исследования почв урбанизированных территорий. М.: Карельский НЦ РАН, 2009. 84 с.

E.V. Pimenova, S.N. Zhakova, S.V. Likhachev, N.L. Kolyasnikova
Perm GATU, Perm, Russia

ENVIRONMENTAL ASSESSMENT OF SOIL CONDITIONS IN VICTORY PARK OF PERM

The work presents an environmental assessment of soil breathing. Studies were carried out on six sections of the territory of Victory Park in Perm. Severe disorders of the microbial community have been identified at the site with a significant recreational burden.

Keywords: soils, parks, basal breathing, substrate-induced breathing, microbial breathing coefficient

References

1. Effect of oil pollution on ecological-biological state of various soil types / Vershinin A.A. [et al.] // Journal of Kazan Technological University. 2012. № 15. PP. 207-211: [website]. URL: [http://www. Cyber-Leninka .ru/](http://www.Cyber-Leninka.ru/)(contact date: 10.04.2018).
2. Ivaschenko K.V. Abundance and respiratory activity of the microbial community of the soil in the anthropogenic transformation of terrestrial ecosystems: dis. Candidate of Biological Sciences: 03.02.03 – Microbiology / Institute of Physical-Chemical and Biological Problems of Soil Science of the RAS. Pushchino, 2017. 245 p.
3. Change of physiological activity of microbial biomass as a result of agricultural use of semi-hydromorphic soils of the Central Caucasus (within the boundaries of the plain part of Kabardino-Balkaria) / Gorobtsov O.N. [et al.] // News of the Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences. 2016. Vol. 18. № 5-2. PP 246-251.
4. Mamai A.V., Moshkin E.V. Impact of urbanization on the biological activity of the microbial community of automorphic forest soils of Karelia // International Journal of Applied and Fundamental Research. 2016. № 11 (6). PP. 1094-1099.
5. Victory Park [website]. URL: www.zoo.perm.ru/ (date of appeal 18.12.2016).
6. Perm Zoo [website]. URL: <http://my-travels.club/>(contact date 15.05.2018).
7. Workshop on agrochemicals / V. G. Mineev, V. G. Sychev, O. A. Amelyanchik [et al]; Under ed. V. G. Mineeva. M.: MSU, 2001. 689 p.
8. Sergei A.G., Kotelnikov I.M., Radomskaya V.I. Respiratory activity of microflora of urbanized soils in Blagoveshchenska // Regional Ecology. 2018. № 4 (54). PP. 5-15.
9. Smorkalov I.A., Sparrow E.L. Soil breathing of forest ecosystems in environmental pollution gradients by emissions of copper smelters // Ecology. 2011. № 6. PP. 429-435.
10. Fedorets N.G., Medvedev M.V. Methodology of soil research of urbanized territories. Moscow: Karelian Scientific Center of RAS, 2009. 84 p.

УДК 631.4

Л.П. Галеева

ФГБОУ ВО Новосибирский ГАУ, Новосибирск, Россия

e-mail: liub.galeeva@yandex.ru

ПОСТАГРОГЕННАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ ПОЧВ СОЛОНЦОВЫХ КОМПЛЕКСОВ БАРАБЫ

Аннотация. Длительное использование почвы в пашне с применением минеральных удобрений оказывало положительное влияние на её свойства. Наибольшая урожайность зерновых культур севооборота была получена в варианте Р120. Последующее залужение пашни в течение 20 лет приводило к появлению мощного слоя войлока на поверхности почвы и сохранению высоких показателей её плодородия.

Ключевые слова: трансформация, солонцовые комплексы, Бараба, пашня, залежь, плодородие.

40 % солонцовых почв России находится на территории Западной Сибири. Наибольшие площади заняты ими в Омской, Новосибирской области и Алтайском крае [1]. К середине 90-х годов прошлого века солонцовые комплексы Барабы были вовлечены в пашню. В Новосибирской области в те годы на них приходилось 50% от площади сельскохозяйственных угодий, а в отдельных районах они составляли до 80-82% [2]. Применение минеральных удобрений позволяло получать на этих почвах высокие урожаи зерновых и кормовых культур [3, 4]. Отсутствие с 1994 г. государственного финансирования на проведение мелиоративных работ, применения минеральных удобрений и других мероприятий на почвах солонцовых комплексов привели в структуре сельскохозяйственных угодий России к сокращению площади пашни и росту за счёт них так называемых «залежных» земель.

В условиях недостаточной материально-технической обеспеченности сельскохозяйственного производства в настоящее время целесообразно более эффективно использовать плодородие почв солонцовых комплексов, созданное ранее в пашне при длительном внесении минеральных удобрений, а теперь перешедших в многолетнюю залежь [5].

Цель данных исследований – изучить изменение свойств и продуктивности почв солонцового комплекса северной лесостепи Барабы при длительном использовании в пашне, а затем в залежи.

Исследования выполнены на территории ОАО Кабинетное Чулымского района Новосибирской области (бывший солонцовый стационар СибНИИЗХим СО РАСХН) в периоды 1981-1995 гг. в пашне поля севооборота пар-пшеница-овёс-овёс, а с 1996 г по 2015 г – в 10-ти и 20-ти летней естественной залежи. В течение 4-х ротаций поле использовалось в звене зернопарового севооборота с систематическим применением минеральных удобрений. Обработка почвы проводилась безотвально стойками СибИМЭ на глубину 25-27 см. осенью. Азотные удобрения вносили в виде аммиачной селитры (N_{aa} , 34% д.в.) во все поля севооборота, кроме чёрного пара; фосфорные – двойного гранулированного суперфосфата ($P_{сд}$, 42% д.в), калийные – хлористого калия (K_x , 60% д.в.) и их различные сочетания – ежегодно под весеннюю культивацию. Высевали яровую пшеницу (*Triticum aestivum* L.) сорта Новосибирская 29 и овёс (*Avena sativa*) сорта Золотой дождь. Схема опыта в пашне включала 17 вариантов, а более подробные исследования выполнены в 8 вариантах, с которых были отобраны почвенные и растительные образцы и учтена урожайность: 1. Контроль. 2. N30. 3. N90. 4. P40. 5. P120. 6. N30P40. 7. N90P120. 8. N90P120K30. Повторность вариантов в опыте – 3-4-х кратная, площадь делянки 170 м² (10×17). Почвенные образцы отбирали с 8 вариантов (делянок) 1-ой и 3-ей повторности опыта по слоям с интервалом 20 см до глубины 100 см бурением в пашне (1982-1995 гг.) – ежегодно весной – до посева и осенью – перед уборкой зерновых; в залежи (2005 и 2015 гг.) – в фазу массового цветения трав. Смешанный образец почвы составляли из 3-х проб, отобранных по диагонали делянки через равные расстояния. С 1996 г и по настоящее время поле севооборота находится в естественной залежи. Зерновые культуры убирали полностью с каждой делянки напрямую малогабаритным комбайном Samro 130, а естественные травы – методом метровок по 2-м диагоналям делянки в 4-х кратной повторности с каждого варианта опыта в фазу массового цветения трав.

Почвенный покров поля севооборота представлен чернозёмно-луговыми и лугово-чернозёмными солонцеватыми почвами в комплексе с солонцами луговыми корковыми, мелкими, средними и глубокими малонатриевыми. Глубина вскипания карбонатов в почвах варьировала от 43 до 53 см, а в слое 0-20 см они имели следующие агрохимические показатели: рН_{Н2О} – 7,1-8,0, содержание гумуса – 6-9%, обменного натрия – 2,5-4,0 ммоль-экв/100 г. почвы, Нобщ. – 0,25-0,47%, Робщ. – 0,09-0,18%, N-NO₃ – 14-19, подвижного фосфора по Мачигину (Q) – 21-25 мг/кг, легкодоступного фосфора по Карпинскому, Замятиной (I) – 0,06-0,13 мг/л. Глубина залегания грунтовых вод за период исследования изменялась от 100 до 350 см, воды слабо минерализованы.

Солонцы и их комплексы с другими почвами на территории Чулымского района, где проводили исследования, занимают почти 76 тыс. га, из них 58% приходится на сельскохозяйственные угодья [1]. Характер действия минеральных удобрений в пашне зернопарового севооборота и их последствия в залежи на урожайность зерновых культур и естественных трав, а также свойства почв был обусловлен комплексностью почвенного покрова опытного поля и условиями

тепло- и влагообеспеченности вегетационных периодов за годы исследований. В среднем, вегетационный период (май-сентябрь) всех лет исследований на 86% был жарким и тёплым и недостаточно увлажнённым. Дефицит осадков отмечен за 51% лет [4].

В первой ротации севооборота (1981-1984 гг.) прибавка урожайности зерновых от удобрений варьировала в пределах 2,7 – 11,5 ц/га (26–82% к контролю. Во второй (1985-1988 гг.) она увеличивалась, а по вариантам действие удобрений имело такую же закономерность, как и в первой ротации. Азотные удобрения во всех дозах, в связи с парованием поля в каждой ротации севооборота, способствовали накоплению в почвах большого количества нитратного азота, поэтому их эффективное действие проявлялось только в небольшой дозе (N30). В третьей ротации продуктивность культур севооборота была примерно на уровне первой ротации. Наибольшая прибавка зерновых получена в вариантах P120 и N30 – 73 и 29% к контролю соответственно. В четвертой ротации и в среднем за все 4 ротации севооборота наибольшая продуктивность отмечена в варианте P120 – прибавка к контролю 40 и 51% соответственно. Наибольшая окупаемость 1 кг действующего вещества удобрений зерном получена в вариантах N30 и P120 – 13 и 7 кг соответственно [5].

По истечении 10 лет естественного залужения (1996-2005 гг.) поля степень покрытия его травянистой растительностью составляла 70-100%. На 1-ой повторности в составе трав преобладали горошек мышиный (*Vicia cracca* L.), овсяница луговая (*Festuca pratensis* Huds), тысячелистник обыкновенный (*Achillea millefolium* L.) и пырей ползучий (*Elytrigia repens* (L.)). На 3-ей повторности отмечено большее видовое разнообразие трав, из которых преобладали клевер полевой (*Trifolium arvense* L.) и горошек мышиный (*Vicia cracca* L.) с примесью пырея ползучего (*Elytrigia repens* (L.)), тысячелистника обыкновенного (*Achillea millefolium* L.), костреца безостого (*Asplenium septentrionale*), овсяницы луговой (*Festuca pratensis* Huds), борщевика сибирского (*Heracleum sibiricum* L.), льнянки обыкновенной (*Linaria vulgaris* Mill), мятлика (*Poa pratensis* L.) и щетинника зелёного (*Setaria viridis* (L.)).

В вариантах P120 и контроль в составе трав преобладали злаковые разновидности, а в N30P40 и N90P120K30 на злаковые и бобовые разновидности приходилось по 50%. Азотные (N30 и N90), фосфорные (P40) и азотно-фосфорные (N90P120) удобрения способствовали появлению в составе трав разнотравья – 17-25%.

Урожайность трав из-за высокой комплексности почвенного покрова опытного поля и разного ботанического состава трав по вариантам опыта варьировала от 24 до 50 ц/га. Наибольшей она была в варианте N90 – 49,8 ц/га, где прибавка к контролю составила 21,1 ц/га (73%).

Вынос элементов питания травами залежи зависел от величины их урожайности и видового соотношения, сильно варьировал и уменьшался в ряду: калий – натрий – азот – магний – фосфор и обусловлен особенностями физико-химических свойств почв солонцового комплекса и видовым составом трав в вариантах опыта.

Через 20 лет залужения пашни (2015 г) поверхность поля была полностью покрыта сплошным войлоком толщиной 10-18 см. Из растительности преобладал пырей ползучий (*Elytrigia repens* (L.)), небольшими куртинами произрастала клубника (*Fragaria viridis* Duch), единично встречался тысячелистник (*Achillea millefolium* L.), ковыль (*Stipa capillata* L.), молочай (*Euphorbia*) и осот полевой (*Sonchus arvensis* L.). На 1-й и 3-й повторностях опыта, расположенных ближе к березово-осиновому колку, отмечены единичные и группами берёзы (*Betula alba*

L) высотой 1,0-1,5 м, реже – 3 м и диаметром ствола 7-12 см. Общая площадь, занятая берёзами, составила примерно 10-15% площади поля.

Использование почв в пашне зернопарового севооборота в течение 4-х ротаций уменьшало в них в 4 и 10 раз содержание солей и водорастворимого натрия соответственно и способствовало смещению вниз максимума соды. рН почвенного раствора при этом изменялась со щелочной до слабо щелочной и нейтральной. Через 10 лет естественного залужения поля (2005 г.) содержание солей в почве оставалось в 2-3, а водорастворимого натрия в 5 раз меньше исходного. В составе солей слоя 0-60 см почвы по-прежнему отсутствовала сода. В варианте P120 заметно увеличивалась сумма обменных оснований, из которых 52% составлял обменный кальций. Отношение Ca:Mg возрастало до 1-1.2; рН почвенного раствора находилась в интервале слабощелочная – щелочная. В почве 20-летней залежи (2015 г.) в катионном составе водной вытяжки увеличивалось содержание кальция, магния, калия и уменьшалось натрия, в анионном – отсутствовали карбонаты, уменьшалось количество гидрокарбонатов, увеличивалось – хлоридов и сульфатов и не изменялась сумма солей. Сумма обменных оснований и кальция также возрастала, а количество магния уменьшалось. На кальций приходилось 67-87% от суммы, а отношение Ca:Mg увеличивалось до 2.6 и 3.5; рН почвенного раствора во всех вариантах слабощелочная.

Преобладание корковых, мелких и средних солонцов на 1-ой повторности опытного поля и глубоких солонцов в комплексе с лугово-чернозёмной почвой на 3-ей повторности обуславливало существенные различия в содержании гумуса. Перед закладкой опыта оно до глубины 60 см сильно варьировало [11]. В слое 0-20 см гумуса содержалось от 6,54 до 8,24% (повышенное и высокое), в подпахотном (20-40 см) – 3,18-7,30, а в слое 40-60 см – 0,98-2,14%. Среднее содержание гумуса в этих слоях почв солонцового комплекса опытного поля составило 7,39; 5,24 и 1,56% соответственно Минеральные удобрения, систематически вносимые в течение 4-х ротаций севооборота, усиливали минерализацию органического вещества и достоверно уменьшали содержание гумуса только в вариантах N90 и N90P120K30. Последующее 10-ти летнее естественное залужение поля севооборота способствовало незначительному накоплению гумуса в слое 0-20 см в контроле и вариантах P120 и N30P40, стабилизации его в N90P120; в почве остальных вариантов оно было меньше исходного уровня (1981 г.). При этом отмечено увеличение гумуса в слое 20-40 см почвы вариантов N30, N30P40 и N90P120K30. В слое 40-60 см оно существенно возрастало только в варианте P120. Через 20 лет после залужения поля севооборота содержание гумуса в слое 0-20 см достигало исходного уровня (1981 г.) только в вариантах N90P120 и P120. При этом в слое 20-40 см, за счёт поступления органического вещества вторичных корней трав, его количество во всех вариантах на 0,6-1,8% превышало исходное.

Следовательно, залежь, используемая ранее в систематически удобряемой пашне зернопарового севооборота на почвах солонцового комплекса, обладает высоким эффективным и потенциальным плодородием и может быть вновь вовлечена в пашню.

Литература

1. Семендяева Н.В., Галеева Л.П., Мармулев А.Н. Почвы Новосибирской области и их сельскохозяйственное использование: учебное пособие // Новосиб. гос. аграр. ун-т. Новосибирск, 2010. 179 с.
2. Семендяева Н.В., Елизаров Н.В., Галеева Л.П., Коробова Л.Н. Длительность действия химической мелиорации на свойства солонцов Барабинской равнины // Новосиб. гос. аграр. ун-т; Сиб. НИИ земледелия и химизации СФНЦА РАН, Ин-т почвоведения и агрохимии СО РАН. Новосибирск: ИЦ «Золотой колос», 2017. 190 с.

3. Семендяева Н.В., Южаков А.И., Аверкина С.С. Действие минеральных удобрений на гидроморфных солонцовых почвах Западной Сибири // *Агрохимия*. 1995. № 7. С. 65-70.
4. Семендяева Н.В., Галеева Л.П., Южаков А.И., Кожевников А.И. Нитратный режим луговых солонцов Барабы при внесении минеральных удобрений // *Агрохимия*. 1997. № 2. С. 51-53.
5. Галеева Л.П. Влияние удобрений на плодородие почв северной лесостепи Западной Сибири: Автореф. дис. ... д-ра с.-х. наук. Тюмень, 2013. 32 с.

L. P. Galeeva

Novosibirsk state UNIVERSITY, Novosibirsk, Russia

e-mail: liub.galeeva@yandex.ru

POSTAGROGENIC TRANSFORMATION OF SOILS OF SOLONETZ COMPLEXES BARABY

Annotation. Long-term use of soil in arable land with the use of mineral fertilizers had a positive impact on its properties. The highest yield of grain crops of crop rotation was obtained in the P120 variant. Subsequent tilling of arable land for 20 years led to the appearance of a thick layer of felt on the surface of the soil and the preservation of high rates of fertility.

Keywords: transformation, saline complexes, Baraba, arable land, Deposit, fertility.

References

1. Mr. Semendyaev. In. L. P. Galeeva, Murmulev A. N. The soil of the Novosibirsk region and their agricultural use: a tutorial // *novosib. GOS. Agrar. Univ. of Illinois, Novosibirsk*, 2010. 179 p
2. Mr. Semendyaev. In. Elizarov N. In. Galeeva L. P., Korobova L. N. The duration of chemical reclamation on the properties of solonetz of the Baraba plain // *novosib. GOS. Agrar. UN-t; Sib. Institute of agriculture and chemicalization SFNCE Russian Academy of Sciences, Institute of soil science and Agrochemistry SB RAS. Novosibirsk: its Zolotoy Kolos*, 2017. 190 С.
3. Semendyaeva N. V., Yuzhakov A. I., averkina S. S. Effect of mineral fertilizers on hydromorphic saline soils of Western Siberia // *Agrochemistry*. 1995. No. 7. Pp. 65-70.
4. Semendyaeva N. V., Galeeva L. P., Yuzhakov A. I., Kozhevnikov A. I. Nitrate regime of Baraba meadow Solonets when applying mineral fertilizers // *Agrochemistry*. 1997. No. 2. S. 51-53.
5. Galeeva L. P. influence of fertilizers on soil fertility of Northern forest-steppe of Western Siberia: abstract. dis. ... Dr. S.-H. sci. Tyumen, 2013. 32 p.

**СЕКЦИЯ 7. ФИЛОСОФИЯ, ИСТОРИЯ И СОЦИОЛОГИЯ
ПОЧВОВЕДЕНИЯ, МЕЖДУНАРОДНОЕ СОТРУДНИЧЕСТВО**

**SECTION 7. PHILOSOPHY, HISTORY, SOCIOLOGY OF SOIL SCIENCE,
INTERNATIONAL COOPERATION**

УДК 631.4(091)(470.51)

Т.Ю. Бортник, А.Ю. Карпова, О.А. Страдина
ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА, Ижевск, Россия
e-mail: agrohim@izhgsha.ru

ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ ПОЧВОВЕДЕНИЯ В УДМУРТСКОЙ РЕСПУБЛИКЕ

Аннотация. История развития почвоведения в Удмуртии связана с деятельностью сотрудников кафедры агрохимии и почвоведения Ижевского сельскохозяйственного института В.П. Ковриго и И.И. Вараксина. В.П. Ковриго – создатель научной школы по почвоведению, под его руководством работала Проблемная лаборатория магнетизма почв, проведены фундаментальные исследования свойств и режимов почв, даны рекомендации по воспроизводству их плодородия.

Ключевые слова: дерново-подзолистые почвы, магнитные свойства почв, плодородие.

Ижевский сельскохозяйственный институт был создан в 1954 г. путём перевода Московского зоотехнического института коневодства (МЗИК) в Удмуртию в соответствии с постановлением Совета министров СССР и приказом министра образования СССР. Начало широких исследований в области почвоведения, агрохимии и земледелия в условиях Удмуртии связано с образованием кафедры агрохимии и почвоведения Ижевского СХИ в 1957 г. Первым заведующим кафедрой, а с 1964 г. и ректором вуза стал Вячеслав Павлович Ковриго, выпускник факультета почвоведения МСХА имени К.А. Тимирязева. Он создал научную школу по почвоведению, под его руководством проведены разносторонние фундаментальные исследования, которые позволили охарактеризовать ряд процессов, протекающих в почвах, выяснить особенности происхождения и свойств почв Удмуртии, проследить за их изменением в результате освоения и дать рекомендации сельскохозяйственному производству по повышению плодородия почв.

Большой вклад в развитие почвоведения в Удмуртии внёс Игорь Иванович Вараксин, который закончил агрохимический факультет Молотовского сельскохозяйственного института (ныне Пермский ГАТУ имени Д.Н. Прянишникова). Он защитил кандидатскую диссертацию в 1968 г. под руководством известного на Урале профессора, доктора с.-х. наук Н.Я. Коротаяева; соруководителем являлся доцент В.П. Ковриго. И.И. Вараксин подробно охарактеризовал серые лесные почвы Среднего Предуралья. Им изучено влияние различных факторов на генезис этих почв и установлено, что серые лесные почвы зоны сформированы исключительно на породах тяжелого гранулометрического состава, на спокойных слабодренированных элементах рельефа, что вызывает временное, сезонное переувлажнение. Последнее послужило причиной развития почвообразования по типу эллювиально-глеевого процесса. С учетом этого и других признаков им выдвинута идея о гидроморфном происхождении серых лесных почв Прикамья [7].

В конце 60-х годов И.И. Вараксин с коллегами приступил к разработке и внедрению в производство проектов противоэрозионных мероприятий, изучению географической закономерности распространения смытых почв республики [8]. На основании этих разработок составлена карта районов различной интенсивности водной эрозии, которая легла в основу построения Генеральной схемы борьбы с эрозией почв в УАССР. В этот же период под руководством В.П. Ковриго и И.И. Вараксина силами студентов проведено почвенное обследование районов Удмуртии на площади более 500 тыс. гектаров. Лучшие выпускники агрономического факультета 1962-1963 гг. прошли эту школу по обследованию почв, многие из них впоследствии стали профессиональными почвоведом и агрохимиками, научными работниками, агрономами, руководителями хозяйств.

Представителями научной школы В.П. Ковриго в течение более чем 40 лет обстоятельно изучались комплекс свойств почв, пищевой, водный, температурный режимы почв; окислительно-восстановительные процессы в почвах изучала А.В. Хромченко-Сентемова, почвенные растворы – Г.П. Дзюин, микрофлору и токсичные свойства почв – Л.А. Викулина, ферментативную активность почв – Н.С. Пухидская, микроэлементный состав почв – М.Ф. Кузнецов и М.А. Исаев; почвенный воздух – Н.Я. Хромченко. Новую страницу в изучении теории почвенного питания растений открыли работы Н.А. Канунниковой и В.П. Ковриго по вопросам термодинамики ионообменных процессов в системе «твердая фаза почв – почвенный раствор – корневая система растений». Результаты этих исследований были доложены на трех Международных конгрессах почвоведов.

С 1962 г. проводились фундаментальные исследования магнитных свойств почв. В 1968 г. приказом по МСХ СССР была создана научно-исследовательская лаборатория магнетизма почв, которая была оснащена на тот момент самым современным оборудованием. Под руководством В.П. Ковриго и А.А. Лукшина сотрудники лаборатории принимали активное участие в почвенных экспедициях совместно с почвенным отрядом Удмуртского отделения Росгипрозема. Целью научных исследований являлось изучение магнитных свойств основных типов почв СССР и оценка возможности использования полученных результатов в сельскохозяйственной практике. Изучение магнитных свойств проводили на почвенных разрезах, заложенных по всей территории баллистическим методом, описанным Т. Нагата [18], А.А. Лукшиным и Т.И. Румянцевой [17], с использованием баллистической установки БУ-3 и магнитометров ИМВ-2 и МА-21. Изучение магнитных свойств почв позволило по-новому охарактеризовать некоторые процессы почвообразования, а также показать связь свойств с факторами, определяющими плодородие почв. По результатам лабораторных измерений была составлена карта магнитной восприимчивости почв Удмуртии. Кроме того, разработана новая технология картирования по полевым измерениям магнитной восприимчивости почв.

В 1988 г. лаборатория была преобразована в Проблемную научно-исследовательскую лабораторию магнетизма почв. На основании многолетних исследований лабораторией предложена и обоснована концепция применения показателя магнитной восприимчивости почв для их агроэкологической оценки. Разработаны методические рекомендации по использованию показателей магнитной восприимчивости почв для выделения естественного индивидуума в почвенном покрове; для определения степени смытости почв [3]; для определения нуждаемости дерново-подзолистых почв в известковании [4]; для оценки почв по их производительности [5]. Магнитометрические способы изучения почв в 1993 г. удостоены пяти медалей лауреатов Всероссийского выставочного центра (г. Москва), прошли широкую про-

изводительную проверку и рекомендованы для использования в почвенно-агрохимической службе России. По результатам исследований опубликовано более 100 научных работ. В докторскую диссертацию В.П. Ковриго «Почвы Среднего Предуралья и пути повышения их плодородия» включен раздел по магнитным свойствам почв; защищены четыре кандидатские диссертации [11, 21, 6, 19, 22]. Магнитные свойства почв в настоящее время рассматриваются как самостоятельный раздел агрофизики в учебных изданиях.

Всего в рамках научной школы В.П. Ковриго защищено 4 докторских и 17 кандидатских диссертаций. В настоящее время исследования в области почвоведения продолжаются под руководством ученика В.П. Ковриго, доктора с.-х. наук, профессора А.В. Леднёва, выпускника Пермского СХИ имени Д.Н. Прянишникова. Проводятся глубокие исследования по рекультивации нефтезагрязнённых почв, на основании которых разработаны типовые проекты работ по восстановлению их плодородия и сделаны рекомендации производству, а также по изучению свойств постагрогенных (залежных) земель с целью разработки адаптивных технологий их освоения [15, 16, 1].

Сотрудниками кафедры агрохимии и почвоведения издан ряд книг научно-производственного направления [9, 2]; издан под редакцией В.П. Ковриго учебник «Почвоведение с основами геологии» [12, 14]. В учебнике представлены фундаментальные разделы: магнитные свойства почв, ферментативная активность почв, аллелопатические свойства и др. В.П. Ковриго является автором крупного научного труда – монографии «Почвы Удмуртской Республики» [13], за которую он удостоен Государственной премии Удмуртской Республики в области науки и технологий. Имена В.П. Ковриго и И.И. Вараксина вошли в российскую науку как соавторов раздела, посвящённого Удмуртии, в сборнике «Агрохимическая характеристика почв СССР» и создателей почвенной карты Удмуртской Республики [20].

В настоящее время традиции учёных-почвоведов активно поддерживаются в учебном процессе ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА. Гордостью кафедры агрохимии и почвоведения, визитной карточкой агрономического факультета является почвенно-геологический музей, который был создан в 1955 г. Формирование музея началось с монолитов, подаренных В.П. Ковриго организаторами почвенного музея им. В.Р. Вильямса (РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева, г. Москва), за его помощь в создании этого музея. В основу собрания музея легли уникальные коллекции почв разных географических зон, собранные в Северо-Кавказской землеустроительной экспедиции, Сталинградской агролесомелиоративной, экспедиции почвенного института им. В.В. Докучаева по Московской и Курганской областям в 1949-1953 гг. с непосредственным участием В.П. Ковриго. В формировании коллекции минералов и горных пород активное участие приняли многие сотрудники кафедры. В настоящее время основными направлениями деятельности почвенно-геологического музея являются пропаганда и популяризация научных знаний, научно-экспозиционная, а также образовательная деятельность. Учебная работа со студентами и школьниками остается по-прежнему одним из главных направлений деятельности музея. Наиболее полно коллекции музея используются студентами агрономического и лесохозяйственного факультетов на лабораторно-практических занятиях по почвоведению, географии почв, агропочвоведению, почвоведению с основами геологии и других предметах. Студенты, успешно выступившие со своими научными результатами на заседаниях кружка и научных конференциях, имеют научные публикации в сборниках и журналах, а в дальнейшем имеют возможность продолжить свою работу, обучаясь в магистратуре и аспирантуре. Выпускники кафедры агрохимии и почвоведения работают во всех районах Удмуртии других регионах России.

Литература

1. Агротехнические приёмы по восстановлению неиспользуемых сельскохозяйственных угодий с учётом оптимизации систем севооборотов, правильного подбора способов обработки почвы высокоурожайных зерновых культур в условиях Удмуртской Республики: монография / под ред. А.В. Леднёва. Ижевск, 2012. 119 с.
2. Агроэкологические основы воспроизводства плодородия почв / А.С. Башков, Л.Б. Башмаков, А.И. Безносков. Ижевск: Удмуртия, 1999. С. 129.
3. А. с. 1126876 СССР, МКИ G 01 № 33/24. Способ определения степени смывости почв / Лукшин А. А., Обыденова Л. А., Иванова Т. П., Вараксина Е. Г. - № 3627526/30-15; Заявлено 27.07.83; Опубл. 30.11.84, Бюл. № 44.
4. А. с. 1269662 СССР, МКИ G 01 № 33/24. Способ оценки нуждаемости дерново-подзолистых почв в известковании / А. А. Лукшин, Л. А. Обыденова, Т. П. Иванова и др. - № 3699166 /30-15; Заявлено 09.02.84.
5. А. с. 1760447 СССР, МКИ G 01 33/24. Способ оценки почв по их производительности /Л. А. Обыденова, В. П. Ковриго, Т. П. Иванова и др. - № 4745216; Заявлено 03.10.89; Опубл. 07.09.92, Бюл. № 3.
6. Бусоргина Н.А. Магнитная восприимчивость почв Среднего Предуралья как генетический и диагностический их показатель :автореф. дис. ... канд. с.- х. наук / Башкирский ГАУ. г. Уфа, 2002. 22 с.
7. Вараксин И.И. Серые лесные почвы Удмуртской АССР :автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. Пермь, 1968. 26 с.
8. Вараксина Е.Г., Вараксин И.И., Захарова Т.И. Эрозия и воспроизводство плодородия эродированных почв Удмуртии. Ижевск: ФГОУ ВПО Ижевская ГСХА, 2008. 432 с.
9. Дерюгин И.П., Безносков А.И., Башков А.С. Агрохимические основы применения удобрений и повышения плодородия почв Удмуртской АССР. Ижевск: Удмуртия, 1987. 164 с.
10. Ковриго В.П., Вараксин И.И., Дерюгин И.П., Бояров А.И. Удмуртская АССР / Агрохимическая характеристика почв СССР. Районы Урала. Москва, 1964. С. 138-182.
11. Ковриго В.П. Почвы Среднего Предуралья и пути повышения их плодородия : автореферат дисс. доктора с.-х. наук. Москва, 1982. 38 с.
12. Ковриго В.П., Кауричев И.С., Бурлакова Л.М. Почвоведение с основами геологии : учебник для студентов вузов по агрономической специальности / под ред. В.П. Ковриго. Москва : Колос, 2000. 416 с.
13. Ковриго В.П. Почвы Удмуртской Республики : монография. Ижевск : РИО ФГОУ ВПО Ижевская ГСХА, 2004. 489 с.
14. Ковриго В.П., Кауричев И.С., Бурлакова Л.М. Почвоведение с основами геологии : учебник для студентов вузов, обучающихся по агрономическим направлениям и специальностям /под ред. В.П. Ковриго. 2-е изд., перераб. и доп. Москва : КолосС, 2008. 439 с.
15. Леднев А.В. Рекультивации загрязненных и механически нарушенных земель: типовой проект. Ижевск: ФГОУ ВПО Ижевская ГСХА, 2008. 94 с.
16. Леднев А.В. Изменение свойств почв Среднего Предуралья под действием продуктов нефтедобычи, приёмы рекультивации: монография. Ижевск: ФГОУ ВПО Ижевская ГСХА, 2008. 180 с.
17. Лукшин А.А. Румянцева Т.И. Магнитные свойства некоторых почв Удм. АССР // Гидрофизика и структура почвы: Тр. Агрофизич. ин-та. Л. :Гидрометиздат, 1965. С. 81-89.
18. Нагата Т. Магнетизм горных пород. М.: Мир, 1965. 345 с.
19. Обыденова Л.А. Магнитная восприимчивость почв Среднего Предуралья как показатель агроэкологической оценки их свойств :автореф. дис. ... канд. биол. наук. М.: Моск. с.- х. акад., 2003. 23 с.
20. Почвенная карта Удмуртской АССР (Масштаб 1 : 200000) / Главное управление геодезии и картографии при Совете Министров СССР. Москва, 1990. Соавт. В.П. Ковриго [и др.].
21. Румянцева Т.И. Магнитная восприимчивость почв Удмуртской АССР :автореф. дис. ... канд. с.- х. наук. Москва, 1971. 20 с.
22. Страдина О.А. Магнитная восприимчивость почв Среднего Предуралья как показатель их загрязнения тяжёлыми металлами :автореф. дис. ... канд. с.-х. наук / Башкирский ГАУ. г. Уфа, 2008. 20 с.

T.Yu. Bortnik, A.Yu. Karpova, O.A. Stradina
Izhevsk State Agricultural Academy, Izhevsk, Russia

HISTORY OF SOIL DEVELOPMENT IN UDMURT REPUBLIC

Abstract. The history of the development of soil science in Udmurtia is associated with the activities of co-workers of the Department of Agrochemistry and Soil Science of the Izhevsk

Agricultural Institute V.P. Kovrigo and I.I. Varaksin. V.P. Kovrigo is the creator of a scientific school on soil science, under his leadership the Problem Laboratory of Soil Magnetism worked, fundamental studies of the properties and regimes of soils were carried out, recommendations were made on the reproduction of their fertility.

Keywords: sod-podzolic soils, magnetic properties of soils, fertility.

References

1. Agrotechnical methods for the restoration of unused agricultural land, taking into account the optimization of crop rotation systems, the correct selection of methods for processing the soil of high-yielding grain crops in the conditions of the Udmurt Republic: monograph / ed. A.V. Ledneva. Izhevsk, 2012. 119 p.
2. Agroecological basis for the reproduction of soil fertility / A.S. Bashkov, L.B. Bashmakov, A.I. Beznosov. Izhevsk: Udmurtia, 1999. P. 129.
3. A. p. 1126876 USSR, MKI G 01 No. 33/24. A method for determining the degree of soil erosion / Lukshin A. A., Obydenova L. A., Ivanova T. P., Varaksina E. G. - No. 3627526 / 30-15; Stated July 27, 83; Publ. 11/30/84, Bull. Number 44.
4. A. p. 1269662 USSR, MKI G 01 No. 33/24. A method for assessing the need of sod-podzolic soils for liming / A. A. Lukshin, L. A. Obydenova, T. P. Ivanova, etc. - No. 3699166 / 30-15; Declared 09.02.84.
5. A. p. 1760447 USSR, MKI G 01 33/24. A method for evaluating soils by their productivity / L. A. Obydenova, V. P. Kovrigo, T. P. Ivanova, etc. - No. 4745216; Stated 03.10.89; Publ. 09/07/92, Bull. Number 3.
6. Busorgina N.A. Magnetic susceptibility of soils of the Middle Cis-Urals as their genetic and diagnostic indicator: Abstract. dis. ... cand. S.- x. Sciences / Bashkir State Agrarian University. Ufa, 2002. 22 p.
7. Varaksin I.I. Gray forest soils of the Udmurt Autonomous Soviet Socialist Republic: author. dis. ... cand. S.-kh. Sciences. Perm, 1968. 26 p.
8. Varaksina E.G., Varaksin I.I., Zakharova T.I. Erosion and reproduction of fertility of eroded soils of Udmurtia. Izhevsk: FSEI HPE Izhevsk State Agricultural Academy, 2008. 432 p.
9. Deryugin I.P., Beznosov A.I., Bashkov A.S. Agrochemical basis for the use of fertilizers and improving soil fertility in the Udmurt Autonomous Soviet Socialist Republic. Izhevsk: Udmurtia, 1987. 164 p.
10. Kovrigo V.P., Varaksin I.I., Deryugin I.P., Boyarov A.I. Udmurt Autonomous Soviet Socialist Republic / Agrochemical characteristics of the soils of the USSR. Ural regions. Moscow, 1964. P. 138-182.
11. Kovrigo V.P. Soils of the Middle Urals and ways to increase their fertility: abstract of diss. Doctors S.-kh. Sciences. Moscow, 1982. - 38 p.
12. Kovrigo V.P., Kaurichev I.S., Burlakov L.M. Soil science with the basics of geology: a textbook for university students in the agronomic specialty / under the editorship of V.P. Kovrigo. Moscow: Kolos, 2000. 416 p.
13. Kovrigo V.P. Soils of the Udmurt Republic: monograph. Izhevsk: RIO FGOU VPO Izhevsk State Agricultural Academy, 2004. 489 p.
14. Kovrigo V.P., Kaurichev I.S., Burlakov L.M. Soil science with the basics of geology: a textbook for university students studying in agronomic fields and specialties / under the editorship of V.P. Kovrigo. 2nd ed., Revised and add. Moscow: Kolos, 2008. 439 p.
15. Lednev A.V. Reclamation of contaminated and mechanically disturbed lands: a typical project. Izhevsk: Federal State Educational Institution of Higher Professional Education Izhevsk State Agricultural Academy, 2008. 94 p.
16. Lednev A.V. Change of soil properties of the Middle Urals under the influence of oil products, remediation methods: monograph. Izhevsk: FSEI HPE Izhevsk State Agricultural Academy, 2008. 180 p.
17. Lukshin A.A., Rummyantseva T.I. Magnetic properties of some soils Udm. ASSR // Hydrophysics and soil structure: Tr. Agrophysicist. in-that. L.: Gidrometizdat, 1965. P. 81-89.
18. Nagata T. Magnetism of rocks. M.: Mir, 1965. 345 p.
19. Obydenova L.A. Magnetic susceptibility of soils of the Middle Pre-Urals as an indicator of agroecological assessment of their properties: abstract. dis. ... cand. biol. sciences. M.: Mosk. S.- x. Acad., 2003. 23 p.
20. Soil map of the Udmurt Autonomous Soviet Socialist Republic (Scale 1: 200000) / Main Directorate of Geodesy and Cartography under the Council of Ministers of the USSR. Moscow, 1990. Soavt. V.P. Kovrigo [et al.].
21. Rummyantseva T.I. Magnetic susceptibility of soils of the Udmurt Autonomous Soviet Socialist Republic: author. dis. ... cand. S.-kh. Sciences. Moscow, 1971. 20 p.
22. Stradina O.A. Magnetic susceptibility of soils of the Middle Urals as an indicator of their contamination with heavy metals: abstract. dis. ... cand. s.-kh. sciences / Bashkir State Agrarian University. Ufa, 2008. 20 p.

УДК 631.4

Н.И. Гранина
ФГБОУ ВО ИГУ, Иркутск, Россия
e-mail: granina_n@list.ru

СТАНОВЛЕНИЕ ПОЧВОВЕДЕНИЯ КАК ФУНДАМЕНТАЛЬНОЙ НАУКИ И ПОДГОТОВКА ПРОФИЛЬНЫХ СПЕЦИАЛИСТОВ В ВОСТОЧНОЙ СИБИРИ

Аннотация. В статье рассматривается краткая история становления почвоведения в Восточной Сибири и особенности подготовки кадров на современном этапе реформирования образования.

Ключевые слова: почва, почвоведение, подготовка кадров

Изучение почвы – это захватывающий и увлекательный процесс. Почва является уникальным природным биокосным объектом, национальным достоянием России. Изучив и оценив значение и важность почвы, возможно грамотное решение задач в области почвоведения, агрохимии, мелиорации, экологии, картографии, палеопочвоведения, оценки земель и управлении земельными ресурсами и др. Почвоведение, таким образом, выступает в качестве мультидисциплинарной науки, как для успешного решения проблем рационального природопользования сегодня, так и для адекватных прогнозов в будущем.

Мы гордимся тем, что почвоведение, как наука, сформировалось у нас в России. Еще в 1763 году М.В. Ломоносов, (основатель Московского государственного университета) первым выдвинул гипотезу растительно-наземного происхождения чернозема в своей книге «О слоях земных». Позже выдающийся русский ученый В.В. Докучаев, разработав, обосновав и блестяще защитив идею о происхождении почв в своей докторской диссертации и книге «Русский чернозем» (1883), по праву считается основателем науки «Почвоведение» в мире. Дальше следовал сложный период признания русского почвоведения как самостоятельной и всемирной науки. Именно В.В. Докучаевым впервые был поставлен вопрос о преподавании почвоведения в русских университетах и только в 1906 году А.Н. Сабаниным было введено преподавание почвоведения в Московском Университете [3].

Первые исследования почвенного покрова Восточной Сибири были начаты Агапитовым Н.Н., его публикации (1878-1881) являются первыми работами о почвенном покрове Прибайкалья. В 1877 году по поручению Сибирского отделения географического общества он проводил ботанико-географические и почвенные исследования в бассейне реки Ангары, а затем в Тункинской и Торской котловинах. Особое внимание им уделено изучению черноземов, их свойствам и происхождению. Составлена «Карта распространения черноземов в Балаганском и Иркутском районах Иркутской губернии» [1, 2].

В 1908-1914 годах Глинка К.Д., ведущий почвовед докучаевского Почвенного комитета, организовал и возглавил работу почвенно-ботанического управления Западной и Восточной Сибири. Результатом работы являются научные материалы, характеризующие почвенный покров и земельные фонды сельскохозяйственного освоения и первая «Карта Азиатской части России».

Большой вклад в развитие фундаментального почвоведения внес Надеждин Б.В. – доктор геол.-минерал. наук, профессор, исследователь почвенного покрова ряда городов России, а с 1914 года, лесостепных районов Прибайкалья. Под его

руководством начато изучение эрозии почв, засоленных почв, водного режима целинных и залежных земель Прибайкалья.

С именем профессора Николаева Ивана Васильевича связано становление школы Восточно-Сибирского почвоведения и подготовка кадров в Иркутском государственном университете. В 1934 году вышла в свет его первая научная работа «Почвы Восточно-Сибирского края». За эту монографию ему была присвоена ученая степень кандидата геолого-минералогических наук. В 1949 году им была опубликована вторая монография «Почвы Иркутской области». Эта работа долгое время оставалась единственным руководством при изучении почв региона.

В 1949 году в структуре биолого-географического НИИ (БГНИИ) Иркутского университета, ныне НИИ биологии ИГУ создается лаборатория почвоведения, инициатор – Макеева О.В. Работа лаборатории осуществлялась по единой тематике с кафедрой почвоведения. Позже Макеев О.В., доктор геолог.-минерал. наук, возглавил НИИ общей и экспериментальной биологии СО РАН, Улан-Удэ, создает и руководит отечественной школой по геокриологии (мерзлотоведению).

В 1931 году, будучи деканом геолого-географического факультета ИГУ и директором Института биологии (БГНИ) ИГУ, Николаев И.В. организует кафедру почвоведения и становится ее заведующим, возглавлял кафедру до 1955 года. В структуру кафедры вошли сотрудники кабинета агрономии, открытого в 1925 году на кафедре ботаники естественного отделения физико-математического факультета ИГУ (тогда Иргосуна). Заведующий кабинетом профессор Потапов А.И. проводил научные исследования в области агрохимии, Дубов В.Г. читал курсы лекции по почвоведению и агрономическим дисциплинам.

Два года (1932-1933) кафедра существовала как самостоятельное почвенное отделение и в течение 17 лет входила в структуру геолого-почвенно-географического факультета, в 1948 году кафедра была включена в состав биологического факультета ИГУ.

В 60-70-е годы на биолого-почвенном факультете открывается аспирантура по специальности «Почвоведение» и Совет по защите кандидатских диссертаций и Председатель Совета – Н.И. Карнаухова (декан биолого-почвенного факультета и заведующий кафедрой почвоведения). С его приходом на кафедру начали развиваться почвенно-мелиоративные исследования.

Большой вклад в развитие кафедры как учебного подразделения внес Корзун М.А. (декан факультета, проректор по учебной работе ИГУ), в 1986 году, по его инициативе отделение почвоведения было возобновлено. В состав отделения вошли две кафедры: кафедра почвоведения и агрохимии (зав. кафедрой Корзун М.А., с 1986 г. – Сазонов А.Г.) и кафедра мелиорации почв (зав. кафедрой Карнаухова Н.И., с 1986 г. – Угланов И.Н.). Ежегодный выпуск студентов составил 50 человек почвоведов-агрохимиков для нашей страны и для Монголии (МНР).

В этот же период создается комплексная Хубсугульская экспедиция, устанавливаются международные связи отделения почвоведения с почвоведом МНР (Мартынов В.П., Мартынова А.С., Ивельский П.К., Лыков О.С., Корзун М.А., Мартынова Н.А.). Проведение почвенных исследований продолжалось 18 лет. Создана почвенная карта в Атласе оз. Хубсугул, выявлены биогеохимические провинции, изучены особенности почвы на фосфоритах, разработаны рекомендации по рациональному использованию почвы долины р. Селенги. В 1980-1985 гг. сотрудники отделения выполнили большой объем хозяйственных работ с Читинским филиалом института ВостСибГИПРОЗем со значительным экономическим эффектом.

В 1993 году отделение было закрыто, кафедры объединены в одну – кафедру почвоведения. С 1991 по 1994 год ее возглавлял проф. Угланов И.Н., с 1994 по 2005

г. – доц. Воробьева Г.А., с 2005 г. – доц. Гранина Н.И. (заместитель декана, 1988-1998 гг.; декан биолого-почвенного факультета 1998-2008; директор Научно-исследовательского института биологии ИГУ 2008-2013 гг.).

В этот период сотрудниками кафедры были изучены болотные почвы и содержание в них микроэлементов (Иванюта С.И., Симоненков Н.И.), выявлено поведение микроэлементов в почвах (Мартынова А.С.), исследованы засоление в почвах Восточной Сибири и влияние на них окисленных углегуминовых удобрений (Карнаухов Н.И., Морозова К.В), описаны свойства почв, затопленных водохранилищами (Серышев В.А.), составлены схемы эродированных почв и выявлены провинциальные проявления эрозии почв в Предбайкалье, дана оценка противодефляционной устойчивости почв (Бычков В.И.), проведены работы по эффективности фосфорных удобрений (Л.Н. Костюхин), обоснованы принципы лесоводческой оценки почв (Сазонов А.Г.)

В настоящее время под руководством Воробьевой Г.А, доцента кафедры ведущей кафедрой (1990–2005), развивается теоретическое почвоведение: методологические проблемы в почвоведении, классификация, генезис и эволюция современных почв Прибайкалья. Разрабатываются междисциплинарные исследования: на стыке почвоведения с геологией и геодинамикой, геоморфологией, археологией и историей. Ею разработана методология исследований – событийный педолитологический подход; реконструкция природных обстановок прошлого.

В последние годы усилился блок исследований, связанный с управлением земельными ресурсами, качественной и экономической оценкой почв и земель (Гранина Н.И.). Развивается оценка качества земель и пригодности агроландшафтов для возделывания сельскохозяйственных культур (Козлова А.А). Проводятся педогадологохимические и эколого-мелиоративные исследования особенностей почв (Лопатовская О.Г), оценка эрозии и деградации почв (Киселева Н.Д.), реконструкция палеоклимата (Куклина С.Л.).

В 2019 году, с целью организации совместных научных проектов и расширения образовательной деятельности, была образована базовая кафедра «Почвоведения и оценки земельных ресурсов» – совместное научно-образовательное подразделение ИГУ с НИ Географии СО РАН им. В.Б.Сочавы в составе биолого-почвенного факультета. К учебному процессу привлечены квалифицированные научные кадры: Белозерцева И.А., зав. лабораторией, Напрасников А.Т., д. геогр. н., профессор.

Сегодня кафедра почвоведения и оценки земельных ресурсов Иркутского государственного университета – одна из старейших в России. Кафедре в 2021 году исполнится 90 лет. Кафедра почвоведения в составе Иркутского государственного университета сегодня – первая и единственная от Томска до Владивостока, осуществляющая подготовку таких уникальных кадров как почвоведы. За многолетнюю историю развития кафедры подготовлено более тысячи специалистов-почвоведов, что в немалой степени способствовало формированию научного и кадрового потенциала страны. Кафедра стала значимым центром подготовки специалистов-почвоведов для Сибири, Дальнего Востока, Монголии и ряда стран Африки. Дипломы получили более 2000 почвоведов, из которых около 50 – зарубежные специалисты из Монголии. Выпускники кафедры стали известными учеными, руководителями научных и производственных предприятий, научно-исследовательских институтов, вузов. Среди них: О.В. Макеев, Н.И. Карнаухов, В.А. Кузьмин, М.А. Корзун, В.А. Серышев, Н.Д. Давыдова, Л.Л. Убугунов, В.И. Убугунова, Ю.Н. Краснощеков, М.Г. Меркушева, А.А. Данилова и др.

Несмотря на высокую актуальность специалистов – почвоведов и вековую историю существования профессии, она все же остается редкой как в России, так и за рубежом. И сегодня, как и много лет назад, некоторые из российских ВУЗов (их чуть больше 15-и) ежегодно выпускают лишь несколько десятков специалистов, чего для огромных территорий России, разумеется, недостаточно.

Почвоведение из фундаментальной науки всё более трансформируется в прикладную дисциплину: усиливается акцент на решение практических задач. Примером тому служит, обсуждаемый в данный момент, проект новой номенклатуры научных специальностей. До недавнего времени «Почвоведение» входило в естественные науки (уровень Биология), с присуждением научной степени кандидата/доктора биологических наук по специальности 03.02.13 – почвоведение. В проекте новой номенклатуры «Почвоведение» значится в сельскохозяйственной отрасли. Не понятно, останется ли в новой номенклатуре научных специальностей почвоведение в отрасли естественных наук на уровне «Биология», либо «Земля» или войдет в отрасль сельскохозяйственных наук.

Подобная реорганизация науки (АН СССР) уже была в 1962 году. Тогда многие научно-исследовательские институты были выведены из АН СССР и переведены в отраслевые институты. Тогда же многие кафедры почвоведения были переведены в сельскохозяйственные институты. Это подорвало развитие теоретического почвоведения и не дало никакой отдачи для прикладного почвоведения. Все это становилось понятным через несколько лет. Исправление ошибки перевода почвоведения в разряд сельскохозяйственных наук началось уже с 1969 года (в Новосибирске в 1969 г. создается Институт почвоведения и агрохимии в составе СО АН СССР, в Пушкино в 1971 г. создается в системе АН СССР Институт почвоведения и фотосинтеза). И только в 1988 году научная специальность «Почвоведение» была возвращена в состав естественно-научных дисциплин и присвоен № 03.00.37 [4].

Продолжается земельная реформа, меняются приоритеты и система управления земельными ресурсами в стране, меняется система образования. Сегодня как никогда важны усилия кафедры по повышению престижа и социальной значимости науки почвоведения, по внедрению фундаментальных научных знаний и исследований в производство, охрану почвенного покрова и управление земельными ресурсами.

Литература

1. Бычков В.И. Почвоведение в Восточной Сибири в XX веке: роль кафедры почвоведения Иркутского государственного университета в подготовке специалистов и развитии науки. Иркутск: Изд-во Ин-та географии им. В. Б. Сочавы СО РАН, 2011. 141 с.
2. Гранина Н.И. Состояние и перспективы подготовки почвоведов в Иркутском государственном университете // Почва как связующее звено функционирования природных и антропогенно-преобразованных экосистем: мат-лы III Междунар. науч.-практич. конф. Иркутск: «Перекресток», 2011. С.2-6.
3. Добровольский Г.В. Докучаев и современное естествознание. // *Почвоведение*. № 2. 1996. С. 117-123.
4. Постановление ГКНТ СССР от 04.10.1988 г. N 386 "О номенклатуре специальностей научных работников".

N.I. Granina

Irkutsk State University, Irkutsk, Russia

THE FORMATION OF SOIL SCIENCE AS A SCIENCE AND PREPARATION OF PROFILE SPECIALISTS IN EASTERN SIBERIA

Abstract. The article discusses a brief history of the formation of soil science in Eastern Siberia and the peculiarities of personnel training at the present stage of education reform.

Keywords: soil, soil science, training.

References

1. Bychkov V.I. Soil science in Eastern Siberia in the XX century: the role of the Department of Soil Science of Irkutsk State University in the training of specialists and the development of science. Irkutsk: Publishing House of the Institute of Geography. V. B. Sochava SB RAS, 2011. 141 p.
2. Granina N.I. The state and prospects of preparing soil scientists at Irkutsk State University // Soil as a link in the functioning of natural and anthropogenic transformed ecosystems: materials of the III Intern. scientific and practical conf. Irkutsk: Perekrestok. 2011. P.2-6.
3. Dobrovolsky G.V. Dokuchaev and modern science // Soil Science. № 2. 1996. P. 117-123
4. Decree of the USSR SCST of October 4, 1988 N 386 "On the nomenclature of specialties of scientists"

УДК 631.4

С.В. Гриценко

ФГБОУ ВО Пермский ГАТУ, Пермь, Россия

e-mail: sv-gricenko@mail.ru

А.И. ПАУТОВ: ФРОНТОВИК, ПОЧВОВЕД, ПЕДАГОГ

Аннотация: В статье рассматриваются биография и творчество А.И. Паутова, фронтовика, участника Великой Отечественной войны, ученого, посвятившего свою жизнь почвоведению. Анатолий Иванович также руководил Пермским отделением Докучаевского общества почвоведов.

Ключевые слова: Великая Отечественная война, Пермский СХИ, фронтовик, научная и педагогическая деятельность, почвоведение.

В 2020 году весь мир будет отмечать большой праздник – 75-летие Победы над германским фашизмом. Старшее поколение советских людей совершило подвиг, отстояв честь, свободу и независимость нашего Отечества. 1418 дней и ночей продолжались ожесточенная и кровопролитная война. Превосходство фашистов было значительным: по количеству личного состава в 1,8 раза, по танкам – в 1,5 раза, по самолетам – более чем в три раза.

В эти тяжелейшие годы Урал сыграл большую роль в формировании частей и соединений. Кроме того, в Пермь были эвакуированы и размещены промышленные предприятия, образовательные и культурные учреждения. Героизм советского народа – один из важнейших факторов, обусловивших великую Победу над фашизмом. Родина высоко оценила их подвиги, наградим орденами и медалями 135 тысяч пермяков. Среди них около двухсот Героев Советского Союза.

Более 80 сотрудников Пермского СХИ и тысячи бывших студентов, окончивших институт в довоенные годы, защищали нашу Родину от гитлеровских захватчиков и японских милитаристов на разных фронтах. Это А.И. Вострокнутов, Г.Л. Кислицын, Н.А. Халезов, М.Н. Гуренев, Г.В. Наугольных, И.К. Ужegov, Л.В. Вшивков, А.А. Нагайцев, П.А. Расторгуев, Г.В. Шелепов, Ю.П. Фомичев, П.И. Соловьев, И.М. Макаров, Т.С. Ливатова, А.С. Гавриков и многие, многие другие [2].

В 2019 году сотрудники университета вместе с именинником отметили 97-ой день рождения доцента кафедры почвоведения, фронтовика Анатолия Ивановича Паутова. А.И. Паутов родился 16 июля 1922 года в селе Орда Пермской области. В 1939 году с отличием окончил Ординскую среднюю школу и поступил на агрохимический факультет Пермского СХИ.

Осенью 1940 года был призван в армию и зачислен курсантом Челябинского военного авиационного штурманского училища. В августе 1942 года был направлен в 951-й авиационный штурмовой полк воздушным стрелком в экипаж к заместителю командира полка по политчасти майора В.С. Квелидзе. С весны 1943 года

полк принимал активное участие в боевых действиях Юго-Западного фронта. В конце ноября, в одном из воздушных боев самолет А.И. Паутова был сбит над линией фронта. Члены экипажа получили ранения и были захвачены в плен. Через год Анатолий Иванович бежал из плена, перешел линию фронта и вновь воевал в 293-м стрелковом полку разведчиком в звании гвардии старший сержант. В конце войны воевал под Берлином. Войну закончил в Чехословакии под городом Млада Болеслав. Награжден орденом Отечественной войны II-ой степени; благодарностью Верховного командования за освобождение Донбасса, за участие в штурме Берлина; медалями, в том числе «За отвагу», «За взятие Берлина», «За победу над Германией в Великой Отечественной войне 1941-1945 гг.», юбилейными медалями [1,3].

В 1947 году А.И. Паутов был демобилизован. Он вновь поступил учиться в Пермский СХИ на агрохимический факультет. В 1950 году с отличием окончил вуз и был направлен почвоведом в Оренбургскую землеустроительную партию Министерства совхозов РСФСР. Участвовал в освоении целинных земель. «Анатолий Иванович – один из первопроходцев целины. Это они, картографы 50-х годов, раньше всех появились в безлюдных, необжитых местах, где сейчас колосятся поля», – писала О.А. Скрябина в газете «За сельскохозяйственные кадры». Анатолий Иванович был награжден медалью «За преобразование Нечерноземья РСФСР», многочисленными благодарностями и грамотами администрации Земпартии [5].

Неожиданно пришла весть из Перми – заведующий кафедрой почвоведения профессор Н.Я. Коротаев настойчиво приглашает вернуться А.И. Паутова для продолжения учебы, в аспирантуру. Предложение принято, и начались годы плодотворной педагогической деятельности, которая у Анатолия Ивановича отмечена чертами неповторимости, своеобразия. Прежде всего, строгость, требовательность, гражданская ответственность за качество знаний каждого выпускника, умение наполнить жизнью даже самый сухой научный факт, показать его суть и значимость. Анатолий Иванович долгое время успешно руководил студенческим научным обществом. Ежегодно его воспитанники выезжали с научными сообщениями в Москву в МГУ, МСХА. Руководство научной работой студентов доставляло ему удовольствие, так как он прививал своим ученикам любовь к науке, желание и стремление докопаться до истины, точности при выполнении различных аналитических задач, умение защитить свои научные результаты, четко их аргументируя.

Анатолий Иванович был преемником Н.Я. Коротаева по руководству Пермским отделением Докучаевского общества почвоведов, начиная с 1974 по 2000 гг. Так, на протяжении многих лет А.И. Паутов был председателем Пермского отделения Всероссийского общества почвоведов и принимал активное участие во всех съездах этого общества.

После окончания аспирантуры в 1965 году А.И. Паутов проработал более 50 лет на кафедре в должности доцента. Им написаны работы по вопросам плодородия, окультуривания, рационального использования пойм рек Предуралья. По обследованным им почвам совхозов и колхозов области составлены пояснительные записки, картограммы. Материалы использовались для разработки научно-обоснованных систем земледелия. За многолетний и добросовестный труд Анатолий Иванович Паутов награжден медалью «Ветеран труда» и памятным знаком «Почетный ветеран института» [4].

С 1972 года Анатолий Иванович – член сборной спортивной команды института. Его спортивные качества помогали команде лидировать в лыжных гонках, стрельбе и шахматах.

Находясь на заслуженном отдыхе с 2000 года, А.И. Паутов освоил компьютер, стал постоянным автором студенческой газеты «Мариинка», до сих пор пишет и публикует свои воспоминания о студенческой жизни, работе, и конечно, о войне.

Героизм советского народа запечатлен в тысячах книг, и документальных повестях. Хотим остановиться на одной такой книге «Дорогами войны», написал ее А.И. Паутов. Анатолий Иванович оказался талантливым рассказчиком. Его язык, образность, чистосердечие, простота изложения покарают читателя. И, конечно, правда жизни! Книга размещена в электронной библиотеке Пермского ГАТУ по адресу: <https://pgsha.ru/generalinfo/library/elib/>.

Литература

1. Гриценко С.В. Паутов Анатолий Иванович // Бессмертный батальон: книга памяти об участниках Великой Отечественной войны 1941-1945 гг. сотрудников и студентах Пермского СХИ. Пермь, 2015. С.121-126.
2. Мальшуков М. Не старейте душой, ветераны // За с.-х. кадры. 1991. №8.
3. Опаленные войной: книга памяти о сотрудниках Молотовского СХИ - участниках трудового фронта 1941-1945 гг. / сост. С.В. Гриценко, Г.И. Жаворонкова, В.Ф. Еремеев, Н.В. Третьякова. Пермь, 2015. 297 с.
4. Самофалова И.А. Паутов Анатолий Иванович // Лики истории. Пермь, 2015. С. 344-345.
5. Скрыбина О.А. 16 июля А.И. Паутову исполняется 65 лет // За с.-х. кадры. 1987. 8 июля.

S.V. Gritsenko

Perm State Agro-Technological University, Perm, Russia

A.I. PAUTOV: THE COMBAT SOLDIER OF GREAT PATRIOTIC WAR, SOIL SCIENTIST AND TEACHER

Abstract. The article considers the biography and works of A.I. Pautov, a combat soldier and a participant of the Great Patriotic War, and a scientist, who devoted his life to soil science. He also headed the Perm branch of the Dokuchev Society of Soil Scientists.

Keywords: Great Patriotic War, Perm Agricultural Institute, combatant, scientific and pedagogic activity, soil science.

References

1. Gritsenko S.V. Pautov Anatoly Ivanovich // Immortal Battalion: Book of Memory of the Participants of the Great Patriotic War 1941-1945, Members and Students of Perm Agricultural Institute. Perm, 2015.P.121-126.
2. Malshchukov M. Never grow old soul, veterans // For Agricultural Cadres. 1991. № 8.
3. Singed by War: Book of Memory of the Members of Molotov Agricultural Institute - Participants of Labor Front 1941-1945 / ed. S.V. Gritzenko, G.I. Zhavoronkova, V.F. Eremeyev, N.V. Tretiakov. Perm, 2015.297 p.
4. Samofalova I.A. Pautov Anatoly Ivanovich // Images of History. Perm, 2015.C. 344-345.
5. Skryabina O.A. On July 16 A.I. Pautov turns 65 years old // For Agricultural Cadres. 1987. July 8.

УДК 378:631.4(091)

Г.И. Жаворонкова

ФГБОУ ВО Пермский ГАТУ, Пермь, Россия

e-mail: sv-gricenko@mail.ru

ПРЕДЫСТОРИЯ СОЗДАНИЯ КАФЕДРЫ ПОЧВОВЕДЕНИЯ

Аннотация: В трудных условиях разворачивал свою работу сельскохозяйственный и лесной факультет Пермского университета. Автор пытался восстановить события первых лет работы факультета и создание кафедры почвоведения, выявить ее первых преподавателей.

Ключевые слова: Пермский университет, кафедра почвоведения, Л.И. Прасолов, К.А. Черданцев, И.И. Смирнов, В.В. Никитин, А.Ф. Тюлин.

Пермская губерния испытывала недостаток агрономических кадров. И земство и управа ставили и пытались разрешить вопрос высшего сельскохозяйственного учебного заведения. Но обстоятельства сложились так, что 1 октября 1916 г. состоялось открытие Пермского отделения Петроградского университета, который с 1 июля 1917 г. стал Пермским университетом, все факультеты которого проголосовали положительно за создание нового – сельскохозяйственного и лесного. Официальное открытие нового факультета состоялось 1 июля 1918 г. Петр Аркадьевич Хоринко в газете «За сельскохозяйственные кадры», воссоздавая обстоятельства того сложного времени писал: «... Во второй половине 1918 г. Пермь оказалась временно отрезанной от Советской Республики белогвардейскими войсками Колчака. Город – прифронтной, переполненный войсками Красной Армии, беженцами из районов, занятых армией Колчака.

И в такое время создается факультет, назначается новый декан – профессор А.И. Луньяк. В ноябре 1918 г. нарком просвещения А.В. Луначарский обратился с телеграммой в Пермский губисполком: «Уважаемые товарищи. Прошу сохранить университет. Создайте условия для спокойной научной работы профессорам.» [1].

Профессоров на новом факультете по специальным агрономическим дисциплинам еще не было. В нормальных условиях этот вопрос был бы разрешен достаточно просто. Председатель специально созданной комиссии А.И. Луньяк уже 01.02.1919 г. приходит в отчаянное состояние. В своей записке он указывает: «... Между систематическим прохождением курса и организацией преподавания на предстоящих новых семестрах появилось резкое, увеличивающееся с каждым месяцем, расхождение, грозящее факультету кризисом» [2]. Уже предусматривалось создание специальных кафедр для работы на них требовался профессорско-преподавательский состав. Среди первых числилось открытие кафедры почвоведения. Специальный курс по почвоведению из-за создавшихся условий военного времени переносился на 4 год обучения.

Но и эти планы подверглись корректировке: эвакуация Пермского университета в г. Томск (июнь 1919 г.) и его реэвакуация (1920 г., до конца года). Невозможность объявления конкурса преподавателей. Сельскохозяйственный и лесной факультет эвакуировался в г. Томск. Но он возродился и в г. Перми в виду его необходимости. Стали привлекаться работники управленческого звена, бывшие земские служащие. В г. Томске стал числиться доцентом К.А. Черданцев, бывший пермский «земец». А в Перми на заседании 01.04. 1920 г. появляется новый преподаватель кафедры почвоведения А.М. Панков, фигура, по-видимому, случайная. В это время К.А. Черданцев откомандировывается Пермским университетом для участия (до сентября 1920 г.) в геоботанической и почвенной экспедиции для сбора почвенной коллекции [3]. Затем он привлекался к работе сельскохозяйственных учреждений Пермского университета и вел практику по почвоведению [4], преподавал в кабинете общего земледелия. К сожалению К.А. Черданцев рано ушел из жизни. Он был одним из первых пермских агрономов-интеллигентов, которые помогли в становлении и университета и факультета.

В 1920 г. Пермский университет несмотря на то, что еще не был утвержден «институт» приема по конкурсу, готов был принять на кафедру почвоведения Леонида Ивановича Прасолова (22.04.1920 г.), человека, руководившего почвенными исследованиями в Средней Азии, в Забайкалье, Казахстане, Енисейской губернии в 1908-1914 гг.; Донской почвенной экспедицией в 1915-1918 гг. В 1918-1925 гг. он – научный сотрудник почвенного отдела Комиссии по изучению естественных производительных сил при Академии наук [5]. На заседании 25.05.1920 г. совету фа-

культета были представлены отзывы профессора Петроградского Лесного института К.К. Гедройца, а также профессоров Пермского Университета: Б.К. Поленова, А.А. Полканова, Г.Н. Фредерикса, преподавателя О.Ф. Неймана. На этом заседании Л.И. Прасолов был утвержден профессором кафедры почвоведения. Но он так и не приступил к своим обязанностям. И только в ноябре 1920 г. дал официальный отказ [6]. Преподавателей и самой кафедры почвоведения даже в 1922 г. еще нет. Однако на 01.04.1922 г. на агрономическом факультете (с 1922 г. сельскохозяйственный и лесной факультет становится агрономическим) среди шести предметных комиссий, управляющих учебным процессом, есть комиссия геологии, минералогии и почвоведения [7].

Доктор наук Ф.А. Бынов, студент 20-х годов, входивший в административные органы студенческого управления в порученном ему докладе к 10-летию Университета (1926 г.) констатировал: «...Последующие 1920-й, 1921, 1922 учебные годы были для факультета весьма неблагоприятными. Развертывание шло медленно, если не сказать, что стояло на точке замерзания...» [8].

Несмотря на тяжелое положение агрономического факультета и проходящей в стране реформе вузов, этот факультет Пермского университета не только не закрывается, но и не переводится нив Екатеринбург, ни в Вятку. На поиски источников финансирования брошены все возможные силы (организации). Что касается дисциплин почвоведения, то по утверждению профессора А.И. Луньяка (заведующего научно-учебной частью) и деканата (27.12.1922) почвоведение, как дисциплина, читается студентам. Многие занятия, возможно, и почвоведение проходили в бывшем земском доме (ул. Сибирская, 26) [9]. Это один из первых адресов кафедры почвоведения и, возможно, ее лаборатории. Оборудование «механической почвенной лаборатории» становится первоочередной задачей. На 1923-1924 учебный год кабинет почвоведения оборудован на 50%, причем за счет опытной станции, директором которой был Н.Г. Кудрявцев [10, 11]. На самой станции, как мы думаем, восстанавливаются лаборатории, в том числе и для почвенных исследований.

Первым постоянным заведующим кабинетом почвоведения стал И.И. Смирнов. Он с 03.02.1923 г. утвержден на заседании Совета факультета [12]. Профессор В.В. Никитин официально приступил к своим обязанностям заведующего кафедрой почвоведения с 11.12.1923 г. С его приходом начинается напряженная работа по созданию кафедры, постановки учебного процесса, большая экспедиционная деятельность по изучению почв в первую очередь Зауралья [13].

Возможности кафедры почвоведения были расширены благодаря созданию кафедры агрохимии с приходом молодого ученого (окончил аспирантуру у академика Д.Н. Прянишникова) А.Ф. Тюлина, а также агрохимического отдела на Пермской центральной опытной станции (1925 г.), во всяком случае, до 1927 года, когда В.В. Никитин и А.Ф. Тюлин поддерживали друг друга. Они оба оставили яркий след в становлении кафедр и работ по почвоведению. А.Ф. Тюлин станет известным почвоведом в области коллоидной химии.

Литература

1. Хоринко П. Рожденный октябрём // За с.-х. кадры. 1985. 6 ноября. № 19. с. 1.
2. ГАПК. Ф.р. 180. Оп. 1. Д. 617. Л. 53.
3. ГАПК. Ф.р. 180. Оп. 1. Д. 554. Л. 171.
4. ГАПК. Ф.р. 180. Оп. 1. Д. 558. Л. 48.
5. БСЭ. Москва, 1975. Т. 20. С. 498.
6. ГАПК. Ф.р. 180. Оп. 1. Д. 557. Л. 201 об.
7. ГАПК. Ф.р. 180. Оп. 1. Д. 295. Л. 119, 119 об.
8. ГАПК. Ф.р. 180. Оп. 1. Д. 202. Л. 40.
9. ГАПК. Ф.р. 180. Оп. 1. Д. 146. Л. 8, 9 об.

10. ГАПК. Ф.р. 180. Оп. 1. Д. 587. Л. 26 об., 27, 27 об.
11. ГАПК. Ф.р. 180. Оп. 1. Д. 587. Л. 41-49.
12. Васильев А.А. Почвовед Смирнов Иван Иванович [1887-1938] – (Биография в контексте времени и судеб современников). Пермь, 2019. С. 84
13. ГАПК. Ф.р. 180. Оп. 1. Д. 89. Т. 2. Л. 255 об.

G.I. Zhavoronkova
Perm State Agro-Technological University, Perm, Russia
e-mail: sv-gricenko@mail.ru

HISTORY OF ESTABLISHMENT OF THE DEPARTMENT OF SOIL SCIENCE

Abstract. In difficult conditions, the agricultural and forestry faculty of Perm University was expanding its work. The author tried to restore the events of the first years of work of the faculty and the creation of the Department of Soil Science, to identify its first teachers.

Keywords: *Perm University, Department of Soil Science, L.I. Prasolov, K.A. Cherdantsev, I.I. Smirnov, V.V. Nikitin, A.F. Tulin.*

References

1. Khorinko P. Born in October // For S.-kh. frames. 1985. November 6th. No. 19. p. one.
2. ГАПК. Ф.Р. 180. Оп. 1. Д. 617. Л. 53.
3. ГАПК. Ф.Р. 180. Оп. 1. Д. 554. Л. 171.
4. ГАПК. Ф.Р. 180. Оп. 1. Д. 558. Л. 48.
5. ТSB. Moscow, 1975. V. 20. P. 498.
6. ГАПК. Ф.Р. 180. Оп. 1. Д. 557. Л. 201.
7. ГАПК. Ф.Р. 180. Оп. 1. Д. 295. Л. 119, 119.
8. ГАПК. Ф.Р. 180. Оп. 1. Д. 202. Л. 40.
9. ГАПК. Ф.Р. 180. Оп. 1. Д. 146. Л. 8, 9
10. ГАПК. Ф.Р. 180. Оп. 1. Д. 587. Л. 26 27, 27.
11. ГАПК. Ф.Р. 180. Оп. 1. Д. 587. Л. 41-49.
12. Vasiliev A.A. Soil scientist Smirnov Ivan Ivanovich [1887-1938] - (Biography in the context of time and the fate of contemporaries). Perm, 2019. P. 84
13. ГАПК. Ф.Р. 180. Оп. 1. Д. 89. Т. 2. Л. 255.

УДК 631.51

С.В. Железова
ФГБОУ ВО РГАУ – МСХА имени К.А.Тимирязева, Москва, Россия
e-mail: soferrum@mail.ru

НУЛЕВАЯ ОБРАБОТКА ПОЧВЫ – НОВОЕ ИЛИ ХОРОШО ЗАБЫТОЕ СТАРОЕ? ИСТОРИЧЕСКИЙ ОБЗОР РАСПРОСТРАНЕНИЯ ТЕХНОЛОГИИ В МИРЕ И В РОССИИ

Аннотация. Рассмотрены исторические аспекты перехода к почвозащитному земледелию. Проблема является глобальной, и многие страны активно внедряют нулевые технологии. В России эта тенденция только зарождается, и в настоящее время доля площади под прямым посевом не превышают 1% от всех сельскохозяйственных полей.

Ключевые слова: *почвозащитное земледелие, нулевая обработка почвы, прямой посев*

Введение. Земледелие – один из древнейших видов деятельности человека, оказывает существенное влияние на планетарном уровне, в значительной степени

перераспределяя вещества и энергию между педосферой, гидросферой и атмосферой. Согласно данным ФАО по состоянию на 2016 г. [10], совокупно все пахотные угодья на Земле занимали 1 млрд. 417 миллионов 701 тысяча га (около 9% от поверхности суши). Интенсивная обработка земель приводит к их существенной деградации: до 33% глобальных ресурсов почвы деградировано из-за эрозии, уплотнения, засоления, подкисления, загрязнения почвы [8]. По данным Глобального почвенного партнерства (ФАО) «из-за эрозии пахотные земли во всем мире теряют 75 млрд. тонн плодородной почвы в год, что эквивалентно предполагаемым финансовым потерям в размере 400 млрд. долл. США в год» [12]. Таким образом, ресурс плодородных земель постоянно и быстро истощается, и если человечество концептуально не изменит подхода к обработке земель, то ситуация деградации почвы выйдет из-под контроля. Озабоченность мирового научного сообщества понятна, поэтому и возникла современная концепция почвосберегающего земледелия.

Эволюция способов обработки почвы. Глубина обработки почвы – важный показатель, от которого зависят условия роста культурных растений. С древних времен человек-земледелец старался обработать почву как можно глубже. Первая соха, согласно историческим исследованиям, появилась в 3–4 веке до н.э., и ее активно использовали до конца 18 в. на лошадиной тяге. Пахали землю на 3–4 вершка (13–18 см.). Передовой для своего времени ученый-аграрий А.Т. Болотов писал (1768), что «всегда выгоднее пахать глубже, ежели слой земли не очень тонок, а когда тонок – пашут мелко, чтобы не выворотить негодной земли». Первые плуги появились в 18 веке, и тягловой силой для них были лошади и волы, затем паровые машины, а с 1930-х годов – трактора. Во время вспашки плугом верхний слой почвы переворачивался и крошился. С этого момента начался быстрый отсчет потерь почвенного плодородия, и самым ярким примером этого являются пыльные бури в США. По результатам этой трагедии антропогенного происхождения стало понятно, что предел интенсификации обработки почвы достигнут, и на смену такому способу должно прийти что-то иное. Любая система в своем развитии проходит стадии «развертывания и свертывания», пока не будет заменена следующей системой. Так же происходит и с системой обработки почвы [9].

История развития почвозащитного земледелия. Почвозащитное земледелие зародилось в ответ на пагубное разрушение плодородного слоя интенсивной вспашкой. Родоначальником нулевой технологии считается И. Е. Овсинский, русский ученый-агроном, теоретик и практик почвозащитной системы земледелия. С 1870-х гг. он начал практические опыты по выращиванию сельскохозяйственных культур без глубокой вспашки. Его опыты проходили в Бессарабии, а результаты он регулярно публиковал в статьях в польских научных журналах. Основной идеей его работ было то, что отказ от вспашки позволяет удерживать влагу в почве, что всегда актуально для южных регионов. В условиях осенних засух метод Овсинского давал хорошие результаты, и по результатам его трудов в 1902–1909 гг. была издана и дважды переиздана книга «Новая система земледелия», куда вошло полное описание технологии. Однако при переносе схемы исследований Овсинского в более северные регионы выдающихся результатов не было получено, и данная технология не стала распространенной.

Следующий яркий виток развития почвозащитного земледелия относится к 40–50-м годам двадцатого века. С 1930-х гг. за счет массового внедрения тракторов в земледелие экспоненциально увеличивались посевные площади и производительность труда, но с этого момента все сильнее обострялись проблемы водной, ветровой эрозии и потери почвенного плодородия. В каждой природной зоне существовали эти проблемы, и для их решения следовало искать индивидуальные подходы

с учетом региональных почвенно-климатических особенностей. Для этого в 1930-х годах в Почвенном институте им. В.В. Докучаева была создана лаборатория эрозии почв, которая внесла значительный вклад в развитие почвозащитного земледелия. Помимо научных исследований важен мировой практический опыт передовых хозяйств. В США в 1942 г. после пыльных бурь выходит знаменитая книга фермера Э. Фолкнера «Безумие пахаря» (Edward H. Faulkner. Plowman's Folly), в которой звучит призыв отказаться от отвальной вспашки. В 1950-е гг. в СССР, в Шадринском районе Курганской области, руководитель колхоза «Заветы Ленина» Т.С. Мальцев также принимает смелое решение перейти на безотвальную обработку почвы [2]. По его технологии применяли глубокую безотвальную обработку почвы в паровом поле севооборота, то есть один раз в 4–5 лет. В другие годы проводили поверхностную обработку дисковыми луцильниками. Метод хорошо зарекомендовал себя в условиях степного климата на черноземах выщелоченных и разной степени солонцеватости, и стал примером успешного хозяйствования.

С освоением целинных земель в 1950–1960-е гг. проблемы потери почвенного плодородия в нашей стране проявились ещё острее. Особенно это коснулось степных ландшафтов, подвергнутых массовой распашке. Решение этих проблем стало задачей государственного масштаба. В 1970-е во ВНИИЗХ в Целиноградской области под руководством академика ВАСХНИЛ Бараева А.И. была разработана почвозащитная система земледелия, основанная на системе севооборотов и безотвальной обработке [1]. Это научное наследие и по настоящее время эффективно используется в системе земледелия Казахстана. Научно-практические изыскания по изучению эрозии и почвозащитных систем земледелия проводились в СССР в разных природно-климатических зонах. В 1970 г. в Курске был создан Научно-исследовательский институт Защиты почв от эрозии, который разрабатывал почвосберегающие технологии для черноземной зоны. В начале 1980-х годов на факультете почвоведения МГУ была создана кафедра эрозии почв. В эти же годы в учхозе «Михайловское» учёными Тимирязевской сельскохозяйственной академии заложены многолетние опыты по изучению разных систем противоэрозионной обработки почвы на склонах разной крутизны, где исследования проводили более 20 лет [5]. Таким образом, история применения технологий почвозащитного земледелия в России насчитывает десятки лет. Но лишь в последнее десятилетие в российском рынке сельскохозяйственной техники стало доступно оборудование для прямого посева [7], и с этого момента нулевые технологии обработки почвы (No-till) и прямой посев пришли и в Россию.

Распространение нулевой обработки и системы No-till в мире и в России. В последние десятилетия во всех развитых аграрных державах мира ресурсо- и почвосберегающие технологии земледелия становятся все более популярными: это безотвальные, поверхностные и нулевые обработки. Во многих научных работах доказано положительное влияние длительных безотвальных технологий на сохранение органического вещества почвы [13, 15]. В обзорной статье Mhazos соавт. на примере анализа нескольких десятков многолетних экспериментов по сравнению вспашки и нулевой технологии обработки в разных природных зонах показано значительное снижение отрицательных последствий водной эрозии при переходе на нулевую обработку [14]. Но, несмотря на эти положительные примеры, у данной технологии есть и очевидные минусы, которые препятствуют ее повсеместному распространению в мире. По данным FAO (2016), лишь в нескольких странах, лидерах внедрения почвосберегающих технологий существенная доля сельскохозяйственных земель находится под нулевой обработкой: Аргентина – до 80%, Парагвай – до 70%, Бразилия – до 60%, Канада – до 30%, США и Австралия – до 20%. В

других странах, включая Россию, доля площади под данными технологиями составляет менее 1%. В мировом масштабе, при пересчёте на общемировую площадь обрабатываемых сельскохозяйственных земель доля площади под нулевой технологией обработкой в сумме также не превышает 1%. Но почему так мало? Причин несколько. Во-первых, для перехода к данной технологии нужна дорогостоящая техника. Во-вторых, основным негативным явлением при переходе к нулевым обработкам в первые годы освоения является ухудшение фитосанитарной обстановки посевов, и, следовательно, необходимость увеличения доз пестицидов. Это сильно сдерживает распространение нулевой технологии в мире, так как стоимость механической обработки почвы зачастую гораздо ниже, чем стоимость химической обработки. К тому же данная технология требует повышения доз азотных удобрений. В первые годы перехода к нулевой технологии земледельца ждет много разочарований, и это заставляет его отказаться от идеи перехода [4].

Основным достоинством нулевой технологии считается увеличение запаса влаги в почве за счет снижения испарения, поэтому наиболее выгоден прямой посев в засушливых зонах. Прямой посев – посев без предварительной обработки почвы (ГОСТ 16265-89). Это *приём* земледелия, который нередко используют в степной зоне для посева зерновых [3]. Применяют «дерновые» сеялки, способные сеять на небольшую глубину непосредственно в дернину. В то же время *система* земледелия No-till подразумевает многолетнее (не менее 5 лет) использование прямого посева в почву без предварительной механической подготовки [4]. В таком многолетнем виде технология прямого посева при нулевой обработке почвы встречается в России пока очень редко, как в производстве, так и в опытном деле. В действующих ГОСТ в настоящее время пока даже не прописаны регламенты для такой технологии. Но, несмотря на сложность адаптации данной технологии и высокую стоимость техники для прямого посева, в последние годы интерес к этой теме возрастает. В России с 2016 г. существует ассоциация сторонников прямого посева (<http://aspp-rf.ru>). К настоящему времени успешный опыт применения нулевой обработки и прямого посева есть в нескольких субъектах РФ: в Ростовской, Самарской, Белгородской областях, в Алтайском, Краснодарском, Ставропольском краях, в республиках Татарстан и Удмуртия, в Крыму и в других регионах. Однако говорить о *системе* No-till, как о многолетней, состоявшейся и отлично зарекомендовавшей себя технологии в условиях России, было бы преждевременно. Особенно редко можно встретить подобный производственный опыт в Нечерноземной зоне РФ. В этом смысле уникальным является исследование, проводимое в научном Центре точного земледелия РГАУ – МСХА имени К.А.Тимирязева (Москва) с 2008 года. В многолетнем научно-производственном опыте, в четырехпольном севообороте на дерново-подзолистой почве изучают особенности возделывания полевых культур по ресурсосберегающим технологиям. Так, за две ротации севооборота было показано, что возделывание озимой пшеницы по технологии прямого посева экономически оправдано для Нечерноземной зоны [6].

Заключение. В России для использования технологии прямого посева и перехода к системе No-till открыты широкие перспективы. Для всестороннего изучения и адаптации данных технологий в разных природно-климатических зонах, для разработки зональных специальных севооборотов следует учебным и научным сельскохозяйственным учреждениям закладывать производственные опыты в передовых хозяйствах при поддержке Ассоциации сторонников прямого посева и компаний, производителей специализированной техники.

Литература

1. Бараев А.И. Почвозащитное земледелие. Москва: «Колос», 1975. 304 с.

2. Белоцерковский М.Ю. Обработка почвы по системе Т.С.Мальцева и местные природные условия. Изд-во МСХ СССР. Москва. 1957. 30 с.
3. Беляев В.И. Рациональные параметры технологии «No-till» и прямого посева при возделывании сельскохозяйственных культур в Алтайском крае. Вестник Алтайской науки. 2015. № 1. С. 7–15.
4. Дридигер В.К. Ошибки при освоении технологии No-till. Земледелие. 2016. № 3. С. 5–9.
5. Лошаков В.Г., Шаров А.Ф. К 40-летию экспериментальной базы ТСХА «Михайловское». Известия ТСХА. 2005. № 4. С. 132–141.
6. Мельников А.В., Железова С.В. Традиционная вспашка или нулевая технология – что выгоднее для производства озимой пшеницы в нечерноземной зоне России? Теоретические и прикладные проблемы АПК. 2019. №1. С. 35–40. DOI: 10.32935/2221-7312-2019-39-1-35-40
7. Орлова Л.В., и др. Научно-практическое руководство по освоению и применению сберегающего земледелия. Москва, Евротехника, 2006. 183 с.
8. Почвозащитное и ресурсосберегающее земледелие: теория и методика исследований. Анкара. 2015. 178 с. <http://www.fao.org/3/a-i4676r.pdf>
9. Шпаковский Н. Эволюция технологий обработки почвы. Историческая модель / ТРИЗ-Профи. 2007. V. 2.0. С. 62–65. <https://www.trizland.ru/trizba/pdf-articles/triz-profy2/008.pdf> Дата обращения [09/07/2019]
10. FAO. 2016. AQUASTAT Main Database, Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). Website accessed on [09/01/2019]
11. Friedrich T. Does no-till farming require more herbicides? / Outlook on Pest Management. 2005, August. P. 188-191. <http://www.fao.org/ag/ca/ca-publications/pesticide%20outlook%202005.pdf>
12. GSP. Global Soil Partnership Endorses Guidelines on Sustainable Soil Management 2017. <http://www.fao.org/global-soil-partnership/resources/highlights/detail/en/c/416516/>
13. Lal R. A system approach to conservation agriculture J. of Soil and Water Conservation 2015, v. 70. P. 82–88. DOI:10.2489/jswc.70.4.82A
14. Mhazo N., et al. Tillage impact on soil erosion by water: discrepancies due to climate and soil characteristics. Agriculture, Ecosystems and Environment. 2016. V. 230. P. 231–241.
15. Sapkota T.B., et al. Fifteen years of no till increase soil organic matter, microbial biomass and arthropod diversity in cover crop-based arable cropping systems / Agronomy for Sustainable Development. Springer Verlag. EDP Sciences, INRA. 2012, V. 32 (4). P. 853–863. DOI: 10.1007/s13593-011-0079-0

S.V. Zhelezova

Russian State Agrarian University – MTAA, Moscow, Russia

e-mail: soferrum@mail.ru

IS NO-TILLA NEW TECHNOLOGY OR OLDFORGOTTEN ONE? THE SPREAD OF NO-TILL TECHNOLOGY IN THE WORLD AND IN RUSSIA, HISTORICAL REVIEW

Abstract. The historical aspects of the transition to conservation agriculture are considered. The problem is global, and many countries implement conservation agriculture and No-till. In Russia this trend is just emerging. Now the area under direct sowing and no-till in Russia is less than 1% of all agricultural fields.

Keywords: *soil-conservation tillage, no-till, direct sowing.*

References

1. Baraev A.I. Soil-conservation farming (Pochvozashhitnoezemledelie). Moscow. 1975. 304 p. [In Russian]
2. Belocerkovskij M.Yu. Soil treatment in system of Maltsev and regional environment conditions. (Obrobotkapochvy` posisteme T.S.Mal`ceva i mestny`eprirodn`eusloviya. Ilyustrirovanny`jal`bom). Moscow, USSR. 1957. 30 p. [In Russian]
3. Belyaev V.I. Rational using of no-till and direct sowing technologies for crop production in Altaiskiy kray, Russia (Racional`ny`eparametry` texnologii «No-till» i pryamogoposevaprivozdely`vaniisel`skoxozyajstvenny`xkul`tur v Altajskom krae). Vestnik Altajskoj nauki. 2015. № 1. P. 7–15. [In Russian]
4. Dridiger V.K. Faults of no-till technology adaptation (Oshibkipriosvoeniitexnologii No-till). Zemledelie. 2016. № 3. P. 5–9. [In Russian]
5. Loshakov V.G., Sharov A.F. To the fortieth anniversary of the experimental field station “Mikhajlovskoye” of Russian State Agrarian University – MTAA (K 40-letiyue`ksperimental`noj bazy` TSXA “Mikhajlovskoe”). Izvestiya TSXA. 2005. № 4. P. 132–141. [In Russian]

6. Mel'nikov A.V., Zhelezova S.V. Traditional tillage or zero tillage technology – what is more profitable for the production of winter wheat in the non-chernozem zone of Russia? (Tradicionnayavspashkail-nulevayatexnologiya – chtovy'godneedlyaproizvodstvaozimoyjshenicy v nechernozemnoj zone Ros-sii?). Theor. Appl. Probl. Agr. Industry (Teoreticheskie i prikladny'e problemy' APK). 2019. №1. P. 35–40. DOI: 10.32935/2221-7312-2019-39-1-35-4039 35–40 [In Russian]
7. Orlova L.V., Chernov N.D., i dr. Scientific and practical guide to the development and adaptation of resource-saving agriculture (Nauchno-prakticheskoe rukovodstvo po osvoiniyu i primeneniyu sberegayush-hegozemledeliya). Moscow, Eurotechnics. 2006. 183 p. [In Russian]
8. Soil-saving and resource-saving agriculture: theory and methods (Pochvozashhitnoe i resursosberegayushheezemledelie: teoriya i metodika issledovaniy). Ankara. 2015. 178 p. <http://www.fao.org/3/a-i4676r.pdf> [In Russian]
9. Shpakovskij N. Evolution of soil tillage technology. Historical pattern (E'voluciyatexnologij obrabotki pochvy'. Istoricheskaya model'). TRIZ-Profi. V. 2.0. 2007. P. 62–65. <https://www.trizland.ru/trizba/pdf-articles/triz-prof2/008.pdf> [In Russian]
10. FAO. 2016. AQUASTAT Main Database, Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). Website accessed on [09/01/2019]
11. Friedrich T. Does no-till farming require more herbicides? / Outlooks on Pest Management. 2005, August. P. 188 – 191. <http://www.fao.org/ag/ca/ca-publications/pesticide%20outlook%202005.pdf>
12. GSP. Global Soil Partnership Endorses Guidelines on Sustainable Soil Management 2017. <http://www.fao.org/global-soil-partnership/resources/highlights/detail/en/c/416516/>
13. Lal R. A system approach to conservation agriculture J. of Soil and Water Conservation 2015, v. 70. P. 82–88. DOI:10.2489/jswc.70.4.82A
14. Mhazo N., Chivenge P. & Chaplot V. Tillage impact on soil erosion by water: discrepancies due to climate and soil characteristics. Agriculture, Ecosystems and Environment. 2016. V. 230. P. 231–241.
15. Sapkota T.B., Mazzoncini M., Barberi P., Antichi D., Silvestri N. Fifteen years of no till increase soil organic matter, microbial biomass and arthropod diversity in cover crop-based arable cropping systems / Agronomy for Sustainable Development. Springer Verlag. EDP Sciences, INRA. 2012, V. 32 (4). P. 853–863. DOI: 10.1007/s13593-011-0079-0

УДК 631.4

И.В. Иванов

ИФХиБПП РАН,

ФИЦ «Пушкинский научный центр биологических исследований РАН».

г.Пушино Московской области, Россия

e-mail: ivanov-v-28@mail.ru

**НОВОЕ О НАЧАЛЕ ТВОРЧЕСКОГО ПУТИ В.В. ДОКУЧАЕВА,
1867-1869 ГОДЫ (МАЛОИЗВЕСТНАЯ УЧЕНИЧЕСКАЯ СТАТЬЯ
И ЕЁ ЗНАЧЕНИЕ ДЛЯ ДАЛЬНЕЙШЕГО ТВОРЧЕСТВА УЧЕНОГО)**

Аннотация. Первая статья Докучаева «Теория Дарвина перед судом Священного писания как самого древнего исторического ботанико-зоологического памятника», СПб.: из-во ж. «Странник», СПб, 1869, 52 с. писалась после окончания духовной семинарии на 1 курсе университета (конец 1867-1868 гг.) и целом была ученической. Однако она содержала – анализ проблемы времени, который в дальнейшем был положен в основу учения Докучаева о времени как факторе почвообразования. *Ключевые слова:* В.В. Докучаев, Дарвин, эволюция, время.

Почвоведы давно привыкли считать, что первой печатной работой В.В. Докучаева является его сообщение по дипломной (по прежней терминологии – «кандидатской») работе при окончании СПбУ «О наносных образованиях на речке Качня Сычевского уезда Смоленской губернии» [4]. Однако это не так. Первой его печатной работой была статья в журнале. «Странник» (1869) и её отдельный оттиск «Теория Дарвина перед судом Св. писания, как самого древнего исторического бо-

танико-зоологического памятника» (52 с.) под псевдонимом «В. Д-чаев» [6]. Название статьи и обстоятельства её появления нуждаются в комментарии. О существовании этой работы нам сообщил чл.-корр. РАН П.В. Красильников, за что мы выражаем ему глубокую благодарность.

На формирование Василия Васильевича как ученого, оказали значительное влияние люди и события, с ними связанные, которые оставили глубокий след и впечатления в начале его творческого пути.

В.В. Докучаев был седьмым младшим ребенком в семье (братья Тимофей (1842-1899), Никифор (1840-1870) и четыре сестры). Братья получили начальное домашнее обучение, преподавал им отец, обладавший педагогическим талантом, обучавший и других сельских детей.

Большую роль в жизни В.В. Докучаева сыграл его старший брат Тимофей (он на 4 года старше Василия), который опекал его с детских лет, вначале – как старший брат, а затем как друг по жизни [1, 10, 11]. Братья окончили Смоленскую духовную семинарию с отличием. Когда Тимофей окончил семинарию (1863), Василий в неё поступил. В год окончания Тимофеем Санкт-Петербургской духовной академии (1867 г.), Василий собрался в неё поступать. О жизни Тимофея и дружбе братьев хорошо рассказано в книге Р.К. Баландина [1]. Обучаясь в духовной академии (1863-1867), Тимофей понял, что его призвание – педагогика. Тимофей Васильевич на протяжении 1869 года посещал платные лекции в Санкт-Петербургском университете для получения права преподавать русский язык и словесность, в 1869-1874 годах работал в Москве, затем снова в Санкт-Петербурге. Т.В. Докучаев преподавал педагогику, работал в военных семинариях и гимназиях, посвятил свою жизнь образованию и практической педагогике. Т.В. Докучаев написал труд: «Учебник педагогики» (1887) для средних учебных заведений.

Старший брат В.В. Докучаева глубоко понимал своего брата и видел у Василия склонность к естественным наукам, любовь и интерес к природе, и по возможности, поддерживал их в нем. На именины Василия в феврале 1869 года Тимофей подарил ему труд московского профессора Г.Е. Щуровского в двух томах «История геологии Московского бассейна» (1866-1867). Однако, ещё ранее в августе 1867 года Тимофей, вероятно, подарил брату по прибытию в СПб для поступления в Духовную академию книгу М.И. Сибирцева «Опыт библейско-естественной истории...» (1867) [13]. Книга эта оказала большое влияние на молодого В.В. Докучаева и, можно сказать, изменила его жизнь – он сменил академию на университет. Об этом ранее не было известно.

М.И. Сибирцев и его «Опыт библейско-естественной истории или описательное изложение библейской геологии, ботаники и зоологии». СПб. Издание редакции духовного журнала «Странник», 1867 [13].

Почвоведы знали об этой книге [2], не было только известно, что она оказала влияние на судьбу В.В. Докучаева. Автор книги Михаил Иванович Сибирцев (1824-1892) – выходец из семьи архангельских священников, окончил архангельскую духовную семинарию, был направлен церковным руководством на учебу в г. Могилев, в Горы-Горецкую высшую земледельческую школу (институт) (первый в России, ныне Белорусская сельскохозяйственная академия). Перед М.И. Сибирцевым и другими бывшими семинаристами была поставлена задача преподавать в духовных семинариях будущим священникам основы сельского хозяйства и естественную историю (основы естествознания).

М.И. Сибирцев обучался в школе-институте три года (1844-1846), затем четверть века преподавал основы сельского хозяйства и естествознание в архангельской духовной семинарии и, завершая преподавание, подготовил упомянутый

учебник. В нем рассматривались геологические, ботанические и зоологические объекты, явления и термины, упомянутые в различных библейских сюжетах [2]. Книга содержала ссылки на Плиния Старшего, К. Линнея, Ж. Бюффона, Ж. Кювье, Геттона, Вернера, Соссюра и других естествоиспытателей, сведения о 50 минералах и породах, о сотнях видов животных и растений. Книга увлекательно написана. Совершенство природы в ней естественно, толковалось как следствие мудрости Творца. Наука и религия в книге не противопоставлялись. Имена Ч. Дарвина и Ч. Лайеля, вокруг которых в те годы началась бурная общественная дискуссия, в ней дипломатично не упомянуты. После завершения преподавания М.И. Сибирцев служил в церкви в сане священника, завершив службу настоятелем главного собора города Архангельска – Свято-Троицкого кафедрального собора. Отметим, что Михаил Иванович Сибирцев был учителем и духовным наставником известного в дальнейшем церковного деятеля, причисленного к лику святых – о. Иоанна Кронштадского [2].

Значение деятельности М.И. Сибирцева больше всего видно на примере его детей и воспитанников. Старший сын Иустин Михайлович (1853-1932) – русский историк, археограф, палеограф, музейный работник, член-корреспондент АН СССР (1928), младший – Евгений Михайлович (1873-1901), ботаник и почвовед, подавал большие надежды как ученый, средний сын Николай Михайлович Сибирцев (1860-1900) – выдающийся ученый мирового уровня – геолог, агроном, вместе со своим учителем В.В. Докучаевым – сооснователь науки почвоведения [10]. Удивительный пример: учитель (В.В. Докучаев) оказался заочным учеником отца своего ученика. Это обстоятельство никогда не упоминалось в биографиях В.В. Докучаева.

Книга М.И. Сибирцева, как отмечалось, произвела большое впечатление на молодого В.В. Докучаева. Восхищение Василия Васильевича выражено в его статье [6]: «поразительно описано г. Сибирцевым» (с. 47); «прекрасное сочинение г. Сибирцева» (с. 48), «Опыт библейско-естественной истории – труд первый в своем роде: в нем так систематически верно, точно и отчетливо сгруппированы все естественно-исторические факты библии, что мы не можем не выразить полной нашей благодарности г. Сибирцеву и издателю его труда за то, что они одарили читающую публику такими прекрасными работами» (с. 9). Всего таких отзывов-ссылок в статье В.В. Докучаева около 20-ти.

Братья Докучаевы, наверняка, обсуждали книгу, как и другие материалы о взаимоотношении науки и религии, которые освещались в те годы в ежемесячном духовном журнале «Странник» (издавался в 1860-1917 гг) в статьях Е. Ловягина (номера 1861, 1863 гг.), в изданиях «Русский вестник», «Отечественные Записки», «Современник» и других (статьи С.С. Куторги, К.Ф. Рулье, С.С. Антоновича, Д.И., Писарева, др.) [3].

Первая статья В.В. Докучаева – «Теория Дарвина перед судом Св. Писания, как самого древнего исторического ботанико-зоологического памятника» [6].

Книга М.И. Сибирцева и статья о. Матвеевского, по-видимому, вызвали у молодого В.В. Докучаева желание выступить в поддержку их аргументов. В статье сказано, что труд М.И. Сибирцева «... значительно облегчил нам знакомство с библейско-естественной историей и дал нам возможность установить... несколько доказательств полной несостоятельности теории Дарвина перед судом св. Писания, как исторически-библейского зоологического и ботанического памятника» [6].

Анализ статьи позволяет сделать следующие основные выводы. Молодой выпускник Смоленской духовной семинарии – искренне и эмоционально воспри-

нимает веру, уверен в правоте Св. Писания, уверен в правоте библейской хронологии. В.В. Докучаев защищает от Ч. Дарвина следующие их основные положения, и **отрицает**:

- 1) происхождение всех организмов из одной клетки;
- 2) распространение естественного отбора и борьбы за существование на общество как оправдание безнравственности;
- 3) изменчивость видов, ссылаясь на К. Линнея;
- 4) прогрессивное развитие организмов, считая его не доказанным, как и закрепление случайно возникших признаков;
- 5) медленное протекание процессов в природе, считая невозможным их доказать. Считает, что наблюдаемые изменения происходили либо относительно быстро, или скачкообразно и катастрофически. Считает предположение о медленности процессов *уловкой для проведения идеи об огромной длительности времени*, противоречащей Св. писанию;
- 6) считает *неправомерной* аналогию между быстрыми изменениями свойств организмов при селекции и медленными изменениями организмов за длительное геологическое время.

Автор статьи считает, что наука и Св. писание не противоречат друг другу. По его мнению геология того времени была слабо подготовлена к ответу на вопрос об истории Земли: не был решен спор плутонистов и нептоунистов, исследована была незначительная часть территории Земли по площади и ещё меньшая часть земного радиуса, отсутствовали методы определения, возраста, длительности событий и скоростей процессов. При общей правильности этих замечаний, частично остающимися справедливыми до наших дней, геологические познания выпускника духовной семинарии в то время были недостаточными и основывались на популярных источниках. В то время ему были еще не знакомы переводы труда Лайеля (1866), К.Ф. Рулье, Р. Мурчисона, С.С. Куторги, 2-х томник А.Е. Щуровского (1866, 1867). В.В. Докучаев познакомится с этими работами только через год, в феврале. 1868 г., когда получит в подарок от брата на свои именины 2-х томник А.Е. Щуровского.

Что касается возражений Дарвину по теоретическим вопросам эволюционной теории, то их, следуя анализу Н.Н. Воронцова [3], можно отнести к трем группам: возражения вульгаризаторам Ч. Дарвина, но не ему самому (положения 1, 2), возражения, связанные с непониманием теории Ч. Дарвина (положения 3 и 4) и возражения, указывающие на недостаточную научную и философскую проработанность проблемы.

Половина объёма статьи посвящена вопросам времени, возраста и скоростям изменений. При обсуждении этих вопросов семинарист В. Докучаев оказался в основном на высоте. В этой ученической работе видны истоки *докучаевского учения о времени как факторе почвообразования*. Ранее можно было думать, что идеи о времени были заимствованы В.В. Докучаевым из геологии и привнесены в почвоведение, затем углублены при изучении почв и возвращены затем в геологию. Однако, интерес В.В. Докучаева к проблеме времени имеет более глубокие, гносеологические истоки.

Мысли В.В. Докучаева о роли времени получили дальнейшее развитие в трудах его учеников: В.И. Вернадского (виды времени и др.), А.Н. Краснова (исторические компоненты флор), «научных внуков» Б.Б. Польшова, И.П. Герасимова, В.А. Ковды. Б.Б. Польшов считал, что изучение времени, как фактора почвообразования – завет В.В. Докучаева будущим поколениям почвоведов [5, 7, 8, 12].

В журнале «Геодерма» опубликована статья «Различия взглядов на генезис почв и почвообразование двух мастеров: Дарвина и Докучаева» [14]. В ней сравниваются жизненные пути ученых, их концепции и воздействие на развитие науки. Сделан вывод, что концепция взаимодействия факторов почвообразования В.В. Докучаева стала основой науки о почве и получила всеобщее признание. Однако в ней отсутствуют модели почвообразования. Концепция Ч. Дарвина об образовании почв деятельностью дождевых червей является непревзойденным образцом моделирования роли организмов в почвообразовании и почвенных процессов. Ч. Дарвин, ярко показал глобальный характер деятельности организмов в земной коре, сравнил масштабы деятельности дождевых червей на суше и кораллов в океане, предвосхитил концепции биосферы и биомантии.

Взаимодействие научных идей Дарвина и Докучаева продолжается [8].

Литература

1. Баландин Р.К. В.В. Докучаев. М.: Просвещение. 1990. 96 с.
2. Варфоломеев Л.А. Сибирцевы – семья архангельская. Архангельск, 1996. 150 с.
3. Воронцов Н.Н. Развитие эволюционных идей в биологии. М.: КМК. 2004. 432 с.
4. Докучаев В.В. О наносных образованиях по речке Качне Сычевского уезда Смоленской губерний // Тр. Об-ва естествоиспыт. Т. III. СПб. 1872. Протоколы: с XXIX-XXXI. В.В. Докучаев. Соч., Т. I. 1949. С. 13-15.
5. Докучаев В.В. Русский чернозем. / Отв. ред. Б.Ф. Апарин/ СПб. Русская коллекция. 2008. 480 с.
6. Докучаев В. Теория Дарвина перед судом Св. писания как самого древнего исторического ботанико-зоологического памятника // СПб.: изд. Ред. журнал «Странник». 1869. 9 с.
7. Иванов И.В. История отечественного почвоведения. Кн. 1. М.: Наука, 2003. 398 с.
8. Иванов И.В., Ананьева Н.Д. Дарвин и Докучаев: взгляд из России и США. // Мат. III Всерос. науч. конф. «Проблемы истории, методологии и социологии почвоведения. Пушкино, 2017. С. 129-132.
9. Отоцкий П.В. Жизнь Докучаева // Почвоведение. 1903. Т. 5. №4. С. 319-342.
10. Польшов Б.Б., Крупенников И.А., Крупенников Л.А., Василий Васильевич Докучаев. М.: Из-во АН СССР, 1956. 278 с.
11. Польшов Б.Б. Время как фактор почвообразования. [1916].-Б.Б. Польшов. Избр. Труды, М.: Из-во АН СССР. 1956. С. 41- 48.
12. Сибирцев М.А. Опыт библейско-естественной истории или описательное изложение библейской геологии, ботаники и биологии. СПб.: Издание редакции духовного журнала «Странник», 1867. 346 с.
13. Donald L. Johnson, Randall J. Schaetzl. Differing views of soil and pedogenesis by two masters: Darwin and Dokuchaev // Geoderma 2015. № 237-238. P. 176-189.

I.V. Ivanov

Institute of Physical-Chemical and Biological Problems of Soil Science RAS
Federal Research Center "Pushchino Scientific Center of Biological Research of the Russian Academy of Sciences". Town Pushchino, Moscow region, Russia

NEW ABOUT THE BEGINNING OF THE CAREER OF V.V. DOKUCHAEV, 1867-1869 (LITTLE-KNOWN STUDENT'S ARTICLE AND ITS SIGNIFICANCE FOR FURTHER CREATIVE WORK OF THE SCIENTIST)

Abstract. Dokuchaev's first article, "The Theory of Darwin before the court of Holy Scripture as the most ancient historical Botanical and Zoological monument", St. Petersburg.: Publishing house Journal "Strannik (The wanderer)", St. PETERSBURG, 1869, p. 52, was written after graduating from the theological Seminary at the 1st year of study at the University (the end of 1867-1868) and it was a student work as a whole. However, it contained an analysis of the problem of time, which further was the basis of Dokuchaev's doctrine of time as a factor of soil formation.

Keywords: V.V. Dokuchaev, Darwin, evolution, time.

References

1. Balandin R.K., V.V. Dokuchaev. Moscow: Prosveshchenie. 1990.p 96.

2. Varfolomeev L.A. Sibirtsevy , the family of Arkhangelsk. Arkhangelsk, 1996.p 150.
3. Vorontsov N.N. Development of evolutionary ideas in Biology. M.: KMK. 2004. p. 432.
4. Dokuchaev V.V. On alluvial formations along the river Kachne Sychevsky district of Smolensk province// Proceedings of Natural Scientists' Society. V. III. St.Petersburg. 1872. Minutes: since XXIX-XXXI111. V.V. Dokuchaev. Thesis, Vol. 1. 1949 .P. 13-15.
5. Dokuchaev, V.V. Russian Chernozem. /Chief editor B.F.Aparin/ St.Petersburg. Russian collection. 2008. 480 p.
6. D-chev V. The Theory of Darwin before the court of Holy Scripture as the most ancient historical botanical and zoological monument// St.Petersburg: Edition of the journal "Strannik(the Wanderer)". 1869.P. 9.
7. Ivanov I.V. History of National Soil Science. Book1. Moscow: Nauka, 2003.p.398.
8. Ivanov I.V., Ananieva N.D. Darwin and Dokuchaev: A view from Russia and the USA// Work of the III-d All-Russian Conference. "Problems of History, Methodology and Sociology in Soil Science". Pushchino, 2017. P. 129-132.
9. Ototsky P.V. Life of Dokuchaev // Soil Science. 1903. Vol. 5. №4. P. 319-342.
10. Polynov B.B., Krupennikov I.A., Krupennikov L.A. Vasily Vasilievich Dokuchaev. Moscow: Edition of the Academy of Sciences of the USSR, 1956.P. 278.
11. Polynov B.B. Time as a factor of soil formation. [1916].- B. B. Polynov. Selecta, M.: Edition of the Academy of Sciences of the USSR. 1956. P. 41 - 48.
12. Sibirtsev M.A. Experience of biblical-natural History or descriptive exposition of biblical Geology, Botany and Biology. St.Petersburg: Edition of the religious journal "Strannik (the Wanderer)", 1867. P. 346.
13. Donald L. Johnson, Randall J.Schaetzl. Differing wiewsof soil and pedogenesis by two masters: Darwin and Dokuchaev // Geoderma. 2015. № 237-238. P. 176-189.

УДК: 378.663.046:631.4 (476)

В.В. Кислый, Н.И. Зверинская, Е.Б. Лосевич
 УО «Гродненский государственный аграрный университет», г. Гродно, Республика Беларусь
 e-mail: v.kisly@mail.ru

ПРИНЦИПЫ ОРГАНИЗАЦИИ И ПРОВЕДЕНИЯ УЧЕБНОЙ ПРАКТИКИ ПО КАРТОГРАФИИ ПОЧВ В УО «ГРОДНЕНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Аннотация. Статья посвящена опыту организации и проведения учебной практики по картографии почв для студентов специальности 1-74 02 05 «Агрохимия и почвоведение» в УО «Гродненский государственный аграрный университет» (Республика Беларусь).

Ключевые слова: картографий почв, крупномасштабные почвенные карты, учебная практика, почвенный профиль, полевой дневник

Рациональное использование земельных фондов, специализация хозяйств, разработка научно обоснованных систем земледелия и целый ряд других мероприятий в настоящее время немислимы без учета почвенного покрова и свойств почвы. Сведения о количественном и качественном составе почв субъектов хозяйствования Республики Беларусь дают крупномасштабные почвенные карты. В этой связи «Картография почв», как наука о составлении и практическом использовании крупномасштабных почвенных карт, является одной из важнейших дисциплин почвенно-агрохимического цикла, включенных в образовательный стандарт для студентов специальности 1-74 02 05 «Агрохимия и почвоведение». Сегодня обучение этой специальности в УО «ГГАУ» проводится на факультете защиты растений.

Кроме собственных методических разработок ведущими преподавателями нашего ВУЗа обобщён и применяется в учебных целях более чем полувековой практический опыт, накопленный учёными и специалистами-практиками нашей

республики и стран зарубежья в области крупномасштабного почвенного обследования. Особенно важными работами в данной области мы считаем труды белорусских учёных А.Г.Медведева, Н.П.Булгакова, Ю.И.Гавриленко, Н.И.Смеяна, Г.С.Цытрон, В.В.Жилко, Т.А.Романовой, почвоведов Гродненского филиала института БелГИПРОЗем: Л.Л.Курстака, Ф.И.Эйсмонта, Г.А.Скрыгана, И.М.Павловского и других. Их знания, большой практический опыт мы сегодня храним, умножаем и передаём нашим студентам.

Отличительной особенностью проведения учебной практики по «Картографии почв», связанной с местом её в учебном плане, является предшествование теоретическому курсу. Поэтому главной задачей данной практики является формирование у студентов накопительных знаний по картографии почв, которые можно дать студентам только на основе уже сформированной у них теоретической и практической базы по почвоведению и почвам Беларуси. В этой связи дисциплина «Картография почв» преподаётся в 7-м или 8-м учебных семестрах после прохождения студентами летней практики.

В дальнейшем материалы летней практики используются студентами при написании курсовой работы по картографии, поскольку курсовая работа – это уровень творческого применения полученных по данной дисциплине знаний (α 3).

В УО «Гродненский государственный аграрный университет» учебная практика по «Картографии почв» в 2019 году прошла уже в 22-й раз. Нами накоплен значительный методический и практический опыт в её организации и проведении.

Поскольку цель дисциплины «Картография почв», по нашему мнению, – это научить студентов, прежде всего, составлению крупномасштабных почвенных карт и сопутствующих материалов, а не только работе с ними, важной задачей изучения данной дисциплины является собственно получение специальных знаний в области картографии, установление их взаимосвязи со знаниями землеустройства, геодезии и, особенно, топографии.



Рисунок 1. Подготовительный период практики

Летняя практика по картографии позволяет не только закрепить уже приобретённые, но и сформировать у студентов накопительные практические знания и навыки по картографии почв, к которым относятся:

- подготовка инструментов и снаряжения для полевых исследований;
- подготовка картографических основ (Рисунок 1);
- рекогносцировка на местности с приёмами ориентирования по карте, компасу, местным объектам и GPS;
- закладывание разрезов, полюям и прикопок на местности;
- определение морфологических признаков различных почв, необходимых для корректной полевой диагностики почв;

- установление названия почв по строению почвенного профиля и результатам анализа морфологических признаков;
- измерение расстояния и направлений на карте и местности, выделение ориентиров и произведение «привязки» по ним точек заложения разрезов;
- изображение строения почвенных профилей в полевом дневнике, грамотное их описание и нумерация;
- изучение методов и приёмов определения степени каменистости в полевых условиях;
- особенности ведения полевой документации крупномасштабного картографирования почв;
- составление чернового варианта почвенной карты, почвенной легенды и пояснительной записки;
- изучение принципов группировки почв в агрогруппы;
- разработка первичных предложений по использованию обследованной территории;
- наработка собственного полевого материала для последующего освоения теоретического курса и выполнения курсовой работы по картографии.

Общая продолжительность практики для студентов 3 курса факультета защиты растений составляет 72 часа, и календарно она проводится в течение 2-х недель в конце июля - начале августа месяца. На выполнение заданий по каждой теме отводится 6 часов.

Группа студентов разбивается на звенья по 2–3 человека. Каждому звену выдаются: комплект методических и почвенно-картографических материалов изучаемой территории, лопата и соляная кислота. Каждое звено самостоятельно готовит необходимое снаряжение, ведет полевой дневник и составляет необходимые отчетные материалы (почвенные монолиты, гербарный материал, планы-«привязки» разрезов и т.п.), аккуратно и добросовестно делает необходимые записи и зарисовки, выполняет указания ведущего преподавателя (Рисунок 2.).

В конце каждого занятия подводятся итоги по следующим критериям:

- качество теоретической подготовки студентов по теме занятия;
- организация труда и дисциплина студентов во время практики;
- полнота и качество выполнения задания.

Учебная практика включает три обязательных этапа: подготовительный, полевой, камеральный.



**Рисунок 2. Проверка качества выполнения задания в поле.
СПК «Поречанка» ОАО «Гродненский мясокомбинат»**

Подготовительный и камеральный периоды проходят в учебных аудиториях кафедр «Агрехимии, почвоведения и с.-х. экологии» УО «ГГАУ» (Рисунок 3).

Основное время практики (более 60 часов) отведено на полевое обследование территории различных субъектов хозяйствования Гродненского района, преимущественно ведущих сельскохозяйственное производство. Особенно в последнее десятилетие при этом активно используется летняя спортивно-оздоровительная база УО «ГГАУ» в д.Поречье, на берегу живописного озера «Молочное», что способствует не только успешному выполнению программы практики, оздоровлению студентов и преподавателей, приобретению ими заряда положительных эмоций, но и позволяет укрепить межличностные коммуникативные связи в студенческом коллективе, о чём сами студенты систематически пишут статьи в новостном разделе факультета на сайте нашего университета.



Рисунок 3. Приёмка отчётов студентов по практике в аудитории университета

Например:

<https://www.ggau.by/fzr/news/5118-uchebnaya-praktika-po-kartografii-pochv-studentov> ;

<https://www.ggau.by/fzr/news/3536-uchebnaya-praktika-po-kartografii-studentov-3-kurs> ;

<https://www.ggau.by/fzr/news/3537-uchebnaya-praktika-po-kartografii-studentov-3-kurs> ;

<https://www.ggau.by/fzr/news/3226-uchebnaya-praktika-po-kartografii> ;

<https://www.ggau.by/fzr/news/3227-uchebnaya-praktika-po-kartografii-prodolzhenie> и другие.

По результатам защиты отчётов по учебной практике по «Картографии почв» каждый студент получает дифференцированный зачет. Основным критерием для получения зачёта и его оценки является полнота выполнения программы практики.

V.V. Kisly, N.I. Zverinskaya, Ye.B. Losevich
Grodno State Agrarian University, Grodno, Republic of Belarus
e-mail: v.kisly@mail.ru

PRINCIPLES OF ORGANIZING AND CARRYING OUT THE EDUCATIONAL PRACTICE ON SOIL MAPPING IN GRODNO STATE AGRARIAN UNIVERSITY

Abstract. The article is devoted to the experience of organizing and conducting educational practice in soil mapping for students of specialty 1-74 02 05 "Agricultural chemistry and soil science" in the Grodno State Agrarian University (Republic of Belarus).

Keywords: soil cartography, large-scale soil maps, educational practice, soil profile, field diary.

И.С. Прохоров
АНО «Редакция «Химия в сельском хозяйстве»
e-mail: agrochem_herald@mail.ru

ИСТОРИЯ НАУЧНЫХ ПУБЛИКАЦИЙ ПО АГРОХИМИИ

Аннотация. Показана история и значение научного журнала, начиная с первых печатных работ по агрохимии в России, а также коротко рассмотрены теоретические исследования зарубежных химиков, в связи с юбилейной датой выхода первого номера журнала «Удобрение и Урожай». Показан сложный путь, пройденный его преемником – журналом «Агрохимический вестник».

Ключевые слова: агрохимия, история науки, научные публикации и журналы, «Удобрение и Урожай», «Химизация социалистического земледелия».

Первые печатные работы по агрохимии в России начали появляться в начале XVIII столетия. Так, в 1738 г. была напечатана работа И.Г. Гмелина «О щелочных солях, являющихся постоянной составной частью растений», в которой приведены данные о химическом анализе растений. Большое значение для развития элементов агрохимии и агрохимического анализа имели открытия М.В. Ломоносова в области химии, а также его труды по геологии и минералогии. В одной из своих работ он писал: «Чернозем, который будет человеческими руками для плодоносящих удобряться, называется пахотной и огородной землей. Обще приемлемо, что таковую землю чем больше утучняют, тем толще черный слой становится...». Оригинальные мысли о воздушном питании растений были высказаны М.В. Ломоносовым в 1753 г.: «Преизобильное рращение тучных деревьев, которые на бесплодном песку корень свой утвердили, ясно изъявляет, что жирными листьями жирный тук из воздуха впитывают». Связь воздушного и корневого питания растений была отмечена А.Л. Лавуазье, открывшим в 1775 г. наличие азота в атмосфере. Он писал: «Растения почерпают материалы, необходимые для своей организации, в воздухе, который их окружает, в воде и в минеральном царстве» [1].

Большое значение в развитии сельского хозяйства России имело созданное в 1765 г. Вольное экономическое общество, в «Трудах» которого печатали также и работы по агрономии. В 1765 г. в статье И.Г. Лемана «О различии земли в рассуждении экономического ее употребления» приведены данные о методах химического анализа почвы. Автор пишет, что садовая почва имеет сложный состав и содержит «воду, вонючее масло и соль, а когда сии части от нее отделяются, то остается одна незгараемая земля, которая всегда имеет дурной запах». Кроме того, он отмечал, что в состав почвы входят также летучие соли, железные, песочные и оставшиеся от сгнивших растений частицы и др. В 1799 г. была напечатана книга по сельскому хозяйству Коллежского асессора М. Ливанова «О земледелии, скотоводстве и птицеводстве», в которой содержалось много данных по анализу почв, удобрений, химическому анализу молока, масла, сыра и других продуктов. Ученый большое значение в земледелии придавал почве, которую он делил на черноземную, суглинистую, песчаную и меловую [2].

Говоря о становлении агрохимии, как самостоятельной научной дисциплины, ставим в один ряд работы француза Ж.Б. Буссенго об источниках азота для растений и балансе элементов питания, опубликованные в 1837 г., а также работы немца Ю. Либиха, вышедшие в свет в 1840 г. знаменитой книгой «Химия в приложении к земледелию и физиологии», в которой была сформулирована теория ми-

нерального питания растений. Либих объяснил причину истощения почвы и выдвинул теорию удобрения почв для поддержания плодородия, основанную на полном возврате в почву всех взятых из нее минеральных веществ [1].

Параллельно с развитием теории питания растений в сельском хозяйстве начинается применение удобрений. В середине XIX в. начали использовать чилийскую селитру и суперфосфат. В 1865 г. в Стассфурте стали добывать калийные соли. В этом же году опубликована диссертация «Известкование почвы» профессора И.А. Стебута. Горячим пропагандистом применения удобрений был профессор А.Н. Энгельгардт – автор писем «Из деревни» и «Химические основы земледелия». Он использовал фосфоритную муку в качестве фосфорных удобрений в Смоленской губернии и отмечал, что фосфоритная мука и сидерация служат основными средствами для приведения в культурное состояние северных земель.

В создании научных основ агрохимии большое значение имели классические исследования К.А. Тимирязева, в 1872 г. им был построен первый в России вегетационный домик. В 1884 г. вышла в свет книга П.А. Костычева «Учение об удобрении», в которой он критиковал «теорию полного возврата», выдвинутую Ю. Либихом. П.А. Костычев отмечал, что плодородие почвы зависит не только от количества питательных веществ, но и от структуры почвы и других ее физических свойств. Профессор Г.Г. Густавсон в книге «Двадцать лекций по агрономической химии» изложил вопросы химии почв и удобрений, анализа почв, удобрений и кормов [1].

В Вольном экономическом обществе активно выступал Д.И. Менделеев с предложениями организации опытов по испытанию искусственных удобрений на разных почвах России. Им были созданы опытные станции в Петербургской, Смоленской, Симбирской и Московской губерниях, т.е. Д.И. Менделеев заложил основы Географической сети опытов с удобрениями в разных почвенно-климатических зонах. Труды Д.И. Менделеева по земледелию, животноводству, молочному делу были опубликованы в малодоступных изданиях, и лишь в 1951 г. Академия Наук СССР собрала и переиздала в 1954 г. эти труды в книге «Работы по сельскому хозяйству и лесоводству», в которой содержались главы «Анализ почв с опытных полей», «Лекции по земледельческой химии», «Производство искусственных удобрений», «Удобрительные вещества», «О суперфосфате» [2].

Д.Н. Прянишников – создатель советской агрохимической школы, под его редакцией вышло в свет 17 томов сборников «Из результатов вегетационных опытов и лабораторных работ». 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.» [2].

Журнал «Удобрение и Урожай» был основан Комитетом по химизации народного хозяйства СССР при СНК СССР и Научным Институтом по Удобрениям НТУ ВСНХ СССР. В редакционный совет входили: Э.В. Брицке – редактор, Л.Л. Балашев – зам. редактора, М.М. Вольф, С.И. Вольфович, Н.В. Гаврилов, А.А. Горяинов, В.П. Кочетков, А.Н. Лебединцев, А.П. Левицкий, Д.Н. Прянишников, А.Н.

Розанов, Г.Д. Угрюмов, А.И. Юлин. Постоянными авторами журнала были: К.К. Гедройц, Ж.З. Журбицкий, В.Ф. Турчин, А.В. Соколов, Н.П. Ремезов и др. [2].

Недостаточная осведомленность населения и даже специалистов в возможностях минеральных удобрений делала особенно своевременным издание журнала, в котором находили освещение работы исследовательских учреждений в области химизации сельского хозяйства. Рассчитанный преимущественно на агрономическую среду, он отвечал и интересам промышленности. Ознакомление с задачами и отраслями, производящими удобрения, было необходимым условием развития журнала. Большой интерес представляло освещение вопросов использования сырья для производства удобрений, экономически доступных методов его переработки, применения удобрений с максимальным техническим и хозяйственным результатом. Для борьбы с вредителями и болезнями сельскохозяйственных растений на страницах журнала особое внимание уделялось вопросам испытания и применения простых приемов защиты урожая от вредителей, болезней и сорняков. Эти вопросы не могли быть решены без своевременных публикаций и обмена опытом, для чего и предназначался журнал «Удобрение и Урожай», который стал необходимым звеном в общей работе по развитию производства и применения средств химизации в борьбе за урожай [2].

Будучи единственным органом, специально посвященным проблемам химизации земледелия, журнал «Удобрение и Урожай» из-за малого объема не мог достаточно полно освещать вопросы защиты растений, поэтому с мая 1932 г. отдел журнала «Химические средства борьбы с вредителями и болезнями растений» стал выпускать самостоятельное издание «На защиту социалистического урожая». Сегодня – это журнал «Защита и карантин растений», а журнал «Удобрение и урожай» в начале 1932 г. был переименован в «Химизацию социалистического земледелия» и стал органом Наркомзема СССР и Всесоюзного НИИ удобрений, агротехники и агропочвоведения им. К.К. Гедройца (ВИУАА). На титульном листе от редакции было написано: «Мы начинаем выпускать наш журнал в начале последнего года первой пятилетки социалистического строительства. Советский Союз из страны мелкого земледелия превратился в страну самого крупного в мире земледелия на основе коллективизации, развертывания совхозов и широкого применения техники. Решительная задача второй пятилетки – повышение урожайности. Она выдвигает на главную позицию химизацию земледелия. Партией дана четкая директива: по химической промышленности ликвидировать отставание от темпов развития, особое внимание обратив на производство удобрений. Рациональное применение удобрений должно быть построено на новейших данных агрономической химии. От создания первичных агрохимлабораторий – до решения вопросов и проблем агрохимии, почвоведения и соприкасающихся с ними дисциплин». Придавая значение вопросам производственно-технической пропаганды и достижениям в области химизации земледелия, журнал ставил задачу давать информацию о научных работах НИИ и опытных учреждений как в СССР, так и за рубежом.

В журнале печатали свои работы такие ученые, как К.К. Гедройц, А.Н. Лебедянец, О.К. Кедров-Зихман, П.Г. Найдин, Д.А. Сабинин, И.Г. Дикусар, М.В. Катылов, Я.В. Пейве, Н.С. Авдонин и др. [2, 3].

В 1941 г. вышло только шесть номеров, так как началась Великая Отечественная Война. В 1956 г. журнал был восстановлен под названием «Удобрение и Урожай» как ежемесячный научно-производственный журнал Минсельхоза СССР и Министерства совхозов СССР. Членами редколлегии журнала были: В.Е. Егоров (гл. ред.), П.А. Баранов, Н.П. Карпинский, О.К. Кедров-Зихман, В.М. Ключковский, И.П. Мамченков, Н.Г. Овчинников, Я.В. Пейве, И.И. Самойлов, П.Г. Найдин, Н.Д.

Смирнов, Ф.В. Турчин. В обращении к читателям того времени было написано, что журнал «Удобрение и Урожай» рассчитан на председателей, агрономов и бригадиров колхозов, специалистов машинно-тракторных станций, совхозов, агрохимлабораторий, работников сельскохозяйственных органов и научно-исследовательских учреждений [2, 3].

В 1963 г. Государственный комитет химической и нефтяной промышленности при Госплане СССР и Министерство сельского хозяйства СССР восстановили журнал под названием «Химия в сельском хозяйстве», который продолжил знакомить специалистов сельского хозяйства, химической промышленности и здравоохранения с работами по научным основам химизации сельского хозяйства. Журнал выходил в свет в Госхимиздате. В состав редколлегии входили: В.Н. Антонов (гл. ред.), Д.А. Катренко (зам. гл. ред.), С.В. Беньковский, К.А. Гар, И.И. Гунар, М.В. Каталымов, Л.И. Королев, Н.Н. Мельников (зам. гл. ред.), К.В. Новожилов, Б.Г. Овчаренко, А.В. Соколов, Ф.В. Турчин, Г.А. Черемисинов (зам. гл. ред.), А.Ф. Щаров, Н.А. Шманенков, О.В. Яковлева. В обращении к читателям было написано: «Партия и правительство уделяют много внимания развитию сельского хозяйства. В Программе КПСС предусматривается: «... - осуществить рациональную и всестороннюю химизацию сельского хозяйства – полностью удовлетворить его потребности в минеральных удобрениях, в химических и биологических средствах борьбы с сорняками, болезнями и вредителями растений и животных. Химизация и механизация сельского хозяйства являются главными рычагами повышения урожайности. Овладение делом рационального использования химической продукции в сельском хозяйстве – трудная задача, для правильного решения которой необходимо знание широкого круга вопросов, таких как свойства и состав химикатов, методы их анализа, взаимодействие с почвой, растениями, а также действие на человека и животных. Журнал будет освещать результаты научно-исследовательской и практической работы, экономику производства и эффективность применения химических продуктов, публиковать как оригинальные научные исследования, та и обзорные статьи. Специальные разделы будут посвящены зарубежному опыту и библиографии». Авторами первого номера, вышедшего в ноябре 1963 г., были: Г.А. Черемисенов, И.И. Сиягин, А.В. Соколов, В.В. Церлинг, Ф.В. Янишевский, Ю.А. Потатуева и др. [2].

В 1964 г. в издательстве «Наука» вышел в свет первый номер журнала «Агрохимия», в редколлегию которого входили: Ю.В. Ракитин (гл. ред.), А.В. Соколов (зам. гл. ред.), Н.С. Авдонин, А.М. Артюшин, Л.Л. Балашев, И.Г. Важенин, П.Г. Найдин, Я.В. Пейве, А.В. Петербургский, И.И. Сиягин, Ф.В. Турчин, Ф.Ф. Юхимчук. В обращении к читателю было написано: «Химизация народного хозяйства СССР, наряду с электрификацией всей страны, становится материальной основой создания коммунизма... Журнал «Агрохимия» начинает выходить в то время, когда агрономическая химия получает общее признание как наука, лежащая в основе химизации земледелия и, следовательно, его интенсификации... Журнал «Агрохимия» как научный орган рассчитан на работников учебных и исследовательских институтов, опытных станций, студентов агрохимических факультетов, агрономов и инженеров, интересующихся состоянием и достижениями агрохимической науки» [3].

В 1987 г. журнал «Химия в сельском хозяйстве» передан ВО «Агропромиздат» и № 1 – 1988 получил название «Химизация сельского хозяйства», так как в издательстве был журнал «Защита растений», который по мнению дирекции издательства тоже был о химии в сельском хозяйстве. Журнал полностью сменил свой облик и формат (его можно было положить в широкий карман), но не потерял своей

важности, т.к. его возглавил Н.С. Беспятых, а членами редколлегии журнала были А.М. Артюшин, В.М. Бельченко, И.Г. Важенин, Н.В. Войтович, Ю.И. Касицкий, Д.А. Кореньков, Н.Н. Мельников (зам. гл. ред.), К.В. Новожилов, А.В. Постников, Ф.В. Янишевский, П.Д. Попов, В.А. Светов [2].

В 1992 г. журнал возглавил В.А. Макаренко и в номерах 2 и 4 редакция опубликовала анкету, в которой представила читателям несколько вариантов названий: «Химизация сельского хозяйства», «Химия в сельском хозяйстве», «Удобрение и Урожай», «Плодородие и Урожай», «Плодородная нива». В результате анкетирования большинство читателей (50%) остановилось на названии «Химия в сельском хозяйстве», так как оно более полно отвечает содержанию и тематике журнала. Такое же решение принял учредитель – Совет объединения «Россельхозхимия» и под таким названием журнал начал выходить с января 1993 г. С этого времени учредителем журнала также становится Министерство сельского хозяйства РФ. На страницах журнала значительное место стало уделяться работе специалистов центров и станций Государственной агрохимической службы, которая в 2019 г. отметила свой 55-летний юбилей.

С переходом на рыночные отношения резко сократились объемы применения средств химизации из-за непомерного скачка цен на удобрения и в журнале появилась рубрика «Нетрадиционные удобрения и новые виды органических удобрений», начало которой было положено в номере 4 за 1994 г., посвященном Третьему Международному конгрессу по биоконверсии органических отходов [2, 3].

В 1996 г. первый номер был посвящен 10-летию ликвидации последствий Чернобыльской катастрофы и ведению сельскохозяйственного производства в условиях радиоактивного загрязнения. Эта тема также получила развитие в номере 3 за 2001 г., в котором Н.А. Корнеев, академик РАСХН в своей статье «Радиоактивное загрязнение среды и сельское хозяйство» рассказал историю начала работ, проводимых с 1947 г. в биофизической лаборатории ТСХА, возглавляемой В.М. Ключковским и которые были продолжены на Урале в закрытой Опытной научно-исследовательской станции (ОНИС), расположенной недалеко от секретного в то время химкомбината «Маяк». На этом предприятии и в атомной промышленности неоднократно случались аварии. Именно благодаря ученым удалось предотвратить серьезные последствия для окружающей среды и населения, которые, к сожалению, оказались опытными объектами во всемирной гонке создания и испытания атомного оружия. Эта интереснейшая статья Н.А. Корнеева получила высокую оценку в научном мире, а ее автор стал лауреатом конкурса «Агрохимик года – 2001», проводимого редакцией журнала. В 2006 г. исполнилось 20 лет после аварии на ЧАЭС и номер 2 был посвящен эффективности агрохимических мероприятий при реабилитации радиоактивно загрязненных территорий. Этот номер был отмечен Дипломом «Национальной экологической премии» Фонда имени В.И. Вернадского [2, 3].

В 2010 г. журнал стал Лауреатом Национальной премии им. П.А. Столыпина «Аграрная Элита России» в номинации «Пропаганда новых технологий и научных достижений в повышении плодородия и возрождении земель сельскохозяйственного назначения».

Сегодня журнал стал важным звеном в решении вопросов теории и практики применения средств химизации для восстановления и сохранения плодородия почв. В нем освещается работа Государственной агрохимической службы по эффективному и экологически безопасному использованию агрохимикатов и их сертификации. На страницах журнала предлагаются к обсуждению концептуальные вопросы по оказанию новых сервисных услуг для землепользователей, ученых

научно-исследовательских учреждений, преподавателей и учащихся вузов, а также для специалистов по охране природы. Так как в редакции был накоплен огромный материал по решению экологических проблем в сельском хозяйстве, в 1998 г. третий номер был назван «Агроэкология: проблемы и решения», затем под таким названием журнал выходил неоднократно.

Редакция уделяет большое внимание работе предприятий – производителей удобрений. Например, номер 2 за 1995 г. и номер 5 за 2000 г. посвящены юбилеям калийной промышленности. Номер 4 за 2004 г. – союзу производителей и экспортеров калия и соли. В номере 3 за 2008 г. рассказано о работе учебного центра ОАО «МХК «ЕвроХим», номер 2 за 2007 г. – НВП «Башинком» – производителю био-препаратов. В 2018 г. вышел специальный номер, подготовленный по результатам опытов по применению инновационных продуктов на основе гуминовых кислот из леонардита компании Life Force.

Огромное значение редакция отводит пропаганде работы ученых ведущих аграрных вузов и научно-исследовательских институтов. Их работам посвящены номера, связанные с юбилейными датами: № 1 – 2009 г. – К 80-летию факультета почвоведения, агрохимии и экологии РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева; № 5 – 2009 г. – Юбилей агрономического факультета Казанского ГАУ; № 2 – 2011 г. – Юбилей кафедры агрохимии и агроэкологии Нижегородской ГСХА; № 5 – 2011 г. – Юбилей Московского НИИСХ «Немчиновка»; № 4 – 2012 г. – К 100-летию Воронежского ГАУ; № 4 – 2013 – К 100-летию ВНИИ органических удобрений и торфа; № 1-6 – 2014 г. – К 50-летию Государственной агрохимической службы; № 4 – 2015 г. – Юбилей Белорусской ГСХА; № 5 – 2015 г. – У нас в гостях Брянский ГАУ; № 2 – 2016 г. – Чернобыль – 30 лет; № 2 – 2017 г. – 100 лет со дня учреждения Высших сельскохозяйственных курсов на Нижегородской земле; № 4 – 2017 г. – Юбилей кафедры почвоведения Ставропольского ГАУ; № 2 – 2018 г. – 45 лет факультету почвоведения МГУ им. М.В. Ломоносова; № 4 – 2018 г. – Юбилей кафедры агрохимии и физиологии растений Ставропольского ГАУ.

Особое место на страницах журнала уделяется пропаганде деятельности государственной агрохимической службы. Почти в каждом номере есть рубрика «Агрохимическая служба», а некоторые номера полностью были отведены работе таких центров, как ГЦАС «Владимирский», «Московский», «Кемеровский», «Ставропольский», «Татарский», «Белгородский».

Не забывают в журнале и о будущих поколениях агрохимиков, почвоведов и агроэкологов, для которых существует рубрика «Работы молодых ученых».

С 2005 г. журнал включен в Российский индекс научного цитирования (РИНЦ) на сайте российской научной электронной библиотеки (www.elibrary.ru), а с 2015 г. журнал включен в базу данных российских научных журналов Russian Science Citation Index на платформе Web of Science [4]. Подтверждено включение журнала с 1963 г. в международную базу данных химических научных журналов Chemical Abstracts (CAS (pt)), осуществлена регистрация в международной исследовательской базе данных Research Bible. С 2018 г. статьям, публикуемым в журнале, присваивается Digital Object Identifier (DOI) на базе Российской государственной библиотеки (www.cyberleninka.ru) [2, 4].

Литература

1. Минеев В.Г. История и состояние агрохимии на рубеже XXI века. М.: РАСХН, 2006. 790 с.
2. Прохоров И.С. От истории публикаций по агрохимии до юбилея научного журнала // Агрохимический вестник. 2019. № 3. С. 3-7.
3. Пирумова Л.Н. Листая страницы издания: к юбилею журнала «Агрохимический вестник» // Агрохимический вестник. 2019. № 3. С. 8-14.

4. Ткачева Е.В., Ивановский А.А. «Агрохимический вестник» в базе данных Web of Science // Агрохимический вестник. 2019. № 4. С. 74-77.

I.S. Prokhorov
ANO «Editorial Office «Chemistry in Agriculture»,
Moscow, Russian Federation
e-mail: agrochem_herald@mail.ru

HISTORY OF SCIENTIFIC PAPERS FOR AGROCHEMISTRY

Abstract. The history and significance of the scientific journal, starting with the first printed works on agrochemistry in Russia, are shown, and theoretical studies of foreign scientists are briefly reviewed in connection with the anniversary date of the first issue of «Fertilizer and Harvest». The difficult path traversed by his successor, the «Agrochemical Herald» journal, is shown.

Keywords: agrochemistry, history of science, scientific papers, scientific journal, «Harvest and Fertilizer», «Chemization of Socialistic Agriculture».

References

1. Mineev V.G. The history and state of agricultural chemistry at the turn of the 21st century. M.: RAAS, 2006. 790 p.
2. Prokhorov I.S. From the history of publications on agrochemistry to the anniversary of a scientific journal // Agrochemical Bulletin. 2019. No. 3. P. 3-7.
3. 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.
4. 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

В.А. Рассыпнов
ФГБУ ВО Алтайский государственный аграрный университет, Барнаул, Россия
e-mail: rassvial@mail.ru

ОСНОВАТЕЛЬ АЛТАЙСКОЙ ШКОЛЫ ПОЧВОВЕДОВ

Аннотация. Почвовед, доктор сельскохозяйственных наук профессор Лидия Макаровна Бурлакова внесла существенный вклад в подготовку агрономов, почвоведов и агрохимиков и развитие агропочвенной науки на Алтае. Учёный с энциклопедическими знаниями о почвах южной Сибири создала научную школу агропочвоведов. Она разработала методику бонитировки почв сельскохозяйственного назначения на основе математических моделей урожайности растений с учетом климата и свойств почв. Профессор Л.М. Бурлакова долгие годы возглавляла диссертационный совет в Алтайском ГАУ и была научным руководителем у семи докторов и сорока кандидатов наук.

Ключевые слова: Алтайский край, история почвоведения, профессор Лидия Макаровна Бурлакова, научная школа.

Введение. Любая научная отрасль имеет свои рубежи, которые означают смену приоритетов и запросов в обществе, наличие социальных и экономических условий, а также появление научных школ и отдельных личностей талантливых учёных либо организаторов науки. Почвоведение как исконно российская наука позволяла осваивать один из важнейших природных ресурсов – почву для создания

продовольственной базы страны. Со сменой экономических приоритетов в современной России пришло время подвести некоторые итоги учения о почве и оценить вклад отдельных ученых в его развитие. Речь пойдет о докторе сельскохозяйственных наук профессоре Алтайского государственного аграрного университета Лидии Макаровне Бурлаковой и о созданной ею алтайской школе почвоведов.

Объекты и методы. Нами сделана попытка через биографию ученого оценить его вклад в развитие научных исследований почвенного покрова Алтайского края и подготовку специалистов высшей квалификации. Были использованы архивы кафедры почвоведения и агрохимии АГАУ и личные наблюдения автора. Целью исследования была оценка вклада профессора Л.М. Бурлаковой в развитие почвенной науки в Алтайском крае.

Результаты и их обсуждение. Территория Алтайского края в почвенном отношении представляет своеобразный музей. Здесь практически есть все типы почв северного полушария за исключением зоны пустынь, субтропиков и тропиков. В сельскохозяйственном отношении большая часть почвенного покрова имеет благоприятные условия для выращивания большого набора полевых, кормовых и технических культур. Изучение почв края началось ещё в конце девятнадцатого века учениками В.В. Докучаева Выдриным и Ростовцевым. До подъёма целинных и залежных земель в середине XX века были эпизодические единичные исследования. Первые фундаментальные исследования были проведены особой комплексной экспедицией московскими учёными в 1954-55 годах [3]. В начале шестидесятых годов XX века в стране началась всеобщая химизация сельского хозяйства, что потребовало всеобъемлющих сведений о почвах сельскохозяйственных угодий. С этого времени в крае начинают свои научные исследования Л.М. Бурлакова.

Лидию Макаровну Бурлакову практически знали все специалисты земледельческого профиля в Алтайском крае, Республике Алтай, да и в соседних, Новосибирской и Кемеровской областях. Все потому, что она несколько десятков лет преподавала почвоведение в Алтайском государственном аграрном университете (в прошлом сельскохозяйственном институте) на агрономическом факультете и её ученики были практически в каждом хозяйстве.

После окончания биолого-почвенного факультета Томского государственного университета и аспирантуры, она осталась там на преподавательскую работу. В родной город Барнаул вернулась в начале 60-х годов кандидатом сельскохозяйственных наук и стала доцентом в сельскохозяйственном институте. И вся её научная судьба была связана с Алтаем, с аграрной наукой и кафедрой почвоведения и агрохимии, которой она заведовала с 1968 года и до последних дней жизни [2].

Педагогическое мастерство дается не всем, потому что это великий труд и необходимость огромного объема знаний. И главное – нужна любовь к своим ученикам. Все это было у Лидии Макаровны. У нее энциклопедические знания и не только в почвоведении и агрохимии. Круг ее интересов распространялся на фундаментальные науки - философию, химию, математику, физику, биологию, а также на все научные направления земледельческой отрасли сельскохозяйственных знаний. Этому доказательством может служить тематика диссертационных исследований ее докторантов и аспирантов. В темах нет повторов, и шел постоянный поиск новых знаний актуальных для сельскохозяйственной науки.

Своих аспирантов она учила не только методике научного исследования, но и методике обучения студентов. Она помогала им готовить конспекты лекций и лабораторных занятий, присутствовала на их педагогической практике, а потом доброжелательно анализировала все промахи и "ляпы" будущих доцентов и профессоров.

До 90-х годов в нашей стране были стабильные учебники, как для школ, так и для вузов. Студенты нескольких поколений агрономических факультетов всего Советского Союза хорошо помнят учебник Ивана Сергеевича Кауричева "Почвоведение". Московский ученый написал свой учебник в расчете на свой европейский регион. И когда наступили перемены в стране и стала меняться экономическая формация, появилась возможность издать новый учебник. Иван Сергеевич пригласил в соавторы ученых из регионов. Откликнулась на это предложение и Лидия Макаровна и профессор из Орла В.П. Ковриго.

В 1999 году самое крупное издательство сельскохозяйственной литературы России "Колос" выпускает новый учебник "Почвоведение", авторами которого были И.С. Кауричев, В. П. Ковриго и Л.М. Бурлакова. Богатейший научный багаж и педагогический опыт Лидии Макаровны весьма кстати пригодился в написании учебника.

Этот учебник отразил новые достижения почвенной науки. Его тематические разделы охватывают большой объем научного знания о почве, дают возможность студентам не только получить новые сведения, но и наталкивают на поиск самостоятельных решений. Этот учебник стал сразу популярным в аграрных вузах России, и вышло уже его второе издание.

Какими бы не были значительными научные достижения любого ученого, они не могут долго греть его ум и душу, пока не станут доступными ученикам. У Лидии Макаровны было множество учеников. Это многочисленные студенты, которые ежегодно сотнями приходят в университетские аудитории, а также "штучные произведения" – докторанты и аспиранты.

Долгие годы научные кадры высшей квалификации для аграрной науки и образования готовили в столичных вузах. Преподавателей с ученой степенью доктора наук и званием профессора в Барнауле можно было пересчитать по пальцам. О собственных диссертационных советах институтам было и не мечтать. Например, в Алтайском сельскохозяйственном институте, после отъезда эвакуированных во время войны профессоров домой в Ленинград, долгие годы их просто не было. Этому способствовала жесткая конкуренция столичных вузов и академий, которые готовили кандидатов для всей страны. Только там была аспирантура и защита диссертаций.

В начале 60 годов XX века в сельхозинституте разрешили руководство аспирантами опытным кандидатам наук. И Лидия Макаровна одной из первых стала готовить будущих кандидатов наук и одновременно работала над своей докторской диссертацией. Её питомцы защищали диссертации в Новосибирске и в Томске.

После её защиты докторской диссертации в 1975 году количество диссертантов увеличилось. И в Новосибирский Институт почвоведения и агрохимии СО РАН стали регулярно представлять диссертации ученые из Алтайского края. Этот авторитетнейший совет был единственным на всю Сибирь и Дальний Восток, где была защита и докторских диссертаций по почвоведению и агрохимии. Председатель диссертационного совета, профессор Роман Викторович Ковалев пригласил Лидию Макаровну членом совета. Почти двадцать лет Лидия Макаровна посещала все заседания совета в ИПА. Здесь ей поручали рецензировать и оппонировать самые сложные и спорные работы, зная ее научный авторитет и огромнейшую работоспособность.

С первых дней работы Лидии Макаровны на кафедре почвоведения и агрохимии АСХИ начались широкомасштабные исследования почв агроценозов Алтайского края. Сотрудниками кафедры проведены научные исследования, получившие признание у практиков сельского хозяйства Алтайского края и в научных кругах

страны. Основные направления работ были сосредоточены на изучении плодородия почв и почвенного покрова территории отдельных хозяйств, пригородных зон и в целом края [1].

С 1979 г. были начаты работы по изучению и картографированию почв ряда хозяйств Алтайского края. Профессор Л.М. Бурлакова вела исследования в тесном содружестве органами управления сельским хозяйством края и Алтайским государственным институтом проектирования земель. В последнем все годы она была консультантом и членом технического совета. Институту "Запсибгипрозем" переданы материалы крупномасштабного почвенного картографирования хозяйств Змеиногорского, Первомайского, Рубцовского, Пospелихинского, Шипуновского и Славгородского районов.

Для отдельных районов и зон определены системы применения удобрений на планируемый урожай. По методике профессора Л.М. Бурлаковой разработаны модели урожайности ряда сельскохозяйственных культур на основе, которой предложена качественная оценка плодородия почв и оптимизация минерального питания растений. В орошаемой земледелии изучены свойства черноземов и каштановых почв, дан прогноз их изменений, предложена технология использования орошаемых черноземов без нанесения им ущерба. В различных зонах края изучены почвенные условия формирования урожайности ценных сельскохозяйственных культур и предложены технологии получения высоких урожаев твердой яровой пшеницы, семенников и маточников кормовой свеклы, гречихи [1].

В апреле 1991 года в АГАУ был открыт первый кандидатский диссертационный совет под председательством профессора Л.М. Бурлаковой по двум специальностям - агропочвоведение и агрохимия. Первое заседание проведено 21 февраля 1992 года. В составе совета было 6 докторов наук и 6 кандидатов. При этом два доктора были приглашены из Томска и Красноярска. До 1996 года в совете защитили кандидатские диссертации 16 соискателей и аспирантов. За это же время четыре доцента агрономического факультета защитили докторские диссертации в других городах. В 1996 году 15 июля был открыт уже докторский совет по трем специальностям. К двум имеющимся добавилось общее земледелие.

Все это время совет возглавляла профессор Лидия Макаровна Бурлакова. Она создала широко известную научную школу алтайских агропочвоведов. Ей было присвоено звание заслуженный деятель науки РФ. Под ее руководством аспиранты защитили 40 кандидатских и докторанты 7 докторских диссертаций.

В совете работали под руководством Лидии Макаровны авторитетные и известные ученые не только Алтая, но и России. Это академики РАСХН С.Н. Хабаров и Г.П. Гамзиков, проректор по научной работе АГАУ Н.В. Яшутин, директор Института химизации, профессор О.И. Антонова, директор Института водных и экологических проблем РАН, профессор Ю.Н. Винокуров.

За прошедшие годы здесь защищены 141 диссертация, из них 26 на соискание ученой степени доктора сельскохозяйственных наук и 115 - кандидата наук. Защищали здесь работы со всей Сибири - из Новосибирска, Томска, Иркутска, Улан-Удэ, Кемерово, Красноярска, Тюмени, Уссурийска. Одна работа в 2000 году была представлена и успешно защищена из Монголии. Директор института Растениеводства и земледелия Монгольской академии Наук Мижиддорж Жигжээгийн защитил работу по обработке почв земледельческих территорий своей страны.

Докторские диссертации подготовили, защитили и продолжают работать в родном вузе ученики Лидии Макаровны Рассыпнов В.А., Татаринцев Л.М., Грибов С.И., Морковкин Г.Г., Антонова О.И., Пивоварова Е.Г., Кудрявцев А.Е.

Заключение. Жизнь человека в отличие от научного знания имеет определенный рубеж. Не стало Лидии Макаровны Бурлаковой, но остались её ученики. Ныне практически все преподаватели и научные сотрудники Алтайского ГАУ, получив от своего Учителя, в наследие прочные знания продолжают работу по изучению почв Алтайского края.

Литература

1. Бурлакова Л.М. Плодородие Алтайских чернозёмов в системе агроценоза. Новосибирск: Наука, 1984. 233 с.
2. Бурлакова Лидия Макаровна. Ученые-аграрники Алтая: юбилейное издание. Барнаул: Изд-во АГАУ, 2007. 79 с.
3. Почвы Алтайского края. Москва: Изд-во АН СССР, 1959. 382 с.

V.A. Rassypnov

Altai State Agricultural University, Barnaul, Russia

e-mail: rassvial@mail.ru

FOUNDER OF ALTAI SOIL SCIENCE SCHOOL

Abstract. Soil scientist, Doctor of Agricultural Sciences, Professor Lidia Makarovna Burlakova made a significant contribution to the training of agronomists, soil scientists and agrochemists and the development of agricultural science in Altai. A scientist with encyclopedic knowledge about the soils of southern Siberia has created a scientific school of agricultural soil scientists. She developed a methodology for appraising agricultural soils based on mathematical models of plant productivity, taking into account the climate and soil properties. Professor L.M. Burlakova for many years headed the dissertation council in the Altai GAU and was the supervisor of the work of seven doctors and forty candidates of science.

Keywords: Altai Territory, history of soil science, professor Lidia Makrovna Burlakova, scientific school.

References

1. Burlakova L.M. Fertility of Altai chernozems in the system of agrocenosis. Novosibirsk: Nauka, 1984. 233 p.
2. Burlakova Lidia Makarovna. Scientists-agrarians of Altai: anniversary edition. Barnaul: Publishing house of the Altai SAU, 2007. 79 p.
3. Soils of the Altai Territory. Moscow: Publishing House of the Academy of Sciences of the USSR, 1959. 382 p.

УДК 631.4

П.Ш. Сайранова^{1,2}, И.А. Самофалова¹

¹ ФГБОУ ВО Пермский ГАТУ, Пермь, Россия

² ФГБОУ ВО ПГНИУ, Пермь, Россия

e-mail: s7p51996@yandex.ru, samofalovairaida@mail.ru

ПРОЕКТ ЛЕТНЕЙ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ШКОЛЫ «ЗДОРОВЫЕ ПОЧВЫ – ЗДОРОВОЕ ОБЩЕСТВО» НА ТЕРРИТОРИИ ГОСУДАРСТВЕННОГО ЗАПОВЕДНИКА «БАСЕГИ»

Аннотация. Работа школьников/студентов в экологических школах является важным направлением эколого-просветительской деятельности. Она направлена на привлечение детей к природоохранной деятельности, расширение их экологического кругозора, развитие соответствующих знаний, умений и навыков, содействие

профессиональной ориентации учащихся.

Ключевые слова: заповедник, почвы, эколого-просветительская деятельность, экологическая культура, экологическое воспитание.

Почва и человек связаны между собой, так как входят в единую экосистему. Несмотря на то, что человек все больше отстраняется от естественного образа жизни, связь по-прежнему остается значительной. В связи с этим, необходимо заботиться о сохранении экологического состояния почвы и стараться сводить к минимуму факторы, приводящие к ее загрязнению и разрушению.

Отрицательные для здоровья человека последствия загрязнения почв реализуются двумя путями: косвенно – через возможное разрушение почв или снижение их плодородия с сопутствующим процессу обострением продовольственной проблемы, ухудшения рекреационных и эстетических качеств окружающих человека ландшафтов и т.п., и напрямую – через использование в питании получаемых с земельных площадей продуктов, в которые из почвы могут переходить те или иные загрязняющие её химические и биологические агенты и соединения (в ряде случаев – с эффектом аккумуляции и избирательного поглощения из почвы). К факторам, определяющим косвенные для здоровья человека эффекты, относятся засорение почв промышленными отходами и отбросами, разнообразным мусором, их засоление, разрушение и загрязнение в ходе карьерных и иных горных и строительных работ.

Определяющую роль в сохранении «здоровья» почвы играет отношение человека, уровень его экологической грамотности и культуры и очень важно, думая о будущем, начать что-то менять уже в настоящем. Основы экологической культуры закладываются на уроках биологии, экологии. Мозг ребенка устроен так, что он с трудом воспринимает сухие факты. Ценностное отношение можно сформировать только через «погружение в естественную природную среду», когда информация воспринимается всеми сенсорными системами организма.

Крупнейший педагог XIX века России, К.Д. Ушинский отмечал: «Назовите меня варваром в педагогике, но я вынес из впечатлений моей жизни глубокое убеждение, что прекрасный ландшафт имеет такое огромное воспитательное влияние на развитие молодой души, с которым трудно соперничать влиянию педагога, что день, проведенный ребенком среди рощ и полей... стоит многих недель, проведенных на учебной скамье».

«Городские» дети имеют мало навыков общения с природной средой своего обитания, несмотря на солидную базу теоретических знаний. Результатом этого противоречия является отсутствие целостной картины мира у школьников и как следствие – рассогласование мотивов поведения и его форм. Обогащение восприятия природы, получить новый взгляд на привычные объекты может помочь детям практика «погружения в природу», то есть проживания небольшой группы людей в условиях малоизмененных человеком ландшафтов.

Одной из возможностей такого «погружения» мы предлагаем создание экологической школы на базе ФГБНУ «Государственный заповедник «Басеги». Для организации летних экологических школ понадобится дополнительное финансирование из государственного бюджета. Такой лагерь принесет ощутимую помощь заповеднику при выполнении добровольных работ.

Экологические школы предназначены для воспитания экологической культуры и получения дополнительных знаний в области экологии разновозрастными группами подростков, получивших начальные экологические понятия на уроках природоведения, биологии, химии, физики. Работа школьников/студентов в экологических лагерях является важным направлением эколого-просветительской деятельности и направлена на привлечение детей к природоохранной деятельности, на

расширение их экологического кругозора, развитие соответствующих знаний, умений и навыков, на содействие профессиональной ориентации учащихся. Впоследствии дети вырастают, становятся взрослыми и приобретенная экологическая культура во время обучения в школе и экологическом проекте «Здоровье почв = здоровье человека», откладывает свой след при выполнении определенной профессиональной деятельности в будущем.

Организация работы экологической Школы «Здоровые почвы = здоровое общество». Возможное время проведения – июнь-июль-август. Количество участников – до 9 детей с 14 лет. Продолжительность экологической школы 7 дней. За летний период можно провести 3-4 смены.

День заезда – обустройство, представление руководителей, техника безопасности, быта, вечер знакомств; пять дней занятий и волонтерской помощи; день на сборы.

Основные цели – познакомить учащихся: с основными экосистемами хребта Басеги, которые являются эталонами чистоты; с задачами и методами мониторинга; научить ребят вести самостоятельные исследования.

Бытовые условия. Участники школы проживают в палатках в полевом лагере. Палатками, пенками и спальниками школьников обеспечивает заповедник. Питание и быт организуются самостоятельно с помощью инструкторов.

Организация работы школы. Участникам предоставляется расписание работы школы. В расписании предусмотрены организационные занятия, занятия в поле и вечера досуга.

Занятия и лекции. С участниками проводятся следующие занятия:

- организация быта в полевых условиях;
- экология, общие понятия и принципы;

заповедник «Басеги», его роль в сохранении экологических, биосферных функций почв;

- растительные сообщества «живых» ландшафтов, их геоботаническое описание;

- растения-индикаторы «чистой» среды и «здоровых» почв;

- водные экосистемы;

- комплексный подход к изучению ландшафтов (растительные ассоциации, почвы, высота и гидротермические условия) – мастер-классы;

- изучение химического состава почвы по цветовой окраске горизонтов в почвенном профиле;

- летняя жизнь зверей и птиц.

Самостоятельные работы. Во время работы школы ребята разделяются на группы для выполнения самостоятельных работ. Студенты и школьники старших классов могут заниматься подбором полевого материала для «Красной книги», созданием научных фильмов – описанием флоры и фауны, делать фотографии; писать статьи СМИ, оформлять стенгазеты.

Трудовой десант волонтеров. По желанию студенты и школьники старших классов могут принять участие в волонтерской помощи заповеднику: сбор веток, обкашивание экологических троп и троп к фенологическим площадкам, помощь при учете флоры и фауны.

Материалы школы. По окончании работы школы участникам предоставляются все материалы – планы-конспекты занятий, информация о заповеднике «Басеги».

Для реализации проекта необходимо дополнительные денежные средства из государственного бюджета или спонсорской помощи для заработной платы руководителю и инструкторам школы (табл. 1).

Таблица 1

Предполагаемая оплата сотрудников

Должность	Количество человек	Заработная плата за 1 смену
Руководитель	1	10 000
Инструктор	2	7 000

Для реализации проекта, необходимо приобрести следующие вещи и инвентарь на деньги из бюджетных средств.

1. Палатка. Для смены из 9 школьников/студентов понадобится три 3-х местные палатки средней стоимостью 2-2,5 тыс. руб.: $3 \times 2\,200$ руб. = 6 600 руб.

1. Спальник на каждого участника средней стоимостью 1 200 руб.: 9 чел. \times 1 200 руб. = 10 800 руб.

2. Пенка на каждого участника средней стоимостью 300 руб.: 9 чел. \times 300 руб. = 2 700 руб.

3. Котлы – 3 шт. по 500 руб.: 3×500 руб. = 1 000 руб.

4. Инвентарь для приготовления пищи: разделочные доски, ножи, ложки, вилки и т.д. на сумму 1 000 руб.

Итого разовые затраты составят 22 100 руб. Для сокращения первоначальных основных затрат (спальник, пенка, личная посуда), заповедник может обязать, чтобы каждый участник привез с собой свое снаряжение. После того, как проект окупится, возможно, приобретение необходимых средств.

Кроме необходимого инвентаря, заповедник несет затраты на организацию доставки участников Школы и их питания. В целом, стоимость путевки на одного участника Школы с учетом всех затрат составляет 6300 руб. на 7 дней с 3-4 разовым питанием (табл. 2). В расходы включена оплата работы руководителей и другие расходы, что поможет заповеднику приобрести первоначальные материалы, а в дальнейшем стать дополнительным источником дохода.

Таблица 2

Обоснование затрат на одного участника за 1 смену (7 дней)

Статья расхода	Предполагаемая стоимость, руб.
Питание	1 000
Доставка на территорию заповедника	700
Учебные материалы	200
Оплата руководителей и другие расходы заповедника	1 900
Прокат инвентаря	2 500
Итого	6 300

Календарные сроки смен установлены с учетом климатических условий данной территории. Запланировано 4 смены. Если провести 4 смены экологической Школы, то заповедник даже сможет получить небольшой доход. Калькуляция затрат представлена в таблице 3.

Таблица 3

Схема затрат на проведение и содержание экологической Школы на 9 человек (руб.)

Смена	Даты проведения	Оплата путевок	Затраты Школы						Доход
			И	ОС	П	Д	УМ	Σ	
1	20.06-27.06	56700	22100	17000	9000	6300	1800	56200	500
2	05.07-12.07	56700	2500	17000	9000	6300	1800	36600	20100
3	16.07-23.07	56700	2500	17000	9000	6300	1800	36600	20100
4	29.07-04.08	56700	2500	17000	9000	6300	1800	36600	20100
Итого		226800	29600	68000	36000	25200	7200	166000	60800

Примечание: И – инвентарь, ОС – оплата сотрудникам, П – питание, Д – доставка на территорию заповедника, УМ – учебные материалы, Σ – сумма затрат,

В перспективе на территории заповедника планируется обустройство новой экологической тропы к вершине горы Среднего Басега. Участники экологической Школы могут помочь в организации экскурсионного маршрута. Старшие участники могут технически оборудовать тропы деревянными трапами, в скалистом участке сделать ступени, натянуть страховочный канат.

Для распространения информации об экологической Школе «Здоровые почвы = здоровое общество» участнику предлагается по завершении работы Школы написать отзыв в социальных сетях, на сайте заповедника, в местных СМИ, в своих учебных заведениях, в Инстаграм и т.д.

Систематическое «экологическое погружение» учащихся в естественную окружающую среду расширяет их представления о спектре профессий, связанных с исследованием и освоением живой природы. Для выпускника школы это может стать необходимым условием его более качественного профессионального самоопределения, выбора профиля продолжения образования.

Таким образом, во время участия в проекте экологической Школы «Здоровые почвы = здоровое общество» у школьников/студентов не только повышается уровень биологических и экологических знаний, но и в значительной степени изменяется мотивация поступков в природе, что способствует повышению экологической культуры. Через общение, преодоление препятствий и трудностей происходит становление здоровых, всесторонне образованных, любящих свою страну и природу людей.

P.Sh. Sayranova^{1,2}, I.A. Samofalova¹

¹ Perm State Agro-Technological University, Perm, Russia

² Perm State National Research University, Perm, Russia

e-mail: s7p51996@yandex.ru, samofalovairaida@mail.ru

**PROJECT OF SUMMER ECOLOGICAL SCHOOL
“HEALTHY SOILS – HEALTHY SOCIETY”
IN THE TERRITORY OF THE “BASEGI” STATE RESERVE**

Abstract. The work of schoolchildren / students in environmental camps is an important area of environmental education. It is aimed at attracting children to environmental activities, expanding their environmental horizons, developing relevant knowledge and skills, and promoting the professional orientation of students.

Keywords: reserve, soil, environmental education, environmental culture, environmental education.

УДК 631.4(571)(092)

Н.В. Семендяева^{1,2}

¹Сибирский научно – исследовательский институт земледелия и химизации Сибирского федерального научного центра агробιοтехнологий РАН, Россия

²Новосибирский государственный аграрный университет, Россия

e-mail: semendyeva@ngs.ru

Н.Д. ГРАДОБОВ – ВЫПУСКНИК ПЕРМСКОГО СХИ, МОЙ УЧИТЕЛЬ

Аннотация. Н.Д. Градобоев (1913 – 1975 гг.) – выдающийся ученый – почвовед был выпускником Пермского сельскохозяйственного института 1936 года, где сформировался его характер. Он отличался твердостью духа, целеустремленностью, огромным трудолюбием, удивительной сердечностью и жизнелюбием. Н.Д. Градобоевым составлена почвенная карта республики Хакасия. Под его руководством

были сформированы в СССР проектно-сметные отделы по мелиорации почв (химической мелиорации солонцов и известкованию кислых почв). Подготовлено много кандидатов и докторов наук, имена которых широко известны как у нас в России, так и за рубежом.

Ключевые слова: Н.Д. Градобоев, ученый – почвовед, выпускник Пермского сельскохозяйственного института.

Я закончила с отличием почвенно-агрохимический факультет (ПАФ) Харьковского сельскохозяйственного института имени В.В. Докучаева в 1964 году и была направлена на работу в Северо-Казахстанскую землеустроительную экспедицию (г. Петропавловск) почвоведом. В то время нам дипломов сразу же после окончания ВУЗа не давали – только через год после работы на производстве, где мы – выпускники обязаны были отработать три года.

В институте я с большим интересом работала в научном студенческом кружке под руководством крупного украинского ученого – почвоведом Алексея Михайловича Можейко. Участвовала в выполнении научно – исследовательских работ по изучению свойств, мелиорации и использования солонцов Украины. В то время многие почвоведы – исследователи изучали солонцы – А.Н. Соколовский, А.М. Гринченко, П.С. Гринь и все их ученики. Были интересные поездки, закладка и проведение опытов, лабораторные исследования, многочисленные дискуссии, в которых рождалась истина. Но уже была и поднятая целина, освоение которой убедительно показало, что рационально использовать ее почвенный покров можно только в том случае, если хозяйства будут иметь качественные почвенные карты, позволяющие учитывать при ведении сельского хозяйства все особенности почвенного покрова той или иной территории. Специалисты – почвоведы в то время были на вес золота. Нас ценили и уважали.

Приехав в Северный Казахстан в составе 5-ти выпускников, мы убедились, что здесь солонцов «хватает» и даже значительно больше, чем на Украине. Как-то так получилось, что я практически 5 лет работала в пойме долины древней реки Камышловки, которая в настоящее время сильно засолена и в ней сформировалось большое количество различных видов и разновидностей солонцов. Наш филиал в научном плане курировали заведующий кафедрой почвоведения Целиноградского сельскохозяйственного института Илья Яковлевич Половицкий и очень энергичный, и активный молодой Валерий Иванович Кирюшин (в настоящее время он академик РАН) из Всесоюзного НИИ зернового хозяйства (пос. Шортанды), которые тоже «болели» солонцовой проблемой. Они часто приезжали к нам в экспедицию, выезжали с нами в поле, обсуждали новые подходы в картографировании, классификации почв и необходимость вывода солончаков и солонцов из пашни.

Обсуждались также исследования, которые проводились в Омском сельскохозяйственном институте под руководством профессора К.П. Горшенина и его выдающегося ученика Н.Д. Градобоева. Классификация солонцов по содержанию обменного натрия в почвенном поглощающем комплексе горизонта В, предложенная И.Н. Антиповым – Каратаевым, в Казахстане, да и в целом по Сибири, себя не оправдала. Плохо она внедрялась и на Украине, т.к. наряду с многонатриевыми солонцами были широко распространены и средне – и малонатриевые. Относить их к реликтовым почвам было нельзя, т.к. минерализованные грунтовые воды находились близко к поверхности и принимали активное участие в почвообразовательном процессе.

Во мне все больше и больше крепло желание познать тайны генезиса солонцов, выявить их плодородие, разработать приемы мелиорации и сельскохозяйственного использования. Рассказы об Омском сельскохозяйственном институте, о К.П. Горшенине и Н.Д. Градобоеве будоражили мое воображение, появилось огромное желание учиться у этих замечательных учителей. И вот после небольших

раздумий я. сдав два экзамена по кандидатскому минимуму (английскому и философии) в Петропавловском педагогическом институте, поехала в Омск.

Когда я пришла на кафедру почвоведения, то «наткнулась» в коридоре на мужчину среднего роста, слегка прихрамывающего. Обратилась к нему с вопросом – «Где я могу встретить Н.Д. Градобоева?». Он просто ответил: «Это я». У меня от страха «сердце провалилось в пятки» - я ожидала встретить какого – то необыкновенного, мощного, недоступного человека, а наш любимый Н.Д., как мы его называли впоследствии, оказался простым, заботливым, добрым, очень энергичным и строгим учителем.

Кафедра почвоведения в ОмСХИ в то время была «в расцвете сил». В ней работали К.П. Горшенин, Н.Д. Градобоев и их ученики. Их имена в настоящее время широко известны как в России, так и за ее пределами – А.И. Парфенов, А.И. Семенкин, Л.В.Березин и т.д., а также Н.И. Богданов, В.М. Прудникова, Н.С. Пономарева и многие другие.

В 1964 году под руководством Н.Д. Градобоева была организована при кафедре почвоведения Омского СХИ проблемная лаборатория по мелиорации солонцов с филиалом в Алтайском СХИ. Ее сотрудники выполнили огромный пласт работ по изучению генезиса, свойств и сельскохозяйственному использованию солонцов. Были организованы проектно – сметные отделы по мелиорации солонцов в агрохимлабораториях по всему Советскому Союзу, а для проведения работ в производстве были созданы повсеместно отряды «Агропромхимия». Вся эта сложнейшая научная и организационная работа проводилась под непосредственным руководством Н.Д. Градобоева. Он часто напоминал, что «работать и не верить в то, что делаешь – нельзя».

Н.Д. Градобоев закончил факультет агрохимии и почвоведения в Пермском СХИ в 1936 году. Именно здесь формировался его уникальный, бойцовский характер. Он отличался твердостью, целеустремленностью, огромным трудолюбием и в тоже время удивительной сердечностью и жизнелюбием. Градобоев Н.Д., как отмечал А.И. Парфенов, был в сознании его учеников, «как знамя, которое всегда звало вперед!». Он работал почвоведом, затем руководителем почвенно – геодезических работ в управлении землеустройства Красноярского края. С 1938 года и до конца своей жизни творил и занимался научной деятельностью в Омском СХИ, пройдя путь от ассистента до профессора и заведующего кафедрой почвоведения.

Был Н.Д. Градобоев прекрасным лектором, слушать которого приходили студенты и аспиранты с других факультетов. Он не просто читал лекции, а вел увлекательный рассказ – повесть об этой интереснейшей науке, факторах почвообразования, ученых. Обычно после лекций студенты и аспиранты окружали его плотным кольцом и задавали множество вопросов. Он был удивительно коммуникабельным человеком, абсолютно бескорыстным и неприхотливым в трудных экспедиционных условиях. Был до конца верен своему делу, прекрасно ладил со всеми, был кумиром любого коллектива и отдал всю свою сравнительно короткую жизнь без остатка людям.

Николай Дмитриевич проводил большую организаторскую работу. Он был председателем координационного совета по солонцовой проблеме Сибири, членом совета по земледелию Сибирского отделения ВАСХНИЛ, членом научно – методического совета Главного управления высшего и среднего сельхозобразования Министерства сельского хозяйства СССР.

Его последователь и ученица Людмила Николаевна Мищенко вспоминает, что Н.Д. соискатели боялись, как оппонента, так как он в работах больше всего ценил чистоту научного эксперимента. Но если Н.Д. говорил, что данная работа хорошая – это была наивысшая оценка для соискателя. В душе Н.Д. был поэтом в

полном смысле этого слова. Он писал много стихов и эпиграмм, посвящая их студентам, аспирантам и преподавателям. Прямо перед защитой я сидела дома и интенсивно работала над кандидатской диссертацией, т.к. со дня на день мы ждали с мужем И.В. Науменко рождения сына. Это событие не прошло мимо нашего Н.Д., на что он отреагировал эпиграммой: «Нина сидит дома и пишет два тома – один том про генезис, другой – про мелиорацию».

Но и о Н.Д. Градобоеве его соратники и ученики слагали стихи и легенды. В частности, к его 60-летию от почвоведов Тимирязевской сельскохозяйственной академии (20 подписей) он получил поздравление в стихах, в котором, как нельзя лучше отражен его жизненный путь:

От Оби и до Урала побродил ты сам немало,
И на бреге Иртыша посидел у шалаша.
От подзолов Усть – Ишима через колки, через гривы
До засушливой степи пролегли твои пути.
И приятно нам сказать, что свою большую рать
Почвоведов, агрономов воспитал ты для народа,
Что Горшенинских вершин ты нигде не посрамил.
В годы «бурь и непогоды» не прельстился ты «на моды».
Даже в «наливайкин вал» курса ты не потерял.
Не сгибался, не ломался, псевдогля не боялся,
И в родной Сибирский тыл бурозема не пустил.
В страстной стойкости борца при осаде солонца
Узнаем характер твой – настоящий ГРАДОБОЙ!
Поздравляем, обнимаем, долголетия желаем,
И чтоб творческий накал никогда не угасал,
Чтоб для Родины своей «не расседлывал коней».

Вот таким замечательным Человеком с большой буквы был для нас выпускник – почвовед Пермского сельскохозяйственного института Н.Д. Градобоев.

N.V. Semendyayeva^{1,2}

¹Siberian Scientific Research Institute of Agriculture and Chemization of the Siberian Federal Scientific Center for Agrobiotechnologies of the Russian Academy of Sciences, Russia

²Novosibirsk State Agrarian University, Russia

e-mail: semendyeva@ngs.ru

N.D. GRADOBOEV - A GRADUATE OF THE PERM AGRICULTURAL INSTITUTE, MY TEACHER

Abstract. N.D. Gradoboev (1913 - 1975), an outstanding scientist, a soil scientist was a graduate of the Perm Agricultural Institute in 1936, where his character was formed. He was distinguished by his firmness of spirit, purposefulness, great diligence, amazing warmth and vitality. N.D. Gradoboev compiled soil map of the Republic of Khakassia. Under his leadership, design and estimate departments for soil melioration (chemical melioration of solonets and the liming of acid soils) were formed in the USSR. Many candidates and doctors of science, whose names are widely known both in Russia and abroad, have been prepared.

Keywords: N.D. Gradoboev, a soil scientist, a graduate of the Perm Agricultural Institute.

Содержание

ПЛЕНАРНЫЕ ДОКЛАДЫ / PLENARY REPORT	4
<i>Васильев А.А.</i> ПРОФЕССИОНАЛЬНОЕ СТАНОВЛЕНИЕ ПОЧВОВЕДА В.В. НИКИТИНА В МОСКОВСКОМ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОМ ИНСТИТУТЕ (1906-1912 ГГ.) <i>Vasiliev A.A.</i> PROFESSIONAL DEVELOPMENT OF V.V. NIKITIN AS SOIL SCIENTIST AT THE MOSCOW AGRICULTURAL INSTITUTE (1906-1912).....	4
<i>Безуглова О.С.</i> КРАСНАЯ КНИГА ПОЧВ КАК БАЗА ДАННЫХ ПРИ ОБОСНОВАНИИ ОХРАННЫХ МЕРОПРИЯТИЙ И В МОНИТОРИНГОВЫХ РАБОТАХ <i>Bezuglova O.S.</i> RED BOOK OF SOILS AS A DATABASE FOR JUSTIFICATION OF SECURITY MEASURES AND FOR MONITORING WORKS.....	15
<i>Катай Я., Балла-Ковач А., Ваго И., Таллаи М., Жупосне Олах А.</i> ИЗМЕНЕНИЯ СВОЙСТВ ПОЧВ ВЕНГРИИ В МНОГОЛЕТНЕМ ЭКСПЕРИМЕНТЕ ПО ВНЕСЕНИЮ УДОБРЕНИЙ <i>Kátai J., Balláné Kovács A., Vágó I., Tállai M., Zsuposné Oláh Á.</i> CHANGES IN SOIL PROPERTIES IN A LONG-TERM FERTILIZATION EXPERIMENTS IN HUNGARY.....	20
<i>Халеди Дарвишан А., Седигхи Ф., Махмуди Б., Фатхи Дарех Ниджех Е., Азами Н., Ходаморádi Х., Фараджи Дж., Хорсанд М., Дерикванди М.</i> ИССЛЕДОВАНИЕ ЭРОЗИИ ПОЧВ В ВОДОСБОРАХ ХАМСАН: ПОДХОДЫ И ЦЕЛИ <i>Khaledi Darvishan A., Sedighi F., Mahmoudi B., Fathi Dareh Nijeh E., Azami N., Khodamoradi H., Faraji J., Khorsand M., Derikvandi M.</i> SOIL EROSION RESEARCH IN KHAMSAN REPRESENTATIVE AND PAIRED WATERSHEDS (KHRPW): APPROACHES AND GOALS.....	25
<i>Ручи Мермут А.</i> НОВЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ В ПОЧВОВЕДЕНИИ И СТРАТЕГИИ УСТОЙЧИВОГО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА <i>Ruchi Mermut A.</i> NEW DEVELOPMENTS IN SOIL SCIENCE AND STRATEGIES FOR SUSTAINABLE AGRICULTURE.....	32
СЕКЦИЯ 1. ГЕНЕЗИС, КЛАССИФИКАЦИЯ, ЭВОЛЮЦИЯ ПОЧВ. МУЛЬТИДИСЦИПЛИНАРНЫЕ АСПЕКТЫ ПОЧВОВЕДЕНИЯ SECTION 1. GENESIS, CLASSIFICATION, EVOLUTION OF SOILS. MULTIDISCIPLINARY ASPECTS OF SOIL SCIENCE	34
<i>Азаренок Т.Н., Шульгина С.В., Матыченкова О.В.</i> РЕГИОНАЛЬНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ТРАНСФОРМАЦИИ ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА БЕЛАРУСИ <i>Azarenok T.N., Shulgina S.V., Matychenkova O.V.</i> REGIONAL PECULIARITIES OF TRANSFORMATION OF SOIL COVER OF BELARUS.....	34
<i>Апарин Б.Ф., Лазарева М.А.</i> ПРОБЛЕМЫ ИНВЕНТАРИЗАЦИИ АНТРОПОГЕННО-ТРАНСФОРМИРОВАННЫХ ПОЧВ <i>Aparin B.F., Lazareva M.A.</i> PROBLEMS OF INVENTORY OF ANTHROPOGENICALLY TRANSFORMED SOILS.....	37

<i>Болдырева В.Э., Безуглова О.С., Морозов К.В., Шкуропадская И.В.</i> СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА РЕЗУЛЬТАТОВ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКОГО СОСТАВА ЧЕРНОЗЕМА ОБЫКНОВЕННОГО КАРБОНАТНОГО <i>Boldyreva V.E., Bezuglova O.S., Morozov K.V., Shkuropadskaya I.V.</i> COMPARATIVE EVALUATION OF THE RESULTS OF DETERMINING THE PARTICLE- SIZE DISTRIBUTION OF ORDINARY CARBONATE CHERNOZEM.....	43
<i>Валдайских В.В.</i> ГЛУБИНА СЕЗОННОГО ПРОТАИВАНИЯ ПОЧВ ЯМАЛЬСКОЙ ЛЕСОТУНДРЫ В СВЯЗИ С ОСОБЕННОСТЯМИ ИХ ДРЕНАЖА <i>Valdayskikh V.V.</i> THE DEPTH OF SEASONAL SOIL THAWING OF THE YAMAL FOREST-TUNDRA IN ACCORDANCE WITH THE PECULIARITIES OF THEIR DRAINAGE.....	47
<i>Денева С.В., Шамрикова Е.В., Кубик О.С.</i> ОСОБЕННОСТИ ГЕНЕЗИСА И ПРОБЛЕМЫ КЛАССИФИКАЦИИ МАРШЕВЫХ ПОЧВ ПОБЕРЕЖЬЯ БАРЕНЦЕВА МОРЯ <i>Deneva S.V., Shamrikova Ye.V., Kubik O.S.</i> GENESIS FEATURES AND CLASSIFICATION PROBLEMS OF THE MARSH SOILS OF THE BARENTS SEA COAST.....	51
<i>Еремченко О.З., Шестаков И.Е., Ушаков В.Ю.</i> СВОЙСТВА ПОЧВ НА ЭЛЮВИИ ГИПСОВ В ПЕРМСКОМ КРАЕ <i>Eremchenko O.Z., Shestakov I.E., Ushakov V.Yu.</i> PROPERTIES OF SOILS ON GYPSUM ELUVIUM IN THE PERM KRAI.....	55
<i>Ермакова Л.С., Лобанова Е.С.</i> МИКРОАГРЕГАТНЫЙ СОСТАВ ПОЧВ ПЕРМСКОГО КРАЯ <i>Ermakova L.S., Lobanova E.S.</i> MICROAGGREGATE COMPOSITION OF SOILS OF THE PERM KRAI.....	57
<i>Жангуров Е.В.</i> РАЗНООБРАЗИЕ И ДИАГНОСТИКА КРИОГЕННЫХ ПРОЦЕССОВ В ПОЧВАХ ГОРНОЙ КАТЕНЫ ПРИПОЛЯРНОГО УРАЛА <i>Zhangurov E.V.</i> DIVERSITY AND DIAGNOSTICS OF CRYOGENIC PROCESSES IN SOILS OF THE MOUNTAIN CATENA OF THE NETHER-POLAR URALS.....	60
<i>Жангуров Е.В., Дубровский Ю.А., Старцев В.В., Дымов А.А.</i> ЭТАЛОННЫЕ И РЕДКИЕ ПОЧВЫ ПРИПОЛЯРНОГО УРАЛА НА ЮЖНОЙ ГРАНИЦЕ КРИОЛИТОЗОНЫ: МОРФОЛОГИЯ, СВОЙСТВА, КЛАССИФИКАЦИЯ <i>Zhangurov E.V., Dubrovskiy Yu. A., Startsev V.V., Dymov A.A.</i> REFERENCE AND RARE SOILS OF THE NETHER-POLAR URALS ON THE SOUTHERN BORDER OF CRYOLITHOZONE: MORPHOLOGY, PROPERTIES, CLASSIFICATION.....	64
<i>Исмаилов А.И., Бабаев М.П., Гусейнова С.М.</i> МЕСТО ОСНОВНЫХ ПОЧВЕННЫХ ТАКСОНОВ АЗЕРБАЙДЖАНА В МЕЖДУНАРОДНОЙ СИСТЕМЕ <i>Ismailov A.I., Babaev M.P., Guseinova S.M.</i> THE PLACE OF THE MAIN SOIL TAXONS OF AZERBAIJAN IN THE INTERNATIONAL SYSTEM.....	67
<i>Козлова А.А.</i> ОСОБЕННОСТИ ГЕНЕЗИСА, ЭВОЛЮЦИИ ПОЧВ ЮЖНОГО ПРЕДБАЙКАЛЬЯ <i>Kozlova A.A.</i> FEATURES OF GENESIS, SOIL EVOLUTION OF THE SOUTHERN PREDBAIKAL.....	70

<i>Лобанова Е.С.</i> РОЛЬ ГУМУСА В ОБРАЗОВАНИИ СТРУКТУРЫ ПОЧВ ПЕРМСКОГО КРАЯ <i>Lobanova E.S.</i> ROLE OF HUMUS IN THE FORMATION OF SOIL STRUCTURE OF THE PERM KRAI.....	76
<i>Лопатовская О.Г.</i> ЗАСОЛЕННЫЕ ПОЧВЫ ЗАПАДНОГО ПРИБАЙКАЛЯ <i>Lopatovskaya O.G.</i> SALINE SOILS OF THE WESTERN PRIBAIKAL.....	80
<i>Макарова И.А., Кондратьева М.А.</i> О СТРУКТУРЕ ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА ПЕРМСКОГО КРАЯ <i>Makarova I.A., Kondrateva M.A.</i> ABOUT THE STRUCTURE OF THE SOIL COVER OF THE PERM KRAI.....	84
<i>Мальшиева Г.С., Кондратьева М.А.</i> ПОЧВЫ ООПТ «ЛИПОВАЯ ГОРА» Г. ПЕРМЬ <i>Malysheva G.S., Kondrateva M.A.</i> SOILS OF «LIPOVAYA GORA», A SPECIALLY PROTECTED AREA OF PERM.....	88
<i>Мартынова Н.А.</i> ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ПОЧВЕННО-ЛАНДШАФТНЫХ КОМПЛЕКСОВ ЕСТЕСТВЕННЫХ ЦЕНОЗОВ ГОРНЫХ ТЕРРИТОРИЙ БАЙКАЛЬСКОЙ РИФТОВОЙ ЗОНЫ <i>Martynova N.A.</i> ECOLOGICAL ESTIMATION OF SOIL-LANDSCAPE COMPLEXES OF NATURAL CENOSISES IN MOUNTAIN AREAS OF THE BAIKAL RIFT ZONE.....	92
<i>Минаева Е.Н.</i> ГЕНЕЗИС КАРБОНАТНЫХ НОВООБРАЗОВАНИЙ В КАШТАНОВЫХ ПОЧВАХ <i>Minaeva E.N.</i> GENESIS OF CARBONATE NEW FORMATIONS ON CHESTNUT SOILS.....	97
<i>Попов А.И.</i> СПОСОБНОСТЬ КОЛЛОИДНЫХ МИЦЕЛЛ ГУМИНОВЫХ ВЕЩЕСТВ СОЛЮБИЛИЗИРОВАТЬ ФОТОСИНТЕТИЧЕСКИЕ ПИГМЕНТЫ <i>Porov A.I.</i> ABILITY OF COLLOIDAL MICELLES OF HUMIC SUBSTANCES TO SOLUBILIZE PHOTOSYNTHETIC PIGMENTS.....	100
<i>Приходько В.Е.</i> РЕКОНСТРУКЦИЯ КЛИМАТА И ПОЧВ ЛЕСОСТЕПИ В ГОЛОЦЕНЕ В ЦЕНТРАЛЬНОМ ЧЕРНОЗЕМЬЕ И ЗАПАДНОЙ СИБИРИ <i>Prikhodko V.E.</i> RECONSTRUCTION OF CLIMATE AND FOREST-STEPPE SOILS IN HOLOCENE OF THE CENTRAL CHERNOZEMIC AREA AND THE WESTERN SIBERIA.....	104
<i>Прохоренко В., Хаджамбердиев И.</i> ВОДНО-ПОЧВЕННЫЙ КРИЗИС В ЦЕНТРАЛЬНОЙ АЗИИ <i>Prokhorenko V., Hadjamberdiev I.</i> WATER-SOIL CRISIS IN CENTRAL ASIA.....	109
<i>Прохоров И.С.</i> ПОЧВЕННЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ В «ЛИТОПИСЯХ ПРИРОДЫ» ООПТ ФЕДЕРАЛЬНОГО ЗНАЧЕНИЯ <i>Prokhorov I.S.</i> SOIL RESEARCH IN «CHRONICLES OF NATURE» OF SPECIALLY PROTECTED AREA OF FEDERAL SIGNIFICANCE.....	112

<i>Рымаренко Д.А., Депутатов К.В., Панасин В.И.</i> ВЕРТИКАЛЬНОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ЦИНКА В ПРОФИЛЯХ ПОЧВ КАЛИНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ <i>Rymarenko D.A., Deputatov K.V., Panasin V.I.</i> VERTICAL DISTRIBUTION OF ZINC IN SOIL PROFILES OF THE KALININGRAD OBLAST.....	116
<i>Сайранова П.Ш., Самофалова И.А.</i> КИСЛОТНЫЙ СЛЕД В ПОЧВАХ НА ЗАПАДНОМ СКЛОНЕ ХРЕБТА БАСЕГИ <i>Sayranova P.Sh., Samofalova I.A.</i> ACID TRACES IN SOILS ON THE WESTERN SLOPE OF THE BASEGA RIDGE.....	120
<i>Самофалова И.А.</i> ЛИТОГЕОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ПОЧВ (СРЕДНИЙ УРАЛ) <i>Samofalova I.A.</i> LITHOGEOCHEMICAL CHARACTERISTICS OF SOILS (MIDDLE URALS)	124
<i>Самофалова И.А., Фомина А.Г.</i> ХАРАКТЕРИСТИКА КАЧЕСТВЕННОГО СОСТАВА ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА В ПОЧВАХ (ХРЕБЕТ БАСЕГИ, СРЕДНИЙ УРАЛ) <i>Samofalova I.A., Fomina A.G.</i> CHARACTERISTICS OF THE QUALITATIVE COMPOSITION OF ORGANIC MATTER IN SOIL (BASEGA RANGE, MIDDLE URALS)	129
<i>Самофалова И.А., Желыасков А.Л.</i> ИЗУЧЕНИЕ ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА ЗАПОВЕДНЫХ ТЕРРИТОРИЙ <i>Samofalova I.A., Zhelyaskov A.L.</i> STUDY OF SOIL COVER OF RESERVED TERRITORIES.....	133
<i>Семендяева Н.В.</i> СВОЙСТВА И МЕЛИОРАЦИЯ СОЛОНЦОВ БАРАБИНСКОЙ РАВНИНЫ <i>Semendyaeva N.V.</i> PROPERTIES AND MELIORATION OF SALINE SOILS OF THE BARABINSKAYA LOWLAND.....	138
<i>Хмелева В.В., Самофалова И.А.</i> МОРФОЛОГО-ГЕНЕТИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПОЧВ ОТДЕЛА АЛЬФЕГУМУСОВЫЕ В ГОРНОЙ ТУНДРЕ НА СРЕДНЕМ УРАЛЕ <i>Khmeleva V.V., Samofalova I.A.</i> MORPHOLOGICAL AND GENETIC CHARACTERISTICS OF ALPHENUMUS SOILS IN MOUNTAIN TUNDRA IN THE MIDDLE URALS.....	142
<i>Чернова О.В.</i> ВЕЛИЧИНА И СТРУКТУРА ЗАПАСОВ ОРГАНИЧЕСКОГО УГЛЕРОДА КАК ПОКАЗАТЕЛЬ УСТОЙЧИВОСТИ И СТЕПЕНИ ПРЕОБРАЗОВАННОСТИ РЕГИОНОВ <i>Chernova O.V.</i> AMOUNT AND STRUCTURE OF ORGANIC CARBON STOCK AS AN INDICATOR OF REGION TRANSFORMATION AND STABILITY.....	146
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.....	151
<i>Аксенова Ю.В., Азаренко Ю.А.</i> ВЛИЯНИЕ ДЛИТЕЛЬНОГО АГРОГЕННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ПЛОДОРОДИЕ ЛУГОВО-ЧЕРНОЗЕМНОЙ ПОЧВЫ ОМСКОГО ПРИИРТЫШЬЯ <i>Aksenova Yu.V., Azarenko Yu.A.</i> INFLUENCE OF LONG AGROGENIC ACTION ON FERTILITY OF MEADOW- CHERNOZEM SOIL OF THE OMSK PRIIRTYSHJE.....	151

<i>Алёшин М.А., Михайлова Л.А.</i> УВЕЛИЧЕНИЕ УРОЖАЙНОСТИ ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ ЗА СЧЁТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В СЕВООБОРОТЕ БИОЛОГИЧЕСКОГО ПОТЕНЦИАЛА ЗЕРНОБОБОВЫХ КУЛЬТУР <i>Alyoshin M.A., Mikhailova L.A.</i> INCREASING THE YIELD OF SPRING WHEAT DUE TO THE USE OF THE BIOLOGICAL POTENTIAL OF LEGUMINOUS CROPS IN CROP ROTATION.....	155
<i>Балла-Ковач А., Катай Я., Ваго И., Юхас Э., Наги Н., Конья Й.</i> ВЛИЯНИЕ ВОЗРАСТАЮЩИХ ДОЗ ВНОСИМОГО ФОСФОРА И ИНКУБАЦИОННОГО ПЕРИОДА ПОЧВЫ НА УРОЖАЙНОСТЬ БИОМАССЫ И ПОГЛОЩЕНИЕ ФОСФОРА ПЛЕВЕЛОМ (<i>LOLIUM PERENNE</i> L.) <i>Balla Kovacs A., Katai J., Vago I., Juhasz E., Nagy N., Konya J.</i> EFFECT OF SOIL PRE-INCUBATION WITH INCREASING PHOSPHORUS DOSES ON THE BIOMASS PRODUCTION AND PHOSPHORUS UPTAKE OF RYEGRASS (<i>LOLIUM</i> <i>PERENNE</i> L.)	159
<i>Ваго И., Балла-Ковач А., Катай Я.</i> АНАЛИЗ ФОРМ АЗОТА И УГЛЕРОДА В НЕКОТОРЫХ ТИПАХ ПОЧВ ВОСТОЧНОЙ ВЕНГРИИ <i>Vágó I., Balla Kovács A., Kátai J.</i> NITROGEN AND CARBON FORMS ANALYSIS IN SOME SOIL TYPES OF EASTERN HUNGARY.....	164
<i>Васбиева М.Т.</i> ВЛИЯНИЕ ДЛИТЕЛЬНОГО ПРИМЕНЕНИЯ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ НА АЗОТНЫЙ И ФОСФАТНЫЙ РЕЖИМ ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ ПОЧВЫ <i>Vasbieva M.T.</i> EFFECT OF LONG-TERM APPLICATION OF MINERAL FERTILIZERS ON THE NITROGEN AND PHOSPHATE STATUS OF SOD-PODZOLIC SOIL.....	170
<i>Волкова В.А., Воронкова Н.А.</i> ОЦЕНКА НАКОПЛЕНИЯ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ПОЧВЕ И ЗЕРНЕ ЯЧМЕНЯ ПРИ ДЛИТЕЛЬНОМ ПРИМЕНЕНИИ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ И СОЛОМЫ <i>Volkova V.A., Voronkova N.A.</i> ESTIMATION OF HEAVY METALS ACCUMULATION IN SOIL AND BARLEY GRAIN WITH LONG-TERM APPLICATION OF MINERAL FERTILIZERS AND STRAW.....	175
<i>Горовцов А.В., Зинченко В.В., Федоренко Е.С., Погоньшиев П.Д., Минкина Т.М., Сушкова С.Н., Манджиева С.С.</i> ВЛИЯНИЕ УГЛЕРОДИСТЫХ СОРБЕНТОВ НА УРЕАЗНУЮ АКТИВНОСТЬ ЧЕРНОЗЕМА ОБЫКНОВЕННОГО КАРБОНАТНОГО НА ФОНЕ ЗАГРЯЗНЕНИЯ МЕДЬЮ <i>Gorovtsov A.V., Zinchenko V.V., Fedorenko E.S., Pogonyshiev P.D., Minkina T.M., Sushkova S.N., Mandzhieva S.S.</i> INFLUENCE OF CARBON SORBENTS ON UREASE ACTIVITY OF ORDINARY CALCAREOUS CHERNOZEM UNDER COPPER POLLUTION.....	178
<i>Гюлалыев Ч.Г.</i> ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЛАЖНОСТИ ПОЧВ МЕТОДОМ ИЗМЕРЕНИЯ ЕМКОСТНОГО ДАТЧИКА <i>Gulalyev Ch.G.</i> DETERMINATION OF SOIL HUMIDITY BY THE METHOD OF CAPACITIVE SENSOR MEASUREMENT.....	182
<i>Дыдышко С.В.</i> ТРАНСФОРМАЦИЯ СВОЙСТВ ДЕРНОВО-ПАЛЕВО-ПОДЗОЛИСТЫХ ПОЧВ БЕЛАРУСИ ПОД ВЛИЯНИЕМ АГРОГЕННЫХ ВОЗДЕЙСТВИЙ <i>Dydyshko S.V.</i> TRANSFORMATION OF THE PROPERTIES OF SOD PALE-PODZOLIC SOILS OF BELARUS UNDER THE INFLUENCE OF AGROGENIC EFFECTS.....	186

<i>Елькина Г.Я., Лаптева Е.М., Лиханова И.А., Холопов Ю.В.</i> ПОСТАГРОГЕННАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ ПОДЗОЛИСТЫХ ПОЧВ СРЕДНЕЙ ТАЙГИ <i>Elkina G.Ya., Lapteva E.M., Likhanova I.A., Kholopov Yu.V.</i> POST-AGROGENIC TRANSFORMATION OF PODZOLIC SOILS OF THE MIDDLE TAIGA	189
<i>Медведева А.М., Бирюкова О.А.</i> ВЛИЯНИЕ ТЕХНОЛОГИИ NO-TILL НА СОСТОЯНИЕ ПЛОДОРОДИЯ ЧЕРНОЗЕМА ОБЫКНОВЕННОГО <i>Medvedeva A.M., Birukova O.A.</i> INFLUENCE OF NO-TILL TECHNOLOGY ON FERTILITY STATE OF ORDINARY CHERNOZEM.....	194
<i>Минакова О.А.</i> ВЛИЯНИЕ ДЛИТЕЛЬНОГО ПРИМЕНЕНИЯ УДОБРЕНИЙ НА СОДЕРЖАНИЕ HG, AS, SR-90 И CS-137 В АГРОЦЕНОЗЕ ЦЧР <i>Minakova O.A.</i> INFLUENCE OF LONG-TERM APPLICATION OF FERTILIZERS ON THE CONTENT OF HG, AS, SR-90, AND CS-137 IN AGROCENOSIS OF THE CENTRAL CHERNOZEM REGION.....	197
<i>Мудрых Н.М.</i> ИЗМЕНЕНИЕ БИОЛОГИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ ПОЧВ ПРИ ПРИМЕНЕНИИ УДОБРЕНИЙ <i>Mudrykh N.M.</i> CHANGE OF BIOLOGICAL ACTIVITY OF SOILS AT APPLICATION OF FERTILIZERS...	201
<i>Мудрых Н.М., Ямалтдинова В.Р., Шишков Д.Г.</i> ИЗМЕНЕНИЕ СОСТАВА ГУМУСА ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ ПОЧВЫ ПРИ ДЛИТЕЛЬНОМ ПРИМЕНЕНИИ УДОБРЕНИЙ <i>Mudrykh N.M., Yamaltdinova V.R., Shishkov D.G.</i> CHANGES IN THE HUMUS COMPOSITION OF SOD-PODZOLIC SOIL AT DURING LONG APPLICATION OF FERTILIZERS.....	204
<i>Олехов В.Р., Тетерлев И.С.</i> УРОЖАЙНОСТЬ ЯРОВОГО ЯЧМЕНЯ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ МИНЕРАЛЬНОГО ПИТАНИЯ <i>Olekhov V.R., Teterlev I.S.</i> YIELD OF SPRING BARLEY DEPENDING ON MINERAL NUTRITION.....	206
<i>Слюсарев В.Н., Осипов А.В., Пинчук А.П.</i> АЛЬТЕРНАТИВНЫЕ АГРОТЕХНОЛОГИИ И КАТИОНООБМЕННАЯ СПОСОБНОСТЬ ЧЕРНОЗЕМОВ ВЫЩЕЛОЧЕННЫХ КУБАНИ <i>Slyusarev V.N., Osipov A.V., Pinchuk A.P.</i> ALTERNATIVE AGRICULTURAL TECHNOLOGIES AND CATION-EXCHANGE CAPACITY OF LEACHED CHERNOZEM OF THE KUBAN.....	209
<i>Ташкинова А.Ю., Лобанова Е.С.</i> АГРОФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПОЧВ НА ТЕРРИТОРИИ ЗЕМЕЛЬНЫХ УЧАСТКОВ ФГБОУ ВО ПЕРМСКИЙ ГАТУ <i>Tashkinova A.Yu., Lobanova E.S.</i> AGROPHYSICAL PROPERTIES OF SOIL ON THE LAND PLOTS OF PERM STATE AGRO-TECHNOLOGICAL UNIVERSITY.....	215
<i>Уланов А.К., Будажапов Л.В., Билтуев А.С.</i> ИЗМЕНЕНИЕ МОРФОЛОГИЧЕСКИХ И АГРОХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ КАШТАНОВОЙ ПОЧВЫ ПРИ РАЗЛИЧНОМ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ПАШНИ В СУХОЙ СТЕПИ БУРЯТИИ <i>Ulanov A.K., Budazhapov L.V., Biltuev A.S.</i> CHANGES IN MORPHOLOGICAL AND AGROCHEMICAL PROPERTIES OF CHESTNUT SOIL WITH DIFFERENT USE OF TILLED FIELD IN THE DRY STEPPE OF BURYATIA....	219

<i>Фещенко В.П.</i> СОДЕРЖАНИЕ КАДМИЯ В ПОЧВАХ РАЗНЫХ ПРИРОДНО- ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКИХ РАЙОНОВ НОВОСИБИРСКОЙ ОБЛАСТИ <i>Feshchenko V.P.</i> CADMIUM CONTENT IN SOILS OF DIFFERENT NATURAL-GEOMORPHOLOGICAL DISTRICTS OF NOVOSIBIRSK OBLAST.....	223
<i>Фомина Н.В.</i> ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИКИ МИКРОБНОГО ТОКСИКОЗА В АГРОЦЕНОЗАХ КРАСНОЯРСКОЙ ЛЕСОСТЕПИ <i>Fomina N.V.</i> STUDY OF MICROBIAL TOXICOSIS DYNAMICS IN AGROCENOSES OF KRASNOYARSK FOREST STEPPE.....	226
<i>Шульгина С.В., Азаренок Т.Н., Матыченков Д.В.</i> РАЗРАБОТКА НАУЧНО-МЕТОДИЧЕСКИХ ОСНОВ СОЗДАНИЯ ЭЛЕКТРОННОГО РЕЕСТРА ПОЧВ БЕЛАРУСИ <i>Shulgina S.V., Azarenok T.N., Matyuchenkov D.V.</i> DEVELOPMENT OF SCIENTIFIC AND METHODOLOGICAL BASES FOR ELECTRONIC SOIL REGISTER OF BELARUS.....	229
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.....	233
<i>Байкин Ю.Л., Беличев А.А., Гусев А.С.</i> ПУТИ ПОЛУЧЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКИ БЕЗОПАСНОЙ ПРОДУКЦИИ НА ПОЧВАХ, ЗАГРЯЗНЕННЫХ ТЯЖЕЛЫМИ МЕТАЛЛАМИ <i>Baikin Yu.L., Belichev A.A., Gusev A.S.</i> WAYS TO PRODUCE ENVIRONMENTALLY SAFE PRODUCTS ON SOIL CONTAMINATED WITH HEAVY METALS.....	233
<i>Бауэр Т.В., Минкина Т.М., Бурачевская М.В., Манджиева С.С.</i> ЭКОЛОГО-ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПОЧВ ОКРЕСТНОСТЕЙ Г НОВОЧЕРКАССКА (В ЗОНЕ ВЛИЯНИЯ ПАО «ОГК-2» «НОВОЧЕРКАССКАЯ ГРЭС») <i>Bauer T.V., Minkina T.M., Burachevskaya M.V., Mandzhieva S.S.</i> ENVIRONMENTAL AND GEOCHEMICAL INVESTIGATIONS OF SOILS JOINT TO NOVOCHERKASSK (IN THE IMPACT ZONE OF THE «OGK-2»NOVOCHERKASSK STATE DISTRICT POWER STATION).....	237
<i>Боброва А.В., Пименова Е.В., . . .</i> ПОЧВЫ НА ТЕРРИТОРИИ ООПТ ЧЕРНЯЕВСКИЙ ЛЕС Г. ПЕРМИ <i>Bobrova A.V., Pimenova E.V., Voyko T.A.</i> SOILS ON THE TERRITORY OF SPECIALLY PROTECTED NATURAL AREAS CHERNYAEVSKY FOREST, PERM.....	242
<i>Каренгина Л.Б., Байкин Ю.Л., Беличев А.А., Гусев А.С.</i> ФТОРИДНОЕ ЗАГРЯЗНЕНИЕ ПОЧВ В ОКРЕСТНОСТИ КРИОЛИТОВОГО ЗАВОДА И ЕГО ВЛИЯНИЕ НА РАСТЕНИЯ <i>Karengina L.B., Baikin Yu.L., Belichev A.A., Gusev A.S.</i> FLUORIDE POLLUTION OF SOILS IN THE VICINITY OF CRYOLITE PLANT AND ITS IMPACT ON PLANTS.....	245
<i>Кондратьева М.А.</i> ПОЧВООБРАЗОВАНИЕ НА УГОЛЬНЫХ ОТВАЛАХ КИЗЕЛОВСКОГО БАССЕЙНА <i>Kondrateva M.A.</i> SOIL FORMATION ON COAL-MINE TAILINGS OF THE KIZELOVSKY BASIN.....	249

<i>Константинова А.С.</i> СОДЕРЖАНИЕ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ТАЛЛОМАХ <i>XANTHORIA PARIETINA L.</i> В УСЛОВИЯХ Г. ИЖЕВСКА <i>Konstantinova A.S.</i> CONTENT OF HEAVY METALS IN THALLI OF <i>XANTHORIA PARIETINA L.</i> IN THE CONDITIONS OF IZHEVSK.....	252
<i>Лаптева Е.М., Виноградова Ю.А., Кряжева Е.Ю., Ковалева В.А., Перминова Е.М.</i> ФОРМИРОВАНИЕ МИКРОБНЫХ КОМПЛЕКСОВ В ПОЧВАХ ПРОМЫШЛЕННЫХ ГОРОДОВ ЕВРОПЕЙСКОГО СЕВЕРО-ВОСТОКА <i>Lapteva E.M., Vinogradova Yu.A., Kryazheva E.Yu., Kovaleva V.A., Perminova E.M.</i> FORMATION OF MICROBIAL COMPLEXES IN THE SOILS OF INDUSTRIAL CITIES OF THE EUROPEAN NORTH-EAST OF RUSSIA.....	255
<i>Минкина Т., Раяпут В., Чаплыгин В., Лысенко В., Сазонов И., Барбашев А., Шушкова С., Брен Д., Яковленко А.</i> РОЛЬ БИОХАРА И ДИАТОМИТА В ФОТОСИНТЕТИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ ЯЧМЕНЯ В ЗАГРЯЗНЕННЫХ КАДМИЕМ ПОЧВАХ <i>Minkina T., Rajput V., Chaplygin V., Lysenko V., Sazonov I., Barbashev A., Sushkova S., Bren D., Yakovlenko A.</i> ROLE OF BIOCHAR AND DIATOMITE ON PHOTOSYNTHETIC ACTIVITY OF BARLEY IN CD-POLLUTED SOIL.....	259
<i>Минкина Т.М., Невидомская Д.Г., Подковырина Ю.С., Бурачевская М.В., Бауэр Т.В., Чаплыгин В.А., Манджиева С.С.</i> АНАЛИЗ МОЛЕКУЛЯРНО-СТРУКТУРНОГО СОСТОЯНИЯ МЕДИ В ЗАГРЯЗНЕННОМ ЧЕРНОЗЕМЕ ОБЫКНОВЕННОМ ПРИ ПОСТУПЛЕНИИ МЕТАЛЛА В ФОРМЕ ЛЕГКО- И ТРУДНОРАСТВОРИМЫХ СОЕДИНЕНИЙ <i>Minkina T.M., Nevidomskaya D.G., Podkovyrina Yu.S., Burachevskaya M.V., Bauer T.V., Chaplygin V.A., Mandzhieva S.S.</i> ANALYSIS OF THE MOLECULAR-STRUCTURAL STATE OF COPPER IN ORDINARY CHERNOZEM CONTAMINATED WITH EASILY AND HARDLY SOLUBLE METAL COMPOUNDS.....	263
<i>Минкина Т.М., Невидомская Д.Г., Чаплыгин В.А., Манджиева С.С., Литвинов Ю.А.</i> ОСОБЕННОСТИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В РАСТИТЕЛЬНОСТИ РАЙОНА ПРОМЫШЛЕННЫХ ОТСТОЙНИКОВ СТОЧНЫХ ВОД <i>Minkina T.M., Nevidomskaya D.G., Chaplygin V.A., Mandzhieva S.S., Litvinov Yu.A.</i> PECULIARITIES OF HEAVY METAL DISTRIBUTION IN VEGETATION AROUND THE ZONE OF INDUSTRIAL WASTEWATER STORAGE TANKS.....	267
<i>Митракова Н.В., Москвина Н.В.</i> СВОЙСТВА ПОЧВ И ТЕХНОГЕННЫХ ПОВЕРХНОСТНЫХ ОБРАЗОВАНИЙ В ЖИЛЫХ РАЙОНАХ ГОРОДА ПЕРМИ <i>Mitrakova N.V., Moskvina N.V.</i> PROPERTIES OF SOILS AND TECHNOGENIC SURFACE FORMATIONS IN THE RESIDENTIAL AREAS OF PERM.....	271
<i>Москвина Н.В., Фаткуллина А.З.</i> ОЦЕНКА УСТОЙЧИВОСТИ ТПО К ЗАГРЯЗНЕНИЮ СВИНЦОМ И КАДМИЕМ НА НАЧАЛЬНЫХ СТАДИЯХ ГОРОДСКОГО ПОЧВООБРАЗОВАНИЯ <i>Moskvina N.V., Fatkullina A.Z.</i> ASSESSMENT OF THE TSF RESISTANCE TO LEAD AND CADMIUM POLLUTION AT INITIAL STAGES OF URBAN SOIL FORMATION.....	274
<i>Подурец О.И.</i> СПЕЦИФИКА ДИНАМИКИ ЭРОЗИОННЫХ ПРОЦЕССОВ В ЧЕРНОЗЕМНЫХ ПОЧВАХ И ТЕХНОЗЕМАХ СЕЛИТЕБНОЙ ТЕРРИТОРИИ ГОРОДА НОВОКУЗНЕЦКА <i>Podurets O.I.</i> DYNAMICS PRINCIPLE OF EROSION PROCESSES IN CHERNOZEM AND TECHNOZEM SOILS OF RESIDENTIAL TERRITORY OF NOVOKUZNETSK.....	278

<i>Попилешко Я.А., Сушкова С.Н., Антоненко Е.М., Минкина Т.М., Бауэр Т.В., Барахов А.В.</i> СОРБЦИОННЫЙ МЕТОД ОЧИСТКИ ПОЧВЫ ОТ БЕНЗ(А)ПИРЕНА С ПОМОЩЬЮ ДРЕВЕСНОГО АКТИВИРОВАННОГО УГЛЯ <i>Popileshko Ya.A., Sushkova S.N., Antonenko E.M., Minkina T.M., Bauer T.V., Barakhov A.V.</i> SORPTION METHOD OF SOIL REFINING FROM BENZO[A]PYRENE WITH ACTIVATED CARBON.....	282
<i>Прохоров И.С.</i> ПРАКТИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ПРОИЗВОДСТВА ИСКУССТВЕННЫХ ПОЧВЕННЫХ СУБСТРАТОВ ДЛЯ РЕКУЛЬТИВАЦИИ И БЛАГОУСТРОЙСТВА <i>Prokhorov I.S.</i> PRACTICAL ASPECTS OF ARTIFICIAL SOIL SUBSTRATES PRODUCTION FOR RECUltIVATION AND URBAN REFORESTATION.....	285
<i>Сушкова С.Н., Дудникова Т.С., Антоненко Е.М., Барбашев А.И., Лобзенко И.П., Минкина Т.М.</i> ОЦЕНКА СТЕПЕНИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПОЧВ ТЕРРИТОРИИ ХИМИЧЕСКОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПОЛИЦИКЛИЧЕСКИМИ АРОМАТИЧЕСКИМИ УГЛЕВОДОРОДАМИ <i>Sushkova S.N., Dudnikova T.S., Antonenko E.M., Barbashev A.I., Lobzenko I.P., Minkina T.M.</i> ESTIMATION OF THE SOIL POLLUTION DEGREE IN THE TERRITORY OF CHEMICAL POLLUTION BY POLYCYCLIC AROMATIC HYDROCARBONS.....	289
<i>Рогова О.Б., Федотов П.С., Дженлода Р.Х., Карандышев В.К.</i> ФОРМЫ СОЕДИНЕНИЙ РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫХ МЕТАЛЛОВ В ПОЧВАХ ПЕРМИ <i>Rogova O.B., Fedotov P.S., Dzhenloda R.Kh., Karandyshv V.K.</i> FORMS OF RARE EARTH METALS IN PERM SOILS.....	292
<i>Сушкова С.Н., Чаплыгин В.А., Бауэр Т.В., Минкина Т.М., Федоренко А.Г.</i> ФОНОВОЕ СОДЕРЖАНИЕ И СОСТАВ СОЕДИНЕНИЙ МЕДИ В ЧЕРНОЗЕМЕ ОБЫКНОВЕННОМ РОСТОВСКОЙ ОБЛАСТИ <i>Sushkova S.N., Chaplygin V.A., Bauer T.V., Minkina T.M., Fedorenko A.G.</i> BACKGROUND CONTENT AND COMPOSITION OF COPPER COMPOUNDS IN ORDINARY CHERNOZEM OF ROSTOV OBLAST.....	297
<i>Хасанова Р.Ф., Суюндуков Я.Т., Семенова И.Н., Суюндукова М.Б., Рафикова Ю.С.</i> ОСОБЕННОСТИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ УРБОПОЧВ ГОРНОРУДНОГО РЕГИОНА БАШКОРТОСТАНА <i>Khasanova R.F., Suyundukov Ya.T., Semenova I.N., Suyundukova M.B., Rafikova Yu.S.</i> PECULIARITIES OF URBOSOIL POLLUTION IN THE MINING REGION OF BASHKORTOSTAN.....	301
<i>Черникова Н.П., Чаплыгин В.А., Минкина Т.М., Манджиева С.С., Сушкова С.Н.</i> ВЛИЯНИЕ НА РАЗВИТИЕ И ПРОДУКТИВНОСТЬ <i>HORDEUM SATIVUM DISTICHUM</i> ПРИ ПОСТУПЛЕНИИ В ПОЧВУ CuO РАЗНОЙ СТЕПЕНИ ДИСПЕРСНОСТИ <i>Chernikova N.P., Chaplygin V.A., Minkina T.M., Mandzhiyeva S.S., Sushkova S.N.</i> INFLUENCE ON DEVELOPMENT AND PRODUCTIVITY OF <i>HORDEUM SATIVUM</i> <i>DISTICHUM</i> WHEN CuO OF DIFFERENT DISPERSION DEGREES ACCUMULATES IN SOIL.....	305
<i>Юдина Е.В.</i> ЭКОЛОГО-ГЕОХИМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА ГОРОДСКИХ ЛАНДШАФТОВ, ПРОБЛЕМЫ НОРМИРОВАНИЯ (НА ПРИМЕРЕ ГОРОДА АБАКАНА) <i>Yudina E.V.</i> ECOLOGICAL AND GEOCHEMICAL ASSESSMENT OF SOIL COVER OF URBAN LANDSCAPES, RATIONING PROBLEMS (BY THE EXAMPLE OF THE CITY OF ABAKAN).....	308
СЕКЦИЯ 4. ГЕОИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ В ПОЧВОВЕДЕНИИ, АГРОХИМИИ, ЭКОЛОГИИ SECTION 4. GEOINFORMATION SYSTEMS IN SOIL SCIENCE, AGRO- CHEMISTRY, ECOLOGY.....	313

<i>Гилёв В.Ю., Гилёв О.А.</i> РАЗРАБОТКА МОДЕЛИ ДАННЫХ БАЗЫ ДАННЫХ СОСТАВА И СВОЙСТВ ПОЧВ ПЕРМСКОГО КРАЯ <i>Gilev V.Yu., Gilev O.A.</i> DEVELOPMENT OF A DATA MODEL DATABASE OF SOIL COMPOSITION AND PROPERTIES OF THE PERM KRAI.....	313
<i>Мудрых Н.М., Ямалтдинова В.Р., Шишков Д.Г.</i> ПРОСТРАНСТВЕННАЯ НЕОДНОРОДНОСТЬ АГРОХИМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПОЧВЫ ДЕЛЯНОК ОПЫТА <i>Mudrykh N.M., Yamaltdinova V.R., Shishkov D.G.</i> SPATIAL HETEROGENEITY OF SOIL AGROCHEMICAL PARAMETERS ON EXPERIMENT PLOTS.....	315
<i>Мудрых Н.М., Грига И.И.</i> ВНУТРИПОЛЬНОЕ ВАРЬИРОВАНИЕ СОДЕРЖАНИЯ ПОДВИЖНОГО МАРГАНЦА В ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТЫХ ПОЧВАХ И ЕГО ЗАВИСИМОСТЬ ОТ КИСЛОТНОСТИ <i>Mudrykh N.M., Griga I.I.</i> INTRAFIELD VARIATION CONTENT OF MOBILE MANGANESE IN SOD-PODZOLIC SOILS AND ITS DEPENDENCE ON ACIDITY.....	319
<i>Трифонова Т.А., Шутов П.С.</i> ПРОСТРАНСТВЕННЫЙ АНАЛИЗ СТРУКТУРЫ РЕЧНОГО БАССЕЙНА ПРИ ВЫЯВЛЕНИИ АНТРОПОГЕННО-ТРАНСФОРМИРОВАННЫХ ЛАНДШАФТОВ <i>Trifonova T.A., Shutov P.S.</i> SPATIAL ANALYSIS OF THE RIVER BASIN STRUCTURE IN IDENTIFYING ANTHROPOGENICALLY TRANSFORMED LANDSCAPES.....	324
<i>Чащин А.Н., Жижилев В.П.</i> АГРОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ТИПИЗАЦИЯ ЗЕМЕЛЬ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ДАННЫХ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ <i>Chashchin A.N., Zhizhilev V.P.</i> AGROECOLOGICAL TYPIZATION OF LANDS USING REMOTE SENSING DATA.....	329
<i>Шпедт А.А., Трубников Ю.Н.</i> ЦИФРОВИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ ЗЕМЛЕДЕЛИЯ КРАСНОЯРСКОГО КРАЯ <i>Shpedt A.A., Trubnikov Yu.N.</i> DIGITALIZATION OF THE KRASNOYARSK KRAI'S AGRICULTURE SYSTEM.....	333
СЕКЦИЯ 5. МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ В ПОЧВОВЕДЕНИИ SECTION 5. MATHEMATICAL METHODS IN SOIL SCIENCE.....	337
<i>Ганичева А.В., Ганичев А.В.</i> НЕЧЕТКИЙ КЛАСТЕРНЫЙ АНАЛИЗ ПОЧВ <i>Ganicheva A.V., Ganichev A.V.</i> FUZZY CLUSTER ANALYSIS OF SOIL.....	337
<i>Замулина И.В., Минкина Т.М., Бурачевская М.В., Манджиева С.С., Барахов А.В.</i> СТАТИСТИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКОГО СОСТАВА ЧЕРНОЗЕМОВ И КАШТАНОВЫХ ПОЧВ РОСТОВСКОЙ ОБЛАСТИ <i>Zamulina I.V., Minkina T.M., Burachevskaya M.V., Mandzhieva S.S., Barakhov A.V.</i> STATISTICAL CHARACTERISTICS OF THE PARTICLE-SIZE COMPOSITION OF CHERNOZEMS AND KASTONOZEMS SOILS OF THE ROSTOV REGION.....	341
<i>Кононцева Е.В., Пивоварова Е.Г., Хлуденцов Ж.Г.</i> МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ДИАГНОСТИКИ ЦЕНТРАЛЬНЫХ ОБРАЗОВ ЧЕРНОЗЕМОВ ОБЫКНОВЕННЫХ СРЕДНЕГУМУСНЫХ СРЕДНМОЩНЫХ И ЧЕРНОЗЕМОВ КАРБОНАТНЫХ УМЕРЕННО ЗАСУШЛИВОЙ И КОЛОЧНОЙ СТЕПИ АЛТАЙСКОГО КРАЯ <i>Konontseva Ye.V., Pivovarova Ye.G., Khludenzov Zh.G.</i> MATHEMATICAL MODELING OF DIAGNOSTICS OF CENTRAL IMAGES OF CHERNOZEMS AND CARBONATE CHERNOZEMS SOILS OF THE ARID STEPPE OF THE ALTAI REGION.....	345

<i>Макарычев С.В., Бондаренко С.Ю.</i> МОДЕЛИРОВАНИЕ ГИДРОТЕРМИЧЕСКИХ РЕЖИМОВ В ПОЧВАХ <i>Makarychev S.V., Bondarenko S.Yu.</i> MODELING OF HYDROTHERMAL REGIMES IN SOILS.....	350
<i>Мешалкина Ю.Л., Самсонова В.П.</i> ОЦЕНКА НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ КАРТОГРАММ ДЛЯ ПОЧВЕННЫХ СВОЙСТВ С РАЗНЫМ ВАРЬИРОВАНИЕМ НА МАЛЫХ РАССТОЯНИЯХ <i>Meshalkina Yu.L., Samsonova V.P.</i> UNCERTAINTIES ASSESSMENT OF MAPS COMPARISON FOR SOIL PROPERTIES WITH DIFFERENT SHORT RANGE VARIATION.....	355
<i>Михеева И.В., Оплеухин А.А.</i> ИНФОРМАЦИОННАЯ ОЦЕНКА ИЗМЕНЕНИЙ ПОЧВ ПО ДАННЫМ ПОЧВЕННОГО МОНИТОРИНГА <i>Mikheeva I.V., Opleuhin A.A.</i> INFORMATION ASSESSMENT OF CHANGES OF SOILS ACCORDING TO SOIL MONITORING DATA.....	359
<i>Пивоварова Е.Г.</i> ЧИСЛЕННЫЕ МЕТОДЫ В КЛАССИФИКАЦИИ И ДИАГНОСТИКЕ ПОЧВ АЛТАЙСКОГО КРАЯ <i>Pivovarova E.G.</i> NUMERICAL METHODS IN CLASSIFICATION AND DIAGNOSTICS OF SOILS OF ALTAI REGION.....	363
<i>Хлуденцов Ж.Г., Пивоварова Е.Г., Кононцева Е.В.</i> ОЦЕНКА ТОЧНОСТИ МАТЕМАТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ ПРИ КОРРЕЛЯЦИИ ПОЧВЕННЫХ КЛАССИФИКАЦИЙ ПОДЗОНЫ ОБЫКНОВЕННЫХ ЧЕРНОЗЕМОВ УМЕРЕННО ЗАСУШЛИВОЙ И КОЛОЧНОЙ СТЕПЕЙ АЛТАЙСКОГО КРАЯ <i>Khludenzov Zh.G., Pivovarova E.G., Konontseva Ye.V.</i> ASSESSMENT OF ACCURACY OF MATHEMATICAL MODELS AT CORRELATION OF SOIL CLASSIFICATIONS OF THE SUBZONE OF ORDINARY CHERNOZEMS AND THE ARID STEPPE OF THE ALTAI REGION.....	368
СЕКЦИЯ 6. ЭКОЛОГИЯ ПОЧВ SECTION 6. ECOLOGY OF SOILS.....	374
<i>Барбашев А.И., Сушкова С.Н., Минкина Т.М., Дудникова Т.С., Антоненко Е.М., Замулина И.В.</i> ОСОБЕННОСТИ МИКРОАГРЕГАТНОГО СОСТАВА ЧЕРНОЗЕМА ОБЫКНОВЕННОГО ПРИ МОДЕЛЬНОМ ЗАГРЯЗНЕНИИ БЕНЗ(А)ПИРЕНОМ <i>Barbashev A.I., Sushkova S.N., Minkina T.M., Dudnikova T.S., Antonenko E.M., Zamulina I.V.</i> FEATURES OF THE MICRO-AGGREGATE COMPOSITION OF ORDINARY CHERNOZEM AT MODEL CONTAMINATION OF BENZ (A) PYRENE.....	374
<i>Бурачевская М.В., Минкина Т.М., Манджиева С.С., Назарян Л.Л.</i> СОСТАВ СОЕДИНЕНИЙ ЦИНКА В ПОЧВЕ ИМПАКТНОЙ ЗОНЫ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ РАЗНЫХ МЕТОДОВ ФРАКЦИОНИРОВАНИЯ <i>Burachevskaya M.V., Minkina T.M., Mandzhieva S.S., Nazaryan L.L.</i> COMPARISON OF THE RESULTS OF THE COMPOSITION OF ZINC COMPOUNDS OBTAINED BY DIFFERENT METHODS OF FRACTIONATION.....	377
<i>Ворончихина Е.А., Ширинкина Д.М.</i> МЫШЬЯК В ПОЧВАХ ПЕРМСКОГО КРАЯ <i>Voronchikhina Ye.A., Shirinkina D.M.</i> ARSENIC IN SOILS OF PERM KRAI.....	381
<i>Горохова С.М., Разинский М.В., Васильев А.А., Щуренко Н.М.</i> МИНЕРАЛЫ ЖЕЛЕЗА В ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТЫХ ПОЧВАХ АГРОЛАНДШАФТОВ СРЕДНЕГО ПРЕДУРАЛЬЯ <i>Gorokhova S.M., Razinsky M.V., Vasiliev A.A., Schurenko N.M.</i> IRON MINERALS IN SOD-PODZOLIC SOILS OF AGROLANDSCAPES OF THE MIDDLE PREDURALIE.....	385

<i>Захаров Н.Г., Касимов И.Р., Захарова Н.Н.</i> ИЗМЕНЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ПОЧВЕ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ МЕЛА ШИЛОВСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ УЛЬЯНОВСКОЙ ОБЛАСТИ В КАЧЕСТВЕ МЕЛИОРАНТА <i>Zakharov N.G., Kasimov I.R., Zakharova N.N.</i> CHANGES IN THE CONTENT OF HEAVY METALS IN THE SOIL WHEN USING CHALK SHILOVSKY FIELD OF ULYANOVSK REGION AS A MELIORANT.....	389
<i>Ковалева Е.И., Яковлев А.С.</i> АНАЛИЗ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ФУНКЦИЙ ПОЧВ И ЭКОСИСТЕМНЫХ УСЛУГ НА ЗЕМЕЛЬНОМ УЧАСТКЕ, ПРИМЫКАЮЩЕМ К ПОЛИГОНУ ТВЕРДЫХ КОММУНАЛЬНЫХ ОТХОДОВ <i>Kovaleva Ye.I., Yakovlev A.S.</i> THE ANALYSIS OF SOIL ECOLOGICAL FUNCTIONS AND ECOSYSTEM SERVICES ON THE LAND ADJACENT TO THE SOLID MUNICIPAL WASTE LANDFILL.....	393
<i>Манджиева С.С., Бауэр Т.В., Бурачевская М.В., Барахов А.В., Погоньшев П.Д., Петухова В.Н., Минкина Т.М.</i> ИЗМЕНЕНИЕ ФРАКЦИОННО-ГРУППОВОГО СОСТАВА МЕДИ В ЧЕРНОЗЕМЕ ОБЫКНОВЕННОМ В ПРИСУТСТВИИ БИОУГЛЯ <i>Mandzhieva S.S., Bauer T.V., Burachevskaya M.V., Barakhov A.V., Pogonyshv P.D., Petukhova V.N., Minkina T.M.</i> THE CHANGES OF THE COPPER FRACTIONAL-GROUP COMPOSITION IN THE HAPLIC CHERNOZEM UNDER THE PRESENCE OF BIOCHAR.....	399
<i>Микова Е.П., Шестаков И.Е.</i> ХАРАКТЕРИСТИКА ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПОЧВ ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЧАСТИ ЗАПОВЕДНИКА «ШАЙТАН-ТАУ» <i>Mikova E.P., Shestakov I.Ye.</i> CHARACTERISTIC OF PHYSICAL AND CHEMICAL PROPERTIES OF SOILS OF THE CENTRAL PART OF THE RESERVE «SHAITAN-TAU».....	402
<i>Никитская Н.И.</i> АГРОХИМИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПОЧВ ФКУ ИК ГУФСИН РОССИИ ПО ПЕРМСКОМУ КРАЮ <i>Nikitskaya N.I.</i> AGROCHEMICAL CHARACTERISTICS OF SOILS IN FKU IK GUF SIN RUSSIA IN PERM KRAI.....	406
<i>Панасин В.И., Депутатов К.В., Рымаренко Д.А.</i> ГЕОХИМИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ НАКОПЛЕНИЯ И РАССЕЯНИЯ МИКРОЭЛЕМЕНТОВ В ПОЧВАХ КАЛИНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ <i>Panasin V.I., Deputatov K.V., Rymarenko D.A.</i> GEOCHEMICAL ASPECTS OF THE ACCUMULATION AND DISPERSION OF TRACE ELEMENTS IN THE SOILS OF KALININGRAD REGION.....	408
<i>Хамурджу М., Мудрых Н., Камран Хан М., Пандей А., Эльбасан Ф., Хакки Э., Гезин С.</i> БОР – ВАЖНЫЙ ЭЛЕМЕНТ ПИТАНИЯ РАСТЕНИЙ <i>Hamurcu M., Mudrykh N., Kamran Khan M., Pandey A., Elbasan F., Hakki E., Gezin S.</i> BORON “AN ESSENTIAL NUTRIENT FOR PLANT SPECIES”.....	413
<i>Чаплыгин В.А., Коркин Г.О., Черникова Н.П., Литвинов Ю.А., Манджиева С.С., Кравцова Н.Е., Минкина Т.М.</i> СОДЕРЖАНИЕ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В КОРОВЯКЕ ОБЫКНОВЕННОМ (<i>VERBASCUM THAPSUS</i>) ТЕХНОГЕННО-ЗАГРЯЗНЕННОГО РАЙОНА ПОЙМЫ СЕВЕРСКОГО ДОНЦА <i>Chaplygin V.A., Korkin G.O., Chernikova N.P., Litvinov Yu.A., Mandzhieva S.S., Kravtsova N.Ye., Minkina T.M.</i> THE CONTENT OF HEAVY METALS IN <i>VERBASCUM THAPSUS</i> OF THE TECHNOGENICALLY POLLUTED AREA OF THE RIVER SEVERSKY DONETS FLOODPLAIN.....	415

<i>Шилкова Т.А.</i> ГУМУСОВЫЕ АГАРИКОИДНЫЕ БАЗИДИОМИЦЕТЫ ООПТ «ЧЕРНЯЕВСКИЙ ЛЕС» (Г. ПЕРМЬ) <i>Shilkova T.A.</i> HUMUS AGARICOID BASIDIOMYCETES IN FOREST PARK «CHERNYAEV FOREST» (PERM).....	419
<i>Пименова Е.В., Жакова С.Н., Лихачев С.В.,</i> ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ПОЧВ В ПАРКЕ ПОБЕДЫ Г. ПЕРМИ <i>Pimenova E.V., Zhakova S.N., Likhachev S.V., Kolyasnikova N.L</i> ENVIRONMENTAL ASSESSMENT OF SOIL CONDITIONS IN VICTORY PARK OF PERM	422
<i>Галеева Л.П.</i> ПОСТАГРОГЕННАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ ПОЧВ СОЛОНЦОВЫХ КОМПЛЕКСОВ БАРАБЫ <i>Galeeva L.P.</i> POSTAGROGENIC TRANSFORMATION OF SOILS OF SOLONETZ COMPLEXES BARABY.....	426
СЕКЦИЯ 7. ФИЛОСОФИЯ, ИСТОРИЯ И СОЦИОЛОГИЯ ПОЧВОВЕДЕНИЯ, МЕЖДУНАРОДНОЕ СОТРУДНИЧЕСТВО SECTION 7. PHILOSOPHY, HISTORY, SOCIOLOGY OF SOIL SCIENCE, INTERNATIONAL COOPERATION	431
<i>Бортник Т.Ю., Карпова А.Ю., Страдина О.А.</i> ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ ПОЧВОВЕДЕНИЯ В УДМУРТСКОЙ РЕСПУБЛИКЕ <i>Bortnik T.Yu., Karpova A.Yu., Stradina O.A.</i> HISTORY OF SOIL DEVELOPMENT IN UDMURT REPUBLIC.....	431
<i>Гранина Н.И.</i> СТАНОВЛЕНИЕ ПОЧВОВЕДЕНИЯ КАК ФУНДАМЕНТАЛЬНОЙ НАУКИ И ПОДГОТОВКА ПРОФИЛЬНЫХ СПЕЦИАЛИСТОВ В ВОСТОЧНОЙ СИБИРИ <i>Granina N.I.</i> THE FORMATION OF SOIL SCIENCE AS A SCIENCE AND PREPARATION OF PROFILE SPECIALISTS IN EASTERN SIBERIA.....	436
<i>Гриценко С.В.</i> А.И. ПАУТОВ: ФРОНТОВИК, ПОЧВОВЕД, ПЕДАГОГ <i>Gritsenko S.V.</i> A.I. PAUTOV: THE COMBAT SOLDIER OF GREAT PATRIOTIC WAR, SOIL SCIENTIST AND TEACHER.....	440
<i>Жаворонкова Г.И.</i> ПРЕДЫСТОРИЯ СОЗДАНИЯ КАФЕДРЫ ПОЧВОВЕДЕНИЯ <i>Zhavoronkova G.I.</i> HISTORY OF ESTABLISHMENT OF THE DEPARTMENT OF SOIL SCIENCE.....	442
<i>Железова С.В.</i> НУЛЕВАЯ ОБРАБОТКА ПОЧВЫ – НОВОЕ ИЛИ ХОРОШО ЗАБЫТОЕ СТАРОЕ? ИСТОРИЧЕСКИЙ ОБЗОР РАСПРОСТРАНЕНИЯ ТЕХНОЛОГИИ В МИРЕ И В РОССИИ <i>Zhelezova S.V.</i> IS NO-TILL – NEW TECHNOLOGY OR OLDFORGOTTEN ONE? THE SPREAD OF NO- TILL TECHNOLOGY IN THE WORLD AND IN RUSSIA, HISTORICAL REVIEW.....	445
<i>Иванов И.В.</i> НОВОЕ О НАЧАЛЕ ТВОРЧЕСКОГО ПУТИ В.В. ДОКУЧАЕВА, 1867-1869 ГОДЫ (МАЛОИЗВЕСТНАЯ УЧЕНИЧЕСКАЯ СТАТЬЯ И ЕЁ ЗНАЧЕНИЕ ДЛЯ ДАЛЬНЕЙШЕГО ТВОРЧЕСТВА УЧЕНОГО) <i>Ivanov I.V.</i> NEW ABOUT THE BEGINNING OF THE CAREER OF V.V. DOKUCHAEV, 1867-1869 (LITTLE-KNOWN STUDENT'S ARTICLE AND ITS SIGNIFICANCE FOR FURTHER CREATIVE WORK OF THE SCIENTIST).....	450

<i>Кислый В.В., Зверинская Н.И., Лосевич Е.Б.</i> ПРИНЦИПЫ ОРГАНИЗАЦИИ И ПРОВЕДЕНИЯ УЧЕБНОЙ ПРАКТИКИ ПО КАРТОГРАФИИ ПОЧВ В УО «ГРОДНЕНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ» <i>Kisly V.V., Zverinskaya N.I., Losevich Ye.B.</i> PRINCIPLES OF ORGANIZING AND CARRYING OUT THE EDUCATIONAL PRACTICE ON SOIL MAPPING IN GRODNO STATE AGRARIAN UNIVERSITY.....	455
<i>Прохоров И.С.</i> ИСТОРИЯ НАУЧНЫХ ПУБЛИКАЦИЙ ПО АГРОХИМИИ <i>Prokhorov I.S.</i> HISTORY OF SCIENTIFIC PAPERS FOR AGROCHEMISTRY.....	459
<i>Рассыпнов В.А.</i> ОСНОВАТЕЛЬ АЛТАЙСКОЙ ШКОЛЫ ПОЧВОВЕДОВ <i>Rassyрnov V.A.</i> FOUNDER OF ALTAI SOIL SCIENCE SCHOOL.....	465
<i>Сайранова П.Ш., Самофалова И.А.</i> ПРОЕКТ ЛЕТНЕЙ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ШКОЛЫ «ЗДОРОВЫЕ ПОЧВЫ – ЗДОРОВОЕ ОБЩЕСТВО» НА ТЕРРИТОРИИ ГОСУДАРСТВЕННОГО ЗАПОВЕДНИКА «БАСЕГИ» <i>Sayranova P.Sh., Samofalova I.A.</i> PROJECT OF SUMMER ECOLOGICAL SCHOOL “HEALTHY SOILS – HEALTHY SOCIETY” IN THE TERRITORY OF THE “BASEGI” STATE RESERVE.....	469
<i>Семендяева Н.В.</i> Н.Д. ГРАДОБОВЕВ – ВЫПУСКНИК ПЕРМСКОГО СХИ, МОЙ УЧИТЕЛЬ <i>Semendyaeva N.V.</i> N.D. GRADOBOEV - A GRADUATE OF THE PERM AGRICULTURAL INSTITUTE, MY TEACHER.....	473

Научное издание

**I 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,
а также 100-летию аграрного образования на Урале
(Пермь, 19-22 ноября 2019 года)

**I 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 the first professor of Soil Science in the Urals,
head of Soil Science Department (1924-1932) Vasiliy V. Nikitin
and the 100th anniversary of agrarian education in the Urals region
(Perm, 19-22 November 2019)

Подписано в печать 14.01.20 Формат 60x84 1/8.
Усл. печ. л.61,25. Тираж 40 экз. Заказ № 4

ИТЦ «Прокрость»

Пермского государственного аграрно-технологического университета
имени академика Д.Н. Прянишникова,
614990, г. Пермь, ул. Петропавловская, 23 тел. (342) 217-95-42