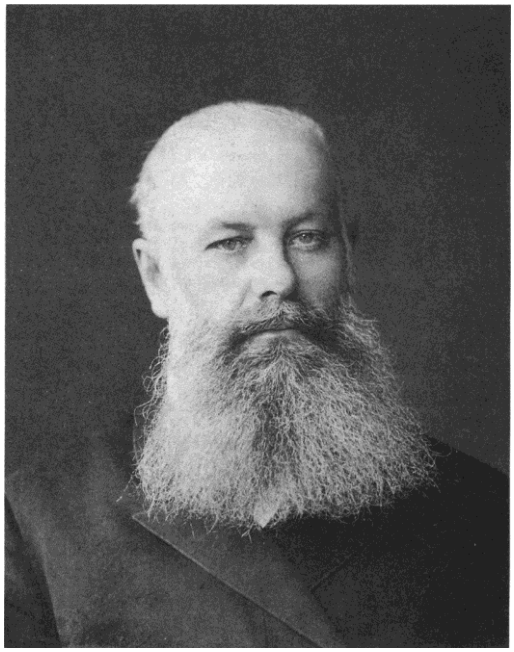
САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
КАФЕДРА ПОЧВОВЕДЕНИЯ И ЭКОЛОГИИ ПОЧВ
ЦЕНТРАЛЬНЫЙ МУЗЕЙ ПОЧВОВЕДЕНИЯ ИМ. В.В. ДОКУЧАЕВА

МАТЕРИАЛЫ
ПО ИЗУЧЕНИЮ РУССКИХ ПОЧВ

ВЫПУСК 14 (41)

Издание основано в 1885 г.
А.В. Советовым и В.В. Докучаевым



Санкт-Петербург
2024

УДК 631.4
ББК 40.3
М34

Редакционная коллегия: *Б.Ф. Апарин (председатель), Г.А. Касаткина, Н.Е. Орлова, Е.В. Пятина, А.Г. Рюмин, М.Е. Федорова, А.А. Шешукова, К.Л. Якконен*

Рецензенты:
д.с.-х.н., профессор Б.В. Бабиков, Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет

Материалы по изучению русских почв. Вып. 14 (41): Сб. науч. докл. / Под ред.
М34 Б.Ф. Апарина.– СПб, 2024. – 88 с.

В четырнадцатом выпуске сборника «Материалы по изучению русских почв» (предыдущий выпуск 13 (40) вышел в 2021 г.) представлены доклады участников XXIV Докучаевских молодежных чтений «Почвоведение в цифровом обществе» (2021 г., СПб) и XXV Докучаевских молодежных чтений «Почва – жизнь» (2022 г., СПб). В сборнике опубликованы очерки по истории и статья, посвященная 25-летию создания почвенно-экологической экспозиции Центрального музея почвоведения им. В.В. Докучаева.

В материалах рассматриваются вопросы экологического мониторинга, геохимии и картографии почв, археологического почвоведения, истории развития почвоведения и популяризации знаний о почве. Обсуждаются проблемы переработки отходов и перспективы применения новых методов анализа почв.

Работы представляют интерес для студентов, специалистов и ученых, работающих в сфере наук о Земле, почвоведения, экологии, агрохимии, биологии и сельского хозяйства.

ББК 40.3

© Санкт-Петербургский государственный университет
© Центральный музей почвоведения имени В.В. Докучаева – Филиал ФГБНУ ФИЦ «Почвенный институт имени В.В. Докучаева», 2024

УДК 631.4

XXV ДОКУЧАЕВСКИЕ МОЛОДЕЖНЫЕ ЧТЕНИЯ

М.А. Лазарева, Е.В. Мингареева

ЦМП им. В.В. Докучаева – филиал ФГБНУ ФИЦ «Почвенный институт им. В.В. Докучаева», Санкт-Петербург

С 1 по 3 марта 2022 г. в Санкт-Петербургском государственном университете (СПбГУ) и в Центральном музее почвоведения им. В.В. Докучаева – филиале ФГБНУ ФИЦ «Почвенный институт им. В.В. Докучаева» (ЦМП им. В.В. Докучаева) состоялась Юбилейная Международная научная конференция XXV Докучаевские молодежные чтения «Почва – жизнь». Чтения были посвящены актуальному вопросу – месту почвы в жизни живых организмов и жизни людей. Рассматривались вопросы деградации почв как под влиянием антропогенных, так и естественных факторов, влияния антропогенного фактора почвообразования на свойства почв и почвенный покров, оценки экологического состояния почв, охраны почв и применения различных мер по восстановлению нарушенных земель, реабилитации загрязненных почв, вопросы картографирования почв и создания баз данных, функционирования различных экосистем и живых организмов в почве, популяризации почвоведения, вопросы земледелия, выращивания различных культур и управления почвенным плодородием, содержания макро- и микроэлементов, накопления радиоактивных элементов в почве и разных частях растений.

С 1 по 3 марта 2022 г. в Санкт-Петербургском государственном университете и в Центральном музее почвоведения им. В.В. Докучаева – филиале ФГБНУ ФИЦ «Почвенный институт им. В.В. Докучаева» (ЦМП им. В.В. Докучаева) состоялась Международная научная конференция XXV Докучаевские молодежные чтения «*Почва – жизнь*».

XXV Докучаевские молодежные чтения были приурочены к юбилейным датам: 95-летию Почвенного института им. В.В. Докучаева и 100-летию кафедры почвоведения СПбГУ.

Конференция была посвящена актуальному вопросу – месту почвы в жизни живых организмов и жизни людей. Самим своим существованием почва обеспечивает возможность для жизни человеку и другим живым организмам. Взаимодействие здесь двойственное: всего живого не было бы без почвы, но и сама почва является результатом жизнедеятельности живых организмов. Именно почва создает среду обитания, необходимую для жизнедеятельности микроорганизмов, насекомых, животных и растений. Почвенные микроорганизмы (бактерии, грибы, протисты) участвуют в почвообразовании, разлагая растительные и животные остатки. Почва создает условия для жизни растений, которые преобразуют неорганические вещества (углекислый газ и воду) в результате фотосинтеза в органическое вещество (глюкоза) и кислород. Постепенно органические продукты почвообразования превращаются в уголь, нефть, газ, торф, тем самым создавая гигантские резервуары энергии для человеческой цивилизации. Почва и человек неразрывно связаны друг с другом. Первыми эффективными технологиями человеческой цивилизации были земледелие и животноводство, то есть, по сути, максимальные способы использования земельных ресурсов. Скопление растительных и животных организмов (а также человека) всегда происходит в тех областях планеты, где почвы наиболее плодородны, а климат благоприятствует жизни. И наоборот, почвы с низким плодородием снижают возможности существования в них флоры и фауны, тем самым регулируя численность определенных видов и популяций.

Конференция проводилась под эгидой российских организаций: Санкт-Петербургский государственный университет. Институт наук о Земле; ЦМП им. В.В. Докучаева; АНО сохранения и развития научного наследия В.В. Докучаева «Почва – жизнь», Общество почвоведов им. В.В. Докучаева, МОО «Природоохранный союз»; а также под эгидой университета Гамбурга – Universität Hamburg.

Конференция проводилась под руководством *Апарина Б.Ф.,* бессменного председателя оргкомитета, профессора кафедры почвоведения и экологии почв СПбГУ, научного руководителя ЦМП им. В.В. Докучаева, вице-президента Общества почвоведов им. В.В. Докучаева, д.с.-х.н.

© М.А. Лазарева, Е.В. Мингареева, 2024

Организационный комитет конференции был представлен студентами, аспирантами и молодыми учеными СПбГУ, ЦМП им. В.В. Докучаева и др. учреждений:

– *Мингареева Е.В.*, ответственный секретарь конференции, с.н.с. ЦМП им. В.В. Докучаева, выпускница кафедры почвоведения и экологии почв СПбГУ;

– *Лазарева М.А.*, секретарь конференции, н.с. ЦМП им. В.В. Докучаева, выпускница кафедры почвоведения и экологии почв СПбГУ;

– *Горохова С.М.*, старший преподаватель каф. почвоведения, член правления Совета молодых ученых ФГБОУ ВО Пермский ГАТУ;

– *Жарких И.А.*, аспирант кафедры почвоведения и экологии почв СПбГУ;

– *Захарова М.К.*, м.н.с. ЦМП им. В.В. Докучаева, выпускница кафедры почвоведения и экологии почв СПбГУ;

– *Иванов Е.Д.*, магистрант кафедры почвоведения и экологии почв СПбГУ;

– *Лебединский М.И.*, магистрант кафедры почвоведения и экологии СПбГУ;

– *Леонтьев А.А.*, студент кафедры почвоведения и экологии почв СПбГУ;

– *Моргач Ю.Р.*, м.н.с. ЦМП им. В.В. Докучаева, выпускница кафедры почвоведения и экологии почв СПбГУ;

– *Рюмин А.Г.*, ст. преп. кафедры физической географии и ландшафтного планирования СПбГУ;

– *Федорова М.Е.*, аспирант кафедры почвоведения и экологии почв СПбГУ, м.н.с. ЦМП им. В.В. Докучаева;

– *Olga Vybornova*, Dr., Institute of Soil Science, Universität Hamburg.

Заявки на конференцию поступили из различных городов России (из Ростова-на-Дону (46); из Москвы (34), РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева (12); из Санкт-Петербурга, СПбГУ (16); из Волгограда (9), а также из Казани, Астрахани, Перми, Томска, Уфы и др. городов). Всего по России заявки поступили от 153 участников из 24 учреждений. Заявки также поступили из стран ближнего и дальнего зарубежья (Казахстан, Узбекистан, Беларусь, Чехия, Турция, Китай, США) – 21 участник из 10 учреждений. Активными участниками стали школьники: 34 участника из 14 учреждений, в том числе 3 участника из Казахстана. Общее количество участников конференции составило 236 человек.

К началу мероприятия был издан сборник материалов конференции. Сборники материалов конференции ежегодно издаются под редакцией члена организационного комитета Рюмина А.Г. (рис. 1). Все присланные тезисы проходили предварительное рецензирование членами редколлегии (Апарин Б.Ф., Бахматова К.А., Горохова С.М., Иванов Е.Д., Касаткина Г.А., Лазарева М.А., Мингареева Е.В., Моргач Ю.Р., Орлова Е.Е., Орлова Н.Е., Пятина Е.В., Романов О.В., Русаков А.В., Рюмин А.Г., Федорова М.Е., Шешукова А.А., Якконен К.Л.). Тезисы проверялись в соответствии со следующими рекомендациями: наличие грубых тематических ошибок, не позволяющих опубликовать тезисы, орфографических, пунктуационных и стилистических ошибок; содержание и читаемость таблиц и рисунков, соответствие приведенной там информации тексту; наличие ссылок на таблицы и рисунки в тексте, у таблиц и рисунков подписей; расшифровка использованных аббревиатур, если они не являются общепринятыми; присутствие не отображаемых или некорректных фрагментов текста, формул, связанных с использованием специфических символов; наличие рекомендации научного руководителя. Тезисы дорабатывались авторами в соответствие с замечаниями рецензентов, после чего принимались для печати. По итогам проверки рецензентами были отмечены наиболее интересные и достойные тезисы, авторы которых были приглашены к участию в Пленарном заседании с докладами.

Открытие и Пленарное заседание конференции состоялось 1 марта в здании Двенадцати коллегий Санкт-Петербургского государственного университета и в Центральном музее почвоведения им. В.В. Докучаева. Открытие конференции проводилось в смешанном формате (офлайн и онлайн). Был организован синхронный перевод Пленарных докладов с русского языка на английский и с английского на русский язык. Впервые открытие конференции и Пленарное заседание проводили члены молодежного оргкомитета.

Рисунок 1. Сборники материалов конференции.

Пленарное заседание открыл председатель оргкомитета конференции, профессор Апарин Б.Ф. Открытие конференции проводила член организационного комитета Захарова М.К. С приветственными словами к участникам конференции обратились: директор Института наук о Земле СПбГУ, вице-президент РГО, д.г.н. профессор Чистяков К.В.; директор ФГБНУ ФИЦ Почвенный институт им. В.В. Докучаева, академик РАН, д.б.н., профессор Иванов А.Л.; зав. кафедрой почвоведения и экологии почв СПбГУ, профессор, д.г.н. Русаков А.В.; директор ЦМП им. В.В. Докучаева, д.г.н. Сухачева Е.Ю. С информацией о конференции «XXV Докучаевские чтения «Почва – жизнь» выступила секретарь конференции Лазарева М.А.

Пленарное заседание проводила член организационного комитета Горохова С.М. С пленарными докладами выступили молодые ученые, магистранты и аспиранты из России и Чехии:

– *Мингареева Е.В., Лазарева М.А., Рюмин А.Г.* (ЦМП им. В.В. Докучаева, СПбГУ, Санкт-Петербург) «Двадцать пять лет Докучаевским молодежным чтениям».

– *Деревенец Е.Н., Коршунова Н.О.* (МГУ имени М.В. Ломоносова, Москва) «Роль студенческих научных обществ в популяризации почвоведения».

– *Klíč R., Ferreira C.S.S, Ferreira A., Kravka M.* (Czech University of Life Sciences Prague, Prague, Czech republic) «Fraction size distribution of water stable aggregates for different arable and forest soil types».

– *Лебединский М.И.* (СПбГУ, Санкт-Петербург) «Роль ризосферной бактерии *Pseudomonas fluorescens* 2137 в активации защиты ячменя от фузариозной корневой гнили».

Юршенас Д.А., Каширская Н.Н. (ИФХиБПП РАН, Пущино) «Оценка таксономической структуры микробного сообщества верхнего горизонта чернозема южного методом fluorescence *in situ* hybridization (FISH)».

– *Горохова С.М., Шаймухаметова Ч.Д., Щуренко Н.М.* (ФГБОУ ВО Пермский ГАТУ, Пермь) «Экосистемные функции конкреций в почвах Среднего Предуралья».

Важным событием для участников конференции было посещение Смоленского кладбища и возложение цветов на могилы основателя науки о почве Докучаева В.В., его супруги Анны Егоровны и ее матери Синклер А.И., которое состоялось 1 марта (рис. 2). Председателем оргкомитета конференции Апариным Б.Ф. было сказано, что в 2021 г. по инициативе АНО «Почва жизнь» проведена всероссийская акция по сбору средств на ремонтные работы Докучаева В.В., его супруги (Докучаевой А.Е.) и ее матери (Синклер А.И.). Затем участникам конференции было предоставлено слово, и они могли выразить свое отношение к докучаевскому наследию, вспомнив о прошлом почвоведения – задуматься о его будущем. Возложение цветов на могилу основателя науки о почве было актом памяти и преклонения перед выдающимся ученым.

Рисунок 2. Возложение цветов на могилу В.В. Докучаева.

1 марта в ЦМП им. В.В. Докучаева состоялась презентация выставок «25 лет Докучаевским чтениям» (автор: н.с. ЦМП им. В.В. Докучаева, Лазарева М.А.) и «Константин Каэтанович Гедройц (к 150-летию со дня рождения)» (автор: с.н.с. ЦМП им. В.В. Докучаева, Русакова Е.А.). На выставке «25 лет Докучаевским чтениям» были представлены сборники докладов и программы конференции, начиная с 1997 года; периодическое издание «Материалы по изучению русских почв» – выпуски дореволюционного периода (1885–1917) и вновь возобновленные с 1999 г; статьи о «Чтениях»; подарочные материалы (значки, эмблемы, брошюра); карта «География участников конференции»; фотографии. Выставка «Константин Каэтанович Гедройц (к 150-летию со дня рождения)» была посвящена выдающемуся российскому почвоведу, работающему в области химического исследования почв. Выставка была сделана на основе архивных материалов ЦМП им. В.В. Докучаева, содержала подлинные документы, копии фотографий и прижизненные научные труды К.К. Гедройца.

Заседание школьной секции «Почва и экосистемы» традиционно проходило в ЦМП им. В.В. Докучаева в первый день конференции. Заседание секции проходило в смешанном формате (офлайн и онлайн). Было заслушано 14 докладов (12 – онлайн), представляющих школы из различных городов России: Ростов-на-Дону, Волгоград, Казань, Воронеж, Тутаев, Москва, Санкт-Петербург, Иркутск и Новосибирская область, а также Казахстана (Алматы). Возраст участников варьировал от 11 до 17 лет. Юные исследователи представляли материалы собственных исследований по почвенным микроорганизмам и целым экосистемам, проводили сортоиспытания и биотестирования, оценивали применение нового для сельского хозяйства субстрата, и задавались вопросом о влияниях полигонов ТБО на почву. Многие докладчики участвовали не впервые, продолжая ранее начатые научные работы. Все доклады были удостоены Дипломами участников.

2 марта в СПбГУ проходили on-line заседания студенческих секций:

1. Деградация и рекультивация почв (представлено 11 докладов);

2. Секции «Здоровая почва – здоровая нация» и «Популяризация почвоведения» (представлено 10 докладов);

3. Экосистемные услуги почв (представлено 16 докладов);

4. Почвосохраняющее земледелие (представлено 10 докладов).

Для всех, кто приехал на конференцию, 3 марта было проведено очное заседание в ЦМП им. В.В. Докучаева. Очное заседание транслировалось on-line через Zoom. Было заслушано 35 докладов, в том числе 9 – дистанционно.

Рисунок 3. Заседание стендовой секции в ЦМП им. В.В. Докучаева.

На секциях рассматривались проблемы деградации почв под влиянием антропогенного фактора, оценки экологического состояния и охраны почв, применения различных мер по восстановлению нарушенных земель, реабилитации загрязненных почв, вопросы картографирования почв и создания баз данных, функционирования различных экосистем и живых организмов в почве, популяризации почвоведения, вопросы земледелия, выращивания различных культур и управления почвенным плодородием, содержания макро- и микроэлементов, накопления радиоактивных элементов в почве и растениях.

Всего на конференции было заслушано 88 студенческих докладов. Из Москвы – 30 (МГУ им. М.В. Ломоносова, Почвенный институт им. В.В. Докучаева, РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева, РУДН); из Санкт-Петербурга – 22 (ЦМП им. В.В. Докучаева, СПбГУ, ЛГУ им. А.С. Пушкина, РГГМУ); Ростов-на-Дону – 9 (ЮФУ); Пущино – 8 (ИФХиБПП РАН); Казань – 4 (КФУ); Пермь – 3 (ФГБОУ ВО Пермский ГАТУ, ПГНИУ); Астрахань – 2 (АГУ). По одному докладу было из ИЭГТ РАН (г. Нальчик), ПАБСИ КНЦ РАН (г. Апатиты). Из других стран: Китай (Jilin University, Changchun) – 4 доклада; Чехия (Czech University of Life Sciences Prague, Mendel University in Brno) – 2 доклада; США (Ohio State University, Columbus) – 1 доклад; Турция (Igdır University) – 1 доклад.

В составе жюри, которое оценивало выступления участников, были профессора, доценты, ст. преподаватели кафедр почвоведения и экологии почв, агрохимии, биогеографии и охраны природы СПбГУ, Московского Авиационного Института, научные сотрудники ЦМП им. В.В. Докучаева, а также магистранты, аспиранты СПбГУ.

Доклады оценивались членами жюри на основании разнообразных критериев: оригинальность, новизна, актуальность исследований, логичность, полнота и конкретность представленных данных, обоснованность применения используемых методов, насыщенность фактического материала и его статистическая обработка, качество представляемого материала, презентация и ее техническое качество, владение материалом и грамотность изложения, соответствие регламенту и ответы на вопросы. После каждого выступления члены жюри задавали докладчикам вопросы, обсуждали и давали общую оценку докладам. Некоторые доклады были настолько насыщенны материалом и прекрасно доложены, что члены жюри затруднялись выбрать лучшие из них. В ходе заседаний благодаря самим участникам развивались активные дискуссии и горячие споры.

На закрытии конференции 3 марта 2022 г. секретарь конференции Лазарева М.А. и председатели секций выступили с подведением итогов. Лучшим докладам по результатам секционных заседаний были присвоены места и дипломы I, II и III степени. Также были объявлены доклады, рекомендованные к опубликованию в виде статей в периодическом издании «Материалы по изучению Русских почв» (выпуск 14 (41)). Всем докладчикам были вручены сертификаты участников «Докучаевских молодежных чтений».

По итогам конференции была выражена благодарность:

– Управлению по организации публичных мероприятий и сотрудничества с партнерами СПбГУ и Управлению по связям с общественности СПбГУ за техническую и информационную поддержку;

– членам программного комитета, председателям, секретарям секций, а также членам жюри за организацию и проведение XXV Докучаевских молодежных чтений.

По предложению членов организационного комитета участники единогласно постановили: продолжить традицию проведения ежегодных «Докучаевских молодежных чтений» и провести следующие XXVI Докучаевские молодежные чтения в 2023 году.

Материалы конференции были размещены на сайтах: Докучаевские молодежные чтения: (http://www.dokuchaevskie.ru/); Центральный музей почвоведения им. В.В. Докучаева (http://музей-почвоведения.рф/); Почвовед.рф, а также в социальных сетях: ВКонтакте, группа «Молодежные Докучаевские чтения» (https://vk.com/club2152594), ВКонтакте, группа «Центральный музей почвоведения им. В.В. Докучаева» (https://vk.com/soilmuseumspb).

XXV DOKUCHAEV'S READINGS

M.A. Lazareva, E.V. Mingareeva

Dokuchaev Central Soil Science Museum – branch of FSBSI FRC V.V. Dokuchaev Soil Science Institute, St. Petersburg, Russia

Summary. The anniversary International Scientific Conference «XXV Dokuchaev Conference for Young Scientists» «Soil is life» took place on March 1–3, 2022 at the Saint Petersburg State University and the Dokuchaev Central Soil Science Museum. The Readings were devoted to an actual issue – the place of soil in the life of living organisms and people. Issues of soil degradation under the influence of both anthropogenic and natural factors, the influence of the anthropogenic factor of soil formation on the properties of soils and soil cover, the assessment of the ecological state of soils, the soil protection and the restoration of disturbed lands, the rehabilitation of polluted soils, the soil mapping and the database creation, the functioning of various ecosystems and living organisms in the soil, the popularization of soil science, the arable farming, cultivation of various crops and soil fertility, management, the content of macro- and microelements, accumulation of radioactive elements in the soil and different parts of plants were considered.

УДК 631.4

XXVI ДОКУЧАЕВСКИЕ МОЛОДЕЖНЫЕ ЧТЕНИЯ

М.А. Лазарева, Е.В. Мингареева, А.Г. Рюмин

ЦМП им. В.В. Докучаева – филиал ФГБНУ ФИЦ «Почвенный институт им. В.В. Докучаева», Санкт-Петербург

С 1 по 3 марта 2023 г. в Санкт-Петербургском государственном университете (СПбГУ) и в Центральном музее почвоведения им. В.В. Докучаева – филиале ФГБНУ ФИЦ «Почвенный институт им. В.В. Докучаева» (ЦМП им. В.В. Докучаева) состоялась Международная научная конференция XXVI Докучаевские молодежные чтения «Матрица почвоведения». XXVI Докучаевские молодежные чтения были посвящены вопросам взаимосвязи науки и общества и приурочены к юбилейной дате – 140-летию науки о почве. На конференции рассматривались вопросы исследования состава, химических, физических, биологических свойств современных и погребенных, городских и инициальных почв, их эколого-геохимической, экологической, агроэкологической оценки; изучения и применения современных веб-сервисов, смартфонов, геоинформационных методов в исследовании почв, трансформации почвенных соединений в ходе модельных экспериментов; оценки географической изученности и распространения антропогенно-измененных почв, залежных земель разных природных зон; диагностики, классификации и восстановления нарушенных почв; загрязнения почв тяжелыми металлами, радиоактивными, редкоземельными элементами, углеводородами, их детоксификации; техногенного засоления; фитотоксичности почв; биологической, микробиологической, ферментативной активности антропогенно-измененных почв под различной растительностью.

С 1 по 3 марта 2023 г. в Санкт-Петербургском государственном университете (СПбГУ) и в Центральном музее почвоведения им. В.В. Докучаева – филиале ФГБНУ ФИЦ «Почвенный институт им. В.В. Докучаева» (ЦМП им. В.В. Докучаева) состоялась Международная научная конференция XXVI Докучаевские молодежные чтения «*Матрица почвоведения*».

Конференция проводилась под эгидой Санкт-Петербургского государственного университета, ЦМП им. В.В. Докучаева, АНО сохранения и развития научного наследия В.В. Докучаева «Почва – жизнь», Общество почвоведов им. В.В. Докучаева, МОО «Природоохранный союз» и была приурочена к юбилейной дате – 140-летию науки о почве.

Тема конференции была посвящена матрице почвоведения, которая представляет собой основу знаний, связывающих почвоведение со смежными науками (биологией, экологией, географией, геологией, минералогией, геодезией, физикой, химией, информатикой и др.). Матрица характеризует структуру взаимосвязи элементов науки и общества, включающую два аспекта: фундаментальный и прикладной. Подобно тому, как преобразования внутри науки происходят благодаря общественным событиям, так и еще в большей степени общественные преобразования осуществляются благодаря развитию науки.

Конференция проводилась под руководством Апарина Б.Ф., профессора кафедры почвоведения и экологии почв СПбГУ, научного руководителя ЦМП им. В.В. Докучаева, вице-президента Общества почвоведов им. В.В. Докучаева, д.с.-х.н.

Организационный комитет конференции был представлен студентами, аспирантами и молодыми учеными СПбГУ, ЦМП им. В.В. Докучаева, ФГБОУ ВО Пермский ГАТУ:

– *Мингареева Е.В.*, ответственный секретарь конференции, с.н.с. ЦМП им. В.В. Докучаева, выпускница кафедры почвоведения и экологии почв СПбГУ

– *Лазарева М.А.*, секретарь конференции, н.с. ЦМП им. В.В. Докучаева, выпускница кафедры почвоведения и экологии почв СПбГУ

– *Горохова С.М.*, старший преподаватель кафедры почвоведения, член правления Совета молодых ученых ФГБОУ ВО Пермский ГАТУ;

– *Жарких И.А.*, аспирант кафедры почвоведения и экологии почв СПбГУ;

– *Захарова М.К.*, м.н.с. ЦМП им. В.В. Докучаева, выпускница кафедры почвоведения и экологии почв СПбГУ;

– *Иванов Е.Д.*, аспирант кафедры прикладной экологии СПбГУ;

– *Лебединский М.И.*, магистрант кафедры почвоведения и экологии СПбГУ;

© М.А. Лазарева, Е.В. Мингареева, А.Г. Рюмин, 2024

– *Леонтьев А.А.*, студент кафедры почвоведения и экологии почв СПбГУ;

– *Моргач Ю.Р.*, м.н.с. ЦМП им. В.В. Докучаева, выпускница кафедры почвоведения и экологии почв СПбГУ;

– *Рюмин А.Г.*, ст. преподаватель кафедры физической географии и ландшафтного планирования СПбГУ;

– *Федорова М.Е.*, аспирант кафедры почвоведения и экологии почв СПбГУ, м.н.с. ЦМП им. В.В. Докучаева;

– *Холостов Г.Д.*, аспирант кафедры почвоведения и экологии СПбГУ.

На Докучаевские молодежные чтения поступило 108 заявок от студентов, аспирантов, молодых ученых и 14 – от школьников. Заявки на конференцию поступили из различных городов России: Москвы, Пущино, Санкт-Петербурга, Ростова-на-Дону, Волгограда, Апатит, Перми, Иркутска, Нальчика, Казани, Астрахани, Красноярска, Петрозаводска, Мытищ, Томска, Тулы, Белгорода, Суздаля. Заявки также поступили из зарубежных стран – Турции, Узбекистана. Общее количество участников конференции составило 232 человека.

К началу мероприятия был издан сборник материалов конференции, подготовленный членом организационного комитета Рюминым А.Г. Все присланные тезисы проходили предварительное рецензирование членами редколлегии в соответствии с предложенными рекомендациями [1].

Открытие и Пленарное заседание конференции состоялось 1 марта в здании Двенадцати коллегий Санкт-Петербургского государственного университета (рис. 1). Открытие конференции проводилось в смешанном формате (офлайн и онлайн). Был организован синхронный перевод пленарных докладов с русского языка на английский и с английского на русский язык.

А Б

Рисунок 1. Открытие и Пленарное заседание конференции. А – Президент Общества почвоведов им. В.В. Докучаева, д.б.н. П.В. Красильников; Б – участники Пленарного заседания.

Конференцию открыл Председатель оргкомитета конференции, профессор, Апарин Б.Ф. С приветственными словами к участникам конференции обратились: директор Института наук о Земле СПбГУ, вице-президент РГО, д.г.н., профессор Чистяков К.В.; Президент Общества почвоведов им. В.В. Докучаева, декан факультета почвоведения МГУ им. М.В. Ломоносова, чл.-корр. РАН, д.б.н. Красильников П.В.; зав. отделом генезиса и мелиорации засоленных и солонцовых почв ФГБНУ ФИЦ «Почвенный институт им. В.В. Докучаева», д.с.-х.н. Хитров Н.Б.; директор Института почвоведения и агрохимии Сибирского отделения РАН, д.б.н. Андроханов В.А.

С информацией о конференции XXVI Докучаевские молодежные чтения «Матрица почвоведения» выступили секретари конференции Мингареева Е.В. и Лазарева М.А.

Пленарное заседание проводил профессор кафедры почвоведения и экологии почв СПбГУ, д.б.н. Чуков С.Н. Пленарное заседание конференции было посвящено 100-летнему юбилею кафедры почвоведения и экологии почв СПбГУ, которая была создана в 1922 году

на базе кафедры агрономии и является составной частью Докучаевской научно-педагогической школы фундаментального почвоведения.

Серию Пленарных докладов, с которыми выступили ведущие ученые России, открыл профессор Апарин Б.Ф. с сообщением «Страницы истории кафедры почвоведения». Были заслушаны доклады: зав. кафедрой почвоведения и экологии почв СПбГУ, профессора, д.г.н. Русакова А.В. «Современные направления научных исследований на кафедре почвоведения и экологии почв СПбГУ»; зав. кафедрой общего почвоведения, декана факультета почвоведения МГУ им. М.В. Ломоносова, чл.-корр. РАН Красильникова П.В. «Почвоведение на Русском Севере: история и новые вызовы»; зав. отделом генезиса и мелиорации засоленных и солонцовых почв ФГБНУ ФИЦ «Почвенный институт им. В.В. Докучаева» д.с.-х.н. Хитрова Н.Б. «Слитоземы и слитизированные почвы России»; профессора кафедры почвоведения и экологии почв СПбГУ, д.б.н. Чукова С.Н. «Концепция эволюционной гумификации»; профессора кафедры физической географии и ландшафтного планирования СПбГУ, д.г.н. Лесовой С.Н. «Отечественная школа минералогии почв: история, основные направления исследований, современное состояние, перспективы»; доцента кафедры прикладной экологии СПбГУ, к.б.н. Чебыкиной Е.Ю. «Фундамент, заложенный во время обучения на кафедре почвоведения СПбГУ – основа успешной карьеры».

После Пленарного заседания на Смоленском кладбище состоялось возложение цветов на могилы основателя науки о почве Докучаева Василия Васильевича, его супруги Анны Егоровны и ее матери Синклер А.И. Апарин Б.Ф. проинформировал, что за счёт добровольно собранных средств среди членов Общества почвоведов им. В.В. Докучаева, в 2022 г. были проведены косметические ремонтные работы мест захоронения Анны Егоровны и Синклер А.И., выполнен проект реставрации захоронения В.В. Докучаева ученого (рис. 2). Апарин Б.Ф. обратил внимание участников на то, что было направлено обращение к губернатору Санкт-Петербурга с просьбой провести реставрацию места захоронения Докучаева В.В., однако положительного решения принято не было.

А Б

Рисунок 2. Могилы Докучаевой А.Е. и Синклер А.И. после реставрации.

Участники конференции выразили свое отношение к Докучаевскому наследию, призвали своих молодых коллег изучать историю науки и приложить все усилия для ее дальнейшего развития. Участники конференции предложили обратиться к Президенту Российской Федерации Путину Владимиру Владимировичу со словами «Нам больно видеть, как разрушается надгробие ученого, с именем которого связано поднятие сельского хозяйства России, решение современной проблемы обеспечения продовольственной независимости страны».

В ЦМП им. В.В. Докучаева состоялся мастер-класс по работе с литературными источниками и программой Zotero (модератор: член организационного комитета, Горохова С.М.). Было рассказано о том, как можно организовать хранение библиографических описаний текстов, а также про оформление ссылок и списка литературы по нужным стандартам с минимальными временными и трудовыми затратами (рис. 3).

В первый день конференции в ЦМП им. В.В. Докучаева традиционно прошло заседание школьной секции «Юный исследователь. Старт в науку». Заседание секции проходило в смешанном формате (офлайн и онлайн). Было заслушано 13 докладов, 6 из которых были сделаны очно. Возраст участников из Санкт-Петербурга, Волгограда, Тутаева, Воронежской области варьировал от 7 до 17 лет. 5 докладов школьников были посвящены исследованию микробного сообщества. Другие работы были посвящены изучению физико-химических свойств почв и эффективности применения различных видов удобрений. Все докладчики получили Дипломы.

В ЦМП им. В.В. Докучаева состоялась презентация выставки «Арсений Арсеньевич Ярилов», посвященная 155-летию выдающегося деятеля российской науки, стоявшего у истоков почвоведения, историографа и пропагандиста докучаевского почвоведения. (автор: с.н.с., главный хранитель ЦМП им. В.В. Докучаева, Русакова Е.А.). Выставка была подготовлена на основе архивных материалов ЦМП им. В.В. Докучаева и семейного архива семьи, предоставленного правнучкой Ярилова А.А. Лыткиной Е.И. На выставке демонстрировались подлинные документы, копии фотографий, прижизненные научные труды Ярилова А.А. и воспоминания родственников.

Рисунок 3. Мастер-класс по работе с литературными источниками и программой Zotero.

2 марта в СПбГУ и 3 марта в ЦМП им. В.В. Докучаева проходили заседания студенческих секций, которые проводились в смешанном формате (очно, онлайн):

1. Антропогенные почвы – было заслушано 22 доклада, 9 из которых онлайн;
2. Физика и химия почв – было заслушано 16 докладов, 7 из которых онлайн;
3. Биокосные взаимодействия – было заслушано 14 докладов, 5 из которых онлайн;
4. Традиции и инновации в почвоведении – было заслушано 13 докладов, 3 из которых онлайн;
5. География почв – было заслушано 11 докладов, 3 из которых онлайн.

3 марта в ЦМП им. В.В. Докучаева прошла стендовая сессия, на которой было заслушано 3 доклада.

На секциях рассматривались вопросы: исследования состава, свойств и процессов современных и погребенных, городских и инициальных почв, их эколого-геохимической, экологической, агроэкологической оценки; изучения и применения современных веб-сервисов, смартфонов, геоинформационных методов в исследовании почв, трансформации почвенных соединений в ходе модельных экспериментов; оценки географической изученности и распространения антропогенно-измененных почв, залежных земель разных природных зон; диагностики, классификации и восстановления нарушенных почв; загрязнения почв тяжелыми металлами, радиоактивными, редкоземельными элементами, углеводородами, их детоксификации; техногенного засоления; фитотоксичности почв; биологической, микробиологической, ферментативной активности антропогенно-измененных почв под различной растительностью.

На конференции был заслушан 81 студенческий доклад. Из Москвы – 33 (МГУ им. М.В. Ломоносова, Почвенный институт им. В.В. Докучаева, РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева, РУДН, Институт географии РАН); 19 – из Санкт-Петербурга (СПбГУ, ЦМП им. В.В. Докучаева, СПбГЛТУ, РГГМУ, ГБУ ДО ДЮТЦ «Васильевский остров»); Ростов-на-Дону – 8 (ЮФУ); Пермь – 7 (ФГБОУ ВО Пермский ГАТУ, ПГНИУ); Пущино – 3 (ИФХиБПП РАН); Тюмень – 2 (ТюмГУ); Апатиты – 2 (ИППЭС КНЦ РАН, ПАБСИ КНЦ РАН); Астрахань – 2 (АГУ им. В.Н. Татищева). По одному докладу было из: ТГУ (г. Томск); ИГУ (г. Иркутск); ИЭГТ им. А.К. Темботова РАН (г. Нальчик); Институт биофизики СО РАН (г. Красноярск), Igdır University (Турция).

В составе жюри, которое оценивало выступления участников, были преподаватели СПбГУ и других учреждений, научные сотрудники ЦМП им. В.В. Докучаева, а также магистранты, аспиранты СПбГУ.

Доклады участников оценивались членами жюри на основании разработанных организационным комитетом критериев. В ходе заседаний благодаря самим участникам возникали активные дискуссии и горячие споры.

3 марта в ЦМП им. В.В. Докучаева состоялось заседание круглого стола на тему «Образовательная программа по почвоведению в СПбГУ» (модераторы: профессор Русаков А.В. и аспирант кафедры почвоведения и экологии почв СПбГУ, Аверьянов А.А.).

Закрытие конференции состоялось 3 марта 2023 г. в ЦМП им. В.В. Докучаева. С вступительной речью выступила директор ЦМП им. В.В. Докучаева, д.г.н. Сухачева Е.Ю. Благодарность участникам выразил зав. кафедрой почвоведения и экологии почв СПбГУ, д.г.н. Русаков А.В. Продолжили заседание секретарь конференции Лазарева М.А. и председатели секций, которые выступили с подведением итогов. Был отмечен высокий методический уровень выполненных участниками исследований и актуальность затронутых тем. Также было предоставлено слово участникам конференции, которые. отметили важность широкой апробации результатов своих научных исследований, приобретения навыков научного общения и обмена опытом, отметили хорошую организацию конференции и признали важность регулярного проведения мероприятий. Участникам были присуждены места и выданы дипломы I, II и III степи, было предложено представить научные доклады для публикации в спецвыпуске журнала «Почвоведение» (*Eurasian Soil Science*, 2023, Vol. 56, Issue 2). Всем докладчикам были вручены сертификаты участников «Докучаевских молодежных чтений» (рис. 4).

По предложению членов организационного комитета участники единогласно постановили:

1. Принять обращение к Президенту Российской Федерации Владимиру Владимировичу Путину о реставрации могилы В.В. Докучаева и поручить отв. секретарю конференции Мингареевой Е.В. и секретарю Лазаревой М.А. подписать обращение к Президенту РФ от имени участников конференции. Текст обращения приведен ниже.

ПРЕЗИДЕНТУ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
В.В. ПУТИНУ

Обращение

Глубокоуважаемый Владимир Владимирович!

Участники Международной научной конференции XXVI Докучаевские молодежные чтения «Матрица почвоведения» (Санкт-Петербург, 2023 г.) просят Вас решить вопрос о реставрации места захоронения В.В. Докучаева – выдающегося патриота России, основателя науки о почве.

Нам больно видеть, как разрушается надгробие выдающегося ученого, с именем которого связано создание Всемирного научного направления «Почвоведение», поднятие сельского хозяйства России, решение современной проблемы обеспечения продовольственной независимости страны.

В 2021 г. по инициативе Автономная некоммерческая организация сохранения и развития научного наследия В.В. Докучаева «Почва – жизнь» была проведена всероссийская акция по сбору средств на ремонтные работы В.В. Докучаева, его супруги (А.Е. Докучаева) и ее матери (А.И. Синклер). За счёт добровольно собранных средств среди почвоведов, членов Общества почвоведов им. В.В. Докучаева были проведены косметические ремонтные работы захоронения супруги В.В. Докучаева и ее матери, выполнен проект реставрации захоронения ученого, которое является объектом культурного наследия федерального значения «Могила Докучаева В.В. (1846–1903 гг.), естествоиспытателя».

К сожалению, объект культурного наследия «Могила Докучаева В.В. (1846–1903 гг.), естествоиспытателя» не попал в перечень объектов культурного наследия, финансируемых за счет средств бюджета г. Санкт-Петербурга, как не имеющий оформленного права государственной собственности.

Мы за сильную и свободную Россию. За конкретные дела большие и малые. Именно к таким делам относится сохранение памяти великого российского ученого В.В. Докучаева.

Обращение принято на заседании конференции 3.03.2023. По поручению участников конференции письмо подписали Е.В. Мингареева, ответственный секретарь конференции и М.А. Лазарева, секретарь конференции.

2. Выразить благодарность:

– сотрудникам отдела связи с общественностью СПбГУ за организацию и техническую поддержку проведения конференции и Пленарного заседания;

– ведущим ученым – участникам Пленарного заседания;

– членам программного комитета, председателям, секретарям секций, а также членам жюри за организацию и проведение XXVI Докучаевских молодежных чтений.

3. Продолжить традицию проведения ежегодных «Докучаевских молодежных чтений» и провести следующие XXVII Докучаевские молодежные чтения в 2024 году.

Материалы конференции были размещены на сайтах: Докучаевские молодежные чтения: (http://www.dokuchaevskie.ru/); Институт наук о земле СПбГУ (http://earth.spbu.ru/); Центральный музей почвоведения им. В.В. Докучаева (http://музей-почвоведения.рф/); Почвовед.рф. А также в социальных сетях: ВКонтакте, группа «Молодежные Докучаевские чтения» (https://vk.com/club2152594), ВКонтакте, группа «Центральный музей почвоведения им. В.В. Докучаева» (https://vk.com/soilmuseumspb), Telegram, группа «Музей почвоведения» (https://t.me/DokuchaevSoilMuseum).

В этом году с целью улучшения организации конференции впервые был проведен интернет-опрос всех ее участников по итогам XXVI Докучаевских молодежных чтений. Было опрошено 120 участников конференции. Общий уровень организации конференции половина участников оценила на 5 (отлично), половина на 4 (хорошо).

А

Б

Рисунок 4. Закрытие конференции XXVI Докучаевские чтения «Матрица почвоведения».
А – участники конференции; Б – вручение дипломов.

XXVI DOKUCHAEV'S READINGS

M.A. Lazareva, E.V. Mingareeva

Dokuchaev Central Soil Science Museum – branch of FSBSI FRC V.V. Dokuchaev Soil Science Institute, St. Petersburg, Russia

Summary. The International Scientific Conference «XXVI Dokuchaev Conference for Young Scientists» *«Soil science matrix»* took place on March 1–3, 2023 at the Saint Petersburg State University and the Dokuchaev Central Soil Science Museum. The conference was devoted to issues of interconnection between the elements of science and society and the anniversary date – the 140th anniversary of soil science. Issues of studies of the composition, chemical, physical, biological properties and processes of modern and buried, urban and initial soils, their ecological-geochemical, ecological, agroecological assessment; study and application of modern web services, smartphones, geoinformation methods in soil research, transformation of soil compounds in the course of model experiments; assessment of the geographical knowledge and distribution of anthropogenically modified soils, fallow lands of different natural zones; diagnostics, classification and restoration of disturbed soils; soil pollution with heavy metals, radioactive, rare earth elements, hydrocarbons, their detoxification; technogenic salinization; soil phytotoxicity; biological, microbiological, enzymatic activity of anthropogenically modified soils under various vegetation were discussed at the conference.

THE EDUCATIONAL PROJECT OF THE INTERNATIONAL UNION OF SOIL SCIENCES IN A DIGITAL SOCIETY

Laura Bertha Reyes-Sánchez

IUSS President. National Autonomous University of Mexico

Our world is changing all day, and the world in which we was born disappeared. That is why we need to change and move forward toward new ways to do all things. However, this necessity to evolve is especially true when we are talking about Soil Science and Soil Science education.

Keywords: soil, education, raise awareness, preservation, digitization.

«The soil is a limited resource under increasing pressure», it is «the fundamental basis for food security and the provision of important environmental services», and is also a natural resource in serious danger of loss as a key element for the preservation of all life on the planet, for which it constitutes *a common good of humanity*.

The soil is a limiting resource because without fertile soil there are no plants or animals to eat, no water to drink, no oxygen to breathe, that is, no life or development to reach or sustain. The soil is therefore, *the natural resource essential to preserve* in order to achieve sustainable development.

© Laura Bertha Reyes-Sánchez, 2024

Those are the reasons because:

– In 2000 «*The Earth Charter*» as UN document **clearly links the achievement of sustainability to an education that builds the consciousness necessary for change**, in order to understand the need to establish different ways of living: «*respectful of nature and careful of the planetary equilibrium in which we find ourselves immersed»*.

– In 2013 «The UN recognizes Soil as the *essential element for the realization of all ecosystem functions* and *for the preservation of life on Earth in order to achieve Sustainable Development»*.

– In 2015, the UN formulated seventeen global Sustainable Development Goals.

– Also in 2015, «The IUSS identified the key roles played by soils in guaranteeing food security, reducing greenhouse gas emissions that contribute to climate change, generating drinkable and clean water necessary for human life and for the sustenance of the terrestrial and aquatic ecosystems, practicing sustainable agriculture, and in reaching the Sustainable Development Goals».

– Against this background «The International Decade of Soils 2015–2024» consider and promotes as **the keys to the achievement of the Sustainable Development Goals:**

«Stop the land degradation as the most insidious and underestimated challenge of the 21st century» and,

«Direct the main focus of all activities on school age children and young adults (who will be teenagers and young adults in 10 years' time)»

AND HOW WE SHOULD EDUCATE TO PROTECT SOIL RESOURCE IN A MEDIATIZED WORLD?

Teaching is not educating: Teaching is just a part of educating, but not the same. Educating necessarily entails the explicit and implicit formation of values that emotionally and cognitively root the information transmitted, thus making possible the progressive formation of a conscience that in the medium and long term, builds, little by little, a culture: a culture of preservation (Reyes-Sánchez, 2005, 2018).

Therefore, to achieve *Soil resource protection by educating for its preservation*, we need not only to instruct but to build knowledge appropriation (Vygotsky, 1962; Freinet, 1949), and above all, to form values in children and young people (Makarenko, 1933).

And although we do not all learn in the same way, the educational changes generated in recent decades by the arrival of the Internet as a tool that enables discontinuous and ubiquitous communication have been of high impact, and not all socially positive.

After the arrival of the Web, our world is becoming more and more virtual, connecting people from any part of the planet and facilitating access to knowledge to a greater number and spectrum of actors.

Notwithstanding this world connectivity, currently, most inhabitants on our planet unknow that «the soil is a limited resource under increasing pressure» [2], «the fundamental basis for food security and the provision of important environmental services» *Ibidem.* They do not know the soil is a natural resource in serious danger of loss as the key element for the preservation of all life on the planet, all of which constitutes *a common good of humanity*" [5].

Although the different types of electronic media, have become an important means of disseminating symbolic products of political life, and actions or events occurring in the public sphere, this has not happened in the dissemination of science, or the education and awareness on the scientific knowledge. In fact, the dissemination of science is not only scarce, but often generates conceptual errors.

However, both, science and technology, today play a key role in achieving the Sustainable Development Goals and Soil preservation, and the impact and implications of the digital revolution make it increasingly clear the great potential that global connectivity has to stimulate human development.

Therefore, being aware of the new trends in education and the growing demand for information, we must consider how to provide citizens with information and knowledge related to soil sustainability in order to raise awareness of the need for its preservation within the framework of SDGs in a media-coverage world, because Soil education is strategically important to ensure ade-

quate conceptualization and understanding of the impacts of unsustainable use, of this resource: on food security, clean water, biodiversity preservation, climate mitigation, balance of biogeochemical cycles, human health, and well-being. Hence, information technologies are fundamental to respond both, Soil preservation to reach the Goal 15, and all the challenges involved in achieving the SDG's.

The implementation of the 2030 Agenda disclosed by media technology, means a time of challenges for Soil Science, but at the same time, it is a period of great opportunities to access a greater number of citizens, and achieve a greater contribution and appreciation for the soil, in the fight against the great environmental, economic, and social problems that affect human society.

Nowadays, the media have become fundamental for the transmission of scientific knowledge to the public, about the generation of a scientific culture, and an education and a well-informed society. However, communicating science in a comprehensible and well-founded way to the public, is not an easy task, and the collateral damage of undertaking a misleading dissemination of scientific knowledge, is paid with deviations and misconceptions that are very difficult to correct. That is why scientific communities must fully assume our responsibility in soil education, outreach and awareness at all levels.

Through the media, the symbolic forms transmitted are received and interpreted by an indefinite number of potential recipients, and the exchange of information has occurred in contexts of media interaction that allow us new forms of reception and appropriation of cognitive goods, so the two most important challenges would be:

– Rather than thinking about the media technique to be used in terms of finality, we should look for the best meaning and forms of transmission, for the achievement of science knowledge appropriation and awareness.

– Messages should be not only clear but perfectly expressed both in their scientific content and in foreseeing their impact on all the ethical and moral spheres of the possible recipients.

– Accompany the transmission of information and knowledge with awareness messages, looking to build a preservation culture.

WHAT THE IUSS PROPOSE TO DO TO IMPROVE SOIL EDUCATION AND RAISE AWARENESS ABOUT THE NEED TO PRESERVE IT?

As already mentioned before, the IUSS «International Decade of Soils 2015–2024» has defined two large priorities:

– «Stop the land degradation as the most insidious and underestimated challenge of the 21st century» and,

– «Direct the main focus of all activities on school age children and young adults (who will be teenagers and young adults in 10 years' time)» [4].

Consequently, an **IUSS Educational Task Force** is proposed, to grow in organizational strength and impact of our actions allowing us to achieve their principal goals: to stop the land degradation, and to put the main focus of our activities on school-age children.

However, achieving the impact we want to reach, although it depends on the organization and knowledge of that workforce, requires especially our awareness and willingness to make projects and proposals a reality.

The general ignorance about both the soil resource's functions and services as a natural system and the value and impact that this natural resource has in our daily lives naturally entails the absence of citizen awareness about the primary need to preserve it. That happens because although those of us who have the knows we share it among peers, in doing so, we use a specialized language to communicate with each other, and that *specialized language excludes citizens*.

Therefore, from the IUSS, to discuss how to educate for sustainability is transcendental for soil science to understand how to finally influence the construction of a citizen consciousness generating a culture of preservation that allows us to impact in the long-term in public policies and move on towards the governance of this natural resource.

The protection of the Soil resource and education for its preservation is the key to the achievement of the Sustainable Development Goals and for this reason, constitute the long-term

goals of the IUSS International Decade of the Soils as its main objectives. While reaching the Centennial of the International Union of Soil Sciences with a real commitment from its scientists and teachers to educate children and young people as future citizens of the world, to preserve the resource that is the object of their study is our goal of medium term.

Technological development allows to dissociate space and time; on the web one does not necessarily live on temporary conditions.

Therefore, taking advantage of that dissociation of time and space, as well as the speed of communication between peers who live and work around the world, from the IUSS, we propose a set of actions in the educational field for achieving soil sustainability through its governance, helping us with social media for this.

To achieve that we need to work towards to conform the **IUSS's Educative Task Force** in the medium and long term around the world, taking advantage of Social Media to:

– Linking the various educational projects in soil science that already exist, in all countries belonging to the IUSS to contribute with their cultural richness to the **IUSS Educative Task Force.**

– Performing educational activities organized around the world as part of the **IUSS Educative Project**.

– Generating knowledge and awareness, disseminate information and disseminate our activities.

The proposal is to shape and develop the educational project of the IUSS in such a way that each National Society organizes its educational work in soil science from their «National Educational Sections» in a coordinated way at regional level in nets, through the African, Asian, European, Oceania and Latin-American networks, in an integrated way to the IUSS for the realization of joint and forceful actions.

Our work to involve soil scientists and societies, as well as research institutions and universities from around the world, in efforts to educate and raise awareness on soils, among the future citizens of the world:

– The educative project «THE IUSS GOES TO THE SCHOOL», and FAO's Global Soil Partnership, launched together with the Booklet contest for children on Soil Biodiversity in the framework of World Soil Day 2020.

– Celebrating the **World Soil Day** 2020, «THE IUSS GOES TO SCHOOL» gave away a virtual space to all children worldwide, inviting them to take care of the Soils of their Nation, and teach their parents and teachers to do so.

– During the Opening Day of the Global Symposium on Soil Biodiversity (GSOBI21), FAO and IUSS launched the children's book «The magical world of soil biodiversity». A collection of 10 stories includes the best entries received from a total of 97 books spanning over 75 countries.

DISCUSSION

Although Carey and Trick (2013) indicate that there are no significant differences between the results obtained in face-to-face or virtual training processes, and according to Siemens et al (2015), the effectiveness of distance education is comparable and, even superior to that of traditional education, in the case of sciences such as agronomy and soil science, that is questionable.

Because despite all benefits of social media to spread knowledge and raise awareness, it is not the same to see and to hear, that to do it. The soil smell in which one is born and the sensations that children and young people can perceive between their fingers when they touch and play with the soil are not something that can be taught online.

The computer can hardly provide the knowledge, experience, and advice a teacher can offer a student, especially when we accompany that knowledge by the kind word and the appropriate anecdote. However, face-to-face and virtual education can be complemented and enriched when working, at the same time, in the school orchard with children and in the field with young people to perceive the beauty of the soil in full color and in three dimensions to learn from it.

For that reason, seeking to move from what is said and written, to what as soil science scientists we need to do, and work to implement advance the objectives of the IUSS International Decade of the Soils in a real way, Presidents, former President and former General Secretary of the IUSS

got engaged with practicing of the educational project «The IUSS goes to the school» working with children directly in the field since 2019.
– On October 2019, the Latin-American Soil Science Society educative project «Thus are the Soils of my Nation» joined to the efforts from «The IUSS goes to the school» project.
– On December 5th, 2019, the educative project «Hands on Science» joined to the efforts from «The IUSS goes to the school» project with the support of the Costa Rican Soil Science Society.
– The educative Program «Boden macht Schule» from the Austrian Soil Science Society joined us too.
– 23 Soil Science Societies are working with us.
– FAO, WASWAC, and the European Society for Soil Conservation joined «The IUSS goes to the school».

CONCLUSION

An educational project in soil science online is at the same time a great opportunity to, by disseminating knowledge about soil science, not only inform but also raise awareness and build environmental values. Also, to awaken vocations.
– In a currently mediatized world, we need to recognize these affects science, education, culture, health, every socioeconomic aspect of society, and therefore human life as a whole. Therefore, we need to work to convert them into our allies for the achievement of Soil Sustainability.
– The school *can and should* be our ally in achieving Fertile Soil Sustainability, so we should start by realizing that *we need* to *revalue education against sciences, because education is also a science.*
– The change of beliefs, is harder to achieve than any change of statements, behaviors, or legislation, and only an education for sustainability throughout the planet, and, only at an early age can fulfill the changes required for the accomplishment of the fertile soil preservation.
– Scientists have the word, the ball is in our court, the challenge is ours and the responsibility too.
– Young scientists have all the energy and Soil Scientists have all the experience to work together with the IUSS to educate and raise awareness about soil preservation in the future citizens of the world. All are invited to participate.

REFERENCES

1. *Carey T., Trick D.* (2013). How Online Learning Affects Productivity, Cost and Quality in Higher Education: An Environmental Scan and Review of the Literature. Toronto: Higher Education Quality Council of Ontario.
2. *FAO. Global Soil Partnership Mandate.* Roma, 2012. Accessed at URL: http://www.fao.org/globalsoilpartnership/es/
3. *Freinet C.* L'éducation du travail, Editions Ophrys. París, France, 1949.
4. *IUSS International Decade of Soils Programme.* 2016. IUSS Inter-Congress Meeting Document. p. 121–123.
5. *Latin-American Soil Science Society.* 2012. Declaración de Mar del Plata. Accessed at URL: http://slcs.org.mx/index.php/es/informacion-general/declaraciones/8-mar-del-plata
6. *Reyes-Sánchez L.B.* 2005. El suelo como recurso para la enseñanza de las ciencias. Novedades Educativas. 172, 1, 62–65.
7. *Reyes-Sánchez L.B.* 2018. «Edaphological approaches to advancing Sustainable Development Goals: an educational perspective to build a citizen preservation culture» en el libro: «Soil and Sustainable Development Goals of the U.N.» R. Lal, R. Horn, T. Kosaki Editors. IUSS Books. ISBN 978-3-510-65425-3.
8. *Siemens, G., Gašević, D., y Dawson, S.* (Ed.) (2015). Preparing for the digital university: a review of the history and current state of distance, blended, and online learning. Edmonton, AB: Athabasca University.
9. *Yasnitski A., van der Veer R., Aguilar E., García L.N.* Vygotski revisitado: una historia crítica de su contexto y legado (2016). Buenos Aires: Miño y Dávila Editores.

ПО СЛЕДАМ ВЕЛИКОГО УЧЕНОГО

Г.Ш. Мамедов
Национальная академия наук Азербайджана

Генетическое почвоведение как самостоятельная наука возникло немногим более 100 лет тому назад благодаря гению русского геолога Василия Васильевича Докучаева. Немного найдется наук, о которых можно сказать, что их начало было положено одним человеком. 1 марта исполняется 175 лет со дня рождения В.В. Докучаева. Много лет прошло, но его научная и организационная работа до сих пор служит примером того, как увлекательные исследования приводят к удивительным результатам и появлению новой науки. Поиск неизведанного всегда начинается с новой идеи, которую надо уметь доказать, защитить и дать ей развиться. Только в конце этого пути приходят признание и почетные награды.

Докучаев определил объект новой науки, сформулировал ее главные задачи и методологию, охарактеризовал внутреннюю структуру, разработал понятийно-терминологический аппарат, указал место почвоведения среди других наук, установил главнейшие закономерности происхождения и географического распределения почв и дал их первую научную классификацию. Предложенная Докучаевым парадигма выдержала проверку временем, что полностью подтвердилось его предвидение о жизненно важной роли почвоведения для развития современной цивилизации.

До сих пор не претерпело существенных изменений Докучаевское представление об объекте почвоведения. До Докучаева почва рассматривалась как плодородный субстрат, самой природой предназначенный для жизнеобеспечения растений. Василий Васильевич определил почву как самостоятельное естественноисторическое тело – функцию факторов почвообразования. Это определение стало классическим, с него началось оформление новой науки, оно используется и сейчас. В то же время известное противоречие между этой дефиницией и реальной совокупностью объектов, попадающих в сферу научных интересов почвоведения, существовавшее еще при Докучаеве сохранилось и поныне.

Докучаев является одним из величайших ученых, оставивших мировой науке многогранное и глубокое творческое наследие. Его не зря считают основателем «новой отрасли естествознания – учения о природных почвах».

Труды Докучаева сыграли неоценимую роль в развитии географических исследований, в том числе и Кавказа, который всегда привлекал внимание исследователей самых разных научных направлений. Во второй половине XIX – начале XX века проводились активные работы по изучению рельефа, геологии, климата и почвенно-растительного покрова России.

© Г.Ш. Мамедов, советник Национальной академии наук Азербайджана, академик, 2024

Многочисленные работы ученого, в том числе и связанные с Кавказом, привели к оформлению почвоведения как самостоятельной научной дисциплины. С Кавказом связаны две экспедиции Докучаева [5]. Маршрут первой экспедиции (1878 г.) проходил через предгорную равнину Терской области. Вторая (1899 г.) – по маршруту: предгорная равнина Терской области – Ведено – Харачой – Керкетский перевал – Дагестан.

Возможности экспедиции были весьма ограничены. Поэтому труднодоступные районы Кавказа, не были охвачены этими исследованиями. Но при этом и эти полученные сведения о почвах, в подтверждение к имеющимся результатам исследований, позволили Докучаеву сформулировать закон географической зональности. Сущность закона заключалась в том, что отмечается природная закономерность в распределении почв. Разумеется, и до Докучаева было известно, что растительность и климат подчиняются зональности. Но существенный вклад Докучаева в исследовании этого вопроса заключался в том, что он довел этот вопрос – вопрос о природной зональности не только отдельных компонентов, но и в их взаимосвязи, – до научного логического оформления.

Докучаев заявлял, что все важнейшие почвообразователи располагаются на земной поверхности в виде поясов или зон, вытянутых более или менее параллельно широтам, то неизбежно, что и почвы располагаются по земной поверхности зонально, в строжайшей зависимости от климата, растительности и т.д. Вместе с поднятием местности всегда закономерно изменяется и климат, и растительный и животный мир. Эти важнейшие почвообразователи закономерно должны изменяться – почвы, по мере поднятия, от подошвы гор. Много лет назад, имея в руках всего один-два факта, Докучаев не затруднился высказать мысль о зонально-вертикальном распределении почв вокруг всего древнего Арало-Каспийского бассейна, а в 1896 году включил вертикальные почвенные зоны в свою классификацию почв.

Северный Кавказ (вместе с северными побережьями Черного, Азовского и Каспийского морей) был отнесен Докучаевым к окраинам черноземной России. Контрастные местности Кавказа, богатство природы и почвенно-растительного покрова стали благоприятными дополнительными условиями для проведения исследовательских работ, которые стали основой нового учения.

Исследования на Кавказе и в Терской области, в частности, помогли Докучаеву вместе с Карчевским и Мещерским составить первую схематическую почвенную карту Кавказа, экспонировавшуюся на Всемирной выставке в Париже в 1900 г. На этой карте были выделены 6 почвенных, районов или полос, соответствовавших почвенным типам: тундровый, лесной, черноземный, каштановый, белоземный и красноземный.

В своих беседах В.В. Докучаев с большим интересом рассказывал о Кавказских впечатлениях: «По истине удивительно! Подобного разнообразия почвенных типов и думать нечего встретить ни в Европейской России, ни в Западной Европе. Аэральная зона распространена, главным образом, в сухих, безводных субтропических странах как Старого, так и Нового света; особенно типично она выражена в Арало-Каспийской низменности. Это страна пастбищ, естественного коневодства, овцеводства, страна винограда, хлопка, высших сортов табака и т. д. Пищей жителей служат хлеб и плоды – виноград, арбуз, дыни и т. д.».

После поездок В.В. Докучаева, до революции в Чечено-Ингушетии почвенные исследования долго не проводились. Лишь в 1913 году в статье С.А. Захарова «О почвенных областях и зонах Кавказа» встречаются некоторые сведения о почвах Чечено-Ингушетии. При почвенном районировании Кавказа он включает в состав трех областей: степей Восточного Предкавказья; лесов Северного Кавказа; высокогорий Большого Кавказа.

Докучаев оставил после себя блестящую плеяду последователей-почвоведов, географов-ботаников и геологов. В их числе особенно выделяются: почвоведы – Н.М. Сибирцев, К.Д. Глинка, С.А. Захаров; геологи – В.И. Вернадский, Ф.Ю. Левинсон-Лессинг, В.П. Амалицкий, П.А. Земятченский; гидрогеолог П.В. Отоцкий; ботаники – Г.Н. Высоцкий, Г.Ф. Морозов, А.Н. Краснов; географы – Г.И. Танфильев и Л.С. Берг. Все они выросли в крупных ученых, многие создали самостоятельные школы и учения, ибо были вооружены докучаевским комплексным подходом к природе.

В истории естествознания в России в течение XIX века немного найдется людей, которые могли бы быть поставлены наряду с ним по влиянию, какое они оказывали на ход научной работы, по глубине и оригинальности их обобщающей мысли. Так или иначе, Докучаев явился главой целой школы русских ученых. Влияние его стремлений и его идей ясно сказывается и все увеличивается далеко за пределы России, и достигнутые им результаты принадлежат к крупным приобретениям научного движения XIX века. Жизнь В.В. Докучаева не прошла бесследно ни для науки, ни для государства. И в этом, самом для него дорогом, он нашел бы для себя удовлетворение, если бы мог теперь охватить и оценить свою жизнь.

Сегодня, в современной науке продолжая работы великого ученого Докучаева, на основе географических информационных систем (ГИС) мы создали интерактивные электронные карты почв и карты экологической оценки почв Азербайджана в масштабе 1:100 000.

ПЕРЕЧЕНЬ ПОЧВ, ПРЕДСТАВЛЕННЫХ В ЛЕГЕНДЕ ПОЧВЕННОЙ КАРТЫ АЗЕРБАЙДЖАНСКОЙ РЕСПУБЛИКИ

I. Почвы альпийских и субальпийских лугов и луговых степей
1. Горно-луговые степные
2. Горно-луговые дерновые
3. Горно-луговые примитивные и торфянистые
4. Горно-луговые черноземовидные

II. Почвы мезофильных лесов
1. Горно-лесные олуговелые
2. Горно-лесные дерново-карбонатные
3. Горно-лесные остаточно карбонатные, местами остепненные бурые
4. Горно-лесные типичные бурые

III. Почвы влажных и полувлажных субтропиков
1. Горно-лесные псевдоподзолистые желтые
2. Горно-лесные типичные желтые
3. Горно-лесные бурые желтые
4. Желтые псевдоподзолистые глеевые
5. Желтые псевдоподзолистые

IV. Почвы ксерофильных лесов, кустарников и горных степей
1. Горные карбонатные черноземы
2. Горно-лесные карбонатные и местами остепненные коричневые
3. Горно-лесные типичные коричневые
4. Горно-лесные выщелоченные коричневые
5. Горные черноземы типичные выщелоченные

V. Почвы сухих субтропических степей и полупустынь
1. Горно-коричневые темные и обычные
2. Горные серо-коричневые светлые
3. Лугово-коричневые типичные карбонатные
4. Горные серо-коричневые темные и обычные
5. Горно-каштановые местами перегнойно-сульфатные (известковые) и неполноразвитые
6. Каштановые темные и обычные
7. Каштановые перегнойно-сульфатные (известковые)
8. Лугово-каштановые и каштаново-луговые
9. Светло-каштановые местами остаточно-засоленные
10. Сероземы темные
11. Сероземы типичные
12. Сероземы луговые средне- и малогумусные

13. Сероземы светлые и примитивные
14. Сероземы луговые

VI. Почвы пойм и низинных лесов
1. Лугово-болотные и болотные
2. Пески дюнные бугристые
3. Луговые пойменно-аллювиальные
4. Солончаки (делювиальные и аллювиальные)
5. Такыры и такыровидные почвы
6. Типичные и солончаковые солонцы
7. Лугово-лесные выщелоченные и карбонатные (тугайные)

Почвенные комплексы
Сероземно-бурые местами солонцеватые и солончаковые

Непочвенные производные
Скальные обнажения и выходы глинистых пород

Прочие производные
Галечниковые русла рек

ЛАНДШАФТНЫЕ ЗОНЫ АЗЕРБАЙДЖАНСКОЙ РЕСПУБЛИКИ

I. Область Большого Кавказа (площадь 2153186 га)
1. Самур-Шабранский агроэкологический район;
2. Гонаккендский агроэкологический район;
3. Загатала-Лахиджский агроэкологический район;
4. Горно-Ширванский (Шамаха) агроэкологический район;
5. Гобустан-Абшеронский агроэкологический район.

II. Область Малого Кавказа (площадь 1602613 га)
1. Агроэкологический район Гянджинских гор;
2. Нагорно-Карабахский агроэкологический район;
3. Агроэкологический район Карабахского вулканического плато;
4. Агроэкологический район Хакари.

III. Кура-Аразская областъ (площадь 3898356 га)
1. Агроэкологический район Джейранчель-Аджиноур;
2. Ганых-Айричайский агроэкологический район;
3. Газах-Карабахский агроэкологический район;
4. Кудру-Ширванский агроэкологический район;
5. Агроэкологический район пологих равнин вдоль Араза,
6. Агроэкологический район Центрального Арана (Кура-Араз).

IV. Ленкоранская область (площадь 432832 га)
1. Ленкоранский агроэкологический район;
2. Агроэкологический район Талышских гор.

V. Средне-Аразская область (Нахичевань) (площадь 535930 га)
1. Шарур-Ордубадский агроэкологический район,
2. Агроэкологический район гор Нахичевани (Гуннут-Гапыджыг).

Для практических целей важно вскрыть качественные различия агроценозов, кормовых и лесных угодий и оценить их количественно, т.е. определить числом и мерой относительные достоинства каждой культуры и тем самым сопоставить их полезность для сельского хозяйства.

Агроэкологическое районирование территории Азербайджана на основе бонитировки почвенного покрова производится в тесной связи с общей схемой природно-сельскохозяйственного районирования страны по следующей системе таксономических единиц: агроэкологический класс, агроэкологическая область, агроэкологический район, агроэкологическая зона, агроэкологическая подзона, агроэкологическая группировка. Эти подразделения являются комплексными территориально-производственными образованиями. Они различаются рядом природных и хозяйственных признаков. Однако, учитывая взаимосвязь природы и хозяйства, нет необходимости при выделении подразделений пользоваться всей совокупностью признаков. Достаточно учитывать только наиболее характерные.

Ниже приводятся определения понятий таксономических единиц системы районирования и наиболее характерные признаки, используемые для выделения подразделений территории.

Страна – Азербайджан.

Агроэкологический класс – широтно или вертикально простирающаяся территория, характеризующаяся преобладанием основного зонального типа почв. В пределах Азербайджана выделяются 2 класса: горные территории, которые входят в пояс со всей системой вертикальной поясности от фундаментной до холодной (в зависимости от высоты местности), и равнинные, характеризующиеся определенной величиной суммарного поступления солнечного тепла, т.е. равнина определяется согласно общей схеме горизонтальной поясности.

Агроэкологическая область – часть класса (горного и равнинного), обособленная крупным орографическим элементом – вертикальной или горизонтальной зональностью. При выделении агроклиматических областей, помимо особенностей распределения тепла, влаги и других показателей на территории республики, учитываются физико-географические различия областей более крупным планом.

Агроэкологическая зона – часть области, характеризующаяся определенным комплексом агроэкологических и агроэкономических условий (структурами почвенного покрова – распределением его по рельефу, особенностями мезо- и микроклимата, близостью к крупным населенным пунктам и т.д.), определяющим районные различия сельскохозяйственного производства по составу возделываемых культур, более узкой специализации, концентрации производства. Главными признаками района являются типы специализации и способы ведения сельского хозяйства, определяемые местными агроэкологическими и агроэкономическими условиями. Агроэкологические районы обычно охватывают территорию нескольких административных районов.

Агроэкологическая подзона – часть агроэкологического района, в котором возделываются отдельные сорта агроценозов, кормовых и лесных угодий, т.е. узкая специализация сельскохозяйственного производства по отдельным сортам растений.

Агроэкологическая группировка почв – часть зоны или подзоны, объединение почвенных таксономических единиц по близким баллам, дающим возможность возделывать агроценозы, кормовые и лесные угодья. Агроэкологическая группировка почв подразделяется на два типа: комплексную и специализированную.

Комплексная агроэкологическая группировка почв – это объединение почвенных таксономических единиц по комплексным свойствам и признакам, дающим возможность возделывать агроценозы, кормовые и лесные угодья.

Специализированная агроэкологическая группировка почв – это объединение почвенных таксономических единиц по каким-либо свойствам и признакам почв, дающим возможность возделывать определенные агроценозы, кормовые и лесные угодья. Эта группировка почв проводится для ликвидации каких-либо отрицательных свойств и признаков почв, например, засоленности, солонцеватости, заболоченности и т.д.

ПОЧВЕННАЯ КАРТА АЗЕРБАЙДЖАНСКОЙ РЕСПУБЛИКИ
Легенда
Расчеты
Дороги государственного значения
Автомагистрали местного значения
Магистраль
Граница республики
река
каналы
Озера
Типы почв
1, Горно-луговые примитивные торфянистые
2, Горно-луговые дерновые
3, Горно-луговые черноземовидные
4, Горно-луговые степные
5, Горно-лесные оглеенные
6, Горно-лесные бурые типичные
7, Горно-лесные бурые остепнено-карбонатные, местами остепненные
8, Горно-лесные желто-бурые
9, Горно-лесные желтые типичные
10, Горно-лесные желтые псевдоподзолистые
11,Горно-лесные дерново-карбонатные
12, Горно-лесные коричневые выщелоченные
13, Горно-лесные коричневые типичные
14, Горно-лесные коричневые карбонатные, местами остепненные
15, Горные черноземы типичные выщелоченные
16, Горные черноземы карбонатные
17, Горно-коричневые темные обычные
18, Горные серо-коричневые темные обычные
19, Горные серо-коричневые светные
20, Горно-каштановые местами перегнойно-сульфатные (известковые) неполноразвитые
21, Лугово-коричневые типичные карбонатные
22, Желтые псевдоподзолистые
23, Желтые псевдоподзолистые глеевые
24, Каштановые темные обычные
25, Светло-каштановые местами остаточно-засоленные
26, Каштановые перегнойно-сульфатные (известковые)
27, Каштаново-луговые и лугово-каштановые
28, Сероземы темные
29, Сероземы типичные
30, Сероземы светные и примитивные
31, Сероземы луговые
32, Сероземно-луговые высокогумусные
33, Сероземно-луговые средне- и малогумусные
34, Серо-бурые и сероземно-бурые местами солонцеватые и солончаковые
35, Лугово-лесные выщелоченные карбонатные (тугайные)
36, Аллювиально-луговые пойменные
37, Болотные и лугово-болотные
38, Солончаки (делювиальные и аллювиальные)
39, Солонцы типичные солончаковые
40, Такыры и такыровидные почвы
41, Пески дюпные и бугристые
42, Галечниковые русла рек
43, Скальные обнажения и выходы глинистых пород
РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ
ГРУЗИЯ
АРМЕНИЯ
ИРАН
ТУРЦИЯ
КАСПИЙСКОЕ МОРЕ
Масштаб 1 : 600 000
45°0'0"E
46°0'0"E
47°0'0"E
48°0'0"E
49°0'0"E
50°0'0"E
51°0'0"E
42°0'0"N
41°0'0"N
40°0'0"N
39°0'0"N

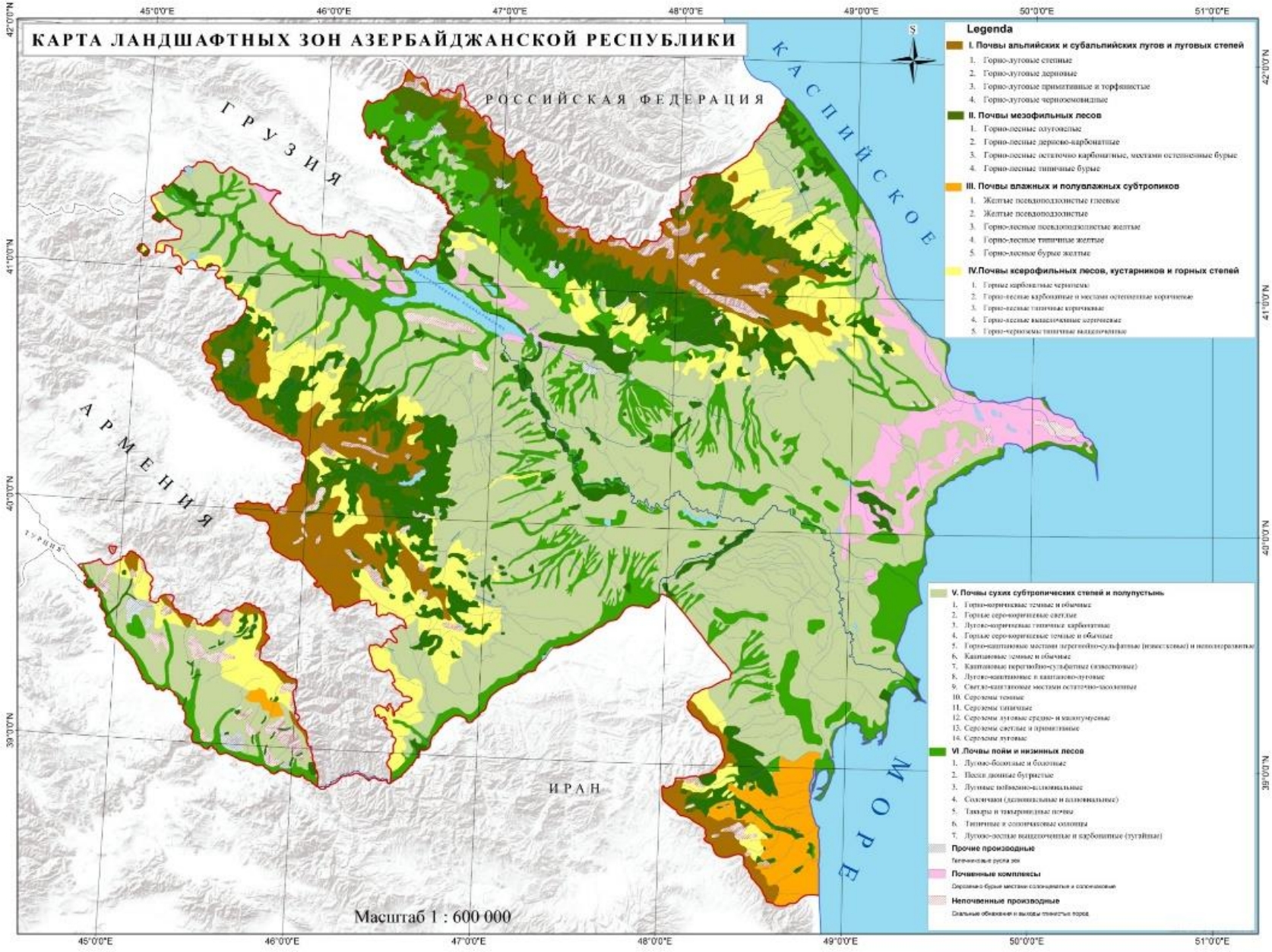

КАРТА ЛАНДШАФТНЫХ ЗОН АЗЕРБАЙДЖАНСКОЙ РЕСПУБЛИКИ
РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ
ГРУЗИЯ
АРМЕНИЯ
ТУРЦИЯ
ИРАН
КАСПИЙСКОЕ МОРЕ
Масштаб 1 : 600 000
Legenda
I. Почвы альпийских и субальпийских лугов и луговых степей
1. Горно-луговые степные
2. Горно-луговые дерновые
3. Горно-луговые примитивные и торфянистые
4. Горно-луговые черноземовидные
II. Почвы мезофильных лесов
1. Горно-лесные олуговелые
2. Горно-лесные дерново-карбонатные
3. Горно-лесные остаточно карбонатные, местами оподзоленные бурые
4. Горно-лесные типичные бурые
III. Почвы влажных и полувлажных субтропиков
1. Желтые псевдоподзолистые глеевые
2. Желтые псевдоподзолистые
3. Горно-лесные псевдоподзолистые желтые
4. Горно-лесные типичные желтые
5. Горно-лесные бурые желтые
IV.Почвы ксерофильных лесов, кустарников и горных степей
1. Горные карбонатные черноземы
2. Горно-лесные карбонатные и местами оподзоленные коричневые
3. Горно-лесные типичные коричневые
4. Горно-лесные выщелоченные коричневые
5. Горно-черноземы типичные выщелоченные
V. Почвы сухих субтропических степей и полупустынь
1. Горно-коричневые темные и обычные
2. Горные серо-коричневые светлые
3. Лугово-коричневые типичные карбонатные
4. Горные серо-коричневые темные и обычные
5. Горно-каштановые местами перегнойно-сульфатные (известковые) и неполноразвитые
6. Каштановые темные и обычные
7. Каштановые перегнойно-сульфатные (известковые)
8. Лугово-каштановые и каштаново-луговые
9. Светло-каштановые местами остаточно-засоленные
10. Сероземы темные
11. Сероземы типичные
12. Сероземы луговые средне- и малогумусные
13. Сероземы светлые и примитивные
14. Сероземы луговые
VI .Почвы пойм и низинных лесов
1. Лугово-болотные и болотные
2. Пески дюнные бугристые
3. Луговые типично-пойменные
4. Солончаки (дюнные и пойменные)
5. Такыры и такыровидные почвы
6. Типичные и солончаковые солонцы
7. Лугово-лесные выщелоченные и карбонатные (тугайные)
Прочие производные
Почвенные комплексы
Непочвенные производные
45°0'0"E
46°0'0"E
47°0'0"E
48°0'0"E
49°0'0"E
50°0'0"E
51°0'0"E
42°0'0"N
41°0'0"N
40°0'0"N
39°0'0"N

Таблица. Агроэкологическое районирование Азербайджанской Республики.

Агроэкологичейский класс	Агроэкологическая область	Агроэкологический район	Агроэкологическая зона	Агроэкологическая подзона*	Агропроизводственная группировка**
Горный	Большой Кавказ	1. Самур-Шабран 2. Гонаккенд 3. Загатала-Лахидж 4. Горный Ширван (Шамаха) 5. Гобустан-Абшерон	Виноградарство	Аг шаны, гара шаны и др.	I – лучшие земли, >80 балла
	Малый Кавказ	1. Гянджинские горы 2. Нагорный Карабах 3. Карабахское вулканическое плато 4. Хакари	Овощеводство	Капуста, огурцы, помидоры и др.	II – хорошие земли, 60–80 баллов
	Нахичеванская АР	1. Шарур-Ордубад 2. Нахичеванские горы (Гуннут-Гапыджыг)	Плодоводство Зерновые	Яблоки, груша и др. Твердая пшеница, мягкая пшеница и др.	III – средние, 40–60 баллов
	Талыш	1. Ленкорань 2. Талышские горы	Табаководство Субтропические культуры Чаеводство Пастбища Лес	Трабзон и др. Гранат, фейхоа, инжир и др. Летние, зимние Дуб, граб, бук и др.	IV – пониженные, 20–40 баллов
Равнинный	Кура-Араксинская область	1. Джейранчель-Аджиноур 2. Ганых-Айричай 3. Газах-Карабах 4. Кудру-Ширван 5. Пологие равнины вдоль Араза 6. Центральный Аран (Кура-Араз)	Хлопководство	Тонковолокнистый и др.	V – условно непригодные земли, <20 баллов

* Под термином агроэкологическая подзона подразумевается сорт отдельных культур

** Каждая агроэкологическая зона или подзона по свойствам почв делится на пять агроэкологических групп

Конечная цель агроэкологического районирования – выявить границы упомянутых регионов, т.е. перенести их на карту и снабдить необходимой характеристикой. С этой точки зрения районирование было проведено на основе картограммы бонитета почв республики.

Таким образом, агроэкологическое районирование, их бонитировка по свойствам почв с учетом климата могут служить довольно объективным показателем при регулировании плодородия почв отдельных районов.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Докучаев В.В.* Картография русских почв. Объяснительный текст к почвенной карте Европейской России, изданной департаментом Земледелия и сельской промышленности. СПб.: Типография Киршбаума, 1879. 114 с.
2. *Докучаев В.В.* О подзоле // Труды Императорского Вольного экономического общества. СПб., 1880, том 1, стр. 142–150.
3. *Докучаев В.В.* Русский чернозем. Отчет Императорскому Вольному экономическому обществу. СПб., 1883, 376 с.
4. *Мамедов Г.Ш.* Агроэкологическое районирование Азербайджанской ССР в целях земельного кадастра. Известия Академии Наук Азербайджанской ССР, Серия биологических наук, № 3, Баку, Элм, 1986, стр. 56–62.
5. *Мамедов Г.Ш., Халилов М., Мамедова С.З.* Агроэкология (I часть). Баку, Элм, 2010, 551 с.
6. *Мамедов Г.Ш., Халилов М., Мамедова С.З.* Агроэкология (II часть). Баку, Элм, 2011, 447 с.
7. *Мамедов Г.Ш.* Составление интерактивных почвенных карт и карт экологической оценки почв Азербайджана на основе географических информационных систем. «Бюллетень науки и практики», Россия, Тюменская область, г. Нижневартовск, № 3, 2019, стр. 118–127.
8. *Мамедов Г.Ш., Аскерова М.М.* Принципы составления почвенных, экологических и других картографических материалов Азербайджана на основе ГИС. Международный научно-исследовательский журнал «Евразийский Союз Ученых», № 6 (63), I часть, Россия, г. Москва, 2019, стр. 17–27.
9. *Мамедов Г.Ш.* и др. Методическое указание по составлению интерактивных почвенных карт и карт экологической оценки почв в масштабе 1:100000. Баку, Элм, 2020, 88 с.
10. *Мамедов Г.Ш., Мамедова С.З., Османова С.А.* Modern technologies in the preparation of interactive soil maps of the republic of Azerbaijan. VIII Международная научно-практическая конференция «Challenges in science of nowadays», 4–5 апреля 2021, Вашингтон, США, с. 843–857.
11. *Мамедов Г.Ш., Ахмедов И.Х.* Основы геодезии и картографии (учебник). Нафта-Пресс, Баку, 2011, 646 с.
12. *Мамедов Г.Ш., Гейдарова Р.М.* Составление почвенной карты Мильской равнины Азербайджана на основе аерокосмических материалов. Рязань, 2014.
13. *Мамедов Г.Ш., Ягубов Г.Ш.* Инструкция по широкомасштабному исследованию и картированию земель Азербайджанской Республики, 2002, 208 с.
14. *Национальный Атлас* Азербайджанской Республики. (2014).
15. *Сибирцев Н.М., Танфильев Г.И., Ферхмин А.Р.* Почвенная карта Европейской России, составленная по почину и плану В.В. Докучаева. 1900.
16. *Соловьев Я.А.* Сельскохозяйственная статистика Смоленской губернии. М.: Тип. Александра Семена, 1855. 486 с.
17. *Mammadov G.Sh., Heydarova R.M.* Soil mapping of the Mil plain of Azerbaijan Based on the aerospace materials. «Global Journal of Agricultural Research». European-American Journal. Vol. 4, № 6, December, 2016, pp. 7–12.
18. *Mammadov G.Sh., Mammadova S.Z.* Comparative evaluation of the soil fertility under tea and vegetablecuebures the Lankaran province of Azerbaijan. «Global Journal of Agricultural Research». European-American Journal. Vol. 4, № 1, 2016, pp. 26–39.
19. *Mammadov G.Sh., Mammadova S.Z., Osmanova S.A.* Basics of compiling interactive electronic soil maps and ecological assessment maps. Danish Scientific Journal. Denmark, № 34/2020, pp. 28–34.

60 ЛЕТ СЛУЖЕНИЯ ОТЕЧЕСТВУ
(К 80-ЛЕТИЮ Б.Ф. АПАРИНА)

М.А. Лазарева

ЦМП им. В.В. Докучаева – филиал ФГБНУ ФИЦ «Почвенный институт им. В.В. Докучаева», Санкт-Петербург

19 апреля 2022 г. в ЦМП им. В.В. Докучаева в рамках празднования, посвященного 80-летнему юбилею научного руководителя музея Апарина Б.Ф. состоялась презентация выставки «Апарин Б.Ф. 60 лет служения отечеству». Выставка была посвящена научной, педагогической, научно-организационной деятельности Апарина Б.Ф. и состояла из 6 разделов: послужной список; научные труды; учебно-методические пособия; ответственный редактор; признание; музейно-экспозиционная работа. Ее посетили ведущие ученые, профессора и коллеги Бориса Федоровича из СПбГУ, ЦМП им. В.В. Докучаева, СПбГЛТУ, МОО «Природоохранный союз» и других организаций.

19 апреля 2022 года в Центральном музее почвоведения им. В.В. Докучаева состоялось празднование, посвященное 80-летнему юбилею научного руководителя музея, профессора кафедры почвоведения и экологии почв СПбГУ, вице-президента Общества почвоведов им. В.В. Докучаева, д.с.-х.н. Апарина Бориса Федоровича (рис. 1).

С поздравлениями выступили: директор ЦМП им. В.В. Докучаева, д.г.н., Сухачева Е.Ю., заведующий кафедрой почвоведения и экологии почв, профессор, д.г.н. Русаков А.В., профессор кафедры почвоведения и экологии почв СПбГУ, д.б.н. Чуков С.Н., профессор Санкт-Петербургского государственного Лесотехнического университета им. С.М. Кирова, д.с.-х.н. Бабиков Б.В., генеральный директор ООО «Центр агрохимического и землеустроительного обслуживания», д.с.-х.н. Суханов П.А., Председатель Центрального совета МОО «Природоохранный союз», д.б.н., профессор Тарбаева В.М. (рис. 2).

Рисунок 1. Профессор, д.с.-х.н. Апарин Б.Ф.

© М.А. Лазарева, 2024

Рисунок 2. Коллеги Апарина Б.Ф.

В адрес юбиляра поступили поздравления от ректора СПбГУ, директоров, зав. отделов и научных руководителей институтов, профессоров, докторов наук, академиков РАН:

– Директор ФГБНУ ФИЦ «Почвенный институт им. В.В. Докучаева», академик РАН Иванов А.Л.: «…Об успешности Вашей образовательной деятельности можно судить по оценке, которую дают Вам благодарные студенты в Интернете: …лекции проходят в классическом университетском стиле. С одной стороны, получаешь фундаментальные знания, с другой – развиваешь системное мышление. Борис Федорович учит нас видеть закономерности в природных процессах, приводящих к образованию почвы. Ведь почва – это начало всех органических запасов земного шара – это мы твердо усвоили».

– Научный руководитель ИФХиБПП РАН, заведующий лабораторией почвенных циклов азота и углерода, главный научный сотрудник, профессор, чл.-корр. РАН, д.б.н. Кудеяров В.Н.: «Научная общественность – почвоведы, географы, экологи и другие специалисты знают Вас как талантливого исследователя и выдающегося организатора науки…».

– Декан Биологического факультета СПбГУ, академик РАН Тихонович И.А.: «…Вы стали одним из главных вдохновителей специальной охраны почв в России, создав одну из лучших Красных книг почв. В течение многих лет Вы создавали научно-педагогическую школу фундаментального почвоведения в Санкт-Петербурге. Преданные Вам ученики трудятся во всех уголках Земли, развивая Ваши идеи в области экологии и географии почв».

– Академик РАН Кирюшин В.И.: «Я с большим интересом и удовлетворением слежу за Вашей многоплановой творческой деятельностью, которая является выражением классических традиций В.В. Докучаева и докучаевского языка. Ваши научные труды и учебники – достойное развитие докучаевского наследия… Ваша любовь к природе и главной науке о ней заразительна…».

– Зав. отделом географии и эволюции почв Института географии РАН, вице-президент Общества почвоведов им. В.В. Докучаева, д.г.н. Горячкин С.В.: «…в России – родине почвоведения – немало талантливых ученых в этой науке. Но никто не может у Вас отобрать место лидера в благороднейшей сфере просвещения и популяризации почвенных знаний для широ-

кого круга наших граждан! Вы являете собой пример благородства и рыцарства в Деле Вашей жизни!».

– Президент общества почвоведов Азербайджана, академик Мамедов Г.: «…Ваша научная деятельность способствует росту авторитета науки, укреплению интеллектуального потенциала специалистов по почвоведению».

– Директор Института биологии Коми НЦ УрО РАН Дёгтева С.В.: «…Начиная с 1998 года Вы вносите значительный вклад в становление молодых исследователей – почвоведов, выполняя функции бессменного Председателя организационного комитета ежегодных Международных молодежных научных конференций «Докучаевские молодежные чтения».

– Директор ФИЦ КНЦ СО РАН, чл.-корр. РАН, д.с.-х.н. Шпедт А.А.: «Глубокоуважаемый Борис Федорович, хочется от всей души пожелать Вам, чтобы как можно дольше не покидало Вас то живое, удивительное чувство научного любопытства, что неизменно движет Вами многие годы…».

– Директор ВНИИМЗ, к.с.-х.н. Соловьев Д.А. «Мы знаем, уважаем, ценим и любим Вас не только как ученого с мировым именем, прекрасного руководителя, но и как человека, неравнодушного к судьбе страны и каждого ее гражданина в отдельности. Вы отдавали и отдаете сейчас накопленный опыт, знания и энергию молодому поколению для развития науки и просвещения, вносите существенный вклад в поддержание высокого потенциала сельскохозяйственной науки России».

– Директор ФГБНУ ВНИИОЗ, д.т.н. Новиков А.Е.: «Присущий Вам творческий подход, талант педагога, организационный опыт и активная общественная деятельность содействуют популяризации науки, делают научные изыскания доступными широкой аудитории».

– Генеральный директор Института Почвоведения и Агрохимии НАНА, чл.-корр. НАНА, профессор, д.т.н. Кулиев А.: «Азербайджанские почвоведы и экологи ценят Вас как крупного ученого-педагога, оказывающего постоянную помощь молодым ученым в разработке вопросов, как почвоведения, так и экологии…».

– Декан биолого-почвенного факультета ФГБОУ ВО ИГУ Матвеев А.Н. и зав. Базовой кафедрой почвоведения и оценки земельных ресурсов ФГБОУ ВО ИГУ и ФГНУ Института географии им. В.Б. Сочавы СО РАН Гранина Н.И.: «…Ваша деятельность по воспитанию молодежи в духе гуманизма, культурных и экологических ценностей получила самую достойную оценку Министерства культуры, Сельского хозяйства и фонда им. В.И. Вернадского.…умение воплощать свои идеи в жизнь, научное чутье и честность исследователя, ваши личные качества, доброта и интеллигентность вызывают глубокое уважение тех, кто с Вами трудился и трудится, встречался и встречается по сей день…».

– Проректор по науке и инновациям НУУз им. Мирзо Улугбека Сабуров Х. и руководитель научного центра «АгроЭкоБиотехнологии» Гафурова Л.: «…Ваши выдающиеся способности как исследователя, педагога и организатора позволили руководимому Вами в течении 40 лет ЦМП им. В.В. Докучаева, быть флагманом общественной мысли, науки и образования, где органично сочетались научно-исследовательская работа, подготовка специалистов, популяризация и пропаганда достижений почвенных и агроэкологических знаний».

– Президент Общества почвоведов им. В.В. Докучаева, чл.-корр. РАН, профессор Шоба С.А.: «…Будучи Директором ЦМП им. В.В. Докучаева под Вашим руководством и непосредственном участии в Музее была создана, не имеющая аналогов, почвенно-экологическая экспозиция…».

– Председатель Белорусского общества почвоведов и агрохимиков, профессор, д.с.-х.н. Цыбулько Н.Н.: «…Мы испытываем чувство огромной гордости, что Ваша научная и общественно-организационная деятельность тесно пересеклись с белорусскими почвоведами и агрохимиками».

– Председатель правления КазНИИПиА им. У.У. Успанова Рамазанова Р.Х.: «Коллектив КазНИИПиА им. У.У. Успанова поздравляет Вас с 80-летием со дня рождения. Самоотверженное служение науке, высокая мера ответственности, профессионализм, мудрость и широта мышления снискали заслуженное уважение коллег и друзей».

– Зав. Отделом почвоведения Института биологии Коми НЦ УрО РАН Лаптева Е.М.: «…Мы очень хорошо знаем Бориса Федоровича по его замечательным научным работам, по его учебникам, по его докладам на научных конференциях, в том числе и в г. Сыктывкаре, по его уникальной просветительской деятельности, благодаря которой появились такие замечательные мультипликационные фильмы и видеоролики, которые позволяют понять роль почвы даже самым маленьким и еще ничего не знающим о мире природы и мире почв детям!!!…».

– Научный руководитель ФГБНУ ВНИИРАЭ Санжарова Н.И.: «Ваша плодотворная научная и педагогическая деятельность отмечены высокими наградами, среди которых самая ценная – это уважение и признание друзей и коллег, а результаты Вашей работы как ученого и педагога получили признание как в России, так и за рубежом».

– Доктор биологических наук, заслуженный ветеран СО РАН Десяткин Р.В. и Десяткина Л.И. Республика Саха (Якутия): «Мы гордимся тем, что наша судьба связана с Вами, большим ученым и прекрасным человеком и безмерно благодарны Вам за внимание, повседневное общение, поддержку и помощь. Вы являетесь для нас ярким примером творческой деятельности фундаментальных исследований, большой трудоспособности, преданности к науке, интеллигентности и чуткости к окружающим»

– Руководитель лаборатории «Агроэкология» ТГПУ, чл.-корр. РАН, профессор Инишева Л.И.: «…Спасибо за Ваш неуемный характер, всегдашнюю улыбку, за способность увидеть в каждом человеке хорошее и это подчеркнуть…Вам – всего только доброго и многие лета!!!».

– Ведущий научный сотрудник лаборатории криологии почв ИФХиБПП Губин С.В.: «…Особо низкий поклон тебе за труды в тяжелые мирные годы нашей страны, за то, что Музей выжил, устоял, как один из ведущих центров почвенной науки, стал устойчивым ядром консолидации молодых почвоведов России. Здоровья тебе, не угасаемого лукавого задора в твоих глазах!…».

– Коллектив кафедры агрохимии СПбГУ: «Вы – яркий представитель Ленинградской / Петербургской школы почвоведов…».

– Коллектив Базовой кафедры почвоведения и оценки земельных ресурсов ФГБОУ ВОИГУ и ФГНУ Института географии им. В.Б. Сочавы СО РАН: «Оставайтесь таким же молодым, позитивным, интересным и заботливым».

Десятки теплых слов и добрых пожеланий прозвучали от коллег и друзей Бориса Федоровича из разных концов страны.

После поздравлений состоялась презентация выставки «Апарин Б.Ф. 60 лет служения отечеству» (автор: н.с. Лазарева М.А.) (рис. 3).

Выставка была посвящена научной, педагогической, научно-организационной деятельности Апарина Б.Ф. и состояла из 6 разделов: послужной список; научные труды; учебно-методические пособия; ответственный редактор; признание; музейно-экспозиционная работа.

В разделе «*Послужной список*» были представлены основные этапы деятельности Апарина Б.Ф. (табл. 1).

Апарин Борис Федорович родился 19 апреля 1942 года в г. Барабинске Новосибирской области. В 1969 году закончил с отличием географический факультет Ленинградского государственного университета (ныне СПбГУ). Ему была присвоена квалификация «Биогеограф – почвовед». Научным руководителем в аспирантуре у Бориса Федоровича был известный ученый-почвовед д.с.-х.н., профессор Евгений Владимирович Рубилин. В 1973 г. на Ученом совете географического факультета ЛГУ защитил кандидатскую диссертацию «Особенности подзолообразования на двучленных породах холмистоморенных ландшафтов таежной зоны Европейской части СССР». Выдающиеся способности Бориса Федоровича как исследователя и организатора были высоко оценены, и спустя три года после защиты в 1976 г. его назначают директором Центрального музея почвоведения им. В.В. Докучаева, которым он успешно руководил в течении 40 лет.

Рисунок 3. Выставка «Апарин Б.Ф. 60 лет служения отечеству».

Докторскую диссертацию «Почвы на двучленных породах и их агропроизводственная характеристика (на примере Севера и Северо-Запада ЕТС)» Апарин Борис Федорович защитил в 1986 году в Почвенном институте им. В.В. Докучаева (г. Москва). Ему была присвоена ученая степень «доктор сельскохозяйственных наук». В 1996 г. Борису Федоровичу присвоено ученое звание «Профессор».

Таблица 1. Послужной список.

Годы	Число лет	Ответственность
1961–1963	3	Служба в советской армии
1976–2016	40	Директор музея
2018– н.в.		Научный руководитель музея
1992–2018	26	Зав. кафедрой почвоведения и экологии почв
1992– н.в.	30	Профессор кафедры почвоведения и экологии почв
1976– н.в.	>45	Член Ученого совета почвенного института
1998– н.в.		Председатель оргкомитета Докучаевских молодежных чтений
1996– н.в.	>25	Член редколлегии ж. Почвоведение
1999– н.в.	>20	Отв. редактор периодического издания «Материалы по изучению русских почв»
1994– н.в.	>25	Вице президент Общества почвоведов им. В.В. Докучаева
2006– н.в.	>15	Генеральный директор АНО сохранения и развития научного наследия В.В. Докучаева «Почва – жизнь»

Апарин Б.Ф. успешно сочетает научную и педагогическую деятельности. В течение 25 лет (с 1992 по 2017 г.) он возглавлял кафедру почвоведения и экологии почв СПбГУ. Им разработаны и осуществляются программы базовых учебных курсов в бакалавриате, магистратуре и аспирантуре: «Общее почвоведение», «Методология современного почвоведения», «Теория почвообразовательного процесса», «Парадигма почвоведения – этапы развития» (рис. 4). Под его руководством защищено 4 кандидатских диссертаций и 2 докторских диссертации (научный консультант).

Рисунок 4. Научная и научно-организационная деятельность Апарина Б.Ф.

Список опубликованных Апариным Б.Ф. работ включает более 230 наименований, в том числе 12 монографий.

В разделе «*Научные труды*» были представлены монографии Апарина Б.Ф. с 1975 по н.в.:

Апарин Б.Ф., Рубилин Е.В. Особенности почвообразования на двучленных породах Северо-Запада русской равнины. 1975. Изд-во «Наука», Ленингр. отд., Л. 1–195.

Апарин Б.Ф., Забоева И.В., Липкина Г.С. и др. Подзолистые почвы центральной и восточной частей европейской территории СССР (на песчаных почвообразующих породах). – Л.: Наука, 1981 – 200 с.

Апарин Б.Ф. Географические основы рационального использования почв (на двучленных породах). – СПб.: Наука, 1992 – 190 с.

Апарин Б.Ф. Эволюционные модели плодородия почв. Изд-во СПбГУ, 1997. – 292 с.

Апарин Б.Ф. Докучаевская парадигма естествознания к 160-летию со дня рождения основателя генетического почвоведения В.В. Докучаева. Москва 2006. ТРИЗ-профи

Апарин Б.Ф., Касаткина Г.А., Матинян Н.Н., Сухачева Е.Ю. Красная книга почв Ленинградской области. Отв. ред. Б.Ф. Апарин / СПб.: Аэроплан, 2007, – 320 с.

Апарин Б.Ф., Сухачева Е.Ю. Эволюция почв и почвенного покрова мелиорированных земель. СПб.: Изд-во СПбГУ, 2009 – 266 с.

Апарин Б.Ф., Сухачева Е.Ю., Лазарева М.А. Почвенное разнообразие Ленинградской области. – СПб.: Наука, 2021. – 183 с.

В разделе «*Учебно-методические пособия*» были представлены учебные пособия для ВУЗов, учебники, методические рекомендации с 1984 по н.в., автором которых является Б.Ф. Апарин:

Методические рекомендации по созданию экспозиций и выставок почвенных коллекций. Отв. ред. Б.Ф. Апарин. Составители: Б.Ф. Апарин, Р.П. Деденина и др. Л.:, 1984.

Методические рекомендации по выявлению массивов заброшенных пашен. Отв. ред. Б.Ф. Апарин. Составители: В.А. Долотов, Н.Н. Семенова, Б.Ф. Апарин. М.:, 1990.

Апарин Б.Ф. Почвоведение: учебник для студ. учреждений сред. проф. обр-я. – М.: Изд. Центр «Академия», 2019 – 256 с.

Апарин Б.Ф. Основы почвоведения, земледелия и агрохимии: учебник для студ. учрежд-й сред. проф. образования. – М.: Изд. Центр «Академия», 2021. – 336 с.

Борис Федорович является автором 5 учебно-методических пособий:

Апарин Б.Ф., Русаков А.В., Булгаков Д.С. Бонитировка почв и основы государственного земельного кадастра: Учеб. пособие. – СПб.: Изд-во СПбГУ, 2002. 88 с.

Словарь – справочник почвенно-экологических терминов: учебное пособие / под ред. Б.Ф. Апарина, А.И. Попова. СПб.: Изд-во СПбГУ, 2006. – 287 с.

Почвы природных зон Русской равнины: Учебное пособие / под ред. Б.Ф. Апарина, Г.А. Касаткиной. – СПб.: Изд-во Санкт-Петерб. ун-та, 2008 – 226 с.

Почвенное картирование: учебно-метод. пособие / под ред. Б.Ф. Апарина, Г.А. Касаткиной. – СПб.: Изд-во Санкт-Петерб. Ун-та, 2012 – 128 с.

Апарин Б.Ф. Теория почвообразовательного процесса. Учебно-методическое пособие. – СПб.: СПбГУ, 2018 – 82 с.

Полигоны почвенно-экологического мониторинга лесных экосистем таежной зоны: учеб. пособие для вузов / Апарин Б.Ф., Бабиков Б.В., Касаткина Г.А. и др. – Санкт-Петербург: Лань, 2022 – 140 с.

В разделе «*Ответственный редактор*» были представлены труды, материалы конференций, ответственным редактором которых был Апарин Б.Ф. с 1996 по н.в.:

Программа II съезда Общества почвоведов при РАН. СПб. 27–30 июня 1996 г.

Тезисы докладов Международной студенческой конференции «Кризис почвенных ресурсов: причины и следствия». СПб. 15–19 дек. 1997

Сохраним планету Земля: Сборник докладов Междунар. Эколог. Форума 1–5 марта 2004 года / Под ред. Б.Ф. Апарина; ЦМП им. В.В. Докучаева. СПб.; 2004. – 526 с.

Материалы научной конференции, посвященной 130-летию проекта проф. Императорского Санкт-Петербургского ун-та В.В. Докучаева о детальном естественно-историческом, физико-географическом и с/х исследовании Санкт-Петербурга и его окрестностей «Экология Санкт-Петербурга и его окрестностей» 5–7 дек. 2005 года

Почвы Мира. Атлас: учеб. пособие для студ. вузов / В. Цех, Г. Хинтермайер – Эрхард; пер. с нем. Е.В. Дубравиной; под ред. Б.Ф. Апарина. – М.: Изд. центр «Академия», 2007 – 120 с.

Русский чернозем / В.В. Докучаев; Рос. Акад. Наук [и др.]; под ред. Б.Ф. Апарина – СПб.: Русская коллекция, 2008 – 480 с.

Апарин Б.Ф. – организатор и Председатель оргкомитета ежегодной Международной молодежной научной конференции «Докучаевские молодежные чтения», организуемых и проводимых совместно СПбГУ и ЦМП им. В.В. Докучаева. С 1998 года проведено 26 конференций.

На выставке были представлены: Материалы Международной научной конференции XXV Докучаевские чтения «Почва – жизнь» / Под ред. Б.Ф. Апарина. – СПб., 2022. – 230 с.

Апарин Б.Ф. является инициатором возобновления (с 1999 г.) и ответственным редактором периодического издания «Материалы по изучению русских почв» (основанного в 1885 г. А.В. Советовым и В.В. Докучаевым).

На выставке были представлены: Материалы по изучению русских почв. Вып. 12 (39): Сб. науч. докл. / Под ред. Б.Ф. Апарина. – СПб, 2020. – 184 с.

В разделе «*Признание*» были представлены заслуги Апарина Б.Ф., а именно дипломы, благодарности, почетные грамоты и пр. с 1964 г. по н.в. (рис. 5).

Рисунок 5. Признание заслуг Апарина Б.Ф.

Авторитет Апарина Б.Ф. как ученого и педагога получил признание, как в России, так и за рубежом:

1964 г. – выдан партийный билет члена КПСС;

1972 г. – стал членом Всесоюзного общества почвоведов и избран Действит. членом географического общества СССР при Академии наук СССР (основ. в 1845 г.);

1978–2015 гг. – член Международного совета музеев (ИКОМ);

1979 г. – награжден Почетной грамотой Дирекции и общественной организации Ордена Трудового Красного Знамени Почвенного института им. В.В. Докучаева за заслуги в развитии науки о почве, активное участие в реализации решений Партии и Правительства по повышению продуктивности земель Нечерноземной зоны;

1984 г. – награжден Почетной грамотой министра сельского хозяйства СССР за активное участие в развитии науки о почве, научно-организационную и общественную работу;

1995 г. – избран Действит. Членом Санкт-Петербургского Союза научных и инженерных обществ;

1996 г. – награжден Благодарностью министра культуры РФ за заслуги перед Отечеством в деле сохранения национального достояния;

1997 год – присуждена государственная научная стипендия Президиумом РАН;

2000 год – награжден Почетной грамотой министра сельского хозяйства РФ за многолетний добросовестный труд и плодотворную научную деятельность;

2008 год – присужден диплом Россельхозакадемии за лучшую завершенную научную разработку в области АПК России;

2009 год – присуждена Почетная грамота Министерства образования и науки РФ за вклад в подготовку специалистов высшей квалификации;

2010 г. – присужден диплом Лауреата Университетской премии «За научные труды» за цикл работ в области экологии почв;

2012 год – присуждена Почетная грамота Российской академии сельскохозяйственных наук за вклад в развитие сельскохозяйственной науки и избран Почетным членом Общества почвоведов Азербайджана;

2014 г. – присвоено звание «Академик Общественной российской экологической академии»;

2015 год – присужден диплом Лауреата Университетской премии за цикл работ «Антропогенно-преобразованные почвы: диагностика и классификация» и избран Почетным членом Белорусского Общества почвоведов и агрохимиков;

2016 г. – награжден Благодарственным письмом МОО Творческий Союз музейных работников СПб и Лен. области и вручено поздравление с 40-летним служением на посту директора ЦМП им. В.В. Докучаева;

2017 г. – присужден Орден В.И. Вернадского Неправительственным экологическим Фондом имени В.И. Вернадского за активную популяризацию науки.

Также в разделе были представлены публикации, в которых говорится о творческом пути Апарина Б.Ф.:

«Золотая книга Санкт-Петербурга» – проект Независимого Продюсерского Центра при содействии Администрации Санкт-Петербурга и Законодательного Собрания Санкт-Петербурга. 2003.

Профессора Санкт-Петербургского государственного университета: Библиографический словарь. – СПб.: Издательский дом С.-Петерб. ун-та, 2004. – 756 с.

Летопись музейщиков. Выпуск VIII. Изд-во Госуд. Эрмитажа. 2021.

В разделе «*Музейно-экспозиционная работа*» были представлены основные результаты музейно-экспозиционной деятельности, в которой принимал участие Апарин Б.Ф.

Под руководством Апарина Б.Ф. и непосредственном участии в Центральном музее почвоведения им. В.В. Докучаева была создана, не имеющая аналогов почвенно-экологическая экспозиция. Художественные научно-образовательные комплексы широко используются в учебном процессе студентов разных ВУЗов и стали эффективным средством популяризации почвоведения. Создано более десятка научно-популярных мультипликационных и видеофильмов.

1980 г. – план коренной реконструкции экспозиции музея. Научный руководитель и разработчик.

1984 г. – Методические рекомендации по созданию экспозиций и выставок почвенных коллекций для краеведческих музеев и отделов природы. Ответственный редактор и соавтор.

1980–1996 гг. – создание современного научно-художественного музейного комплекса. Организатор, научный руководитель.

1996–2013 гг. – серия научно-популярных фильмов и мультфильмов. Научный консультант.

2009 г. – экспозиция «Подземное царство». Научный руководитель.

2013 г. – инновационный образовательный художественный комплекс «Шагреневая кожа». Научный руководитель.

60 YEARS OF SERVICE TO THE FATHERLAND (TO THE 80TH ANNIVERSARY OF B.F. APARIN)

M.A. Lazareva

Dokuchaev Central Soil Science Museum – branch of FSBSI FRC V.V. Dokuchaev Soil Science Institute, St. Petersburg, Russia

Summary. The presentation of the exhibition «Aparin B.F. 60 years of service to the fatherland» took place on April 19, 2022 at the Dokuchaev Central Soil Science Museum as part of the celebration dedicated to the 80th anniversary of the scientific adviser of the museum, Dr. Aparin B.F. The exhibition was dedicated to the scientific, educational, scientific and organizational activities of Aparin B.F. and consisted of 6 sections: service record; scientific works; study guides; executive editor; recognition of the merits and activities of a scientist; museum and exhibition work. It was visited by leading scientists, professors and colleagues of Aparin B.F. from St. Petersburg State University, Dokuchaev Central Soil Science Museum, St. Petersburg State Forestry University, Interregional CSO «Nature protection union» and other organizations.

МЕТОДОЛОГИЯ И МЕТОДЫ РАЗВИТИЯ МУЗЕЙНОЙ ЭКСПОЗИЦИИ (К 25-ЛЕТИЮ СОЗДАНИЯ ПОЧВЕННО-ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ЭКСПОЗИЦИИ ЦЕНТРАЛЬНОГО МУЗЕЯ ПОЧВОВЕДЕНИЯ ИМ. В.В. ДОКУЧАЕВА)

Б.Ф. Апарин

ЦМП им. В.В. Докучаева – филиал ФГБНУ ФИЦ «Почвенный институт им. В.В. Докучаева», Санкт-Петербург

Санкт-Петербургский государственный университет

Рассмотрены причины, методы и методология последней коренной реэкспозиции Центрального музея почвоведения им. В.В. Докучаева, завершившейся в 1996 году. Показано, что обновление экспозиции музея как научного фундамента популяризации науки является непрерывным процессом. Будущее музея заключается в цифровизации экспозиции.

В жизни любого естественно-научного музея неизбежны периоды коренных изменений экспозиции, связанные со сменой научной парадигмы, с накоплением знаний, открывающих новые стороны объектов музеефикации, и потребностей населения в знаниях, обусловленных социально-экономическим развитием страны. В судьбе Центрального музея почвоведения им. В.В. Докучаева (ЦМП) таких периодов было 4.

Первый период был связан с открытием В.В. Докучаевым почвы как особого природного царства, самостоятельного естественно-исторического биокосного тела с особым строением, происхождением и законами развития [1]. В первой экспозиции музея давались основы знаний о почве, строении, свойствах и факторах почвообразования [4]. Второй период (1925–1935 гг.) в жизни музея был связан с его реорганизациями. Основное внимание было уделено показу в экспозиции генетического разнообразия почв страны. Третий период (1950–1952 гг.) был посвящен раскрытию зонально-провинциальных закономерностей в строении почвенного покрова и вопросам сельскохозяйственного использования почв. Для характеристики природных зон были широко использованы живописные полотна и многочисленные диорамы. По формам и содержанию был создан классический академический естественно-научный музей, отвечающий духу и требованиям своего времени [4].

В 70-х годах прошлого столетия, благодаря усилиям почвоведов, внимание неправительственных международных организаций было привлечено к темпам и масштабам деградации почв мира. В 1974 году на 6-й всемирной конференции ООН по вопросам продовольствия (Рим) впервые обсуждалась проблема деградации почв мира. На конференции было обращено внимание на необходимость повышения осведомленности общественности о роли почв в обеспечении продовольственной безопасности и выполнения почвами важнейших экосистемных функций. Это кардинально меняло цели и содержание популяризации почвоведения, смещения акцентов в просветительскую область, разработку методологии и методов информированности населения о роли почв в жизни людей. Главной целью популяризации стало формирование в обществе научного мировоззрения о почве как невозобновимом ресурсе, необходимости бережного отношения к почве и осознанию ответственности за состояние почв перед будущими поколениями.

Все это явилось стимулом для коренной реэкспозиции музея. Четвертый период начался в 1976 г. с разработки научной концепции. В ее основу были положены современные теоретические представления о строении, генезисе, разнообразии и эволюции почв, экологических функциях. Общая структура экспозиции, представляющая собой абстрактную систему комплексного описания объекта, была ориентирована, прежде всего, на синтез теорий в различных областях учения о почве. Методологическим основанием такого синтеза служило представление о почве как целостной природной системе и компоненте окружающей среды. Проект почвенно-экологической экспозиции музея был утвержден в 1980 г. на ученом совете Почвенного института им. В.В. Докучаева (г. Москва). Научное содержание экспозиции бы-

© Б.Ф. Апарин, 2024

ло разработано на основе системного подхода: взаимосвязи экспозиционных элементов и иерархической структуры научных тем. Экспозиция состояла из фиксированного набора одноаспектных теоретических исследований, реализуемых в темах, подтемах и разделах [3].

Структура экспозиции предусматривала возможность замены тем и даже разделов без нарушения ее целостности. Это обеспечило длительное развитие экспозиции по мере накопления новых научных знаний без ее коренной переделки. Структура экспозиции была разработана Б.Ф. Апариным (научный руководитель) и Р.П. Дедениной (зав. музейным сектором). В разработке тем принимали участие научные сотрудники музея В.А. Антонов, Х.А. Кутыев, А.М. Васильев, Г.М. Быстряков, Н.Е. Орлова, О.М. Паринкина, Ю.А. Худякова, Т.А. Рожнова, Б.Ф. Говоренков… В детализации содержания тем участвовали: Е.В. Кондратьева, Л.В. Зыкина, М.И. Чекалова, Е.Ю. Сухачева, А.Г. Старикова. Большую помощь в работе оказали доктора наук Е.В. Рубилин, Н.Н. Розов, М.А. Глазовская, Н.А. Ногина, В.М. Фридланд, В.В. Пономарева, Т.В. Аристовская, к.б.н. Т.А. Плотникова.

Трудность восприятия посетителями музея почвы как особого природного тела, однообразие форм показа почвы, как музейного экспоната, вызвало необходимость в создании художественными средствами разных образов почвы (рис. 1).

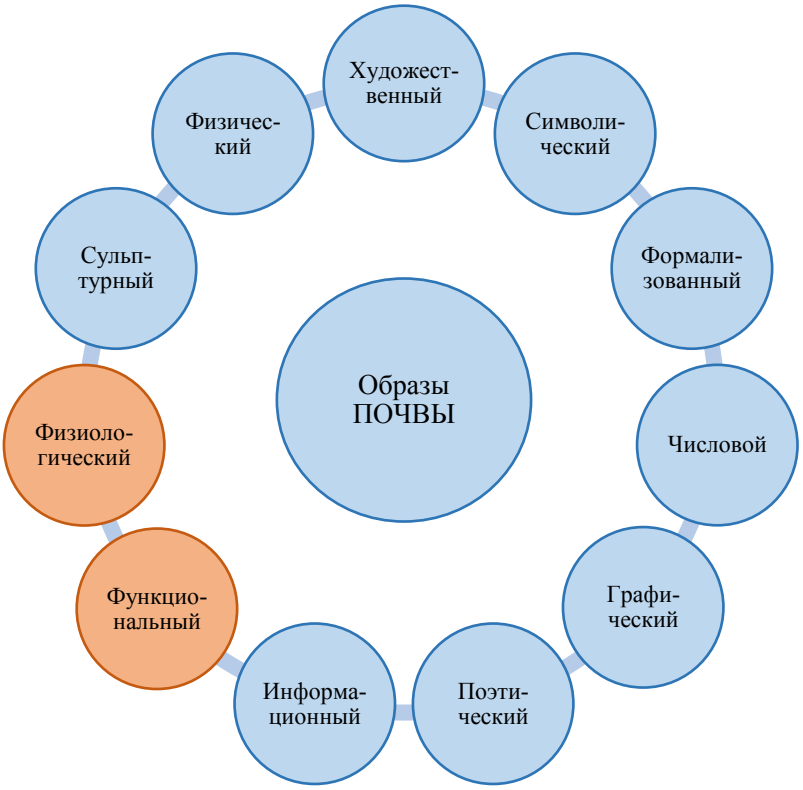


Рисунок 1. Структура образов почвы в экспозиции Музея.

Ниже даны примеры раскрытия образов в экспозиции музея (рис. 2, 3).

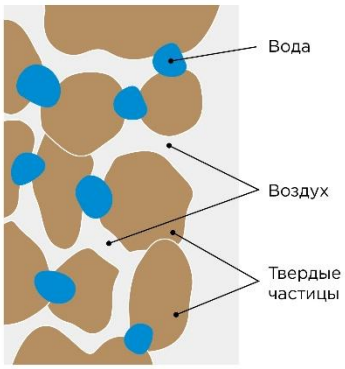
Для раскрытия образов почвы были широко использованы разнообразные художественные средства: многочастные живописные панно разных природных зон, ландшафтные диорамы и макеты систем земледелия (рис. 4), скульптурные композиции (рис. 5), технические модели, графические изображения.

Для оформления экспозиции были привлечены специалисты из существовавших в то время государственных комбинатов: живописно-оформительского искусства (КЖОИ), декоративно прикладного и графического искусства. Автором архитектурно-художественного проекта был В.П. Наливайко. Ему удалось найти удачное решение в создании новых архитектурных форм и их размещении в сложном интерьере экспозиционных залов исторического здания. Качество исполнения экспозиционных работ контролировал художественный совет КЖОИ. За воплощением научного содержания следила музейная комиссия, состоящая из ведущих научных сотрудников.

А

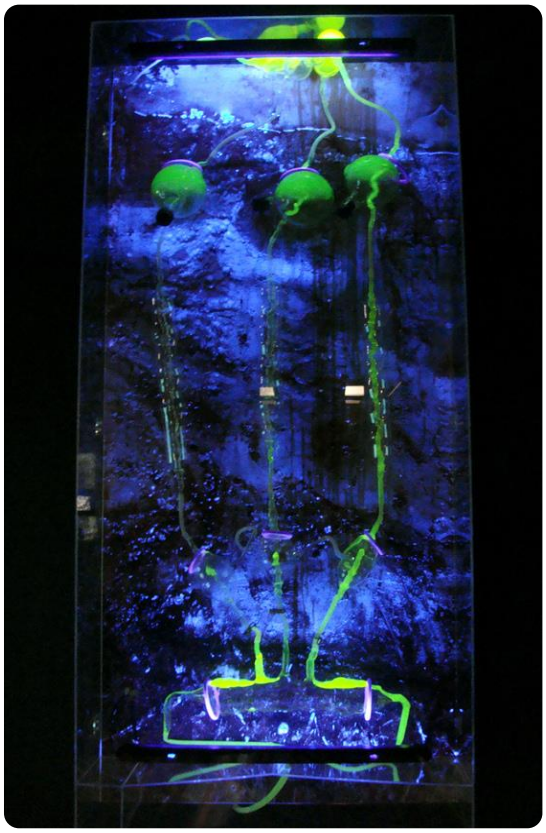
Б

В

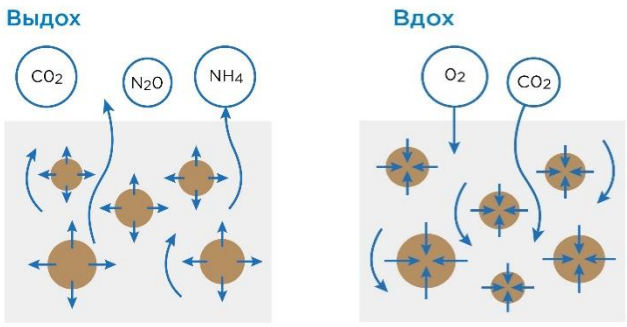


Г

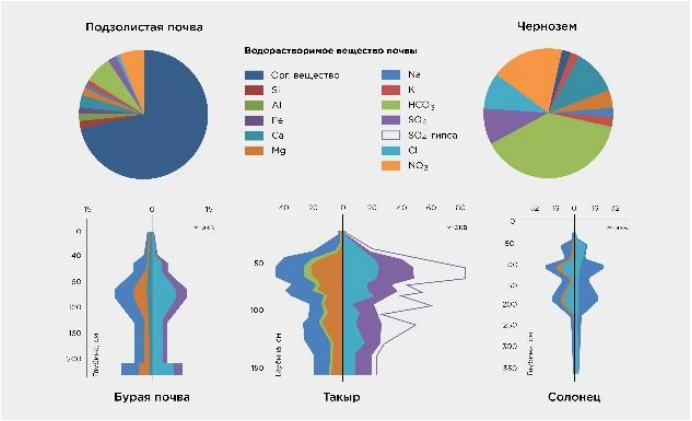
Рисунок 2. Примеры образов: А – физический; Б – художественный; В – символический; Г – формализованный.



А



Б



В

Рисунок 3. Примеры образов: А – процессный; Б – физиологический; В – графический.

А Б

Рисунок 4. Макеты: А – осушительная мелиорация; Б – подсечное земледелие.

Рисунок 5. Скульптура «В.В. Докучаев».

В работах по оформлению экспозиции участвовали художники: В. Загоров-Толстой, П. Татарников, П. Абрамичев, В. Метик и др. Диорамы создавали: Новиков, В. Кордубайло, макеты систем земледелия – О. Когуа, скульптуры – В. Аземша, В. Левашов. Графические работы выполняли: М. Козловская, А. Ковалев, А. Корнеев. В. Сысоев участвовал в создании технических моделей и оформления тематических узлов экспозиции.

Чтобы почувствовать, а затем передать посетителям оригинальный облик ландшафтов художники были командированы в разные природные зоны страны. Задача перед ними стояла не только передать облик природной среды художественными средствами, но и раскрыть образы разных природных зон на нескольких уровнях генерализации изображения: взгляд из космоса, с высоты птичьего полета и человеческого роста. Эффект от таких поездок давал иногда неожиданные результаты. Так, благодаря поездке в Среднюю Азию у художника В. Загорова-Толстого кардинально изменился художественный стиль работ (рис. 6).

Не все художники смогли завершить начатые ими в музее работы (Л. Сидорова и др.). Большой вклад в художественное оформление музея был сделан П. Абрамичевым – членом Союза художников СССР. Он завершил многие работы, начатые другими художниками. Собственными разнообразными работами он с участием супруги С. Абрамичевой (картины, рисунки, модели, макеты) связал тематические элементы экспозиции в единый комплекс, создав целостный художественный образ музея.

Почва – зеркало ландшафта. Это крылатое выражение В.В. Докучаева стало лейтмотивом всей экспозиции и нашло отражение в создании многочисленных научно-художественных экспозиционных комплексов. Макеты природных и антропогенных систем связали плоскостные и объемные элементы в целостный образ ландшафтов, в которых всегда присутствует человек с его созидательной и разрушительной энергией (рис. 7).

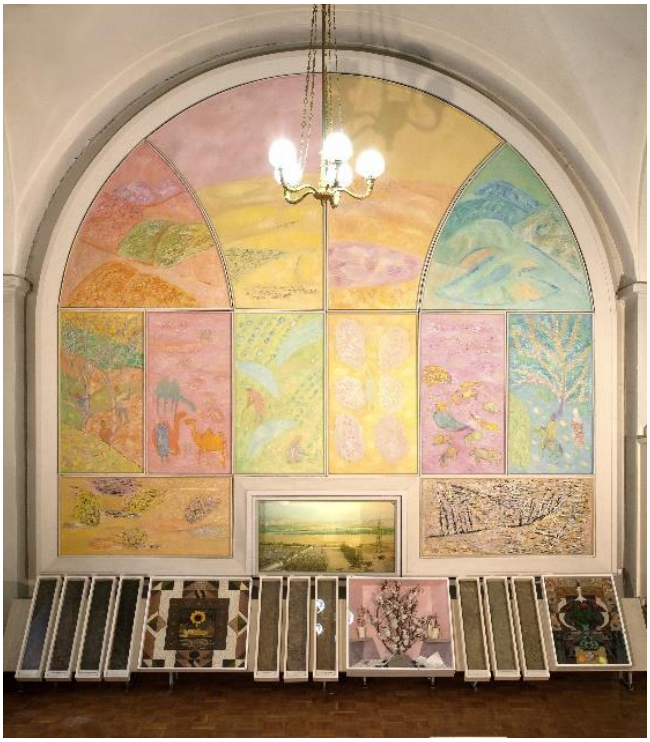


Рисунок 6. Экспозиция «Средняя Азия».

Рисунок 7. Экспозиция «Влияние антропогенной деятельности на почвы».

В результате коренной реконструкции была создана принципиально новая по научному содержанию и художественному оформлению почвенно-экологическая экспозиция. Завершение работ по реэкспозиции пришлось на трудные для страны и музея годы. Прекратилось бюджетное финансирование работ, распались художественные комбинаты, покинули музей многие научные сотрудники. Благодаря самоотверженной работе, мужеству и упорству небольшого коллектива единомышленников удалось в основном завершить создание новой экспозиции, открыть и продемонстрировать ее в августе 1996 года участникам 2-го съезда почвоведов России, приуроченного к 150-летию В.В. Докучаева. Можно сказать, что в масштабах музея была успешно осуществлена идея перестройки, захватившая в это время великую страну.

Заложенная в структуре экспозиции возможность ее развития позволяла создавать новые экспозиционные модули. В 2005 г. был открыт комплекс «Единство мира». Он был размещен в вестибюле музея (рис. 8). Посетитель при входе в музей сразу погружался в область сложных концептуальных представлений о мире и месте человека в нем. В основу этой экспозиции положены философские идеи В.В. Докучаева об окружающем мире, как сложной системе взаимодействия различных природных стихий, о мнимом господстве человека над природой.

В 2009 году, благодаря поддержке гранта Фонда Д. Зимина «Династия», удалось создать оригинальный по научному содержанию и по форме исполнения научно-художественный экспозиционный модуль «Подземное царство» (рис. 9). Концепция была разработана Б.Ф. Апариным, оформление выполнил художник П. Абрамичев. Идея показа почвы «изнутри» родилась еще в период разработки тематико-экспозиционного плана. Одним из ее энтузиастов была Р.П. Деденина. Она была великолепным экскурсоводом, всецело преданная делу популяризации знаний о почве.

Рисунок 8. Экспозиция «Единство мира».

Архитектурно-художественное оформление экспозиции «Подземное царство» осуществили художники В. Григ и позднее – П. Абрамичев. Научное содержание разрабатывали Б.Ф. Апарин, Е.Ю. Сухачева и П.Д. Гурин. Эффектное сочетание насыщенного научной информацией содержания о разнообразных формах жизни в почве с интригой художественного исполнения, сразу привлекло внимание посетителей и стало своеобразной «маркой» музея. Обострение в мире продовольственной и других экологических проблем, связанных с использованием почв, обязывало отразить их в экспозиции музея. В 2012 году был открыт инновационный научно-художественный комплекс «Шагреневая кожа планеты». Он включал в себя несколько элементов: глобус с проекцией на него видеофильма «Все мы хотим есть», физические модели – почвообразовательный процесс, известкование, водный и тепловой режимы, гидропоника (рис. 10).

Научное содержание разрабатывали Б.Ф. Апарин, Е.Ю. Сухачева и П.Д. Гурин, оформил экспозицию художник В. Григ. Время быстротечно. Традиционные методы просветительской работы в музее уже не в полной мере удовлетворяют запросам современного потребителя знаний. Научно-технический прогресс изменил «потребителя», вооружив его новыми источниками, средствами и формами приобщения к знаниям. В разнородном информационном потоке при фрагментарном образовании трудно получить правильное представление о почве, ее базовой роли в жизни людей и функционировании биосферы. Это кардинально меняет цели и содержание популяризации почвоведения, смещение акцентов в просветительскую область с учетом новых каналов, коммуникаций между популяризатором науки (музей) и адресатом [2].

Важным обстоятельством, которое необходимо учитывать при работе с современным посетителем является быстрое обновление научных знаний. Встает задача сократить дистанцию («время и расстояние») между производителями знаний и их потребителями. Цифровизация музейной экспозиции является средством для решения этой задачи. Она заключается в переходе от образной модели почвы к цифровой (рис. 11).

Рисунок 9. Фрагмент экспозиции «Подземное царство».

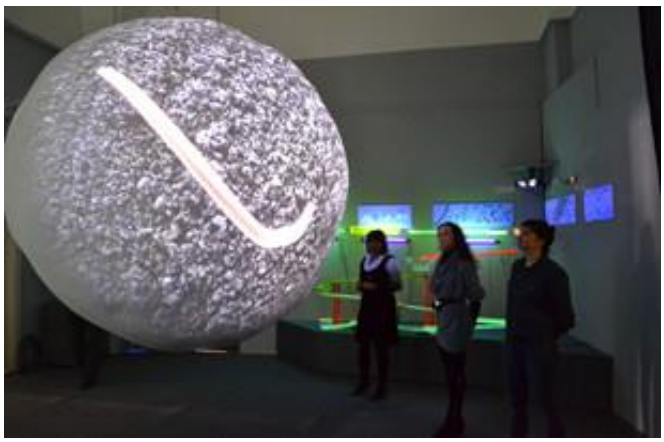


Рисунок 10. Фрагмент экспозиции «Шагреневая кожа».

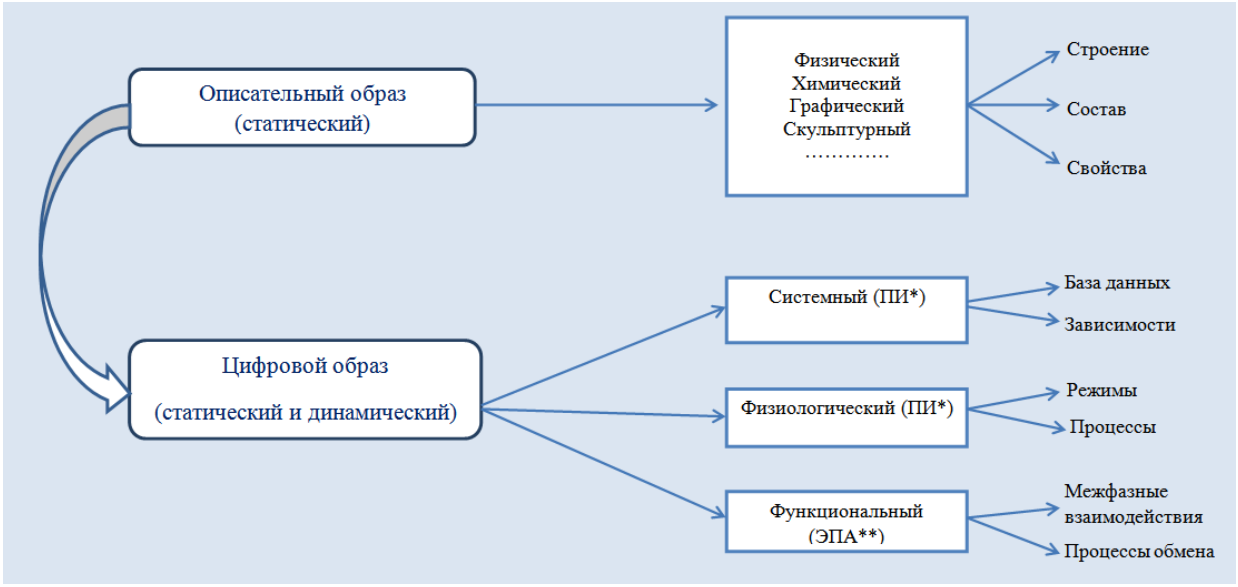


Рисунок 11. Образные модели почвы. *ПИ – почвенный индивидуум; **ЭПА – элементарный почвенный ареал.

Первым шагом в цифровизации экспозиции музея послужила начатая в 2022 г. разработка нового инновационного научно-просветительского комплекса «Почва-Углерод-Климат» (ИНПК). Она осуществлялась в рамках ВиП ГЗ «Популяризация фундаментальных знаний по актуальной проблеме – разработка и научное обоснование систем учета бюджета углерода в агроэкосистемах РФ на основе цифровизации экспозиции и новых музейных технологий». Идея научной концепции ИНПК состоит в последовательном погружении посетителя музея в исследовательский процесс актуальной научной проблемы на основе применения информационных технологий. Для этого используются следующие методы: структуризация информационного пространства экспозиции, визуализация научного контента; использование интерактивных форм взаимодействия с посетителями, вовлечение в исследовательский процесс посетителя под руководством научного сотрудника. Задачи ИНПК состоят в переходе на качественно новый уровень работы с посетителем: от методологии «черный ящик» (вход-выход) к использованию системного подхода (анализ межфазных взаимодействий в почве); раскрытию физиологического и функционального образов почвы (цифровой двойник почвы). В соответствие с научной концепцией музея (авторы Б.Ф. Апарин и Е.В. Пятина) был создан архитектурно-художественный проект ИНПК (дизайнер: Л.В. Руденко – выпускник Художественно-промышленной академии им. А.Л. Штиглица). Экспозиционный комплекс размещается на площади около 30 м^2 и имплантирован в действующую экспозицию при сохранении общего стиля художественного оформления экспозиционных залов (рис. 12).

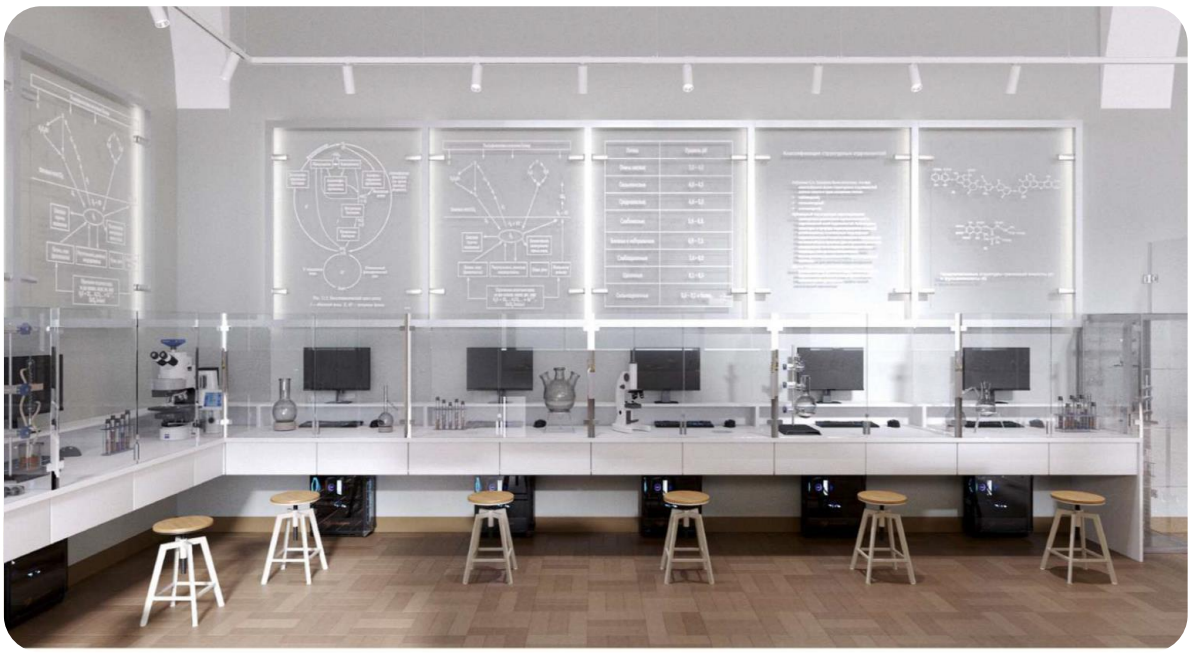


Рисунок 12. Аналитический модуль ИНПК.

Комплекс состоит из трех экспозиционных модулей: информационный, аналитический и интерактивно-информационный. В разработке научного содержания тем принимали участие Е.В. Пятина, Е.В. Мингареева, М.А. Лазарева, М.К. Захарова, Ю.Р. Моргач. Модули оснащены современными приборами и оборудованием двойного назначения: 1) для проведения научных исследований сотрудниками музея; 2) для ознакомления посетителей с методами исследования почв, с их частичным участием в лабораторном эксперименте. Все три модуля образуют единое информационное пространство в области изучения почв в соответствии с научными темами (рис. 13).

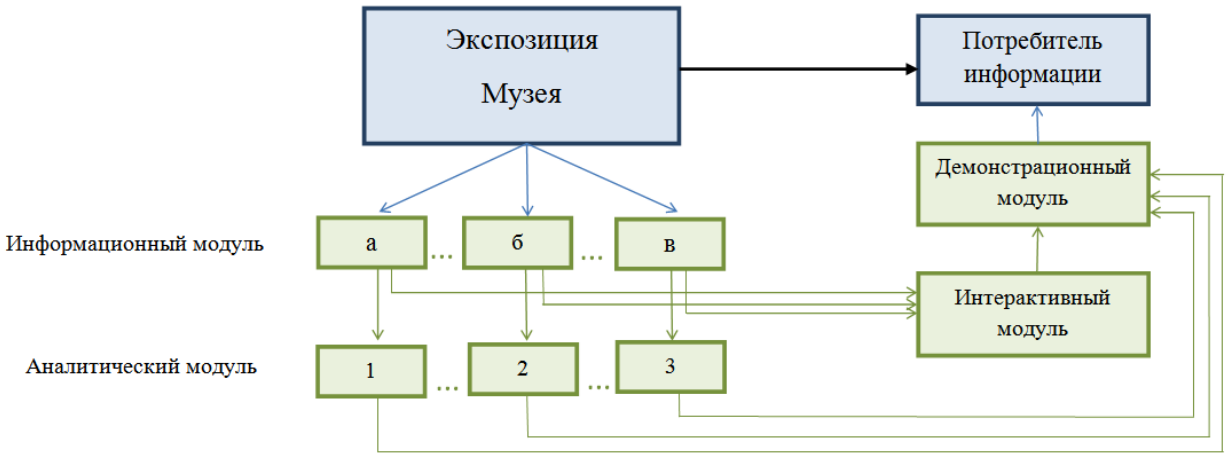


Рисунок 13. Схема информационных потоков в ИНПК.

Комплекс создан в соответствии с поставленной музею задачей – «цифровизация музейной экспозиции» в рамках мероприятий в связи со столетием Почвенного института им. В.В. Докучаева.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Апарин Б.Ф.* Докучаевская парадигма естествознания. – М.: ТРИЗ-профи, 2006. – 23 с.
2. *Апарин Б.Ф., Мусаев Т.К.* Теория и методы популяризации почвоведения // Материалы III Всероссийской научной конференции с международным участием «Проблемы истории, методологии и социологии почвоведения». – Пущино, 2017. – С. 102–104.

3. *Отчет по теме* «Музейно-экспозиционная работа». Тематико-экспозиционный план Центрального музея почвоведения им. В.В. Докучаева / Архив ЦМП им. В.В. Докучаева. – Ленинград, 1980. – 155 с.
4. *Шокальская З.Ю.* Краткий очерк возникновения и развития Музея почвоведения / Сборник работ Центрального музея почвоведения им. В.В. Докучаева. – М.-Л.: Академия наук СССР, 1954. – С 5–42.

METHODOLOGY AND METHODS FOR DEVELOPING MUSEUM EXPOSITION (TO THE 25TH ANNIVERSARY OF THE CREATION OF THE SOIL-ECOLOGICAL EXPOSITION OF THE DOKUCHAEV CENTRAL SOIL SCIENCE MUSEUM)

B.F. Aparin

Dokuchaev Central Soil Science Museum – branch of FSBSI FRC V.V. Dokuchaev Soil Science Institute, St. Petersburg, Russia

St. Petersburg State University

Summary. It was considered the reasons, methods and methodology of the last radical re-exposition of the Dokuchaev Central Soil Science Museum, completed in 1996. It is shown that updating the museum's exposition as a scientific foundation for the popularization of science is a continuous process. The future of the museum consist in the digitalization of the exhibition.

UDK 631.4; 574.56

FEATURES OF THE ELEMENTAL CHEMICAL COMPOSITION OF THE MAGNETIC PHASE OF THE URBIC SOIL OF THE INDUSTRIAL CITY OF THE PERM REGION, RUSSIA

S.M. Gorokhova, A.A. Vasiliev

Perm State Agro-Technological University

We evaluated the chemical composition of the magnetic phase of the Urbic Technosol of the city Gubakha of the Perm region. The magnetic phase of the soil contained iron and heavy metals.

Keywords: Urbic Technosol, technogenic magnetic particles, iron, heavy metals, XRD, ecological-geochemical assessment, Ural

INTRODUCTION

The soil cover of industrial cities of the Cis–Urals and their environs is subject to anthropogenic pollution by heavy metals [8, 19, 20]. The main carriers of heavy metals in the soil are organic matter, clay minerals, magnetic oxides, and hydroxides of iron and manganese. Each heavy metal in the soil exhibits an affinity for certain carrier phases [10–14].

Analysis of the elemental chemical composition of magnetic particles is relevant in the study of environmental pollution and for understanding the mechanisms of modern soil formation processes in urban areas [1, 5–7, 9, 15–17]. The mineralogy and chemical composition of the magnetic phase of the soils of cities on the western slope of the Ural Mountains have been insufficiently studied. The aim of the study is to characterize the features of the elemental chemical composition of the Urbic soils and its magnetic phase of the industrial city Gubakha, Perm region (Russia).

The reported study was funded by RFBR, project number 19-34-90070.
© S.M. Gorokhova, A.A. Vasiliev, 2024

OBJECTS AND METHODS

The object of the study was an Urbic Technosol Loamic, Skeletic of the industrial city Gubakha, Perm region (Russia) [22]. Soil sampling was conducted within the industrial zone in the existing production plants of OAO «Gubakha Coke» (fig. 1). Individual samples from the 0–10 cm layer have been selected by the «envelope» method. Each mixed sample included 10 single samples from an area of 10 m^2.

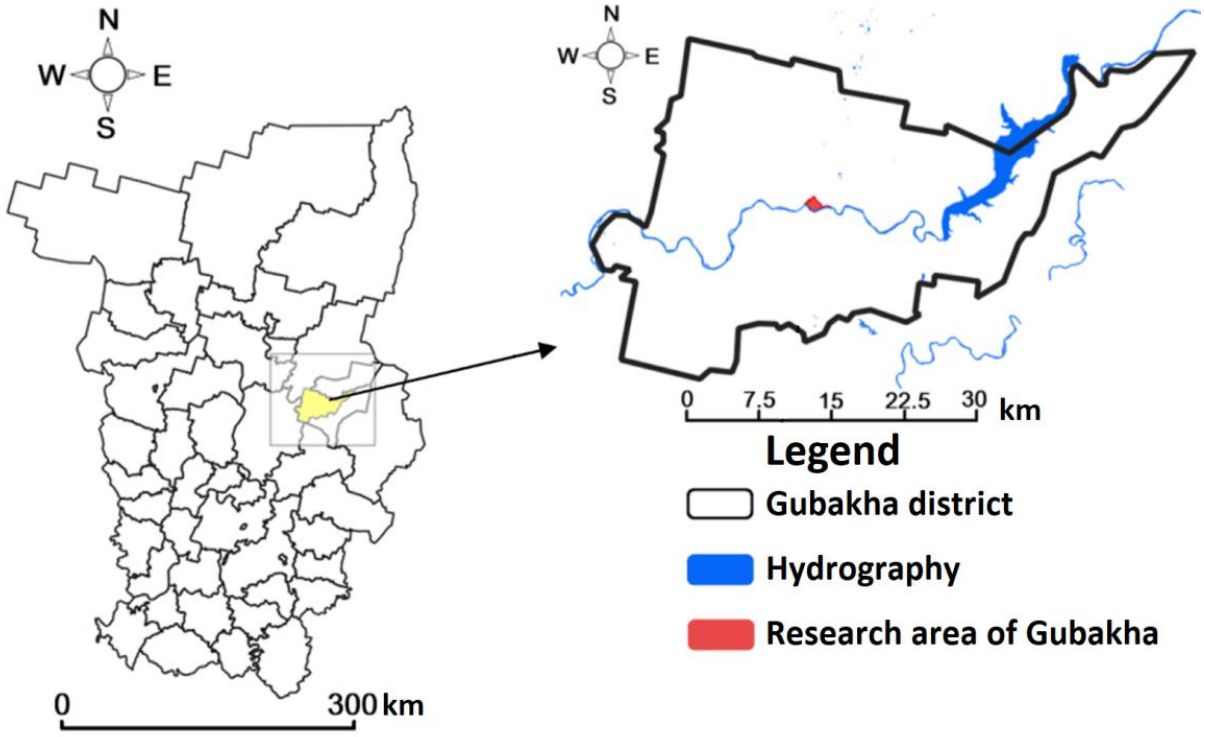


Figure 1. Map of the location of the research object in the Perm region and Gubakha district.

Research methods: 1) dry fractionation of the magnetic phase of the soil with a permanent ferrite magnet; 2) X-ray structural analysis (XRD) on an Axious Advanced PW 4400/04 spectrometer at the V.I. Vernadsky Russian Academy of Sciences; 3) ecological-geochemical assessment of the elemental composition of magnetic particles and soil was carried out using concentration factors (*KK*) according to the formulas (1–4):

$$KK_M = C / C_M, \quad (1)$$

where KK_M – the coefficient of enrichment-impoverishment of the magnetic phase in heavy metals; C – concentration of the i-th chemical element in the magnetic phase of the soil, ppm; C_M – concentration of the i-th chemical element in the soil before the extraction of magnetic particles, ppm.

If KK_M is ≥1 then the magnetic phase is enriched with THE i-th chemical element. When KK_M is <1 then the magnetic phase is impoverishment with THE i-th chemical element.

$$KK_B = C / C_B, \quad (2)$$

where KK_B – concentration factor relative to regional background [3, 4]; C_B – concentration of the i-th chemical element of regional geochemical background (the territory of the Vishersky reserve), ppm.

Note. Concentration factor KK_B used to calculate the following values of the concentration of individual elements (C_B): Fe 730 ppm [3]; Mn 936; Cr 162; Ni 34.4; Cu 46.9; Zn 63.9; Co 9.5; Pb 24.4 ppm [4].

$$KK_V = C / C_V, \quad (3)$$

where KK_V – concentration factor relative to clarke for soils of the world; C_V – clarke of the i-th chemical element in the soils of the world according to A.P. Vinogradov [21], ppm.

$$KK_A = C / C_A, \quad (4)$$

where KK_A – concentration factor relative to the clarke of soils of the residential landscapes of Russia according to V.A. Alekseenko [2]; C_A – clarke of the i-th chemical element in the soils of residential landscapes according to V.A. Alekseenko, ppm.

When using KK_B, KK_V and KK_A the pollution is classified as follows: ≤1 unpolluted soil, >1 polluted soil.

RESULTS

The content of magnetic particles in the soils of Gubakha is 5–7%. Some of the magnetic particles in the soils of the city have a magnetite/maghemite composition and a spherical shape [18]. The elemental chemical composition of the soil before magnetic separation and its magnetic phase differ significantly (fig. 2). The concentration of iron is 4 times higher in the magnetic phase. The magnetic phase is also enriched with chemical elements from the iron group – Ni, Cu, Cr, and Zn. Concentration factors form geochemical series of enrichment-impoverishment of an object in chemical elements (fig. 2). The following sequences were obtained KK for the magnetic phase, relatively:

1. soil before magnetic separation, KK_M: Fe < Ni < Cu < Cr < Zn < Mn;
2. regional geochemical background, KK_B: Fe < Ni < Cu < Zn < Cr < Mn;
3. clarke of the soils of the world, KK_V: Cu < Ni < Fe < Zn < Cr < Mn;
4. clarke of soils of residential landscapes of Russia, KK_A: Fe < Ni < Cr < Cu < Mn ≤ Zn.

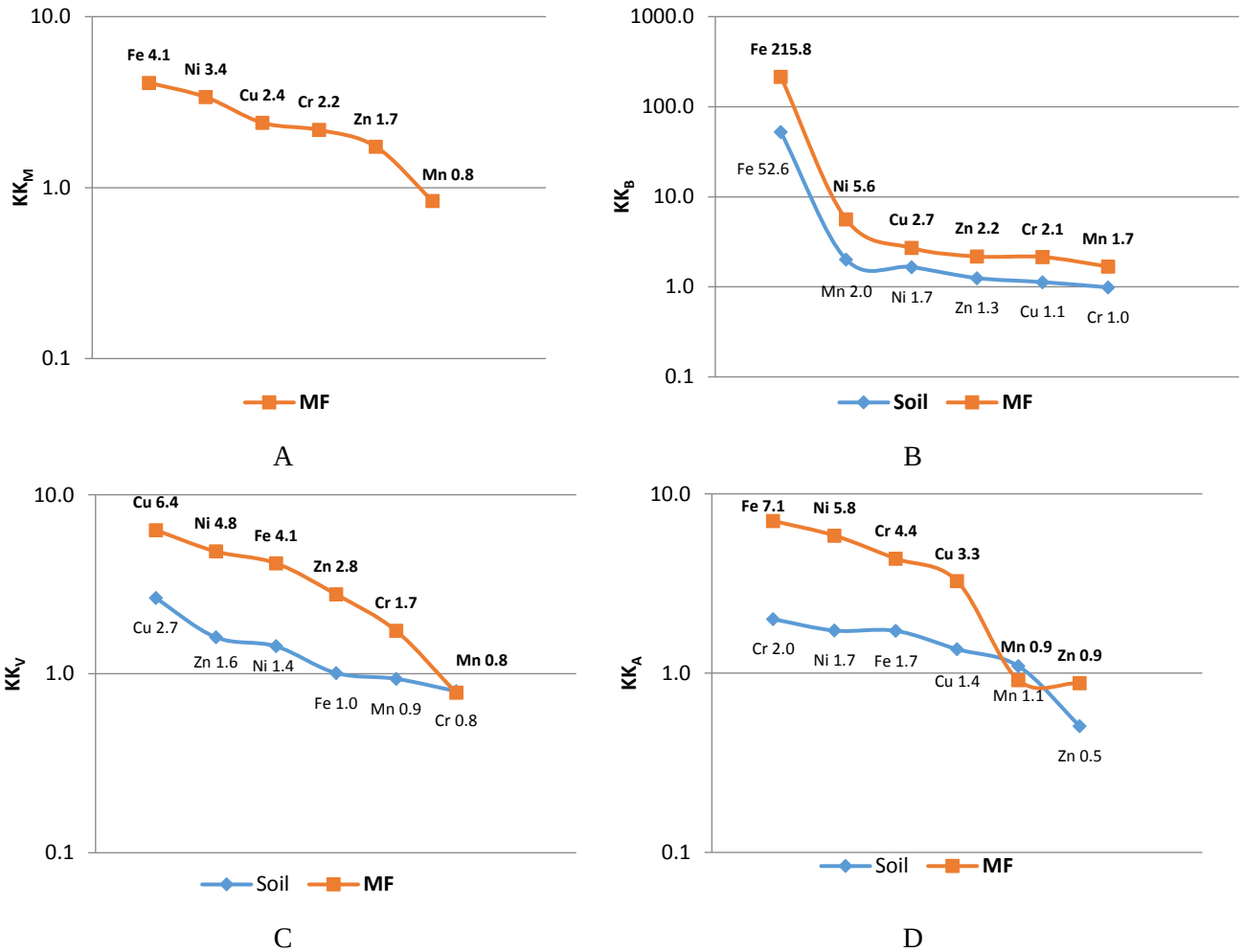


Figure 2. Geochemical concentration factors for the magnetic phase and for the Urbic Technosol Loamic, Skeletic before magnetic separation (Gubakha, 0–10 cm layer): A – KK_M; B – KK_B; C – KK_V; D – KK_A.

Note. Soil – the Urbic Technosol Loamic, Skeletic was before magnetic separation.
MF – the magnetic phase is separated from the soil of the Urbic Technosol Loamic, Skeletic.
The graph scales of concentration factors (*KK*) are log-transformed.

Analysis of the concentration factors KK_M, KK_B, KK_V and KK_A made it possible to establish the pollution of the Urbic Technosol Loamic, Skeletic and its magnetic phase with heavy metals. The KK_A showed that heavy metals Cr, Ni, Fe, Cu, and Mn permeated the Urbic Technosol of Gubakha. The indicators KK_M, KK_B and KK_V showed the enrichment of the magnetic phase in Cu, Cr и Zn. The concentration of Zn and Mn in the magnetic phase is lower than of the soils of residential landscapes of Russia (KKA <1.0).

CONCLUSION

Thus, the chemical composition of the Urbic Technosol Loamic, Skeletic of the industrial city Gubakha and its magnetic phase differ much from each other. The magnetic phase is rich in Fe, Ni, Cu, Cr, and Zn. The use of concentration factors of regional geochemical background, clarke of the soils of the world, clarke of soils of residential landscapes of Russia made it possible to reveal geochemical series and pollution by chemical elements. The Urbic Technosol Loamic, Skeletic of the city Gubakha is contaminated with Ni, Fe, and Cu. And its magnetic phase is polluted with Fe, Ni, Cu, Cr, and Zn. The spherical magnetic particles of the urban soils have a potential threat of heavy metal contamination of the surface air layer. Ecological-geochemical monitoring of the soil cover by the method of ecological magnetism is relevant in the territory of the city Gubakha.

REFERENCES

1. *Adimalla N., Chen J., Qian H.* Spatial characteristics of heavy metal contamination and potential human health risk assessment of urban soils: a case study from an urban region of South India // Ecotoxicology and environmental safety. 2020. Vol. 194. P. 110406. doi.org/10.1016/j.ecoenv.2020.110406.
2. *Alekseenko V.A., Alekseenko A.V.* Chemical elements in geochemical systems. Clarks of soils of residential landscapes. Rostov-on-Don: Publishing House of the Southern Federal University, 2013. 380 p.
3. *Andreev D.N., Gatina E.L., Dzyuba E.A.* Integral assessment of soils ecological state in the ecological path of «Vishersky» reserve by application of bioassay and geochemical methods // Bulletin of Udmurt University. Series Biology. Earth Sciences. 2016. Vol. 26. № 2. P. 7–18.
4. *Bakharev P.N.* et al. Technophilic elements in specially protected ecosystems of the Western Ural taiga // Bulletin of the Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences. 2012. Vol. 14. № 1(8). P. 2136–2139.
5. *Bi C.* et al. Characteristics, sources and health risks of toxic species (PCDD/Fs, PAHs and heavy metals) in PM2.5 during fall and winter in an industrial area // Chemosphere. 2020. Vol. 238. P. 124620. doi.org/10.1016/j.chemosphere.2019.124620.
6. *Bourliva A.* et al. Seasonal and spatial variations of magnetic susceptibility and potentially toxic elements (PTEs) in road dusts of Thessaloniki city, Greece: A one year monitoring period // Science of the Total Environment. 2018. Vol. 639. P. 417–427. doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.05.170.
7. *Eremchenko O.Z.* et al. The estimation of ecological risk in connection with the heavy metals accumulation in soil of urban forests // Vestnik Permskogo universiteta. Biologija. 2018. № 1. P. 70–80. doi.org/10.17072/1994–9952–2018–1–70–80.
8. *Eremchenko O.Z., Moskvina N.V.* The properties of soils and technogenic surface formations in the multistory districts of Perm city // Eurasian Soil Science. 2005. № 7. P. 782–789.
9. *Kazimov M.A., Geyushova N.D., Alieva N.V.* Comparative assessment of the anthropogenic load of heavy metals on the environment of urban agglomeration. Biomedicine. 2019. № 2. P. 22–28.
10. *Magiera T.* et al. Morphological and mineralogical forms of technogenic magnetic particles in industrial dusts // Atmospheric Environment. 2011. Vol. 45. № 25. P. 4281–4290.
11. Magiera T. et al. Technogenic magnetic particles from steel metallurgy and iron mining in topsoil: Indicative characteristic by magnetic parameters and Mössbauer spectra // Science of The Total Environment. 2021. Vol. 775. P. 145605. doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.145605

12. *Medunić G.* et al. Selenium, sulphur, trace metal, and BTEX levels in soil, water, and lettuce from the Croatian Raša Bay contaminated by superhigh-organic-sulphur coal // Geosciences. 2018. Vol. 8. № 11. P. 408 DOI:10.3390/geosciences8110408.
13. *Medvedev I.F., Derevyagin S.S.* Heavy Metals in Ecosystems. Saratov: Rakurs, 2017. 178 p.
14. *Omara R.* et al. Mineralogical and geochemical features and contamination degree of soils in the area of zinc ore processing plant of the Shaabet-El-Hamra deposit (Algeria) // Notes of the Russian Mineralogical Society. 2020. Vol. 149. № 2. P. 96–110. doi.org/10.31857/S0869605520020057.
15. *Rolka E., Żołnowski A.C., Sadowska M.M.* Assessment of Heavy Metal Content in Soils Adjacent to the DK16–Route in Olsztyn (North-Eastern Poland) // Polish Journal of Environmental Studies. 2020. Vol. 29. № . 6. P. 4303–4311. DOI:10.15244/pjoes%2F118384.
16. *Sazonova O.V.* et al. Comparative characteristics of anthropogenic pollution of the snow cover of the territory of a large industrial center under the influence of various sources of pollution. Popul. Health Environ. 2019. № 3. P. 36–42.
17. *Seghier T.B., Bouhadjera K.* Pollution Assessment of Heavy Metals in Roadside Agricultural Soils // Polish Journal of Environmental Studies. 2020. Vol. 29. № 4. P. 2855–2863.
18. *Vasiliev A., Gorokhova S., Razinsky M.* Technogenic Magnetic Particles in Soils and Ecological-Geochemical Assessment of the Soil Cover of an Industrial City in the Ural, Russia // Geosciences. 2020. V. 10. № 10. P. 443. doi.org/10.3390/geosciences10110443
19. *Vasiliev A.A., Chashchin A.N.* Heavy Metals in the Soils of the City of Chusovoy: Assessment and Diagnostics of Pollution. Perm: Prokrost, 2011. 197 p.
20. *Vasiliev A.A., Lobanova E.S.* Magnetic and Geochemical Assessment of the Soil Cover of the Urbanized Territories of the Urals on the Example of the City of Perm. Perm: Prokrost, 2015. 243 p.
21. *Vinogradov A.P.* Geochemistry of rare and scattered chemical elements in soils. Moscow: Publishing House of the Academy of Sciences of the USSR, 1957. 237 p.
22. *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 Report No. 106; Food and Agriculture Organization (FAO) of the United Nations. Rome, 2015; 203 p.

УДК 631.423

ЭКОЛОГО-ГЕОХИМИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПОЧВ НА ТЕРРИТОРИИ, ПРИЛЕГАЮЩЕЙ К ОЗЕРУ КУЧУК (АЛТАЙСКИЙ КРАЙ)

О.Р. Жунусова, Ю.В. Симонова

Санкт-Петербургский государственный университет

Озеро Кучук представляет собой месторождение сульфата натрия, разрабатываемое предприятием ОАО «Кучуксульфат». Целью работы была оценка общего засоления почв исследуемой территории и попытка разделения техногенного и природного засоления. По результатам работы был определен небольшой участок, на котором проявляется техногенное засоление. Установлено, что при приближении к объектам предприятия возрастает общее содержание растворимых солей, их катионное и анионное разнообразие заметно уменьшается, а степень доминирования ионов Na^+ и SO_4^{2-} увеличивается.

Ключевые слова: засоление, солонцы, Кулундинская равнина.

ВВЕДЕНИЕ

Озеро Кучук представляет собой месторождение мирабилита ($Na_2SO_4 \cdot 10H_2O$), разрабатываемое предприятием ОАО «Кучуксульфат». По содержанию солевых компонентов (Na^+, Mg^{2+}, Ca^{2+}, Cl^-, SO_4^{2-}) рапа озера относится к сульфатному типу (по классификации Курнакова-Валяшко [1]) и характеризуется высокой минерализацией. Разработка месторождения

© О.Р. Жунусова, Ю.В. Симонова, 2024

производится следующим способом: в теплое время года поверхностная рапа озера Кучук закачивается в садочный бассейн, где осенью при охлаждении происходит осаждение мирабилита. Обедненная сульфатом натрия рапа сбрасывается обратно в озеро, где ее состав восстанавливается за счет растворения мирабилита корневой залежи [5]. Прилегающая к озеру территория характеризуется как естественным засолением, так и техногенным, возникающим преимущественно за счет ветрового разноса частиц тенардита (безводного сульфата натрия) с поверхности садочного бассейна.

Целью работы была оценка общего засоления почв исследуемой территории и попытка разделения техногенного и природного засоления.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ

Для изучения закономерностей пространственного распределения засоленности летом 2020–21 гг. были отобраны почвенные пробы поверхностного слоя (0–20 см), для которых определялись значения сухого остатка водной вытяжки (соотношение почва:вода 1:5). Установлено, что превышение фонового содержания солей характерно для относительно небольшого участка к северо-востоку от садочного бассейна, что соответствует преимущественному направлению ветров (рис. 1), и согласуется с данными работы Макарычева С.В. и Эллерт Д.Ю. [2].

Для определения распределения солей по глубине методом водных вытяжек были проанализированы образцы из 4 почвенных разрезов, заложенных на разном удалении от садочного бассейна (0.1, 1.0, 4.5 км), из которых один (КС-20-3) расположен к западу от садочного бассейна (на расстоянии 1 км), а три других – к северо-востоку (рис. 2). Почвы трех разрезов представлены солонцами, а почвы наиболее удаленного разреза КС-20-4 – черноземом. В водных вытяжках проводилось определение ионов CO_3^{2-}, HCO_3^-, Cl^-, SO_4^{2-}, Ca^{2+}, Mg^{2+}, Na^+, K^+ и сухого остатка [4]. Ионы CO_3^{2-}, HCO_3^-, Cl^-, SO_4^{2-}, Ca^{2+}, Mg^{2+} определяли объемным методом, SO_4^{2-} – гравиметрическим методом, Na^+ и K^+ – методом атомно-эмиссионной спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Диаграммы распределения солей по профилю почвенных разрезов и их фотографии представлены на рис. 3–6.

Установлено, что сумма водорастворимых солей в пробах разрезов уменьшается с удалением от садочного бассейна. При этом содержание солей в пробах разреза, расположенного к западу от садочного бассейна меньше по сравнению с разрезом, расположенным на том же удалении, но на противоположной стороне, что хорошо согласуется со схемой пространственного распределения засоления поверхностного слоя почв (рис. 1).

В изученных почвенных разрезах установлен сульфатно-натриевый тип засоления по соотношению анионов и катионов на основании критериев, приведенных в таблицах 1.6 и 1.7 монографии «Засоленные почвы России» [3]. Повышенное содержание солей, очевидно, связанное с влиянием садочного бассейна, проявляется в почвах разреза КС-20-12. В зоне техногенного воздействия расположен также разрез КС-20-13.

Степень засоления почв оценивалась по сумме массовых долей (%) всех найденных в водной вытяжке ионов (Scол) и сумме токсичных солей (Sтокс). Показатель Sтокс рассчитывался как сумма (%) ионов Cl^-, Na^+, Mg^{2+}, Щтокс (HCO_3^-токс) и SO_4^{2-}токс, которые переходят в водную вытяжку в результате растворения токсичных (легкорастворимых) солей. Степень засоления горизонтов AJ и BSN у всех солонцов оценена как незасоленная. Для нижних горизонтов определены следующие степени засоления: сильная в разрезе КС-20-12 (горизонты BMKs, BCAs,bc), слабая в разрезе КС-20-3 (горизонты BCAs,bc, Cs,ca), средняя в КС-20-13 (горизонты BMKs1, BMKs3, BCAs,bc). Степени засоления для всех горизонтов разреза КС-20-4 определены как незасоленные, кроме горизонта AUe (слабое засоление).

Рисунок 1. Схема пространственного распределения общего засоления поверхностного слоя почв.

Рисунок 2. Расположение почвенных разрезов.

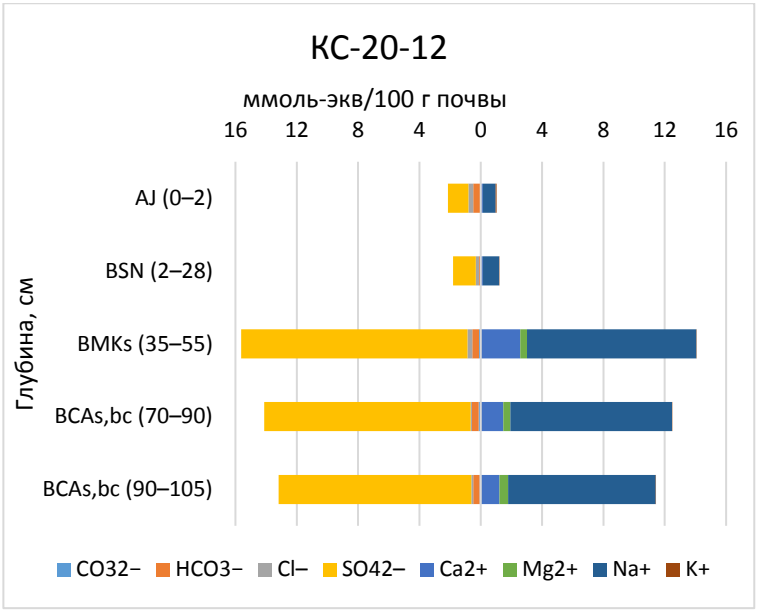


Рисунок 3. Разрез КС-20-12. Солонец светлый засоленный корковый средне карбонатный песчаный на карбонатных озерных отложениях.

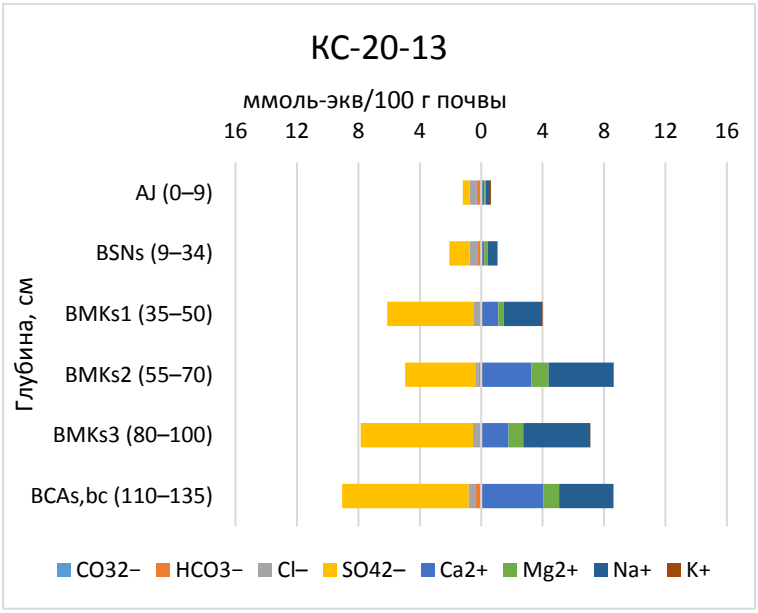


Рисунок 4. Разрез КС-20-13. Солонец светлый засоленный мелкий глубоко карбонатный супесчаный на карбонатных озерных отложениях.

Максимум засоления в разрезе КС-20-12 наблюдается в подсолонцовом горизонте (35–55 см), а в разрезах КС-20-13 и КС-20-3 – на глубине 110–135 см и 70–80 см соответственно. Частично это может быть связано с разницей в уровне залегания грунтовых вод. Разрез КС-20-12 характеризуется самым близким к поверхности залеганием грунтовых вод среди разрезов солонцов, а КС-20-3 – самым глубоким.

Разрез КС-20-4 (чернозем) характеризуется наименьшей засоленностью, что, очевидно, связано с его формированием на водораздельной территории с глубоким залеганием грунтовых вод, которые имеют в основном сульфатно-хлоридный, магниево-натриевый состав (по данным ОАО «Кучуксульфат»), и влиянием лесополосы. Для этого разреза установлено наибольшее разнообразие катионного и анионного составов. Отметим, что во всех пробах исследуемых разрезов содержание хлорид-иона невелико, что может объясняться более высокой подвижностью хлоридов относительно сульфатов и их быстрым вымыванием из профиля.

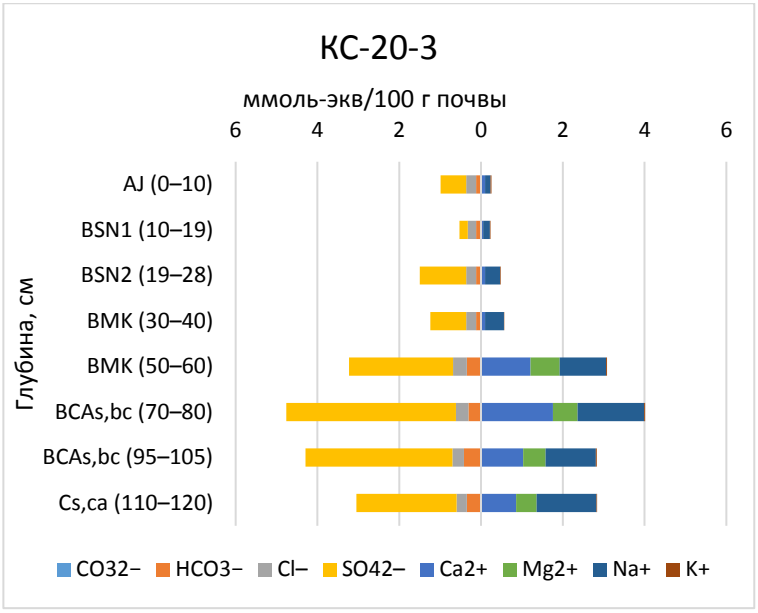


Рисунок 5. Разрез КС-20-3. Солонец светлый засоленный мелкий средне карбонатный песчаный на озерных отложениях.

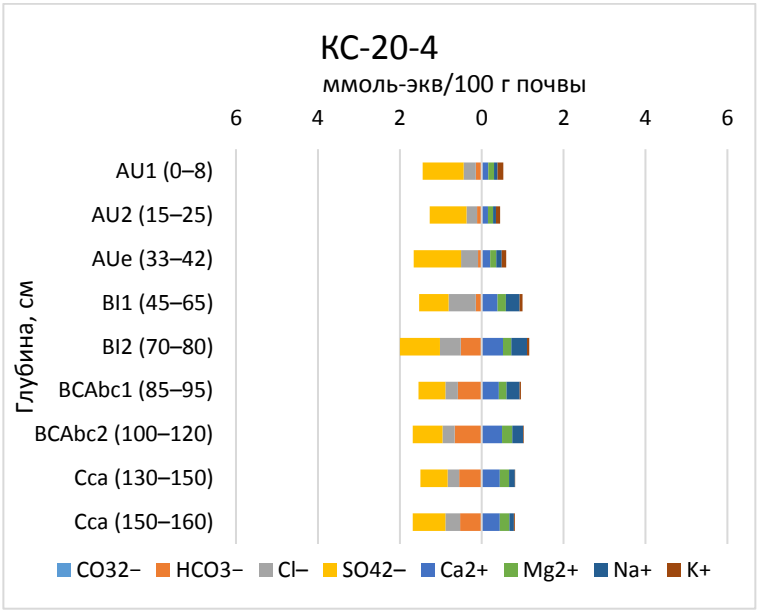


Рисунок 6. Разрез КС-20-4. Чернозем глинисто-иллювиальный оподзоленный (зоогенно перерытый) маломощный глубоко карбонатный среднесуглинистый на карбонатных лессовидных суглинках.

ВЫВОДЫ

Влияние садочного бассейна проявляется на небольшом участке исследуемой территории на фоне природного засоления, которое отличается от техногенного бóльшим разнообразием катионного и анионного состава и проявляется в более глубоких слоях почвенных разрезов. При приближении к садочному бассейну возрастает общее содержание растворимых солей, их катионное и анионное разнообразие заметно уменьшается, а степень доминирования ионов Na^+ и SO_4^{2-} увеличивается.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Валяшко М.Г.* Закономерности формирования месторождений солей. МГУ, 1962. 398 с.
2. *Макарычев С.В., Эллерт Д.Ю.* Особенности экологического загрязнения почвенного покрова при производстве сульфата натрия (на примере ОАО «Кучуксульфат» Благовещенского района Алтайского края) // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2016. № 10 (144). С. 68–73.

3. *Панкова Е.И.* и др. Засоленные почвы России. ИКЦ Академкнига, 2006. 854 с.
4. *Растворова О.Г.* и др. Химический анализ почв: учебное пособие. Издательство С.-Петербургского университета, 1995. 263 с.
5. *Чарыкова М.В., Чарыков Н.А.* Термодинамическое моделирование процессов эвапоритовой седиментации. Наука, 2003. 262 с.

ECOLOGICAL AND GEOCHEMICAL CHARACTERIZATION OF SOILS IN THE TERRITORY ADJACENT TO LAKE KUCHUK (ALTAI KRAI)

O.R. Zhunusova, Y.V. Simonova

St. Petersburg State University

Lake Kuchuk is a deposit of sodium sulfate, developed by the company «Kuchuksulfate». The aim of the work was to assess the total salinity of soils in the study area and an attempt to separate technogenic and natural salinity. Based on the results of the work, a small area was identified where technogenic salinization is manifested. It has been established that with increasing distance from the deposit, the total content of soluble salts decreases, their cationic and anionic diversity increases markedly, and the predominance of Na^+ and SO_4^{2-} ions decreases.

УДК 631.40

КОРРЕЛЯЦИОННАЯ СВЯЗЬ ОТКЛИКОВ БИОТЫ НА ВНЕСЕНИЕ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ПОЧВЫ РАЗНОЙ ГУМУСИРОВАННОСТИ

И.А. Козлова[1], В.К. Калеро Эррера[2], О.А. Федорова[1], А.П. Кирюшина[3]

[1]Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова

[2]Российский университет дружбы народов, Москва

[3]Институт проблем экологии и эволюции имени А.Н. Северцова РАН, Москва

В лабораторных исследованиях была обнаружена высокая корреляционная связь (R = 0.84–0.89) между длиной побегов, корней проростков Avena sativa L. и содержанием микробной биомассы (Cmic) в почве с низким содержанием гумуса ($C_{орг}$ 1.30%), загрязненной солями тяжелых металлов в дозах 5 и 10 ОДК. Однако при тех же условиях в почве с повышенным содержанием гумуса ($C_{орг}$ 3.86%) корреляции не было выявлено.

Ключевые слова: фитотестирование, углерод, микробная биомасса, овёс

ВВЕДЕНИЕ

Одним из острых вопросов в настоящее время является загрязнение почв, в частности агроэкосистем, тяжелыми металлами (ТМ) [3]. Далеко не всегда химический анализ (определение концентраций элементов в почве) является достаточным для оценки качества почв и оценки последствий на здоровье человека. В программы экологического мониторинга почв агроэкосистем включены целый ряд показателей, среди которых есть характеристики развития растений (длина побегов и корней, всхожесть семян) и микробные индексы (базальное дыхание, субстрат-индуцированное дыхание, содержание микробной биомассы), как наиболее часто оцениваемые [1, 2, 6]. Почвенные микробные сообщества, участвуя в разложении органического вещества и высвобождении минеральных элементов питания, способствуют продуктивности растений, а с ними и улучшению качества почв.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ, проект 18-04-01218 а.
Исследование выполнено в рамках Программы развития Междисциплинарной научно-образовательной школы Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова «Будущее планеты и глобальные изменения окружающей среды».
© И.А. Козлова, В.К. Калеро Эррера, О.А. Федорова, А.П. Кирюшина, 2024

Для исследования степени опасности тяжелых металлов в разных почвенных условиях удобной моделью может служить смесь водных растворов солей меди ($CuSO_4$), цинка ($ZnSO_4$) и свинца ($PbCl_2$) как часто используемые в аналогичных экспериментах, механизмы действия которых неплохо изучены в природных почвенных условиях. Содержание свинца (Pb), цинка (Zn) и меди (Cu) в почвах агроэкосистем подлежит обязательному контролю в нашей стране (ФЗ «О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения» от 30.03.1999 г. № 52-ФЗ; «Положение о государственном санитарно-эпидемиологическом нормировании» от 24.07. 2000 г. № 554) и за рубежом [5]. Металлы Pb и Zn относятся к I классу опасности (высоко опасные), Cu – ко II (умеренно опасные) (ГОСТ 17.4.1.0283).

Цель настоящей работы заключалась в исследовании синхронности изменений ростовых параметров растений и микробной биомассы в образцах агродерново-подзолистой почвы, разной гумусированности, под воздействием химического загрязнения тяжелыми металлами (ТМ).

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ

Образцы агродерново-подзолистой почвы среднесуглинистого гранулометрического состава (п. Чашниково, Московская область) были отобраны с двух полей, локализованных на расстоянии 1.1 км друг от друга (N 50.03386°, E 37.16803° и N 56.02825, E 37.18453) с разным содержанием органического углерода. Почва первого участка (S1) характеризовалась высоким содержанием органического углерода ($C_{орг}$ 3.86%, и по классификации 2004 г. может быть охарактеризована как сильно гумусированная), второго (S2) – низким ($C_{орг}$ 1.30%, слабо гумусированная). В лаборатории почву просушивали на воздухе, освобождали от грубых растительных фрагментов, просеивали через сито (ячейки 5 мм), увлажняли (55–60% полной влагоемкости), оставляли на прединкубацию (5 суток, 22 °C) до внесения солей металлов и ремедиантов.

ТМ вносили в виде водных растворов солей меди ($CuSO_4$), цинка ($ZnSO_4$) и свинца ($PbCl_2$) для достижения концентрации равной 5 и 10 ориентировочно-допустимым концентрациям каждого из трех элементов (согласно ГН 2.1.7.2511-09).

Хроническое фитотестирование проводили в вегетационных сосудах в течение 30-ти дней в теплице с контролем постоянной увлажненности почвы в трехкратной повторности (ГОСТ Р ИСО 22030-2009. Качество почвы. Биологические методы. Хроническая фитотоксичность в отношении высших растений. – М.: Стандартинформ, 2010). После чего извлекали растения *Avena sativa* L. для измерения длины ростков и корней и отбирали пробы почвы для анализа эмиссии CO_2 на хроматографе «КристалЛюкс 4000М». Углерод микробной биомассы ($C_{мик}$, мкг С/г) рассчитывали по формуле: СИД × 40.04 + 0.37 после измерения субстрат-индуцированного дыхания (СИД, мкл С-CO_2 /г×ч) [1].

Варианты опытов: П1, П1+5ОДК ТМ, П1+10ОДК ТМ П2, П2+5ОДК ТМ, П2+10ОДК ТМ.

Статистическую обработку и корреляционные графики строили в программе MS Excel 2013.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЯ

Результаты показали, что рост овса (всхожесть, длина корней и побегов, биомасса) уменьшался пропорционально росту концентраций ТМ (табл. 1). Причем в наибольшей степени снижение было выражено в слабогумусированной почве, вплоть до полного подавления развития корней: с 109 мм до 7 мм (при 5 ОДК) и 4 мм (при 10 ОДК).

Содержание углерода микробной биомассы $C_{мик}$ (мкг С/г почвы), рассчитанное на основе субстрат-индуцированного дыхания (СИД), заметно снижалось с увеличением нагрузки ТМ с 5 до 10 ОДК (на 33% и 48%, соответственно) лишь в слабогумусированной почве П2 (рис. 1).

Таблица 1. Всхожесть и ростовые показатели овса посевного на 30 день фитотестирования.

Варианты опытов	Всхожесть, %	Длина проростков, мм	Длина корней, мм	Биомасса корней, мг	Биомасса надземной части, г
П1	53±17	284±51	125±20	0.215±0.133	0.427±0.256
П1 + 5ОДК ТМ	43±5	187±59	82±15	0.088±0.043	0.199±0.069
П1 + 10ОДК ТМ	20±2	87±27	15±4	0.078±0.0173	0.075±0.010
П2	43±17	206±60	109±27	0.141±0.076	0.184±0.077
П2 + 5ОДК ТМ	38±17	30±11	7±4	0.056±0.016	0.028±0.007
П2 + 10ОДК ТМ	20±8	22±8	4±4	0.014±0.017	0.024±0.009

Синхронность изменений ростовых показателей растений и микробной биомассы подтвердилась коэффициентом линейной корреляции только для слабогумусированной почвые П2: 0.88 для длины ростков и 0.90 – корней (рис. 2). В случае с П1 коэффициенты корреляции оказались отрицательные.

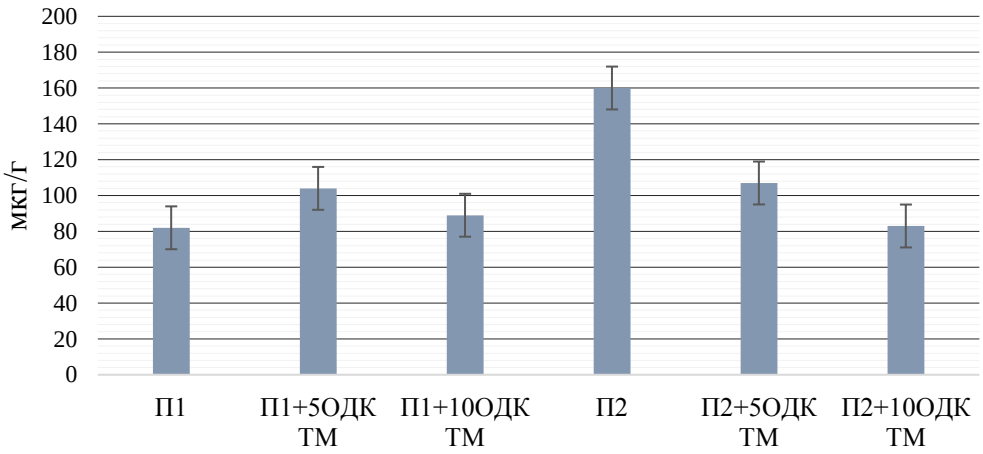


Рисунок 1. Содержание углерода микробной биомассы ($C_{мик}$).

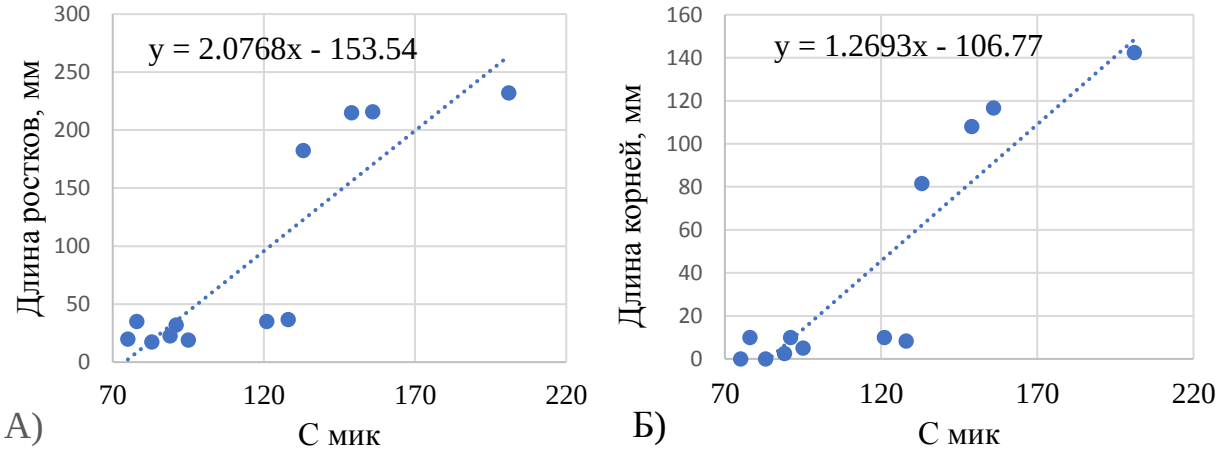


Рисунок 2. Линейная синхронность изменений ростовых показателей растений (мм) и микробной биомассы ($C_{мик}$): А) для длины ростков; Б) для длины корней.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

При анализе изменений показателей роста растений и микробной биомассы при полиметаллическом загрязнении двух вариантов агродерново-подзолистой почвы положительная корреляция установлена лишь на образцах слабо гумусированной почвы. Значимые линейные коэффициенты корреляции в почве с $C_{орг}$ 1.3% между $C_{мик}$, и длиной корней R = 0.90, $C_{мик}$ и длиной ростков R = 0.88, тогда как в почве с $C_{орг}$ 3.86% они отрицательные.

Это означает, что чувствительность к загрязнению двух групп биотических показателей в различающихся по гумусированности почвах заметно различается, что согласуется с ранее опубликованными данными [4]. Для более полной и надежной оценки экологического состояния почв нельзя ограничиваться анализом либо показателями роста растений, либо микробными индексами, а целесообразно их совместное применение.

БЛАГОДАРНОСТИ

Авторы выражают признательность к.б.н. С.А. Кулачковой и Е.В. Прудниковой за помощь в экспериментах.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Ананьева Н.Д., Полянская Л.М., Сусьян Е.А., Васенкина И.В., Вирт С., Звягинцев Д.Г.* Сравнительная оценка микробной биомассы почв, определяемой методами прямого микроскопирования и субстрат-индуцированного дыхания // Микробиология. 2008. Т. 77. № 3. С. 404–412.
2. *Кирюшин В.И.* Методология комплексной оценки сельскохозяйственных земель // Почвоведение. 2020. № 7. С. 871–879. DOI: 10.31857/S0032180X20070060.
3. *Копцик Г.Н.* Проблемы и перспективы фиторемедиации почв, загрязненных тяжелыми металлами (обзор литературы) // Почвоведение. 2014. № 9. С. 1113–1130. (Koptsik G.N. Problems and Prospects Concerning the Phytoremediation of Heavy Metal Pollut-ed Soils: A Review // Eurasian Soil Science. 2014. V. 47. № 9. C. 923–939. DOI 10.7868/S0032180X1409007X.
4. *Терехова В.А., Прудникова Е.В., Кулачкова С.А., Горленко М.В., Учанов П.В., Сушко С.В., Ананьева Н.Д.* Микробиологические показатели агродерново-подзолистых почв разной гумусированности при внесении тяжелых металлов и углерод-содержащих препаратов // Почвоведение, 3 (2021), 372–384. 10.31857/S0032180X21030151 (Terekhova V.A., Prudnikova E.V., Kulachkova S.A., Gorlenko M.V., Uchanov P.V., Sushko S.V., and Ananyeva N.D. Microbiological indicators of heavy metals and carbon-containing preparations applied to agrosoddy-podzolic soils differing in humus content // Eura-sian Soil Science 54, 3 (2021), 448–458. DOI: 10.1134/S1064229321030157).
5. *Bünemann E K., Bongiornoa G., Baic Z., Creamerb R., Deynb G., Goedeb R., Fleskensd, Geissend L., Kuyperb T., Mädera P., Pullemanb M., Sukkelf W., van Groenigenb W., Brussaard L.*, 2018. Soil quality – A critical review // Soil Biology and Biochemistry. N 120. P.105–125.
6. *Creamer R.E., Schulte R.P.O., Stone D., Gal A., Krogh P.H., Lo Papa G., Wind-ing A.* Measuring basal soil respiration across Europe: Do incubation temperature and incubation period matter? // Ecological Indicators. 2014. V. 36. P. 409–418. https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2013.08.015.

CORRELATION OF BIOTA RESPONSES TO THE INTRODUCTION OF HEAVY METALS INTO SOILS OF DIFFERENT HUMUS CONTENT

I.A. Kozlova[1], V.K. Kalero Herrera[2], O.A. Fedorova[1], A.P. Kiryushina[3]

[1]Moscow State Lomonosov University Lomonosov

[2]Russian Peoples' Friendship University, Moscow

[3]Institute of Ecology and Evolution RAS, Moscow

A high correlation (R = 0.84–0.89) was revealed between the length of shoots and roots of seedlings *Avena sativa* L. and the content of microbial biomass (C_{mic}) in soil with low humus content (C_{org} 1.30%) contaminated with salts of heavy metals. There was no correlation in soil with high humus content (C_{org} 3.86 %) at the same level of pollution.

Keywords: phytotesting, carbon, microbial biomass, oats.

УДК 631.417.1

ПРИМЕНЕНИЕ ПЕРМАНГАНАТНОГО МЕТОДА ДЛЯ ОЦЕНКИ ДИНАМИКИ АКТИВНОГО УГЛЕРОДА В АГРОЛАНДШАФТАХ НА ПОЧВАХ КРАСНОДАРСКОГО КРАЯ

А.А. Прохоров

РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева

В рамках работы был рассмотрен вопрос, связанный с возможностью использования фракции Permanganate oxidizable carbon в качестве индикатора, характеризующего состояние активного пула углерода в агроландшафтах. В качестве альтернативы также были рассмотрены фракции: Readily oxidizable carbon, cold water carbon, hot water carbon, а также денсенометрические фракции f.POM <1.6 г/см^3 и Mineral >2.0 г/см^3. Из полученных данных были установлены показатели, которые наиболее ярко отражают состояние активного пула углерода.

Ключевые слова: почвенное органическое вещество, фракционирование, гумусовое состояние почв

ВВЕДЕНИЕ

На сегодняшний день в нашей стране достаточно мало внимания уделяется оценке гумусового состояния почв [2, 6]. Во многих исследованиях в области почвоведения и агрохимии один из наиболее распространенных методов количественного определения «гумуса» – бихроматное окисление, в то время как уже существует достаточно большое количество альтернативных подходов, более простых в своей реализации [3, 6–8]. Возможность применения одного из таких подходов была рассмотрена в рамках данной работы.

Основная цель исследования – оценка возможностей применения оксидиметрического перманганатного метода для оценки гумусового состояния почв в агроландшафтах [7].

Методы, используемые в данной работе, охватывают одно из фундаментальных направлений в изучении почвенного углерода: функционирование с точки зрения разделения на лабильные и стабильные компоненты, учитывая подвижность различных фракций [6].

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ

Для проведения исследований было выбрано несколько ключевых участков на территории Краснодарского края, представляющих собой типичные для данного региона агроландшафты, с каждого из которых были отобраны почвенные образцы с глубины 30 см для дальнейших лабораторных исследований, а также путем закладки разрезов были описаны морфологические особенности местных почв. Для сравнения с фоновыми условиями пробы также были отобраны по периметру полезащитных насаждений, всего по 10 проб на один участок (по 5 внутри контуров полей и по 5 по лесополосам).

Почвенный покров участка № 1 представлен чернозёмами типичными мощными и сверхмощными тяжелосуглинистыми и легкоглинистыми на тяжелых карбонатных суглинках и легких глинах; почвенный покров участков № 2 и 3 представлен черноземами обыкновенными мощными и среднемощными тяжелосуглинистыми на тяжелых карбонатных суглинках и глинах.

Выделение физических фракций производилось путем гранулоденсиметрического фракционирования [10] с использование йодида калия (плотностью 1.60±0.02 г/см^3 и 2.00±0.02 г/см^3) в качестве тяжелой жидкости. Методика была модифицирована сотрудниками ИЦПЭИ РГАУ-МСХА. за основу взят метод из работ [4, 10]. В основе метода лежит сегментация фракций органического вещества по плотности.

Легкоокисляемый углерод – Readily oxidizable carbon (ROC) определяли путем мокрого озоления пробы в присутствии ($K_2Cr_2O_7$: H_2SO_4 (1.86) – 1:1), углерод водногидролизуемых фракций cold water carbon, hot water carbon (CWC) и (HWC) в мг в соответствующих вытяжках [9] согласно ЦВ 3.01.17-01 «А», содержание Permanganate oxidizable carbon (POXC) устанавливали согласно методике, предложенной в работе [7]. В основу метода положена обра-

© А.А. Прохоров, 2024

ботка почвы 0.02 н. раствором $KMnO_4$, с последующим измерением оптической плотности раствора (D), при этом последняя будет тем больше – чем меньшее количество углерода было окислено за период экспозиции. В качестве модификации метода был использован более концентрированный раствор $CaCl_2$ для ускорения оседания коллоидов.

Все определения проводили в смешанном образце в трех повторностях, показатели принимали идентичными при доверительной вероятности $\rho = 0.95$. В дальнейшем для проведения статистической обработки данных: проверки типа распределения, установления корреляционных зависимостей, а также применения метода principal component analysis (PCA) и построения модели было использовано ПО StatSoft STATISTICA 10.0.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЯ

Данные, полученные в ходе лабораторно-практической части приведены в таблице 1.

Таблица 1. Распределение фракций углерода в исследуемых объектах.

Точка	ROC <0.25 мм (%)	ROC 1–0.25 мм (%)	POXC 1.0 мм (мг/кг)	HWC <1.0 мм (мг/кг)	CWC <1.0 мм (мг/кг)	f.POM <1.6 г/см^3 (%)	Mineral >2.0 г/см^3 (%)
Участок № 1 ($А^с$)	4.4	3.9	896	181	34	0.23	88.9
	3.6	4.2	662	176	21	0.26	89.1
	3.2	3.7	659	91	–	–	86.4
	4.1	3.4	724	103	–	0.21	90.2
	4.7	3.8	770	209	106	0.19	91.3
Участок № 1 (Л)	8.3	8.5	1338	302	126	0.96	87.1
	8.1	8.1	1252	121	42	1.56	88
	7.4	7.6	1566	79	36	1.64	84.7
	6.9	6.1	901	106	29	–	89.2
	7.6	7.3	1070	237	41	1.37	88.4
Участок № 2 ($А^к$)	5.4	5.3	1124	112	27	–	89.9
	5.6	4.9	850	84	–	0.23	90.1
	4.9	4.2	906	72	35	0.19	91.2
	5.1	5.1	844	57	–	0.18	90.3
	5.8	4.6	825	139	41	0.27	88.7
Участок № 2 (Л)	8.0	6.4	1163	–	–	0.19	89.3
	7.3	5.0	1080	107	26	1.1	87.1
	7.1	5.3	1450	212	30	1.3	89.3
	6.9	6.2	1131	207	17	–	87.1
	8.3	5.4	1321	71	–	1.12	89.2
Участок № 3 ($А^к$) Чернозем обыкновенный 0–30 см	6.3	4.7	819	50	16	1.16	89.1
	7.1	5.1	712	74	23	0.21	90.3
	5.9	5.0	812	63	29	0.18	87.4
	6.5	4.7	564	–	34	–	91.2
	6.3	5.2	676	52	42	0.16	89.6
Участок № 3 (Л)	8.3	6.8	1194	112	–	–	89.6
	8.1	4.7	1122	98	–	1.3	85.4
	6.6	5.6	985	181	23	0.97	88.6
	7.5	4.2	1327	141	–	0.72	89.4
	6.9	5.3	1260	301	98	–	–

Примечание: $А^к$ – предшественник кукуруза; $А^с$ – предшественник сахарная свекла; Л – лесополоса; прочерк – не определяли.

Для упрощения представления набора данных был применен метод главных компонент, построена модель и произведена замена переменных. Помимо этого, для каждой из исследуемых фракций была построена линейная зависимость с фракцией POXC.

Величина массового содержания POXC варьировала в диапазоне от 564 мг/кг до 1450 мг/кг, и в среднем составляет 11–18% от ROC. Фракции HWC и CWC характеризовались низкой воспроизводимостью. Вариация по содержанию данных фракций для одного образца внутри повторности в некоторых случаях составляла >70% (от 37 до 249 мг/кг) для HWC и 80% для CWC (от 21 до 106 мг/кг).

Несмотря на то, что данные скоррелированы, следует отметить что фракция f.POM <1.6 г/см^3 тут выступает как эквивалент легкоразлагаемого органического вещества (ЛОВ) [1] и фракция POXC очень хорошо отражает изменчивость содержания ЛОВ в образцах, т.к. для проб, отобранных в лесополосе, в целом характерно большее содержание макроорганических веществ, не связанных прочно с минеральной массой почвы [1].

Построенная «PCA» модель включает в себя четыре компоненты, охват дисперсии которых распределен следующим образом: 48.9% изменчивости данных приходится на *p1*, 22.6 % на *p2*, 10.9 % на *p3* и 7.3 % на *p4*. Количество компонент было установлено путем применения правила «сломанной трости».

На графиках распределения в «PCA» модели, переменная характеризующая содержание углерода фракции POXC в большинстве случаев попадала в диапазон охвата данных переменной углерода фракции ROC <0.25, но в то же время совершенно не попадала в диапазон охвата данных по CWC и HWC что может свидетельствовать о том, что фракции CWC и HWC в основном охватывают и содержат в себе другую информацию, в большей степени связанную с более тонкими изменениями в системе почвенного органического вещества, что также не раз подтверждалась в работах других авторов [5], а перманганатый метод наряду с традиционным для нашей страны бихроматным может работать как альтернатива в рамках оценки гумусового состояния почв в агроландшафтах.

Данный вопрос требует проведения дальнейших исследований, в особенности определения зональных ограничений в использовании данного метода на территории нашей страны, однако, в рамках исследуемых объектов на территории Краснодарского края выявлено, что метод достаточно хорошо работает, а в силу хорошей воспроизводимости результатов, а также относительной простоты, может быть использован для оценки свойств почв данной территории.

Активные фракции HWC и CWC подтверждают высокий уровень реакции лабильных компонентов углеродной системы на изменения общего углерода в течение относительно короткого периода времени.

Кроме того, в работе [5] авторы в своем исследовании установили значимость реакции HWC на характер землепользования. В свою очередь, в нашем исследовании вариация по этим фракциям была достаточно широкой даже в рамках повторностей, в особенности для CWC, количественные значения которой зачастую не попадали в доверительный интервал при ρ = 0.95.

Интерпретируя результаты по взаимосвязи POXC с другими фракциями по «PCA» а также исходя из линейных зависимостей, можно отметить, что, оксидиметрические фракции тесно связаны с легкой денсиметрической фракцией f.POM <1.6 г/см^3, но в меньшей степени отражают динамику водногидролизуемой части органического вещества. Таким образом, если рассматривать систему гумуса с точки зрения оптимизации режима органического вещества в агроландшафтах [2], то фракции ROC или бихроматные фракции включают в себя более стабильные оксидиметрические и лабильные оксидиметрические, фракции POXC отражают динамику лабильных оксидиметрических компонентов, фракции CWC и HWC – это часть лабильных фракций, обладающих наибольшей активностью за счет как их низкого содержания, так и низкого по продолжительности среднего времени прибывания в почве в рамках агроландшафта при смене растительных формаций.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

При формировании агроландшафтов происходит качественное перераспределение углерода по функциональным пулам. Сокращается доля наиболее подвижных фракций (CWC, HWC, POXC, f.POM <1.6 г/см^3). Содержание углерода фракции POXC в агропочвах в среднем по выборке составило 790 мг/кг в то время как для почв лесополос эта величина находилось на уровне 1211 мг/кг на всех исследуемых участках. Углерод фракции POXC коррелирует в линейной модели с другими фракциями, в большей степени это выражено для, f.POM <1.6 г/см^3 и ROC (R^2 = 0.34 и 0.47) соответственно. После проведения замены переменных методом главных компонент были установлены вклады каждой компоненты в общий охват дисперсии. На основании данных описательной статистики, а также информации модели «PCA» были сделаны следующие выводы: распределение данных независимых наблюдений по выборке показателя «CWC» отлично от нормального, фракции CWC и HWC в целом являются достаточно изменчивыми и могут отражать тонкие изменения в системе почвенного органического углерода, что также не раз подтверждалось в исследованиях других авторов [5], однако данные показатели отличались низкой воспроизводимостью и достаточно высокой вариацией внутри повторностей по вариантам (в пределах от 30 до 90%), в то время как фракция POXC в значительной степени коррелирующая с f.POM <1.6 г/см^3 и ROC не характеризовалась корреляционной зависимостью с водногидролизумыми фракциями. Фракция POXC по «PCA» модели достаточно хорошо описывала дисперсию по главным компонентам, графически отмечалась сходная тенденция с фракциями ROC (бихроматным углеродом).

Данный метод в перспективе можно оптимизировать и применить в полевых условиях для оценки гумусового состояния почв, так как он отличается относительной простотой, экспреснсостью, воспроизводимостью, а также достаточно хорошо интерпретирует данные о гумусового состоянии, в частности, лабильной его части.

Также стоит отметить, что фракция POXC – в рамках работы [8] была охарактеризована как лучший предиктор для модели оценки CAHS (complex assessment of soil health) и ее вариация хорошо описывали качественные перестройки в почвах при региональном анализе изменчивости свойств.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Борисов Б.А., Ганжара Н.Ф.* Географические закономерности распределения и обновления легкоразлагаемого органического вещества целинных и пахотных почв зонального ряда Европейской части России // Почвоведение. 2008. № 9. С. 1071–1078.
2. *Кирюшин В.И., Ганжара Н.Ф., Кауричев И.С., Орлов Д.С., Титлянова А.А., Фокин А.Д.* Концепция оптимизации режима органического вещества почв в агроландшафтах. М.: Изд-во МСХА, 1993. 99 с.
3. *Когут Б.М., Булкина Л.Ю.* Сравнительная оценка воспроизводимости методов определения лабильных форм гумуса черноземов // Почвоведение. 1987. № 7. С. 38–45.
4. *Фарходов Ю.Р., Ярославцева Н. В, Яшин М.А.* и др. Выход денсиметрических фракций из типичных черноземов разного землепользования // Бюллетень Почвенного института им. В.В. Докучаева. – 2020. – № 103. – С. 85–107. – DOI 10.19047/0136-1694-2020-103-85-107.
5. *Akinsete S.J., Nortcliff S.* (2014) Storage of Total and Labile Soil Carbon Fractions Under Different Land-Use Types: A Laboratory Incubation Study. In: Hartemink A., McSweeney K. (eds) Soil Carbon. Progress in Soil Science. Springer, Cham.
6. *Alfred E. Hartemink, Martin H. Gerzabek, Rattan Lal, and Kevin Mc.Sweeney* «Soil Carbon Research Priorities» // ISBN 978-3-319-04083-7; DOI 10.1007/978-3-319-04084-4, Springer Cham Heidelberg New York Dordrecht London, 2014.
7. *Culman Steve* at al. (2012). Permanganate Oxidizable Carbon Reflects a Processed Soil Fraction that is Sensitive to Management. Soil Science Society of America Journal. 76. 494–504. 10.2136/sssaj 2011.0286.

8. *Aubrey K. Fine, Harold M. van Es, Robert R. Schindelbeck* (2017). Statistics, Scoring Functions, and Regional Analysis of a Comprehensive Soil Health Database. Soil Science Society of America Journal. DOI: 81. 10.2136/sssaj2016.09.0286.
9. *Ghani A, Dexter M, Perrott K.W. (*2003) Hot-Water Extractable Carbon in Soils: A Sensitive Measurement for Determining Impacts of Fertilisation, Grazing and Cultiva-tion. Soil Biology and Biochemistry. 35. 1231–1243. DOI: 10.1016/S0038-0717(03)00186-X.
10. *Bettina John, Tamon Yamashita, Bernard Ludwig, Heiner Flessa*. (2005). Storage of Organic Carbon in Aggregate and Density Fractions of Silty Soils Under Different Types of Land Use. Geoderma. 128. 63–79. DOI: 10.1016/j.geoderma.2004.12.013.

APPLICATION OF PERMANGANATE METHOD TO ASSESS THE DYNAMICS OF ACTIVE CARBON IN AGROLANDSCAPES USING SOILS OF KRASNODAR REGION AS AN EXAMPLE

A.A. Prokhorov

Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy

We studied how the Permanganate oxidizable carbon fraction as an indicator of the active carbon pool in agricultural landscapes was considered. The following fractions were also considered as alternatives: Readily oxidizable carbon, cold water carbon hot water carbon, and density fractions f.POM <1.6 г/см^3 and Mineral >2.0 г/см^3. The most indicative indicators were established.

Keywords: soil organic matter, fractionation, humus state of soils.

УДК 631.42

ПОЧВЫ И КУЛЬТУРНЫЕ СЛОИ КРЕПОСТНОГО ВАЛА ДМИТРОВСКОГО КРЕМЛЯ КАК ЛЕТОПИСЬ ЕСТЕСТВЕННЫХ И АНТРОПОГЕННЫХ ПРОЦЕССОВ

Р.А. Решетникова

Факультет почвоведения МГУ, г. Москва

Почвы и культурные слои вала Дмитровского кремля отражают влияние природных и антропогенных процессов, которым они подвергались. Морфологические, химические и магнитные свойства почв несут информацию об изменениях природных условий и деятельности человека в историческое время.

Ключевые слова: палеоэкологические реконструкции, реликтовые признаки почв, трансформация ландшафтов.

ВВЕДЕНИЕ

С динамикой русел малых рек, впадающих в Волгу, во многом связана миграция культур, заселявших Русскую равнину в голоцене. Уникальным архивом информации о природной среде этого времени служат такие почвенно-аллювиальные серии, в которых в устойчивых почвенных признаках записана история событий голоцена [8]. Археологические памятники являются важными объектами для изучения динамики геобиосистем во времени, так как длительность археологических эпох сопоставима по масштабам с характерными временами формирования почв [4, 5].

Исследование эволюции палеосреды, древних природных условий, почвенного покрова и определение их роли в жизни человека в историческое время имеют большое значение для понимания вековой динамики климата и влияния на развитие поселений.

Работа выполнена при поддержке РНФ, грант № 17-14-01120
© Р.А. Решетникова, 2024

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ

Дмитровский Кремль – древнерусская крепость XII в. в г. Дмитров Московской области – является хорошо изученным с исторической точки зрения объектом. Вал Дмитровского Кремля был сконструирован в период с середины XII по конец XIII века с использованием природоподобной технологии переслаивания материалов с разными свойствами, в том числе аллювиальных песков и зональных почв, которые оказались погребенными в толще вала. Вал был окружен рвом с водой – сейчас можно увидеть его небольшой участок, восстановленный в 1980-е гг.

Почвенные образцы были отобраны с помощью бура на вершине вала и на внутреннем склоне с западной стороны, на дне рва, а также из археологического раскопа (арх. Прошкин О.Л.) в основании вала с внутренней стороны западной части (рис. 1).

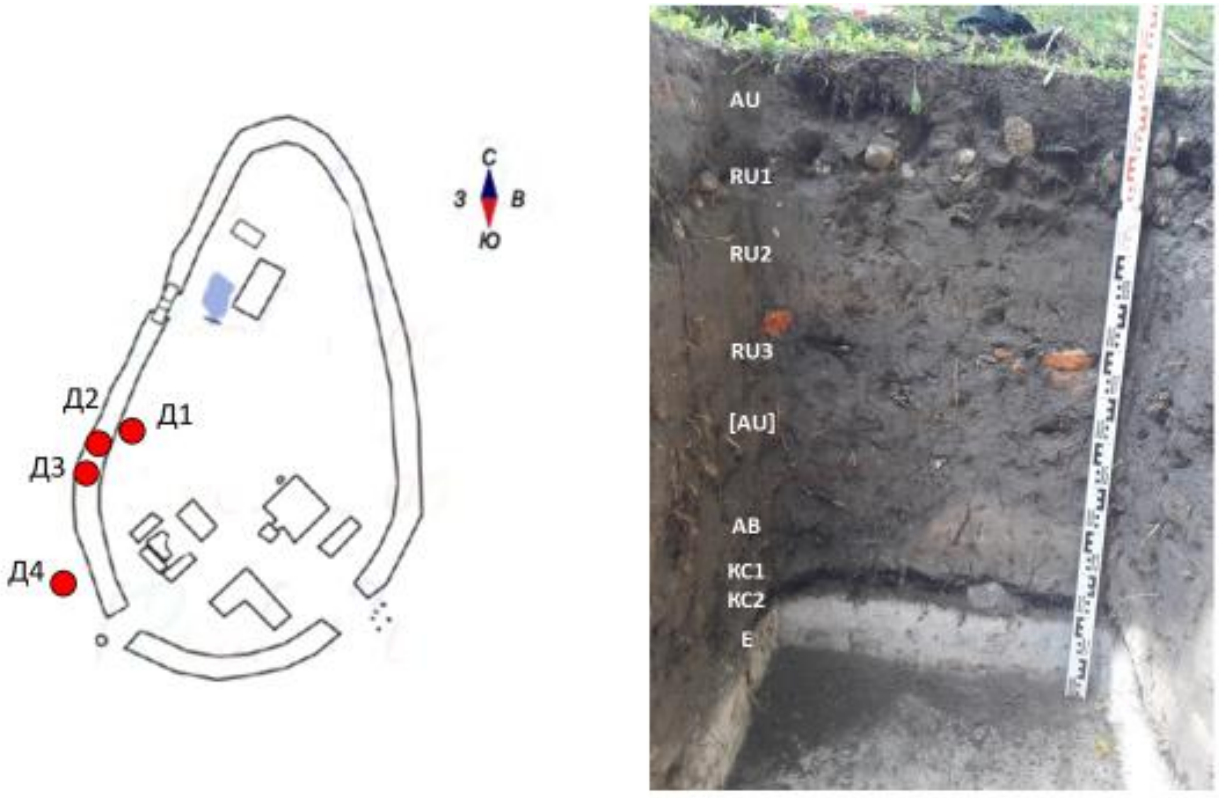


Рисунок 1. Расположение скважин и раскопа на схеме Дмитровского Кремля (слева). Фото раскопа Д1 в основании вала (справа).

В образцах были изучены морфологические свойства почв, определена окраска по шкале Манселла, pH водной суспензии (потенциометрически стеклянным электродом) (Воробьева, 1998), групповой состав фосфора (фосфор общий, фосфор органических и неорганических соединений) аскорбиновым методом [9], содержание углерода, азота, серы и водорода (на элементном анализаторе VARIO EL, Elementar GbmH, Hanau), групповой и фракционный состав гумуса по Тюрину (для образца из КС 65–80 см в раскопе). Была рассчитана удельная магнитная восприимчивость на основе измерений полевым каппометром (КТ-5).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЯ

Морфологические свойства почв и культурных слоев соответствуют представлениям о конструкциях подобных защитных валов – гумусированные и насыщенные артефактами культурные слои чередуются со слоями песчаного и суглинистого материала, вероятно, аллювиальными отложениями ближайших рек и моренными суглинками. Встречаются прослойки и стяжения рыжего (из-за присутствия окисленного железа) и темного песка, указывающие на существование периодов окисления-восстановления в почвах. Во множестве встречающиеся мелкие антропогенные артефакты в разных горизонтах – кирпич, уголь, дре-

весина, стекло, керамика – говорят о насыщенном культурном прошлом со времен основания вала до наших дней [6, 7].

Раскоп в основании вала вскрывает верхнюю часть профиля исходной погребенной почвы, на которой был сконструирован вал. Это подзолистый горизонт белесого цвета, характерный для почв южной тайги, формирующихся под хвойной растительностью в условиях промывного водного режима. Ровная граница между подзолистым и вышележащим горизонтом может быть связана с пахотной обработкой почвы, кроме того, антропогенной деятельностью также может объясняться прослойка угля на глубине 105–110 см.

Почти во всех скважинах в некоторых горизонтах наблюдаются признаки гидроморфизма и переменной окислительно-восстановительной обстановки – охристые и темно-серые стяжения – скорее всего, это реликты, образовавшиеся в почвенном материале до вовлечения его в строительство вала, и отражающие особенности водного режима того времени. Ров в настоящее время не заполняется водой, но в почвенных образцах из него также наблюдаются признаки оглеения. Кроме того, на глубине 55–70 см отмечены включения камней и кирпича, которые могли когда-то формировать дно рва.

Почвы Дмитровского вала в основном характеризуются нейтральной реакцией среды (табл. 1) и слабокислой в некоторых песчаных слоях, что обусловлено зональными процессами – промывным водным режимом, однако антропогенная деятельность способствовала изменению pH в сторону нейтрального по сравнению с характерными для дерново-подзолистой зоны кислыми почвами.

Количество азота и углерода закономерно убывает с глубиной, за исключением локальных пиков в погребенных горизонтах и культурных слоях. В почвах Дмитровского вала количество азота находится в рамках от 0.01% до 0.32%, а углерода органических соединений от 0.05% до 3.65%; минимальные значения характеры для песчаных горизонтов, а максимальные – для верхнего горизонта рва.

Для образца из раскопа в основании Дмитровского вала (КС, 65–80 см) был исследован групповой и фракционный состав гумуса. Количество углерода органических соединений составило 1.32% (на элементном анализаторе – 1.39%), степень гумификации – 35% (высокая), тип гумуса – гуматный (Сгк/Сфк = 2), содержание свободных ГК – 43% (среднее), содержание ГК, св. с Ca^{2+} – 50% (среднее), содержание прочносвязанных ГК – 7% (низкое). Такие цифры не характерны для зональных почв Дмитровского района и могут объясняться формированием этого горизонта в более благоприятных климатических условиях. Другой причиной могут быть органические соединения – следы жизнедеятельности людей и домашних животных, которыми часто обогащен материал культурных слоев.

Величины магнитной восприимчивости (рис. 2) подтверждают результаты выделения культурных слоев. Кроме того, магнитная восприимчивость имеет максимумы в поверхностных гумусовых горизонтах, что определяется содержанием органического вещества [1]. Встречаются ожелезненные слои песка и слои более темного цвета с супесчаным-легкосуглинистым гранулометрическим составом, где магнитная восприимчивость закономерно увеличивается. Образцы почв из рва обладают более высокими значениями магнитной восприимчивости: намытые почвы имеют более тяжелый гранулометрический состав и содержат большее количество углерода органических соединений.

Содержание фосфора органических соединений (рис. 3) в почвах коррелирует с количеством Сорг, и не везде коррелирует с величинами магнитной восприимчивости. По некоторым графикам заметен небольшой сдвиг максимумов фосфора органических соединений вниз относительно максимумов магнитной восприимчивости – в нижележащие горизонты под культурными слоями – что может объясняться выносом и выщелачиванием соединений в результате почвенных процессов. Максимумы фосфора органических соединений маркируют темноцветные культурные слои, материал которых некогда был в составе поверхностных гумусовых горизонтов, а также наблюдается максимум в слое московской морены в скважине на вершине вала (105–115 см). Максимумы фосфора в скважине на дне рва могут быть связаны с гидроморфным прошлым, когда ров заполнялся водой старицы реки Яхрома.

Таблица 1. Свойства почв вала Дмитровского Кремля.

Глубина, см	Сорг, %	N,%	pH вод	Магнитная восприимчивость, $X \cdot 10^{-6}$	Рорг, мг/кг
Стратозем темно-гумусовый на погребенном подзоле, основание вала Дмитровского Кремля (Д1)					
0–10	2.87	0.26	7.0	23.05	742.64
10–35	1.15	0.12	7.2	7.49	369.66
35–50	0.75	0.07	7.0	6.67	641.22
50–65	1.80	0.16	7.0	13.03	1214.84
65–80	1.39	0.12	7.1	10.80	529.28
85–110	1.36	0.10	7.1	5.43	298.97
110–115	1.80	0.13	7.0	6.75	226.70
115–130	0.12	0.01	7.1	0.53	0.00
Стратозем серо-гумусовый, на вершине вала Дмитровского Кремля (Д2)					
0–10	2.45	0.23	7.0	14.13	499.64
20–60	1.16	0.13	6.9	9.30	274.73
60–85	1.35	0.12	6.6	8.78	1286.27
85–110	1.85	0.17	6.8	23.76	2101.18
110–123	1.19	0.11	7.0	11.90	892.90
123–140	1.65	0.16	6.9	18.76	306.33
140–160	1.64	0.14	6.9	15.15	965.88
160–175	1.05	0.11	7.0	8.64	490.90
170–175	0.49	0.06	7.0	6.81	110.25
175–185	1.34	0.14	6.8	8.03	245.43
185–190	1.1	0.11	6.7	9.26	240.90
190–195	0.38	0.05	6.8	5.25	0.00
195–200	0.97	0.10	6.5	5.58	240.65
200–205	0.68	0.08	6.5	3.72	0.00
Стратозем серо-гумусовый, на склоне вала Дмитровского Кремля (Д3)					
0–20	1.76	0.19	6.8	10.19	290.35
20–38	0.56	0.07	6.9	4.80	84.16
38–58	0.31	0.05	6.9	4.43	183.34
58–78	0.25	0.04	6.8	3.26	87.92
78–98	0.32	0.04	7.2	4.71	357.81
100–105	0.56	0.05	7.8	6.07	98.30
105–118	0.50	0.06	8.0	8.12	526.07
115–123	0.38	0.05	7.1	4.12	108.28
123–128	0.05	0.01	7.7	0.51	0.00
128–133	0.74	0.10	7.0	5.48	141.71
133–140	0.10	0.02	7.4	1.04	515.22
140–152	0.48	0.08	7.0	5.02	0.00
152–162	0.22	0.04	7.3	6.32	0.00
162–178	0.39	0.04	7.1	4.45	170.28
178–190	0.32	0.04	7.1	5.89	50.65
190–195	0.14	0.02	7.1	2.68	0.00
195–215	0.23	0.03	7.2	4.47	0.00
Темногумусовая глеевая почва, ров у вала Дмитровского Кремля (Д4)					
0–20	3.65	0.32	6.8	24.06	2468.21
20–34	0.77	0.04	6.9	12.76	0.00
40–50	0.91	0.10	6.8	11.61	1370.15
55–70	1.84	0.19	6.8	18.11	3941.70
70–90	1.40	0.14	6.9	17.51	358.66
90–100	0.35	0.05	7.1	10.21	155.11
100–110	0.28	0.05	7.1	10.38	0.00

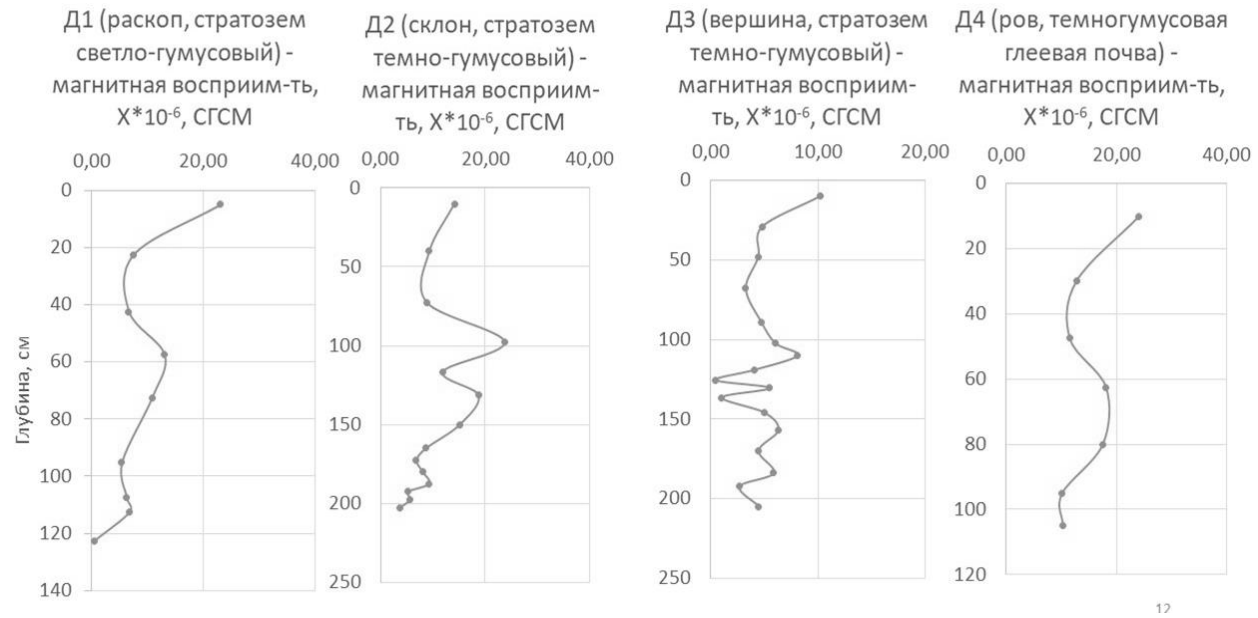


Рисунок 2. Величины магнитной восприимчивости в почвах вала Дмитровского Кремля.

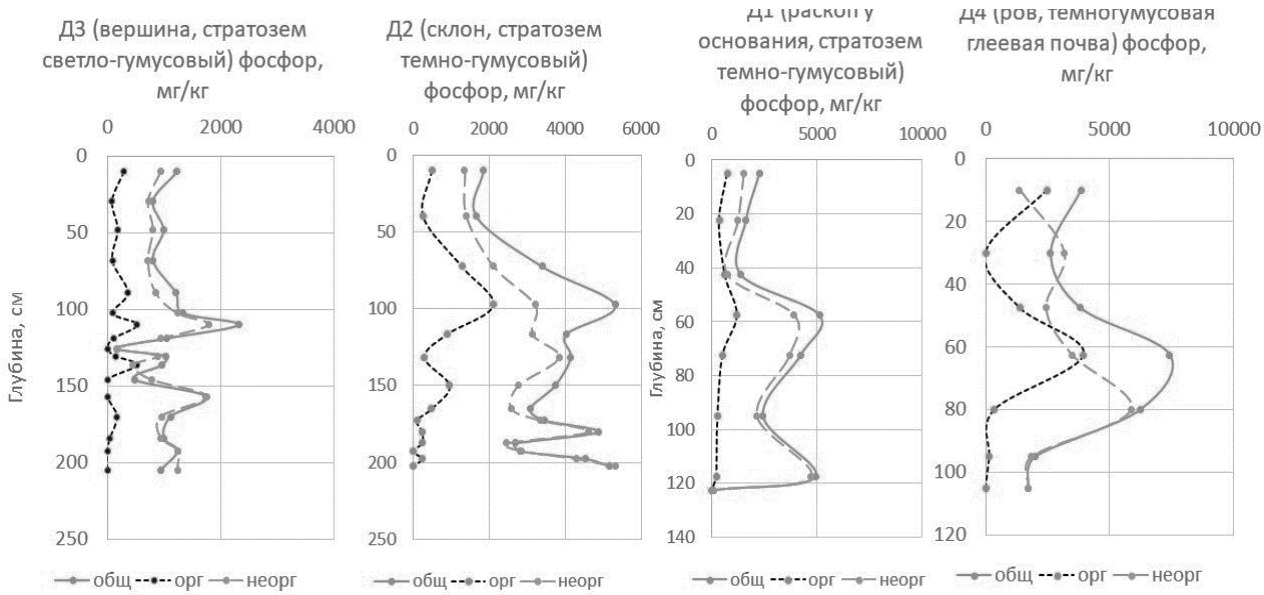


Рисунок 3. Содержание различных форм фосфора в почвах вала Дмитровского Кремля.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Полученные результаты подтверждают существующие представления о большей увлажненности климата в период строительства крепости, чем в современный. Исторические данные свидетельствуют о болотистости территории с близким к поверхности залеганием грунтовых вод [2, 3], в то время, как нынешняя обстановка более автоморфная, в том числе благодаря изменению положения русла р. Яхромы. По почвенным свойствам прослеживаются периоды с различной окислительно-восстановительной обстановкой, но пока что их сложно сопоставить с временными рамками. Свойства почв и культурных слоев отражают влияние процессов строительства крепости и жизнедеятельности людей, а также изменения в природных условиях.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Бабанин В.Ф., Трухин В.И.* Магнетизм почв. – Ярославль: ЯГТУ, 1995. 223 с.
2. *Гольева А.А.* Почвенные исследования средневековых валов Дмитрова, Ярославля и Ростиславля // Археология Подмосковья, вып. 5. М., 2009.

3. *Милонов Н.П.* Дмитровское городище (Кремль города Дмитрова) // Совет-ская археология. Сб. т. 4, М. – Л., 1937.
4. *Самойлова Е.М., Толчельников Ю.С.* Эволюция почв. М.: МГУ, 1991.
5. *Сычева С.А., Леонова Н.Б., Александровский А.Л.* Руководство по изуче-нию палеоэкологии культурных слоев древних поселений. М.: изд-во РФФИ. 1998. 88 с.
6. *Сунгуров Р.* Дмитровский Кремль // Литературная газета, № 38–39, 2007 [Электронный ресурс] URL: https://lgz.ru/article/dmitrovskiy-kreml/ (дата обращения: 25.04.2020).
7. *Сунгуров Р.* «…И нарече его Дмитров» // Наше наследие, № 112, 2015 [Электронный ресурс] URL: http://www.nasledie-rus.ru/podshivka/11203.php (дата обращения: 25.04.2020).
8. *Таргульян В.О., Горячкин С.В.* Почва как память биосферно-геосферно-антропосферных взаимодействий. ЛКИ, 2008 г. 690 с.
9. *Saunders W.M.H., Williams E.G.* 1955. Observations on the determination of total and organic phosphorus in soils. J. Soil Sci., 6, 248–267.

SOILS AND CULTURAL LAYERS OF THE RAMPART OF THE DMITROV KREMLIN AS A CHRONICLE OF NATURAL AND ANTHROPOGENIC PROCESSES

R.A. Reshetnikova

MSU, Faculty of soil science, Moscow

The soils and cultural layers of the Dmitrov Kremlin rampart reflect the influence of natural and anthropogenic processes to which they were exposed. Soil morphological, chemical and magnetic properties carry information about changes in natural conditions and human activity in historical time. The results obtained confirm the existing ideas about the greater humidity of the climate during the construction of the fortress than in the modern one. According to soil properties, periods with different redox conditions can be traced. The properties of soils and cultural layers reflect the influence of the building processes and human life, as well as changes in natural conditions.

Keywords: paleoecological reconstruction, soil properties, landscape transformation, environmental conditions.

УДК 631.453

РАДИОТОКСИЧНОСТЬ ПОЧВ ИЗ БЛИЖНЕЙ ЗОНЫ ЧЕРНОБЫЛЬСКОЙ АТОМНОЙ ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ В УСЛОВИЯХ ВНЕШНЕГО КОНТАКТНОГО ОБЛУЧЕНИЯ КОРНЕВОЙ МЕРИСТЕМЫ ФИТОТЕСТЕРА *ALLIUM CEPA*

Д.А. Солодунова

Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова

Работа посвящена изучению эффектов хронического излучения на процесс деления клеток корневой меристемы лука репчатого *Allium cepa*. Радиотоксичность образцов почв из ближней зоны ЧАЭС оценивалась с помощью метода твердофазного тестирования. Рассчитаны величины MI и фазные индексы, оценена теснота связи показателей «MI-расстояние», «MI-интенсивность γ-излучения», «MI-интенсивность β-излучения». Митотическая активность клеток меристемы была наиболее угнетена не в непосредственной близости от источника выброса, а на некотором удалении от него.

Ключевые слова: цитотоксичность, эффекты малых доз, твердофазное биотестирование, *Allium* test.

ВВЕДЕНИЕ

Эффекты воздействия хронического облучения на человека и представителей биоты [1, 5] находятся сейчас в центре внимания радиоэкологов. Понимание механизмов действия радиации в малых дозах может помочь приблизиться к пониманию общих проблем, связанных с загрязнением окружающей среды химическими и другими факторами [3]. Удобной базой для изучения хронического излучения являются территории бывших радиационных аварий,

© Д.А. Солодунова, 2024

полигонов испытаний ядерного оружия, места захоронения радиоактивных отходов и т.д. В этих местах радиоэкологами до сих пор фиксируются эффекты радиации [6], которые часто называются эффектами малых доз, например, повышенная частота хромосомных аберраций в клетках биоты [4], проявление нестабильности генома, радиационный гормезис, явление радиоадаптации популяции. Ряд исследователей связывают механизм реализации данных явлений с нарушениями в генетическом аппарате клеток или с механизмами репарации данных нарушений. Наиболее простым и доступным методом изучения этих нарушений является биотестирование в стандартных лабораторных условиях с использованием цитогенетических показателей при простом анафазном варианте цитогенетического анализа. Однако проблемой биотестирования радионуклидного загрязнения почв в отдаленный период аварии является процесс необратимого закрепления радионуклидов кристаллическими решётками минеральной части почв, что полностью исключает тестирование вытяжек из почв, следовательно, тестирование можно проводить только непосредственно на твердой фазе почв. Данный метод твердофазного тестирования был разработан на кафедре Радиоэкологии и экотоксикологии факультета Почвоведения МГУ им. М.В. Ломоносова [9].

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ

Объектом исследования стали клетки корневой меристемы лука репчатого *A. cepa*.

В ходе работы были применены метод твердофазного биотестирования, Allium test с предварительным проращиванием фитотестера [9], радиометрия образцов дерново-слабоподзолистой слабодифференцированной песчаной почвы, отобранных в ближней зоне ЧАЭС в 1998 году, статистический анализ данных цитогенетического исследования при оценке генотоксичности почв и метод ранговой корреляции Спирмена.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Радиометрия образцов почв

Результаты радиометрии образцов почв ближней зоны ЧАЭС приведены на рис. 1 и рис. 2. Сокращение «НШ» – населенный пункт Новошепеличи.

Также была проведена радиометрия образцов, которые использовались в качестве контрольных при оценке радиотоксичности почв методами цитогенетики: водопроводной воды, стандартной дерново-подзолистой почвы, промытого песка и коммерческого субстрата «перлит» (табл. 1).

Анализ условных соотношений между бета- и гамма-компонентами показал, что ионизирующее излучение от почвенных образцов ближней зоны характеризуется варьирующим спектром и больший удельный вес в потоке имеет бета-составляющая, что характерно для смеси продуктов ядерного деления. Соотношение β:γ в исследуемых образцах ближней зоны характеризуется диапазонами значений от 85:1 до 38:1, для контрольных образцов – от 0.16:1 до 1.71:1.

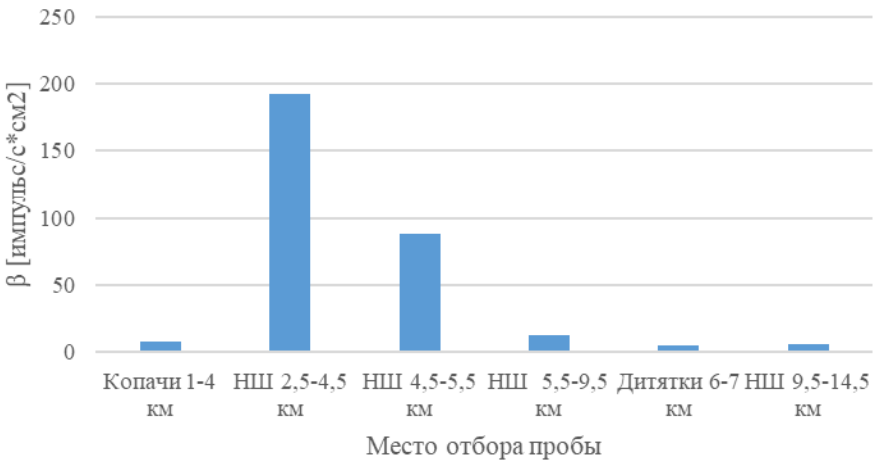


Рисунок 1. Изменение активности бета-излучения в образцах при удалении от эпицентра

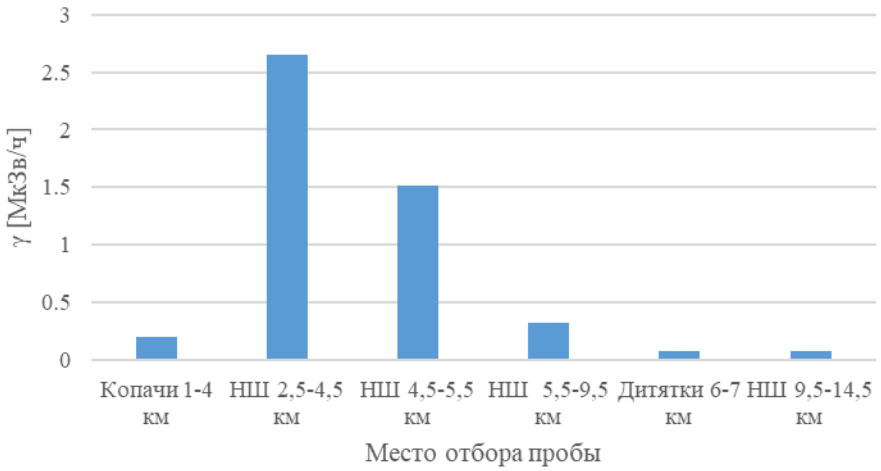


Рисунок 2. Изменение дозы гамма-излучения в образцах при удалении от эпицентра.

Таблица 1. Радиометрия контрольных образцов.

Контрольные образцы	β [импульс/с·см^2]	γ [МкЗв/ч]
Вода	0.08±0.015	0.475±0.046
Почва	0.06±0.012	0.250±0.042
Песок	0.06±0.010	0.035±0.043
Перлит	0.08±0.015	0.074±0.040

Твердофазное фитотестирование, *Allium* test

После проведение твердофазного фитотестирования, приготовления препаратов и микроскопирования в проходящем свете были получены данные о количестве клеток, вступивших в каждую фазу митоза, рассчитан митотический индекс и его доверительный интервал, а также соответствующие фазные индексы [7, 8]. Результаты представлены в табл. 2.

Таблица 2. Цитогенетические показатели почв ближней зоны ЧАЭС и контрольного образца.

Образец	Расстояние от ЭЦ	N	П+А+М+Т	MI, %	ПИ, %	АИ, %	МИ, %	ТИ, %
Контроль	–	1159	72+52+32+33	16.3	38.1	27.5	16.9	17.5
Новошепеличи	2.5–4.5	971	27+25+16+11	8.1	34.2	31.6	20.3	13.9
Новошепеличи	4.5–5.5	632	34+24+6+11	11.9	45.3	32.0	8.0	14.7
Новошепеличи	5.5–9.5	587	19+9+3+6	6.3	51.4	24.3	8.1	16.2
Новошепеличи	9.5–14.5	907	31+22+15+38	11.7	29.2	20.8	14.2	35.8
Копачи	1–4	1700	48+50+14+26	8.1	34.8	36.2	10.1	18.8
Дитятки	6–7	1510	65+52+20+25	10.7	40.1	32.1	12.3	15.4

На основании статистики Т-критерий Стьюдента была установлена достоверность различий между полученными значениями митотического индекса и значением митотического индекса контрольного образца с уровнем значимости $\alpha = 0.05$. Далее была проведена проверка гипотезы о попарных различиях митотических индексов между собой и анализ изменения величины митотического индекса с расстоянием, результаты которых представлены на рис. 3.

Таким образом MI образцов почв, отобранных в 4.0, 4.5 и 9.5 км от источника не имеют статистических различий между собой, но значимо отличаются от MI образцов почв, отобранных в 5.5, 7.0 и 14.5 км от эпицентра аварии. MI контроля достоверно отличен от остальных. Митотический индекс по мере удаления от эпицентра аварии имеет выраженный тренд на увеличение. Значение митотического индекса, соответствующее 9.5 км, является минимальным. В целом справедливо утверждение о том, что по мере удаления от эпицентра

аварии MI достоверно возрастает, а значит, с расстоянием увеличивается число клеток, вступивших в митоз.

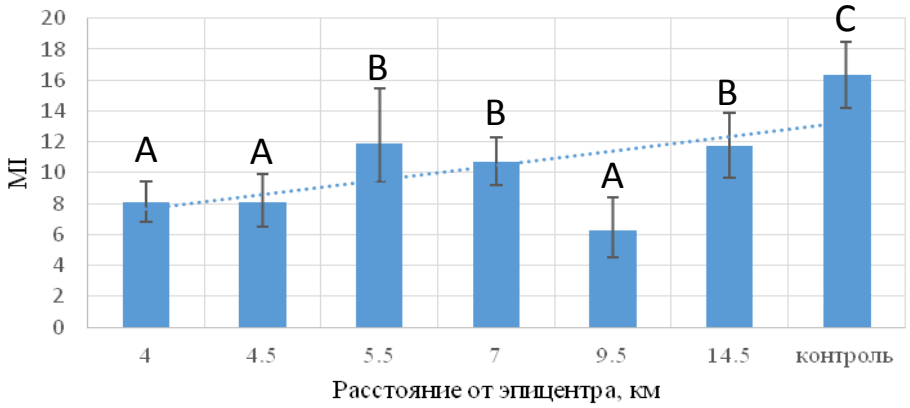


Рисунок 3. Величины митотических индексов почв из ближней зоны ЧАЭС и контрольного образца. Варианты, в обозначении которых не присутствует одна и та же буква, значимо различаются. Планка погрешности – стандартное отклонение.

Далее был проведён анализ изменения цитогенетических показателей с увеличением интенсивности γ-излучения и β-излучения. Тренд на увеличение MI с расстоянием и уменьшением дозы гамма-излучения оказался более выраженным тренда на увеличение MI с уменьшением дозы бета-излучения. Можно предположить, что это связано с особенностями энергетического спектра последнего. Измеренные нами значения соответствуют количеству распадов в секунду на единицу площади, а энергия электрона от каждого распада оказывается разделена между электроном и антинейтрино. В итоге мы не знаем точно, какая часть энергии пришлась на бета-частицу.

Для понимания причин митотоксичности в облученных клетках была проанализирована сопряженность цитогенетических показателей. Был проведён анализ изменения фазных индексов с расстоянием, увеличением дозы β- и γ-излучения. Выявлено, что задержка деления в профазу митоза (максимальное значение профазного индекса) выявлена во всех трёх случаях на расстоянии 9.5 км от источника выброса и соответствует минимальному значению митотического индекса. В целом, при объединении в единый анализируемый массив цитогенетических данных выявлено, что закономерности изменения фазных индексов не соответствуют трендам изменения как митотического индекса, так и характеристикам ионизирующих излучений.

Для оценки статистической значимости обнаруженных видимых зависимостей был проведен расчет ранговой статистики Спирмена (табл. 3).

Таблица 3. Значения коэффициентов корреляции Спирмена между тестовыми цитогенетическими характеристиками митоза в клетках корневой меристема *A. cepa* и показателями радиометрии почвенных образцов из ближней зоны (**выделены** значимые на уровне p <0.05 ранговые корреляции, отмечены ***** – значимые на уровне p <0.10 ранговые корреляции, N – объем корреляционного ряда).

Показатели	γ [МкЗв/ч]	B [импульс/с·см^2]	MI,%	ПИ,%	МИ,%	АИ,%	ТИ,%
N = 6							
Расстояние, км	–0.54	–0.43	0.17	0.03	–0.77	0.03	0.43
N = 7							
β [импульс/с·см^2]	**0.96**						
MI,%	–0.52	–0.49					
ПИ,%	0.21	0.07	–0.13				
МИ,%	0.25	0.07	–0.09	0.14			
АИ,%	–0.25	–0.21	0.14	–0.71*	–0.25		
ТИ,%	–0.75*****	–0.61	0.13	–0.36	–0.29	0.0	

Как видно из представленных данных, значимые прямые взаимосвязи отмечены между гамма- и бета компонентами потока ионизирующих излучений от почв. И с меньшим уровнем значимости выявлены обратные взаимосвязи между величиной гамма-составляющей и величиной телофазного индекса, а также парой профазный- анафазный индексы.

В результате, объединение в единый корреляционный ряд экспериментальных данных для образцов почв, отобранных на различных участках ближней зоны, не позволило статистически доказать значимость визуально выявляемых трендов сопряженного изменения митотического индекса и характеристик излучений. Анализ сопряженных цитогенетических показателей, связывающих изменение митотического индекса с изменением продолжительности фаз митоза для понимания причин митотоксичности, не позволил отметить единого тренда. Значимая взаимосвязь не выявлена, что может свидетельствовать о различных причинах на разном расстоянии от эпицентра аварии эффекта митотоксичности (снижения митотического индекса) в индивидуальных образцах почв.

Поэтому был проведен анализ соотношения фазных индексов в индивидуальных образцах и их сравнение с контрольными значениями. Сравнение соотношения продолжительности фаз митоза в индивидуальных тестовых образцах выявляют наибольшее отличие от контроля для образцов направления отбора Новошепеличи: 1) с расстояния 9.5 км – с увеличением доли профазных клеток и 2) образца с расстояния 14.5 км – с увеличением доли телофазных клеток.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, статистический анализ взаимосвязей между характеристиками ионизирующих излучений от почв и цитогенетическими показателями митоза в облученных клетках не выявил статистически значимых зависимостей при объединении в единый корреляционный ряд всех исследованных образцов. Радиометрия образцов почв, отобранных в ближней зоне ЧАЭС в 1998 не выявила четкой зависимости между расстоянием и интенсивностью излучения, что подтверждает литературные данные о мозаичности выпадений. Митотическая активность клеток меристемы *A. cepa* оказалась наиболее угнетённой в биотесте с образцом почвы, отобранном по направлению Новошепеличи не в непосредственной близости от эпицентра аварии, а на расстоянии 9.5 км. Минимальному значению митотического индекса соответствует задержка деления в профазу (максимальное значение профазного индекса), что может быть связано с радиотоксическим эффектом изменения поверхности и слипанием хромосом на начальных стадиях митоза [2].

ЛИТЕРАТУРА

1. *Amiro B.D.* Radiological dose conversion factors for generic non-human biota used for screening potential ecological impacts // J. environmental radioactivity. 1997. Vol.35.N.1. P.37–51 (DOI: 10.1016/S0265-931X(96)00028-8).
2. *Sax K.* The behavior of X-ray induced chromosomal aberrations in allium root tip cells // Genetics 26: 418 (1941) P. 418–419 (DOI: 10.1093/genetics/26.4.418).
3. *Salbu B.* Challenges in radioecology // J. environmental radioactivity 100 (2009) P. 1086–1091 (DOI: 10.1016/j.jenvrad.2009.04.005).
4. *Ulsh B., Hinton T.G., Congdon J.D., Dugan L.C., Whicker F.W., Bedford J.S.* Envi-ronmental dosimetry: a biologically relevant tool for ecological risk assessment and bio-monitoring // J. environmental radioactivity 66 (2003) P. 121–139 (DOI: 10.1016/S0265-931X(02)00119-4).
5. *Zaitsev A.S., Gongalsky K.B., Nakamori Taizo, Kaneko Nobuhiro*. Ionizing radiationg effects on soil biota: Application of lessons learned from Chernobyl accident for radio-ecological monitoring // Pedobiologia 57 (2014) P. 5–14 (DOI: 10.1016/j.pedobi.2013.09.005).
6. *Алесахин Р.М.* Крупные радиационные аварии: последствия и защитные меры / Алесахин Р.М., Булдаков Л.А., Губанов В.А. и др. Под общей ред. Ильина Л.А. и Губанова В.А.- М.:ИздАТ, 2001. – 752 с.

7. *Алов И.А.* Цитофизиология и патология митоза: Учебное пособие / Алов И.А.-М.: Медицина, 1972. – 264 с.
8. *Паушева З.П.* Практикум по цитологии растений: Учебное пособие / Паушева З.П.-М.: Агропромиздат, 1988. – 271 с.
9. *Столбова В.В., Агапкина Г.И., Котельникова А.Д., Догадова А.В., Абалымова А.А.* Кратковременный метод оценки генотоксичности почвы как твердофазного тела на базе Allium-теста // Вестник Московского университета. Серия 17. Почво-ведение. 2018. № 5, с. 24–30 (A Short-Term Method for Assessing the Genotoxicity of Soil As a Solid-phase Body Based on the Allium Test. DOI: 10.3103/S0147687418050071).

RADIOTOXICITY OF SOILS SAMPLES FROM THE NEAREST ZONE OF CHERNOBYL NUCLEAR POWER PLANT UNDER THE EXTERNAL CONTACT IRRADIATION OF *ALLIUM CEPA* ROOT MERISTEM

D.A. Solodunova

Lomonosov Moscow State University

The article is devoted to the study of the effects of chronic radiation on the genetic apparatus of meristem cells of onion root Allium cepa. Radiotoxicity of soil samples taken from the near zone of the Chernobyl nuclear power plant in 1998 was evaluated using the Allium test. In the course of the work, mitotic and phase indices were calculated, trends in associated series «MI-distance», «MI-intensity of γ-radiation», «MI-intensity of β-radiation» were revealed, and also Spearman's coefficient values were calculated. As a result, the mitotic activity of meristem cells was most depressed not in the immediate vicinity of the emission source, but at some distance from it.

Key words: cytotoxicity, low-dose effects, solid-phase biotesting, *Allium* test.

УДК 631.40

АГРОХИМИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ВЕРМИКОМПОСТОВ, ПОЛУЧЕННЫХ ИЗ ИЛОВ СТОЧНЫХ ВОД

Г.Д. Холостов, Е.В. Сазанова

Санкт-Петербургский государственный университет

С увеличением объемов образования активного ила в результате водоочистных мероприятий происходит и увеличение затрат на утилизацию этих отходов. Поэтому возникает необходимость в разработке новых более экономически перспективных способов переработки илов сточных вод

Ключевые слова: вермикомпостирование, илы сточных вод, хемодеструкционное фракционирование

ВВЕДЕНИЕ

Одной из важных задач устойчивого развития является создание эффективной системы переработки органических отходов (Armijo et al., 2007). Большинство ныне существующих методов представляют из себя дорогостоящие химические и физические процессы, требующие покупки дорогих реактивов и оборудования, а также постоянного участия человека. В данном случае вермикомпостирование органических отходов (переработка органических отходов с помощью кольчатых малощетинковых червей) потенциально может представлять хорошую альтернативу. Во-первых, кольчатые малощетинковые черви в совокупности с микроскопическими беспозвоночными (в частности, круглыми червями и панцирными клещами) и сапротрофными микроорганизмами способны перерабатывать большой спектр органических материалов естественного происхождения, такие как: продукты жизнедеятельно-

Работа выполнена при поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, соглашение № 075-15-2022-322 от 22.04.2022 на государственную поддержку создания и развития научного центра мирового уровня «Агротехнологии будущего».
© Г.Д. Холостов; Е.В. Сазанова, 2024

сти сельскохозяйственных животных, отходы пивоваренной и винодельческой промышленности, а также илы сточных вод (Gupta, Garg, 2008). Во-вторых, в результате вермикомпостирования на выходе мы получаем ценное органическое удобрение – вермикомпост.

Кроме того, для восстановления почвенного плодородия земель сельскохозяйственного назначения необходимо восполнить утраченные трофические звенья в агроэкосистемах. Один из путей решения данного вопроса – искусственное воспроизведение отдельных звеньев системы почва-растение, в частности – гумифицированного органического материала с мюллевым типом гумуса. Таким подходом является вермикультивирование, которое позволяет решить две важные (собственно экологические) проблемы, первая из которых связана с утилизацией органических отходов хозяйственной деятельности человека (например осадков сточных вод), а вторая – с получение вермикомпостов. Последние являются хорошими органическими мелиорантами с выраженными удобрительными свойствами.

Цель публикации – охарактеризовать агрохимические свойства и качественный органический состав субстратов на основе илов осадков сточных вод и вермикомпостов, полученных из этих субстратов.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ

В качестве объектов исследования были выбраны:

1. Субстрат А, состоящий из смеси ила сточных вод и торфа в отношении 1:1.
2. Вермикомпост А-I получен из субстрата А с помощью вермикультуры *Dendrobena veneta*, вермикомпостирование длилось 2 месяца в НЦМУ «Агротехнологии будущего».
3. Вермикомпост А-II получен из субстрата А с помощью вермикультуры из *Eisenia foetida*, вермикомпостирование длилось 2 месяца в НЦМУ «Агротехнологии будущего».
4. Субстрат Б – ил осадков сточных вод с водоочистной станции компании «Аквафор».
5. Вермикомпост Б-I получен из субстрата Б с помощью вермикультуры *Eisenia foetida*, вермикомпостирование длилось 1 месяц в НЦМУ «Агротехнологии будущего».
6. Вермикомпост Б-II получен из субстрата Б с помощью вермикультуры *Eisenia foetida*, вермикомпостирование длилось 1 месяц в компании «Аквафор».

Все анализы проводились общепринятыми методами (Растворова и др., 1995). Аналитическая повторность была 3-кратной. Все полученные данные подвергались математической обработке методом вариационной статистики (Боровиков, Боровиков, 1997). Оценку существенности различий между выборочными средними (между средними вариантами) проводили с помощью дисперсионного анализа при сравнении фактического критерия Фишера (Fфакт;) с теоретическим критерием с (НСР05). Перед проведением дисперсионного анализа использовалось преобразование Фишера. (de Smith, 2018)

Для определения содержания различных по устойчивости к действию окислителя компонентов органического вещества объектов исследования нами был использован метод хемодеструкционного фракционирования (ХДФ) (Попов, Цыпленков, 1994), который основан на измерении разных фракций органического вещества, различающихся по устойчивости к действию окислителя. С этой целью готовились 4-е раствора с одинаковой концентрацией окислителя ($K_2Cr_2O_7$), но с линейно возрастающей окисляющей способностью, которая задавалась разным количеством серной кислоты: 1 %, 30, 60 и 94 % (Попов, Русаков, 2016). Чем выше окисляющая способность раствора-окислителя, тем выше химическая деструкция органического материала. Далее в соответствие с ГОСТ 26213-91, все колбы с исследуемым материалом и окислительной смесью помещались в термостат, нагретый до 100 °С, и выдерживались при указанной температуре один час. Количество окисленного органического материала определялось колориметрически (по зеленой окраске ионов Cr^{3+}). На основании определения оптической плотности рассчитывались: восстанавливающая способность органического материала, содержание легко-, средне- и трудноокисляемых фракций, а также информационная энтропия Шеннона и вурф. Восстанавливающая способность органического материала – количество кислорода (O_2), пошедшего на окисление некоторых функциональ-

ных групп восстановленном состоянии (типа гидрохинонных соединений), а также, галогенов и других химических элементов, входящих в состав соединений и находящихся в восстановленном состоянии (например, двух валентная сера, ионы некоторых металлов с переменной валентностью). Информационная энтропия (H) – мера неопределённости системы. Чем больше величина H, тем выше неопределенность. Вурф (W) обусловливает гармоничное пропорционирование структур объекта.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЯ

Агрохимические свойства объектов исследования приведены в таблицах 1 и 2.

Так, величины водородного показателя водной суспензии (pH_{H2O}) во всех объектах были практически одинаковыми. Величина емкости катионного обмена (ЕКО) вермикомпостов, полученных на основе субстрата А, возросла по сравнению с самим субстратом. Значимых ($P \leq 0.05$) различий между значениями ЕКО субстрата А и таковыми вермикомпоста А-I (полученного с участием вермикультуры *Dendrobena veneta*) обнаружено не было. Величина ЕКО вермикомпоста А-II (с участием *Eisenia foetida*) была значимо ($P \leq 0.05$) выше, чем таковая вермикомпоста А-I. При этом значения ЕКО в случае субстрата Б и полученных из него вермикомпостов (Б-I и Б-II) между собой существенно ($P \leq 0.05$) не различались. Величины гидролитической кислотности ($H_г$) субстрата А и вермикомпостов А-I и А-II были одинаковыми, также значимых ($P \leq 0.05$) различий между значениями $H_г$ субстрата Б и вермикомпостов Б-I и Б-II не было выявлено. Достоверное различие между величинами $H_г$ субстрата А и вермикомпостов А-I и А-II с таковыми субстрата Б и вермикомпостов Б-I и Б-II может объясняться наличием торфа. Для обоих субстратов выявлено, что вермикомпостирование способствует увеличению содержания подвижных соединений серы.

Таблица 1. Величины водородного показателя водной суспензии (pH_{H2O}), значения емкости катионного обмена (ЕКО), гидролитической кислотности ($H_г$), содержание подвижных соединений серы, доступных растениям соединений фосфора (P_2O_5) и калия (K_2O) в объектах исследования.

Объект	pH_{H2O}	ЕКО	$H_г$,	Содержание подвижной серы, мг/кг объекта	Доступные растениям соединения	
		смоль(+)/кг объекта			P_2O_5	K_2O
					г/кг объекта	
Субстрат А	6.41	33.76	4.82	20.92	52.58	0.62
Вермикомпост А-I	5.30	40.30	4.82	51.72	105.27	1.81
Вермикомпост А-II	5.45	49.40	4.61	60.47	55.15	1.59
Субстрат Б	6.12	44.10	2.86	9.57	38.22	0.78
Вермикомпост Б-I	5.19	44.31	2.92	33.39	78.05	0.98
Вермикомпост Б-II	5.72	44.55	1.50	55.08	52.70	1.03
$F_{факт.}$	2.14	4.48	39.11	68.80	38.37	44.46
F_{05}	3.11	3.11	3.11	3.11	3.11	3.11
$НСР_{05}$	1.02	7.65	0.68	7.63	11.99	0.22

Таблица 2. Содержание форм азота в объектах исследования.

Объект	Формы азота			$\frac{N\text{-}NO_3^-}{N\text{-}NH_4^+}$
	$N\text{-}NO_3^-$	$N\text{-}NO_2^-$	$N\text{-}NH_4^+$	
	мг/кг объекта			
Субстрат А	0	0.84	11.29	–
Вермикомпост А-I	11.02	0.83	3.04	3.63
Вермикомпост А-II	10.75	1.11	3.55	3.03
Субстрат Б	0	0.89	6.65	–
Вермикомпост Б-I	3.61	0.82	9.75	0.54
Вермикомпост Б-II	2.24	0.81	13.62	0.16
$F_{факт.}$	180.54	4.97	69.63	82.20
F_{05}	3.11	3.11	3.11	4.07
$НСР_{05}$	1.16	0.16	1.58	0.63

Кроме того, содержание доступных растениям соединений фосфора было примерно в 60 раз больше, чем содержание доступных растениям соединений калия. Данный факт может объясняться тем, что соединения калия могли быть вымыты из осадков сточных вод при их обезвоживании. Так же был выявлен тренд – с повышением содержания доступных растениям соединений фосфора в объектах исследования, в них возрастало содержание доступных растениям соединений калия (табл. 1). Что, по всей видимости, связано с высвобождение питательных элементов из субстратов под действием кольчатых червей.

Как было установлено (табл. 2), нитрат-ионы отсутствовали в обоих субстратах (А и Б), а в вермикомпостах А-I и А-II содержание этих ионов было в три раза больше, чем в вермикомпостах Б-I и Б-II. Количество нитрит-ионов в вермикомпосте А-II было достоверно ($P \leq 0.05$) выше по сравнению с содержанием этих ионов в других объектах исследования, которые между собой не различались. В более зрелых вермикомпостах азот преимущественно находился в нитратной форме, в менее зрелых – в аммонийной.

Результаты хемодеструкционного фракционирования органической составляющей субстратов и вермикомпостов приведены в таблице 3.

Восстанавливающая способность органического материала обоих субстратов, была существенно ниже таковой вермикомпостов, полученными из них. Данный факт может объясняться возросшей при вермикультивировании микробологической активностью. В вермикомпостах А-I и А-II по сравнению с субстратом А было значимо больше легко- и трудноокисляемого органического материала и меньше среднеокисляемого (табл. 3). По всей видимости, это может быть связано с особенностями вермикультивирования субстрата, состоящего из смеси илов сточных вод и торфа. Значения вурфа и информационной энтропии, отражающие некую общность трехчленных соотношений, в вермикомпостах А-I и А-II были равновелики (табл. 1), что может свидетельствовать об одинаковости процессов трансформации органического материала. При сравнении результатов ХДФ органической составляющей субстрата Б и вермикомпостов, полученных на его основе (Б-I и Б-II), было получено, что содержание легко- и трудноокисляемых фракций между собой значимо ($P \leq 0.05$) не различалось, основные различия пришлись на среднеокисляемую фракцию. Последнее сказалось и на величинах вурфа и информационной энтропии (табл. 1). В этом случае разное содержание в исследуемых объектах среднеокисляемой фракции, очевидно являлось отражением динамического процесса преобразования органического вещества во время вермикомпостирования. Следует отметить, что между величинами H_0 и W выявлена обратная тесная существенная ($P \leq 0.05$) взаимосвязь ($R = -0.94$). По нашему мнению, для характеристики пропорциональности между тремя показателями можно использовать эти показатели.

Таблица 3. Восстанавливающая способность (O_2), содержание легко- (ЛОМ), средне- (СОМ) и трудноокисляемых (ТОМ) фракций органического материала объектов исследования, а также величины информационной энтропии и вурфа.

Объект	O_2	ЛОМ	СОМ	ТОМ	W	H_0
	% от навески объекта					
Субстрат А	3.55	4.37	2.58	1.92	1.37	0.95
Вермикомпост А-I	6.32	6.72	2.04	10.73	2.81	0.85
Вермикомпост А-II	4.88	6.51	1.37	4.38	2.69	0.86
Субстрат Б	1.40	1.52	1.35	1.97	1.46	0.99
Вермикомпост Б-I	2.35	2.30	0.29	2.48	4.91	0.79
Вермикомпост Б-II	3.44	1.44	2.22	2.00	1.23	0.99
$F_{факт.}$	58.23	45.21	30.96	71.17		
F_{05}	3.11	3.11	3.11	3.11		
$НСР_{05}$	0.71	1.11	0.45	1.27		

Полученных нами результаты еще раз убедительно подтверждают, что вермикомпостирование может быть предпочтительным методом биологической конверсии осадков сточных вод с целью получения вермикомпостов, которые можно использовать в качестве органических удобрений.

ЛИТЕРАТУРА
1. *Боровиков В.П., Боровиков И.П.* STATISTICA. Статистический анализ и обработ-ка данных в среде Windows. // М.: Информационно-издательский дом «Филин», 1997. 608 с.
2. *ГОСТ 26213-91. Почвы.* Методы определения органического вещества. 1991
3. *Попов А.И., Русаков А.В.* Хемодеструкционное фракционирование органического вещества почв // Почвоведение. 2016. № 6. С. 663–670.
4. *Попов А.И., Цыплёнков В.П.* Способ определения форм гумуса / Патент РФ № 4921349 (004478) приоритет от 11.01.91, действует с 1994 г.
5. *Растворова О.Г., Андреев Д.П., Гагарина Э.И., Фёдорова Н.Н.* Химический анализ почв // СПб.: Изд-во С.-Петерб. ун-та, 1995.
6. *Armijo V., Ojeda B.S., Ramírez B. M.E.* 2007. Caracterización de residuos sólidos el potencial de reciclaje para una institución de educación superior. // Encuentro Nacional de Expertos en Residuos Sólidos. Universidad Autónoma de Baja California, México. ISBN 970-735-075-X: pp. 66–77.
7. *De Smith M.J.* 2018. Statistical Analysis Handbook. A Comprehensive Handbook of Sta-tistical Concepts, Techniques and Software Tools. // The Winchelsea Press, Drumlin Secu-rity Ltd., Edinburgh.
8. *Gupta, R., Garg.V.K.* 2008. Stabilization of primary sewage sludge during vermicompost-ing. // Journal Hazard Material. 153: 1023–1030.

УДК 631.427

ЭКОЛОГО-БИОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ ПОЧВ ВАСИЛЕОСТРОВСКОГО РАЙОНА САНКТ-ПЕТЕРБУРГА

Сюй Шаохуэй

Санкт-Петербургский государственный университет

Исследовано эколого-биологическое состояние почв Василеостровского района г. Санкт-Петербурга. В ряде пунктов выявлено снижение значений тест-функций. Это свидетельствует о нарушении функционирования почвенного микробиоценоза, значительной деградации почв и снижении их продуктивности.

Ключевые слова: урбанизация, биотестирование, деградация почвы, фитотестирование, дыхание семян, дыхание почвы.

ВВЕДЕНИЕ

Урбанизация – это глобальный процесс повышения роли городов в развитии общества. В последнее время это высоко актуальное явление приобретает глобальный характер. По прогнозу экспертов ООН, к 2050 г. в городах будет проживать около 70% населения нашей планеты.

Урбанизация сопровождается изменением социального и экологического ландшафта, увеличением роли городского населения и интенсивным землепользованием [1]. В мегаполисах, в том числе и в Санкт-Петербурге, наблюдаются повышение потенциального экологического риска загрязнения городской среды промышленными и бытовыми отходами, сокращение площади озелененных территорий общего пользования и деградация почв. В настоящее время биотестирование (БТ) является одним из основных методов оценки экологического состояния и качества окружающей среды и широко применяется в современной прикладной экологии для определения степени нагрузки загрязняющих веществ на окружающую среду [2, 3].

Целью настоящего исследования является оценка эколого-биологического состояния почв на территории Василеостровского района Санкт-Петербурга с использованием методов биотестирования.

© Сюй Шаохуэй, 2024

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Почвы на территории Василеостровского района г. Санкт-Петербурга представлены в основном насыпными антропогенными вариантами, частично сохранившими черты зональных дерново-подзолистых почв с нарушением профиля и включением строительного материала [3]. Всего на территории Василеостровского района в начале вегетационного периода проведено обследование 20 площадок, относящихся к трем различным урбоэкосистемам – магистральной, рекреационной и селитебной (рис. 1). Почвенные образцы были отобраны с газонов вдоль Большого проспекта В.О. (№ 2–9, 19, 20), прилегающих к нему улиц (№ 16, 17, 18) и в парке Василеостровец, который расположен между 25-й линией В.О. и Клубным переулком (№ 10–14). Кроме того, были отобраны образцы с двух площадок в закрытых дворах – во дворе кафедры агрохимии СПбГУ на 16 линии В.О. (№ 1) и во дворе между 19 и 20 линиями В.О., расположенном за школой № 17 (№ 15). Отбор почвенных образцов проводили агрохимическим буром на глубину 20 см. Объединенная проба почвы составлялась из 10–15 точечных проб.

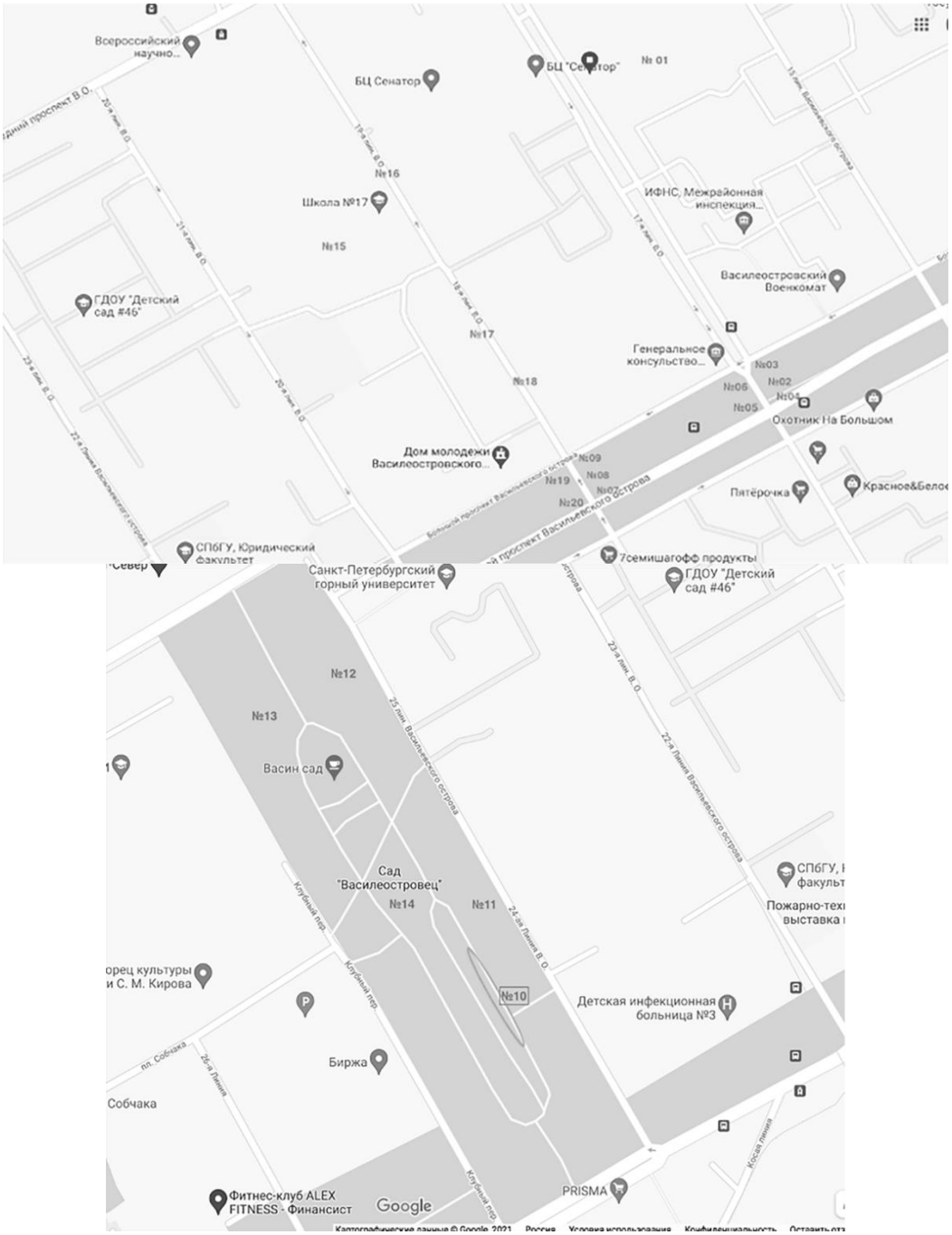


Рисунок 1. Места отбора образцов.

Экологическое состояние городских почв оценивалось с использованием трех различных биотестов [2, 4–6]: 1) фитотестирование (ФТ) водной вытяжки из почвенных образцов по всхожести семян, длине корней и побегов; 2) тестирование водной вытяжки по интенсивности дыхания семян; 3) биологическая активность почвы (субстрат-индуцированное дыхание и средорегулирующая активность).

В качестве тест-объекта при ФТ использовали семена овса обыкновенного (*Avena sativa*). Соотношение почва: вода было 1:10, в качестве контроля использовалась дистиллированная вода. Проращивание семян осуществляли в течение 4-х суток при комнатной температуре (22±2 °С). Аналитическая повторность 3-хкратная.

Тест-объектом для определения интенсивности дыхания семян была горчица белая (*Sinapis alba*). Тестировалась водная вытяжка из почвы соотношение 1:10, в качестве контроля использовалась дистиллированная вода. Инкубировали семена 1 сутки при комнатной температуре (22±2 °С). Повторность опыта 3-кратная.

Для определения дыхания почвы был использован метод Головко – по продуцированию углекислоты почвой в лабораторных условиях. Определяли субстрат-индуцированное дыхание (с добавлением в почву глюкозы в качестве энергетического субстрата) и средорегулирующую активность почвы. Показателем средорегулирующей активности являлся максимальный уровень продуцирования CO_2 почвой. Измерение дыхания почвы проводили в течение 24 и 96 ч. при комнатной температуре (22±2 °С). Аналитическая повторность 3-х кратная.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБУСУЖДЕНИЕ

Проведенное ФТ показало, что всхожесть семян *A. sativa* на 4 сутки варьировала от 73 до 100% (табл. 1). По сравнению с контролем, было отмечено снижение всхожести, наиболее значительно (меньше 80%) выраженное в следующих точках: № 3, № 4, № 5, № 16, относящихся к магистральной урбоэкосистеме. По сравнению с контролем в 10 точках (50% проб) наблюдалось уменьшение длины корня и в 11 точках (55% проб) уменьшение длины побегов. Наибольший ингибирующий эффект проявился в пробах с газонов вдоль Большого проспекта. Это, вероятно, свидетельствует о том, что присутствие водорастворимых форм поллютантов в исследованных пробах, отобранных вдоль интенсивной транспортной магистрали, оказывает существенное влияние на развитие вегетативных органов данного тест-объекта.

Таблица 1. Фитотестирование исследуемых городских почв (тест-культура *A. sativa*).

№ точки	Длина корня, % к контролю	Длина побега, % к контролю	Всхожесть, % к контролю
Контроль	100	100	100
1	101	98	94
2	87	78	87
3	97	123	83
4	79	81	74
5	101	104	80
6	114	115	98
7	75	82	87
8	104	98	100
9	114	123	98
10	87	76	94
11	103	105	89
12	107	101	91
13	109	116	91
14	118	111	105
15	97	93	87
16	98	90	80
17	98	98	107
18	99	102	94
19	100	89	103
20	76	82	91

Определение интенсивности дыхания семян показало, что в разных пробах семена *S. alba* дышат с различной интенсивностью (рис. 2). Среднее значение эмиссии CO_2 из семян варьирует от 109 до 190 мг/100 г семян, причем более интенсивное продуцирование CO_2 наблюдалось в пробах № 5, 13 и 14. Следует отметить, что это пробы, отобранные с участков, подверженным антропогенному влиянию различного характера и интенсивности.

Определение субстрат-индуцированного дыхания почв (1-ые сутки наблюдений) показало, что в изученных пробах эмиссия CO_2 из опытных образцов почвы варьировала от 0 до 53.7 мг/г почвы/сут. В точке № 2 с газона непосредственно прилегающего к проезжей части на Большом проспекте продуцирования CO_2 не было выявлено. Вероятно, это связано с сильной деградацией почвы (загрязнением и недостатком лабильных гумусовых веществ). Более интенсивное дыхание наблюдалось в пробах закрытых дворов (селитебная урбоэкосистема) и парка (рекреационная урбоэкосистема).

Важная роль в функционировании городских почв, безусловно, принадлежит почвенным микробиотам. Этим объясняется внимание к изучению микробоценоза городских почв, испытывающим разную антропогенную нагрузку. В качестве одного из показателей для оценки состояния почвенных микроорганизмов широко используется средорегулирующая активность, характеризующаяся интенсивностью и их скоростью ответной реакции на добавление глюкозы [5].

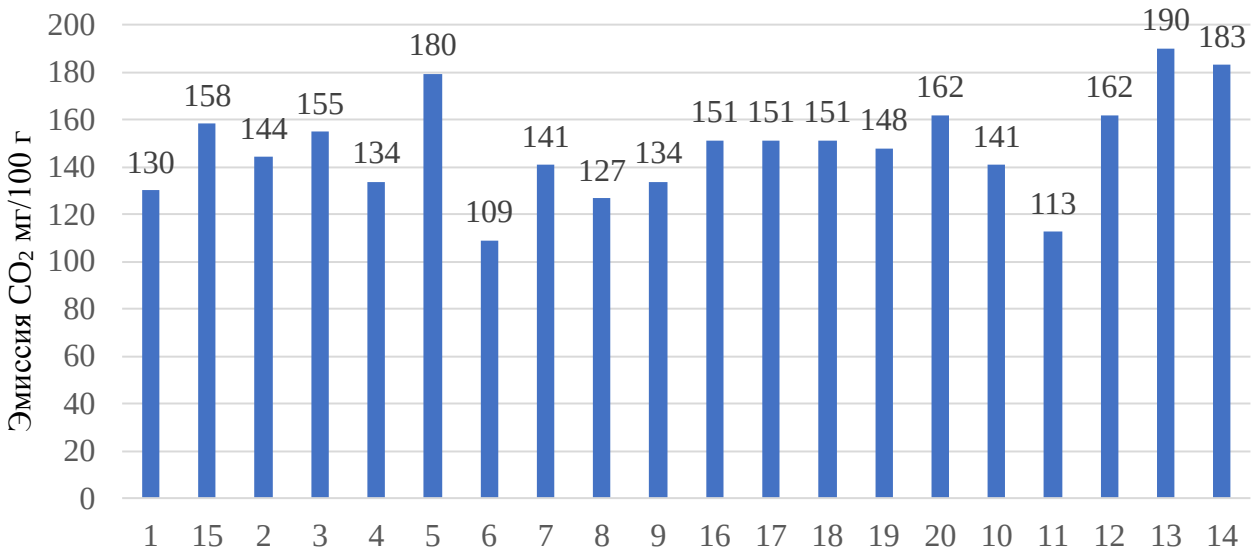


Рисунок 2. Влияние водных вытяжек исследуемых образцов почвы на продуцирование CO_2 семян *S. Alba*.

Чтобы определить средорегулирующую активность почв, наблюдения за дыханием почвы проводили в течение 4 суток. Максимальный уровень дыхания в исследуемых пробах значительно варьировал от 37 до 396 мг/г почвы/сут. (рис. 3). Причем, снижение регуляторной активности микрофлоры наблюдалось в точках № 3, 6, 8, 9, 17–20, относящихся к магистральной экосистеме, и в двух точках 12, 13, относящихся к рекреационной экосистеме. Это свидетельствует о значительном угнетении почвенных микробоценозов этих почв, что, вероятно, связано с хроническим поступлением в них загрязняющих веществ. Очень интересно, что в образцах № 12 и 13, отобранных в парке Василеостровец, также было отмечено снижение регуляторной активности микрофлоры. Это, возможно, связано с нарушением водно-воздушного режима почв в результате высокой рекреационной нагрузки, которую испытывают данные почва, а также с попаданием в них в зимний период антигололедных средств с прилегающих дорожек.

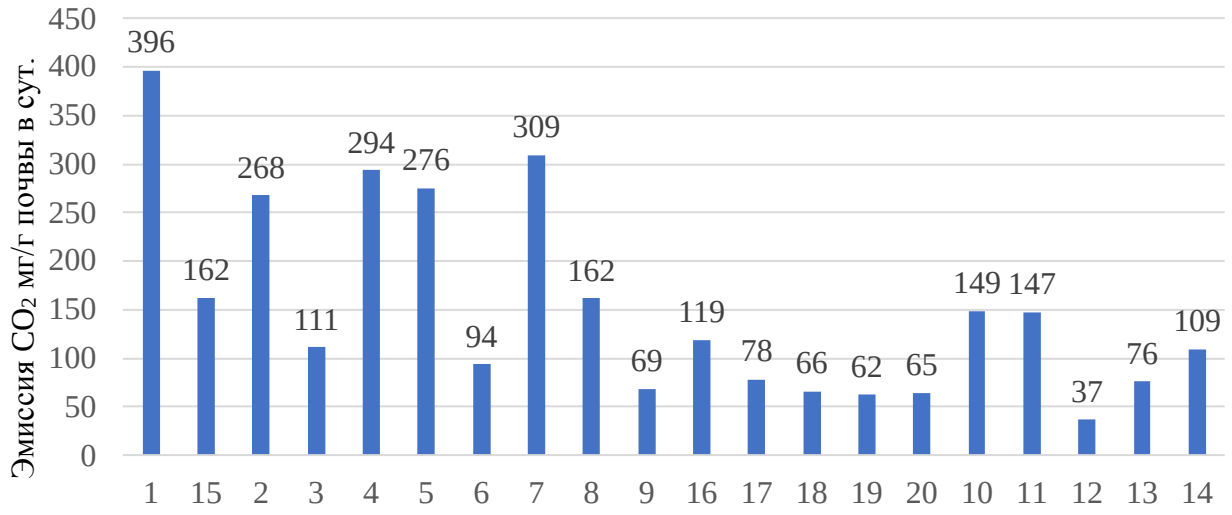


Рисунок 3. Максимальный уровень продуцирования CO_2 опытных образцов почвы.

Максимальный уровень средорегулирующей активности почв во всех образцах почв (за исключением № 15) был зафиксирован на вторые сутки. В почве точки № 15 максимальная биологической активности наблюдалась на третьи сутки. Некоторое замедление ответной реакция на внесение глюкозы свидетельствует о их неблагоприятном эколого-биологическом состоянии. Возможно, это связано с сильным переуплотнением и плохим водно-воздушным режимом почвы и крайне слабым развитием растительности.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенное БТ позволило оценить качество почв Василеостровского района СПб. Состояние части почв можно оценить как благополучное, однако в ряде точек выявлено снижение значений тест-функций, что свидетельствует о нарушении функционирования почвенного микробиоценоза, значительной деградации почв и снижении их продуктивности. Вероятно, следует рекомендовать проведение мероприятий по реабилитации или полной замене верхних слоев данных почв.

Для более точного определения причин ухудшения эколого-биологического состояния обследуемых почв, требуется проведение дополнительных исследований, таких как определение содержания тяжелых металлов и нефтепродуктов.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Демография*: учеб. пособие / А.И. Щербаков, М.Г. Мдинарадзе, А.Д. Назаров, Е.А. Назарова; под общ. ред. д-ра экон. наук, профессора А.И. Щербакова. – М.: ИНФРА-М, 2017. – 216 с.
2. *Орлова Е.Е., Банкина Т.А, Орлова Н.Е, Лабутова Н.М, Банкин М.П, Якконен Л.К.* Практикум по агроэкологии: Учеб. пособие. СПб.: Изд-во С.-петерб. Ун-та, 2011. – 148 с.
3. *Мощеникова Б.Н.* Оценка экологического состояния зеленых насаждений Санкт-Петербурга // дисс. кандидат. биол. наук /Н.Б. Мощеникова – 2011. – 20 с.
4. *Головко Э.А.* О методах изучения биологической активности торфяных почв // Микробиологические и биохимические исследования почв: Мат. науч. конф. по ме-тодам микробиол, и биохим. исследований почв. Киев, 28–31 октября 1971. Киев: Урожай, 1971. С. 68–76.
5. *Чугунова М.В.* Оценка биологического состояния дерново-подзолистой поч-вы, загрязненной различными дозами нефти / Сб. науч. тр. «Гумус и почвообразование». СПб, 2005. С. 191–196.
6. *Федотов Г.Н., Шоба С.А., Федотова М.Ф., Демин В.В.* О возможной приро-де биологической активности гуминовых веществ // Почвоведение, 2018, № 9, с. 1099–1107.

THE ECOLOGICAL AND BIOLOGICAL STATE OF SOILS AT ST. PETERSBURG VASILEOSTROVSKY DISTRICT

S.H. Xu

St. Petersburg State University

The ecological and biological soil state of the Vasileostrovsky district (St. Petersburg) was examined. The decrease in the values of test functions was revealed in a number of points. This indicates a violation of the soil microbiocenosis functioning, significant soil degradation, and a decrease in their productivity.

Keywords: urbanization, biotesting, soil degradation, phytotesting, seed respiration, soil respiration.

УДК 631.4

ПОЧВЕННОЕ КАРТИРОВАНИЕ ВНУТРИБОЛОТНЫХ ОСТРОВОВ ПОЛИСТОВСКОГО ЗАПОВЕДНИКА

А.С. Юрин

Санкт-Петербургский государственный университет

В работе представлены результаты изучения почвенного покрова внутриболотных минеральных островов, расположенных в западной части Полистовско-Ловатской верховой болотной системы, для которых составлена карта и разработана авторская классификация островов по степени заболоченности.

Ключевые слова: минеральные острова, заболачивание, верховые болота, картографирование

ВВЕДЕНИЕ

Государственный природный заповедник «Полистовский» расположен в Бежаницком и Локнянском районах Псковской области. Площадь заповедника составляет 37 983 га, из которых 85.9% – болота, относящиеся к западной части Полистовско-Ловатской верховой болотной системы, которая является крупнейшей в Европе [7]. Для неё характерны сосново-пушицево-сфагновые болота, сфагновые переходные топи, грядово-мочажинные, вершинные сосново-сфагновые и озерно-денудационные природные комплексы [1].

В пределах болотного массива встречаются внутриболотные минеральные острова – участки минерального грунта, покрытые лесной или луговой растительностью. Они могут располагаться одиночно или группами, как у окраины болотного массива, так и на многокилометровом удалении от минерального берега. Острова различаются между собой по размерам, высоте, почвообразующим породам, уровню грунтовых вод, заболоченности, и, как следствие, отличаются большим разнообразием растительного и почвенного покрова [4].

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ

Объектами исследования являлись почвы внутриболотных минеральных островов Полистовского заповедника. В период 2017–2021 гг. в рамках ежегодных экспедиций кафедры биогеографии и охраны природы СПбГУ нами было обследовано 39 островов. На островах выполнялись геоботанические описания и проводилась закладка почвенных разрезов. Почвенные горизонты диагностировались в полевых условиях в соответствии с Классификацией почв России 2004 года [2]. Из каждого обследованного горизонта отбиралась проба и результаты диагностики в дальнейшем уточнялись.

Всего на участке болотного массива площадью более 150 кв. км нами было диагностировано 12 типов почв из 6 отделов, что говорит о высоком уровне разнообразия почвенного покрова на изучаемой территории.

Для внутриболотных островов на изученной территории нами была составлена почвенная карта в программе ArcGIS (версия 10.2.1) в масштабе 1:100 000. Поскольку в таком масштабе площадные условные знаки почти не различимы (диаметр большинства островов не превышает 100 метров), нами были использованы точечные условные обозначения, составлен-

© А.С. Юрин, 2024

ные для каждого типа почв. В легенде они перечислены в соответствии с группами островов, выделенных нами по степени заболоченности. Мы также предприняли попытку отобразить на отдельной карте ведущие элементарные почвенные процессы [5], протекающие на островах. Они были отображены для каждого отдельного острова в форме круговой диаграммы (картодиаграммы), которая характеризует принцип его отнесения к той или иной группе. Для обеих карт поверхность болотных массивов обозначалась при помощи заливки, близкой к традиционной, а суходольные участки были отмечены однотонным темно-зеленым оттенком.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЯ

Минеральные болотные острова являются динамическими системами – с течением времени они могут изменяться в размерах, сокращаться и даже исчезать под действием процессов прогрессивного заболачивания [4]. В связи с этим можно выделить следующие группы островов по степени заболоченности.

Незаболоченные острова

Как правило, это довольно высокие острова, для которых характерно наличие явного промывного режима. В почвах выделяются, в первую очередь, процессы оподзоливания и альфегумусового иллювирования (а также сопутствующий им лессиваж). Наблюдаются процессы гумусообразования, протекающие в дерновом горизонте (там, где он есть). Последние говорят о повышенной устойчивости острова, как экотопа, отличного от болотных массивов наличием долговременного покрова из дернообразующих травянистых растений. Типичные растительные сообщества: дубняки травяные, березово-сосняки зеленомошные, березняки разнотравные, березово-ельники и березово-сосняки травяно-зеленомошные. Многие из этих сообществ являются вторичными, поскольку острова подвергались различным формам хозяйствования еще в середине XX века [3]. Характерные почвы: дерново-подбуры, подбуры, подзолистые, дерново-подзолистые, серогумусовые, дерново-буро-подзолистые, ржавозёмы. Типы почв могут существенно отличаться даже на близко расположенных друг к другу островах по причине разнообразия растительного покрова и почвообразующих пород, которыми выступают моренные отложения разного гранулометрического состава (от супесей до тяжелых суглинков).

Заболачивающиеся острова

По мере усиления увлажнения, условия почвообразования постепенно переходят от автоморфных в сторону нарастания гидроморфизма. Изначально почвы этих островов, вероятно, формировались в условиях промывного режима, поскольку явно выражено оподзоливание, но усиленные процессы оглеения и торфообразования свидетельствуют о том, что увлажнение переходит в избыточное. Заметны и изменения в растительности – происходит постепенное выпадение из древостоя пород, чувствительных к застойному переувлажнению (например, дуб черешчатый), в травяном ярусе заметную роль начинают играть такие влаголюбивые виды как тростник обыкновенный (*Phragmites australis*), хвощ топяной (*Equisetum fluviatele*). Наблюдается экспансия черной ольхи (*Alnus glutionosa*). Все это доказывает постепенное сокращение площади островов и экспансии болота. Характерные почвы: подзолы глеевые и торфяно-подзолы глеевые.

В качестве дополнительной подгруппы здесь также можно выделить набор из небольшого (3) числа островов, находящихся на самом начальном этапе заболачивания, и на которых формируются глееватые подтипы почв (элювиально-метаморфическая глееватая, подзолистая глееватая, дерново-подбур глееватый).

Заболоченные острова

Представляют из себя плоские и довольно обводненные участки поверхности, нередко почти полностью затянутые покровом из сфагновых мхов. Типичные растительные сообщества: сосняки кустарничково-сфагновые, сосняки тростниково-зеленомошные, черноольшанники тростниково-травяные. Часто попадается сухостой. Для этой группы островов характерен застойный режим увлажнения почв, в которых руководящими процессами являются торфообразование и оглеение. Характерные почвы: торфяно-глеезёмы и глеезёмы.

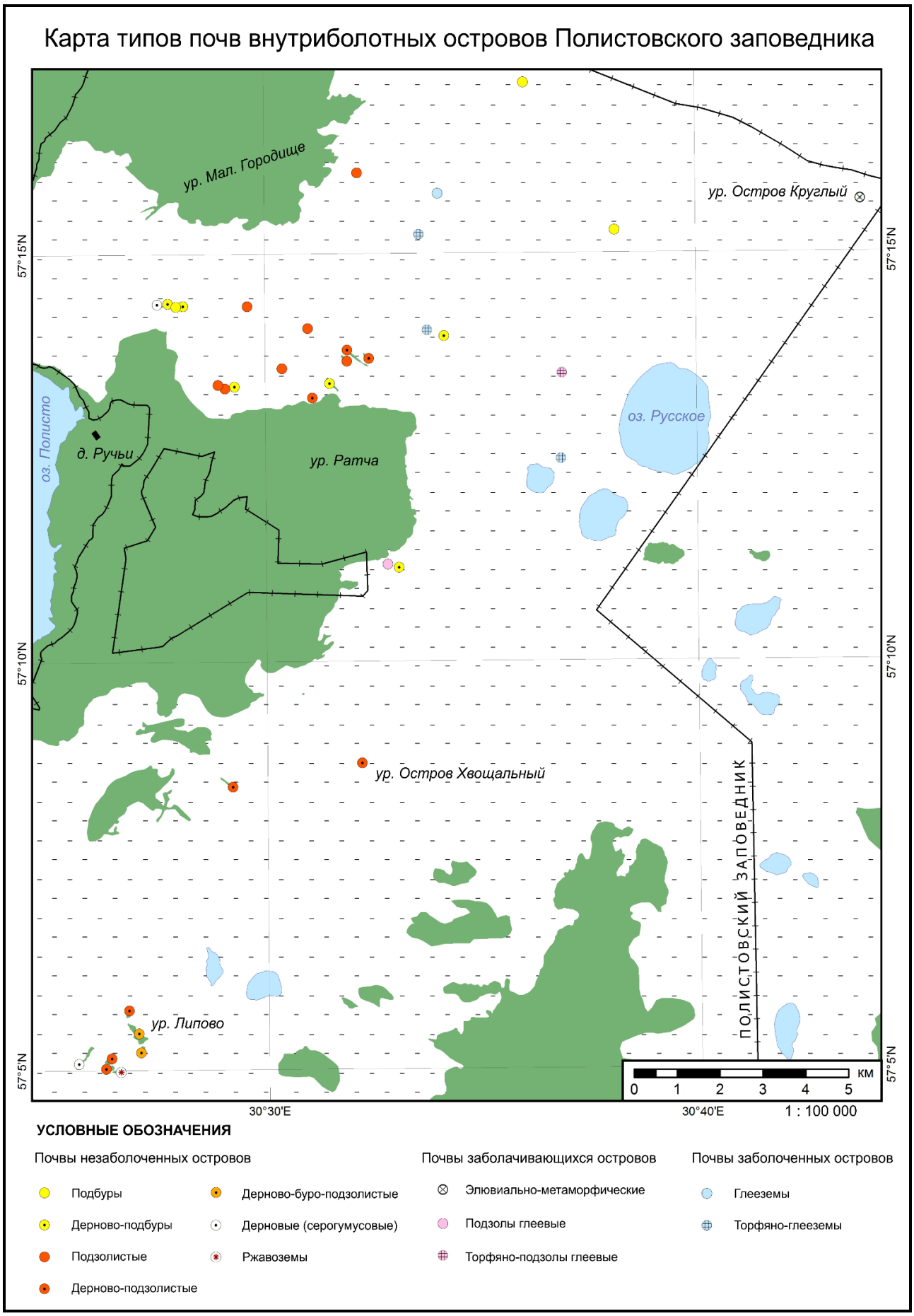


Рисунок 1. Почвенная карта.

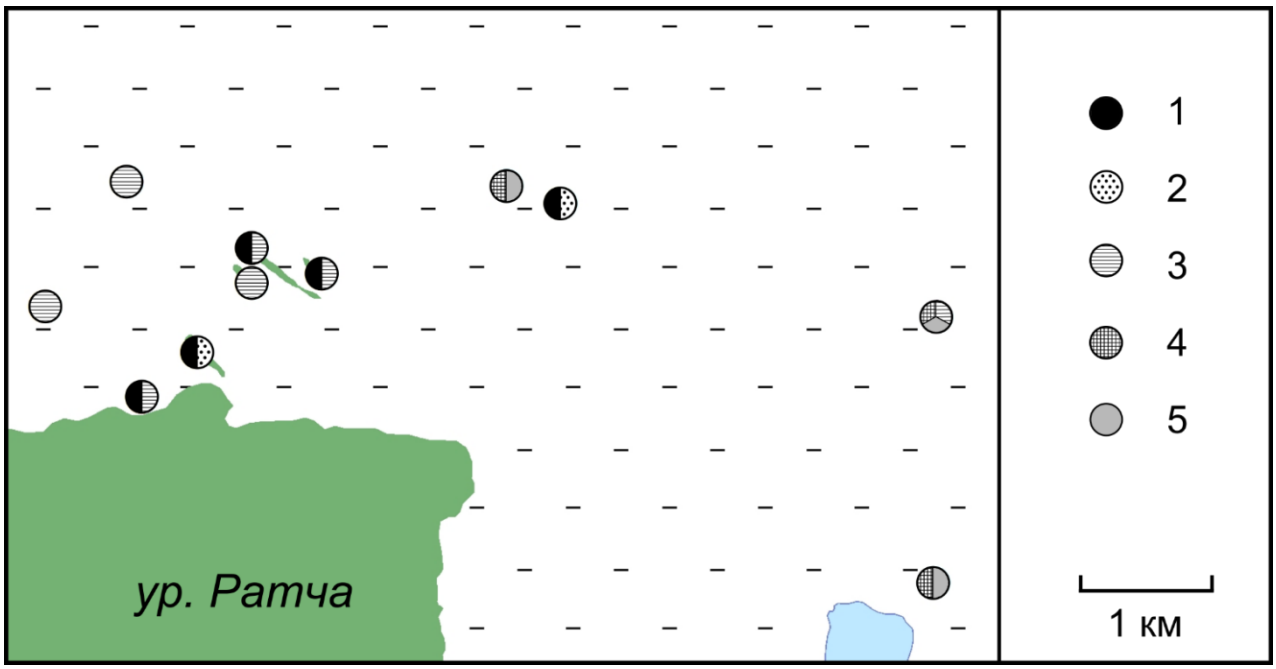


Рисунок 2. Фрагмент карты с диаграммами, отражающими набор ведущих элементарных почвенных процессов: 1 – гумусообразование, 2 – альфегумусовое иллювирование, 3 – оподзоливание, 4 – торфообразование, 5 – оглеение.

Анализ пространственного распределения типов почв на основании полученного картографического материала позволяет заметить, что большинство заболоченных островов расположено на удалении (не менее 2 км) от окраины болотного массива, ближе к его центральной части, что можно объяснить выпуклостью рельефа верховых болот, обусловленной более активным нарастанием сфагновой толщи. Однако, и незаболоченные острова могут встречаться на значительном расстоянии (более 6 км) от минерального берега. Вероятно, их существование связано с изначально бóльшими абсолютными высотами. Необходимо также понимать, что процессы торфообразования на различных участках болотного массива могут протекать неравномерно [1].

Почвы с дерновым горизонтом (дерново-подбуры, дерново-подзолистые, дерново-буроподзолистые) чаще встречаются на островах, наиболее приближенных к минеральному берегу и урочищам на месте бывших поселений (Ратча и Липово), что может быть связано с их сельскохозяйственным освоением в прошлом [7]. Острова, расположенные неподалеку от деревень, часто использовались под пастбища, сенокосы, пашни [3].

ЗАКЛЮЧЕНИЯ

При почвенном картировании внутриболотных островов, ввиду особой специфики этих объектов, рационально прибегать к использованию внемасштабных точечных условных знаков, не совсем типичных для картографирования почв.

В целом, острова, в зависимости от степени их заболоченности, можно поставить в условный эколого-динамический ряд, где гидроморфизм почвенных условий будет нарастать от незаболоченных островов к заболоченным. Процессы оподзоливания и альфегумусового иллювирования, характерные для промывного режима, в этом случае постепенно сходят на нет, в то время как процессы оглеения и торфообразования становятся доминирующими. В пользу динамических свойств изучаемых островных экосистем говорят также и следы изменений, происходящих в растительном покрове.

Можно предположить, что в перспективе подробный и долгосрочный мониторинг внутриболотных островов, включающий почвенные исследования, позволит выявить закономерности их развития, прогнозировать их динамику и грядущие изменения.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Богдановская-Гиенэф И.Д.* Закономерности формирования сфагновых болот верхового типа на примере Полистовско-Ловатского болотного массива. Л., 1969. – 190 с.
2. Классификация и диагностика почв России / Почв. ин-т им. В.В. Докучаева Рос. акад. с.-х. наук и др.; [Л.Л. Шишов и др. Отв. ред. акад. РАН, проф. Г.В. Добровольский. – 2-е изд., доп. и испр.]. – Смоленск: Ойкумена, 2004. – 341 с.
3. *Костров М.Л.* Большие Свороты: Повести. Рассказы / М.Л. Костров. – М.: Советский писатель, 1990. – 400 с.
4. *Петрова Е.А., Галанина О.В., Вальцев Д.А.* Растительность минеральных островов северной части заповедника Полистовский // Биоразнообразие: подходы к изучению и сохранению: материалы Международной научной конференции, посвященной 100-летию кафедры ботаники Тверского государственного университета. 2017. С. 307–308.
5. Почвообразовательные процессы. Коллектив авторов под ред. М.С. Симаковой, В.Д. Тонконогова. – М.: Почвенный институт имени В.В. Докучаева, 2006. – 510 с.
6. *Юрин А.С.* Почвы внутриболотных минеральных островов Полистовского заповедника // Материалы Международной научной конференции XXIV Докучаевские молодежные чтения / Под ред. Б.Ф. Апарина. – СПб., 2021. – С.106–107.
7. *Яблоков М.С., Шемякина О.А., Черевичко А.В.* Государственный природный заповедник «Полистовский» – крупнейшая охраняемая территория Псковской области // Псковский регионологический журнал. Псков, 2006. С. 72–80.

SOIL MAPPING OF BOG ISLETS IN POLISTOVSKY NATURE RESERVE

A.S. Yurin

St. Petersburg State University

39 bog mineral islets were observed in Polistovsky Nature Reserve during the expeditions in 2017–2021. 12 soil types were distinguished. The aim of this work was to do soil mapping of bog islets. Point symbols were used for marking soil types. Specific diagrams of soil processes were also applied for additional map. There was made classification of bog islets based on the level of paludification and sets of soil processes: paludified, paludifying and unpaludified (dry) islets.

Keywords: mineral island, paludification, raised bog.

СОДЕРЖАНИЕ

Лазарева М.А., Мингареева Е.В. XXV Докучаевские молодежные чтения 3

Лазарева М.А., Мингареева Е.В., Рюмин А.Г. XXVI Докучаевские молодежные чтения..... 9

Reyes-Sánchez LB. The educational project of the international union of soil sciences in a digital society 15

Мамедов Г.Ш. По следам великого ученого 20

Лазарева М.А. 60 лет служения отечеству (к 80-летию Б.Ф. Апарина)..... 29

Апарин Б.Ф. Методология и методы развития музейной экспозиции (к 25-летию создания почвенно-экологической экспозиции Центрального музея почвоведения им. В.В. Докучаева)..... 38

Gorokhova S.M., Vasiliev A.A. Features of the elemental chemical composition of the magnetic phase of the urbic soil of the industrial city of the Perm region, Russia..... 46

Жунусова О.Р., Симонова Ю.В. Эколого-геохимическая характеристика почв на территории, прилегающей к озеру Кучук (Алтайский край)..... 50

Козлова И.А., Калеро Эррера В.К., Федорова О.А., Кирюшина А.П. Корреляционная связь откликов биоты на внесение тяжелых металлов в почвы разной гумусированности 55

Прохоров А.А. Применение перманганатного метода для оценки динамики активного углерода в агроландшафтах на почвах Краснодарского края..... 59

Решетникова Р.А. Почвы и культурные слои крепостного вала Дмитровского кремля как летопись естественных и антропогенных процессов..... 63

Солодунова Д.А. Радиотоксичность почв из ближней зоны Чернобыльской атомной электростанции в условиях внешнего контактного облучения корневой меристемы фитотестера *Allium cepa*..... 68

Холостов Г.Д., Сазанова Е.В. Агрохимическая характеристика вермикомпостов, полученных из илов сточных вод..... 73

Сюй Шаохуэй Эколого-биологическое состояние почв Василеостровского района Санкт-Петербурга..... 77

Юрин А.С. Почвенное картирование внутриболотных островов Полистовского заповедника..... 82

Научное издание

МАТЕРИАЛЫ ПО ИЗУЧЕНИЮ РУССКИХ ПОЧВ
***Выпуск 14* (41)**

Компьютерная верстка А.Г. Рюмина

Подписано в печать 07.05.2024.
Формат 60x84 $^{1}/_{8}$. Усл. печ. л. 10,16.
Тираж 60 экз. Заказ №

Отпечатано с готового оригинал-макета
в типографии ООО «Переплётный Центр»
191121, Санкт-Петербург, пр. Римского-Корсакова, д. 109-111
Тел.: (812) 622-01-23 email: 6220123@mail.ru